

Bunga Rampai *Inovasi* *Teknologi Bioindustri Kakao*



**IAARD
PRESS**

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN

BUNGA RAMPAI

INOVASI TEKNOLOGI BIOINDUSTRI KAKAO

BUNGA RAMPAI

INOVASI TEKNOLOGI BIOINDUSTRI KAKAO

Penyunting:

Dr. Ir. Rubiyo, M.Si.
Dr. Rita Harni, M.Si.
Dr. Drs. Budi Martono, M.Si
Ir. Edi Wardiana, M.Si.
Nur Kholilatul Izzah, SP, MP, Ph.D
Abdul Muis Hasibuan, SP, M.Si



IAARD PRESS
2014

Cetakan 2014

Hak cipta dilindungi undang-undang
©Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2014

Katalog dalam terbitan

BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN

Bunga rampai inovasi teknologi bioindustri kakao/Penyunting: Rubiyo...[*et al.*].--
Jakarta: IAARD Press, 2014.

x, 250 hlm.: ill.; 29 cm

ISBN 978-602-344-069-6

1. Kakao, Inovasi, Teknologi, Bioindustri
I. Judul II. Rubiyo

633.74

Redaksi Pelaksana:

Widi Amaria, SP, MP
Cici Tresniawati, SP, M.Si
Sakiroh, SP
Arifa Nofriyaldi Chan

Desain dan Foto Sampul:

Dermawan Pamungkas, A.Md.

Tata Letak:

Arifa Nofriyaldi Chan

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540
Telp: +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian
Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122
Telp.: +62 251 8321746, Faks.: +62 251 8326561
e-mail: iaardpress@litbang.pertanian.go.id
ANGGOTA IKAPI NO: 445/DKI/2012

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
KATA PENGANTAR	vii
PENDAHULUAN	1
DUKUNGAN INOVASI PENYEDIAAN BAHAN TANAMAN	
BAHAN TANAMAN UNGGUL MENDUKUNG BIOINDUSTRI KAKAO..... <i>Rudi T Setiyono</i>	3
KARAKTERISTIK MORFOLOGI DAN KEGIATAN PLASMA NUTFAH TANAMAN KAKAO..... <i>Budi Martono</i>	15
PERAKITAN VARIETAS UNGGUL KAKAO UNTUK MENINGKATKAN DAYA HASIL SERTA KETAHANAN TERHADAP HAMA DAN PENYAKIT..... <i>Enny Randriani dan Dani</i>	29
PENGUNAAN MARKA MOLEKULER DALAM SELEKSI GENOTIPE KAKAO DENGAN SIFAT KADAR LEMAK TINGGI..... <i>Cici Tresniawati, Nurya Yuniyati, dan Enny Randriani</i>	39
PERAN MARKA MOLEKULER DALAM PERBAIKAN GENETIK TANAMAN KAKAO..... <i>Nur Kholilatul Izzah</i>	47
OPTIMALISASI PEMANFAATAN SUMBER DAYA	
BUDIDAYA KAKAO BERWAWASAN KONSERVASI..... <i>Iing Sobari, Maman Herman, dan Saefudin</i>	57
PENGARUH LINGKUNGAN TERHADAP PRODUKSI DAN MUTU KAKAO..... <i>Bambang Eka Tjahjana, Handi Supriadi, dan Dewi Nur Rokhmah</i>	69
PERAN BIOMASSA DAN BIOINDUSTRI KAKAO DALAM MITIGASI PERUBAHAN IKLIM..... <i>Handi Supriadi</i>	79
PERAN MIKROORGANISME DALAM PENGELOLAAN HARA TERPADU PADA PERKEBUNAN KAKAO..... <i>Nendyo Adhi Wibowo, Bambang Eka Tjahjana, Sakiroh, dan Nana Heryana</i>	91
PEMANFAATAN LIMBAH KULIT BUAH KAKAO SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN KOMPOS..... <i>Rusli, Yulius Ferry, dan Juniaty Towaha</i>	99
FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KANDUNGAN POLIFENOL PADA BIJI DAN PRODUK BERBASIS KAKAO..... <i>Edi Wardiana</i>	109
INOVASI TEKNOLOGI BIOINDUSTRI BERBASIS KAKAO, PISANG, DAN TERNAK KAMBING TERPADU: SEBUAH PELAJARAN DARI KABUPATEN ACEH TIMUR..... <i>M. Syakir dan Yulius Ferry</i>	129
DIVERSIFIKASI PRODUK KAKAO SEBAGAI BAHAN BAKU BIOFARMAKA..... <i>Juniaty Towaha</i>	141
PENINGKATAN NILAI TAMBAH PADA KAWASAN <i>AGROTECHNO PARK</i> BERBASIS KAKAO DI BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR, SUKABUMI..... <i>Tajul Ifflah, Elsera Br. Tarigan, dan Dibyo Pranowo</i>	155
MANAJEMEN PROTEKSI TANAMAN DAN LINGKUNGAN	
TEKNOLOGI PENGENDALIAN RAMAH LINGKUNGAN PENGGEREK BUAH KAKAO (<i>Conopomorpha cramerella</i> <i>Snell.</i>)..... <i>Samsudin</i>	167
PENGENDALIAN <i>Helopeltis</i> spp. (HEMIPTERA: MIRIDAE) PADA TANAMAN KAKAO MENDUKUNG PERTANIAN TERPADU RAMAH LINGKUNGAN..... <i>Gusti Indriati, Funny Soesanthi, dan Arlia Dwi Hapsari</i>	179
PENGENDALIAN TERPADU PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO UNTUK MENDUKUNG BIOINDUSTRI KAKAO..... <i>Efi Taufiq</i>	189
DAMPAK KERUSAKAN OLEH JAMUR KONTAMINAN PADA BIJI KAKAO SERTA TEKNOLOGI PENGENDALIANNYA..... <i>Widi Amaria, Tajul Ifflah, dan Rita Harni</i>	199
SERAI WANGI SEBAGAI PESTISIDA NABATI PENGENDALIAN PENYAKIT VASCULAR STREAK DIEBACK UNTUK MENDUKUNG BIOINDUSTRI KAKAO..... <i>Rita Harni</i>	213

PELUANG DAN STRATEGI PENGEMBANGAN

PENGELOLAAN USAHATANI KAKAO TERPADU UNTUK MEWUJUDKAN SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN . 225
Dewi Listyati dan Diby Pranowo

STRATEGI PENINGKATAN DAYA SAING KAKAO INDONESIA DI PASAR INTERNASIONAL 235
Bedy Sudjarmoko

PENUTUP 245

INDEKS 247

KATA PENGANTAR

Inovasi teknologi bioindustri kakao sudah banyak dihasilkan mengingat penelitian kopi di Indonesia sudah dilakukan sejak lama. Namun, hasil penelitian tersebut masih tersebar di berbagai terbitan sehingga dipandang perlu untuk merangkumnya dalam sebuah buku. Hal tersebut mendorong Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar untuk mengumpulkan berbagai hasil penelitian tersebut dalam berbagai makalah yang dirangkai menjadi sebuah bunga rampai.

Buku ini merupakan kumpulan hasil-hasil penelitian tanaman kakao, mulai dari aspek pemuliaan, budidaya, hama dan penyakit serta sosial ekonomi sehingga diharapkan dapat memberikan informasi yang komprehensif kepada pembaca. Buku ini diharapkan dapat bermanfaat bagi seluruh pemangku kepentingan terutama peneliti, akademisi, mahasiswa, pengambil kebijakan, petani maupun pemerhati tanaman kakao.

Kami menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu penerbitan buku ini. Kami juga mengharapkan saran dan masukan dari pembaca untuk perbaikan buku ini.

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Kepala,

Prof. Dr. Risfaheri, M.Si

PENDAHULUAN

PENDAHULUAN

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu jenis tanaman tahunan yang memiliki karakteristik diversifikasi produk yang luas karena dari buahnya dapat dihasilkan bermacam-macam produk yang dibutuhkan bagi kepentingan hidup manusia. Dilihat dari gambar pohon industri kakao, buah kakao yang terdiri dari komponen biji, kulit buah, dan pulpa dapat dihasilkan lebih dari sepuluh produk yang dapat dikelompokkan ke dalam beberapa jenis produk sesuai dengan jenis industri yang mengolahnya, seperti industri makanan/minuman, industri farmasi/obat-obatan dan kosmetika, industri kimia, industri pakan ternak, dan industri rumah tangga.

Luasnya diversifikasi produk dari tanaman kakao akan sejalan serta mendukung terhadap terciptanya perubahan revolusi sistem pertanian dari revolusi hijau ke revolusi hayati. Salah satu ciri perubahan menuju revolusi hayati adalah dalam hal industri pengolahan serta produk yang akan dihasilkannya. Industri pengolahan lebih mengarah pada konsep bioindustri, yaitu produk yang akan dihasilkan tidak terbatas pada produk pangan dan pakan seperti pada revolusi hijau tetapi lebih meluas ke arah produk-produk lainnya yang bernilai tinggi seperti bioenergi, biokimiawi, dan biomaterial (plastik, biomedikal, dan biopartikel). Selanjutnya, dikaitkan dengan isu lingkungan hidup dikenal istilah Sistem Pertanian-Bioindustri Berkelanjutan yang mengintegrasikan pembangunan sektor pertanian (dalam arti luas) dengan pembangunan industri dan jasa terkait dalam suatu kluster industri. Sistem ini hanya mungkin terwujud pada suatu ekosistem yang harmonis yang dicirikan oleh kehadiran beragam organisme secara seimbang di dalam sistem dan berlangsungnya proses daur ulang unsur nutrisi esensial secara alami atau selaras dengan siklus biologis rantai pasok makanan bagi tiap organisme dalam sistem. Makna yang terkandung dalam istilah keberlanjutan adalah pemanfaatan lingkungan dan sumberdaya untuk memenuhi kebutuhan saat ini tanpa membahayakan kemampuan generasi masa depan untuk memenuhi kebutuhan mereka.

Melalui sistem pertanian bioindustri seperti di samping akan terciptanya keseimbangan ekologi juga akan tercipta efisiensi dalam pemanfaatan sumberdaya alam lokal karena pokok-pokok pikiran pengembangan bioindustri yang ideal meliputi: (1) pertanian dikembangkan dengan menghasilkan sesedikit mungkin limbah tak bermanfaat, (2) pertanian dikembangkan dengan menggunakan sesedikit mungkin input produksi dari luar, (3) pertanian dikembangkan dengan menggunakan sesedikit mungkin energi dari luar, dan (4) pertanian dikembangkan seoptimal mungkin agar mampu berperan selain menghasilkan produk pangan juga sebagai pengolah biomasa dan limbahnya sendiri menjadi bio-produk baru bernilai tinggi.

Bagi Indonesia, Sistem Bioindustri Berbasis Kakao Berkelanjutan (SBBKB) memiliki peluang dan

prospek yang cukup menjanjikan. Hal ini sangat beralasan mengingat besarnya potensi yang dimiliki Indonesia serta adanya kecenderungan permintaan yang terus meningkat terhadap produk-produk berbahan dasar kakao, baik dari luar negeri maupun domestik. Indonesia termasuk salah satu penghasil utama kakao dunia di samping dua negara penghasil utama lainnya seperti Pantai Gading dan Ghana. Berdasarkan data yang tersedia sampai tahun 2013, perkembangan luas areal dan produksi kakao Indonesia dalam kurun waktu tahun 2008-2013 mengalami kecenderungan yang meningkat secara signifikan, sementara itu volume impor biji kakao dunia pun pada periode tahun 2008-2011 cenderung meningkat, bahkan sangat mungkin terus meningkat untuk beberapa periode waktu ke depan mengingat sangat dibutuhkannya produk-produk berbahan dasar kakao bagi kepentingan hidup manusia.

Sasaran jangka panjang (2010-2025) roadmap pengembangan industri kakao di Indonesia di antaranya: (1) terbangunnya sentra produksi baru di luar Sulawesi, yaitu antara lain di Sumatera Barat dan Lampung, (2) dicapainya diversifikasi produk kakao olahan, (3) berkembangnya industri pengolahan kakao secara terpadu di Indonesia, (4) pengembangan (modifikasi) teknologi pengolahan kakao, dan (5) terjaminnya infrastruktur seperti peti kemas, energi listrik, dan transportasi. Sementara itu, program/rencana aksi untuk mencapai sasaran jangka panjang tersebut di antaranya: (1) mengembangkan produk-produk kakao non pangan, (2) membangun pusat-pusat pengembangan industri kakao di sentra-sentra produksi, dan (3) promosi industri hilir/turunan dari produk kakao. Untuk menuju pada sasaran jangka panjang tersebut, SBKB tentunya harus dijadikan *ways of life* karena dalam tahap implementasinya SBKB tidak akan memisahkan proses keterpaduan antara pembangunan sektor pertanian (dalam hal ini perkebunan kakao) dengan pembangunan industri dan jasa terkait yang berlandaskan pada konsep keberlanjutan usaha.

Dibangunnya sentra-sentra produksi kakao dalam suatu kluster industri harus sudah mampu melingkupi semua aktor yang terlibat dalam suatu rantai pasok (*supply chain*) produksi kakao, mulai dari *on farm* sampai *off farm*. Kelengkapan serta keterpaduan dari setiap rantai yang ada (*backward* maupun *forward integration*) akan dapat menciptakan tingkat efisiensi yang tinggi sehingga fungsi rantai pasok bisa berubah menjadi rantai nilai (*value chain*) yang akan dapat dinikmati oleh setiap aktor yang terlibat dalam rantai tersebut. Hal ini sejalan dengan konsep keberlanjutan yang didasari atas pembagian keuntungan yang adil dan memadai antar semua pelaku usaha. Bermitra dengan prinsip saling menguntungkan, saling percaya, dan saling membesarkan merupakan salah satu dari kunci keberhasilannya. Makna keberlanjutan ditinjau dari segi ekologi, seperti yang telah dikemukakan

sebelumnya, bahwa sumberdaya alam sebagai suatu anugerah dari Tuhan tidak hanya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan saat ini saja, tetapi peduli juga untuk keberlangsungan dan kesejahteraan hidup generasi-generasi di masa yang akan datang. Kedua orientasi dari makna keberlanjutan ini sejalan dengan definisi yang menyatakan bahwa konsep keberlanjutan pada produksi komoditas pertanian tidak hanya difokuskan pada segi lingkungan semata, tetapi juga segi kemanfaatannya bagi para petani sebagai pelaku utama. Khusus untuk komoditas kakao, sejak diselenggarakannya Konferensi Kakao Dunia tahun 2012 di Côte d'Ivoire telah disepakati oleh negara-negara produsen kakao dunia tentang konsep keberlanjutan yang menekankan pada tiga aspek penting, yaitu keberlanjutan ekonomi, lingkungan, dan sosial dalam konteks global.

Melalui hubungan yang saling menguntungkan antar pelaku usaha dalam suatu rantai pasok produksi kakao dapat menghilangkan kendala-kendala yang selama ini dihadapi seperti: relatif jauhnya hubungan antara petani dengan pabrikan yang mengakibatkan tidak efisiennya sistem agribisnis kakao, munculnya distorsi harga, keengganan petani melakukan fermentasi biji karena nilai tukar diterima tidak signifikan, dan lain sebagainya. Demikian juga halnya dengan sebuah pertanyaan dan atau masalah yang sudah menjadi fakta bahwa: "sampai sejauh mana insentif yang dapat diperoleh bagi setiap aktor dalam suatu rantai nilai produksi kakao apabila secara konsisten terjadi peningkatan kualitas, dan bagaimana caranya aktor-aktor tersebut untuk memperolehnya?". Untuk mencapai sasaran tersebut diperlukan kerjasama kemitraan yang saling menguntungkan antara sektor publik yang diwakili oleh pemerintah dengan sektor swasta (dunia usaha) (*public-private sector partnership*).

Inovasi-inovasi teknologi pertanian yang erat hubungannya dengan SBBKB di antaranya: (1) pertanian yang "ramah lingkungan" (pengurangan semaksimal mungkin bahan-bahan kimia beracun serta peningkatan penggunaan bahan-bahan hayati atau organik, pemanfaatan jasad renik untuk mendukung pertumbuhan tanaman maupun proses pasca panen primer), (2) pemanfaatan sumberdaya alam lokal secara arif dan bijaksana serta pengurangan penggunaan input-input dari luar, (3) perluasan diversifikasi produk ke arah bioenergi, biokimiawi, dan atau biomaterial yang bernilai tinggi, dan (4) daur ulang serta pengolahan limbah pertanian menjadi pupuk, pakan ternak, maupun biogas.

Inovasi-inovasi teknologi yang telah disebutkan di atas dapat diterapkan dalam kerangka pembangunan sentra-sentra produksi kakao yang baru maupun sentra-sentra produksi yang sudah ada sebagai proyek-proyek percontohan. Di samping itu, model tersebut dapat juga dimanfaatkan sebagai laboratorium lapang bagi upaya penemuan dan atau perakitan inovasi-inovasi teknologi lainnya yang memang belum dimiliki atau inovasi teknologi yang masih memerlukan pengkajian dan penerapannya dalam skala yang lebih luas. Inovasi-inovasi teknologi yang dimaksud terakhir lebih difokuskan kepada pengembangan (modifikasi) dan perbaikan teknologi pengolahan kakao untuk produk pangan, perluasan teknologi pengolahan kakao ke arah produk non pangan (bioenergi, biokimiawi, dan biomaterial), serta rekayasa ekonomi, sosial dan kelembagaan menuju kepada manajemen produksi dengan tingkat efisiensi yang tinggi.

**DUKUNGAN INOVASI
PENYEDIAAN BAHAN TANAMAN**

BAHAN TANAMAN UNGGUL MENDUKUNG BIOINDUSTRI KAKAO

SUPERIOR PLANTING MATERIALS TO SUPPORT CACAO BIOINDUSTRY

Rudi T. Setiyono

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

rudi_setiyono@yahoo.com

ABSTRAK

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas yang cukup penting di Indonesia. Sampai saat ini, Indonesia dikenal sebagai negara penghasil kakao terbesar ketiga di dunia. Lebih dari 90% dari keseluruhan luas areal tanaman kakao yang ada di Indonesia merupakan perkebunan rakyat. Meskipun demikian, produktivitas kakao masih tergolong rendah, yaitu hanya mencapai rata-rata 900 kg/ha/thn. Penyebab rendahnya produktivitas tanaman kakao adalah masih beragamnya adopsi petani terhadap teknologi budidaya, keterbatasan tersedianya bahan tanam unggul, serta serangan hama dan penyakit utama. Penemuan bahan tanaman kakao unggul seperti ICCRI 07 dan Sulawesi 03 yang tahan terhadap hama penggerek buah kakao (PBK) serta klon hibrida ICCRI 06H yang tahan terhadap penyakit vascular streak dieback (VSD) merupakan salah satu solusi dalam mengatasi masalah hama dan penyakit utama yang menjadi permasalahan serius pada tanaman kakao saat ini. Bahan tanaman kakao unggul tersebut dapat digunakan pada pengembangan tanaman kakao dalam rangka penerapan inovasi teknologi bioindustri kakao, serta dapat digunakan sebagai tolok ukur dalam kegiatan perakitan bahan tanam kakao tahan PBK dan VSD di Indonesia. Keberhasilan penanganan masalah VSD dan PBK tersebut tentu tidak hanya mengandalkan pada bahan tanamnya saja, akan tetapi juga tergantung pada penerapan cara budidaya yang baik. Pemuliaan ketahanan terhadap PBK dan VSD selanjutnya akan tergantung pada seberapa besar tingkat keragaman genetik yang dapat terbentuk melalui persilangan dengan memanfaatkan klon-klon tahan tersebut, serta manajemen proses seleksinya.

Kata kunci: Bahan tanam unggul, program pemuliaan, inovasi teknologi, bioindustri

ABSTRACT

Cocoa (Theobroma cacao L.) is one of the most important commodities in Indonesia. Indonesia is known as the third largest cocoa producer in the world. More than 90% of the cacao plantations areas are belong to smallholders with low productivity (900 kg/ha/yr). Some of the problems that lead to low productivity of cacao are low technology adoption, limited availability of superior planting material, and pests and diseases attack. Releasing of superior plant materials such as ICCRI 07 and Sulawesi 03 (resistant to cacao pod borer (CPB)) and hybrid clones ICCRI 06H (resistant to vascular streak dieback (VSD) disease) are one of the solution in cacao plantation. These superior plant materials can be used in cocoa development, in order to develop technological innovations of cocoa bioindustry, and also as benchmarks in researching of cocoa plant materials that resistant to CPB and VSD in Indonesia. However, the successful of CPB and VSD controlling is not only depending on planting material, but also the application of good cultivation technology. The next breeding of resistancy to CPB and VSD subsequently will depend on the extent of genetic diversity that can be formed through crossbreeding by utilizing the resistant clones as well as the selection process management.

Keywords: Superior plant materials, breeding program, technological innovation, bioindustry

PENDAHULUAN

Di Indonesia, tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang cukup penting. Saat ini, Indonesia termasuk sebagai negara penghasil kakao terbesar ketiga setelah Pantai Gading dan Ghana. Tanaman kakao, terutama bijinya, dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk makanan dan minuman, salah satunya adalah cokelat yang menjadi makanan favorit semua orang. Bahan makanan dari cokelat ini mengandung gizi tinggi seperti protein, lemak serta kandungan penting lainnya. Produk cokelat juga sangat populer dalam berbagai jenis makanan yang lain seperti bahan pembuat kue, pengoles roti (*cocoa butter*), es krim, serta sebagai bahan industri farmasi dan kosmetik.

Hampir 90% dari total luas areal tanaman kakao di Indonesia merupakan perkebunan rakyat. Produksi kakao Indonesia saat ini mencapai 652.396

ton/tahun atau 16% dari total volume produksi kakao dunia yang dihasilkan dari areal seluas 992.448 ha. Dalam hal ini kakao memberi kontribusi yang nyata terhadap perolehan devisa negara dari sektor perkebunan dengan nilai sekitar USD 568/tahun (4,3%) dan menempati urutan ketiga setelah komoditas kelapa sawit dan karet. Di samping itu, yang lebih penting lagi adalah tanaman kakao juga berperan serta dalam penciptaan lapangan pekerjaan berbasis masyarakat pedesaan. Pengusahaan tanaman kakao melibatkan sebanyak $\pm$ 965 ribu keluarga petani yang mengelola sendiri pertanamannya, sementara $\pm$ 85 ribu orang bekerja pada perusahaan perkebunan. Selama kurun waktu 25 tahun terakhir terjadi peningkatan luas areal dan produksi kakao secara nyata, masing-masing sebesar 15,2%/tahun dan 19,43%/tahun. Namun demikian peningkatan luas areal dan produksi tersebut tidak sepadan dengan peningkatan produktivitas tanaman yang hanya mencapai 1,2%/tahun. Hal ini

menunjukkan bahwa selama kurun waktu tersebut tidak terjadi perbaikan dalam hal peningkatan produktivitas tanaman yang hanya mencapai rata-rata 900 kg/ha/thn (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2006).

Beberapa permasalahan yang menyebabkan rendahnya produktivitas kakao antara lain adalah masih beragamnya adopsi petani terhadap teknologi budidaya, keterbatasan tersedianya bahan tanam unggul, serta serangan hama dan penyakit utama. Hingga saat ini kemampuan adopsi petani/pekebun kakao terhadap teknologi budidaya yang masih beragam sangat berpengaruh langsung terhadap tingkat produktivitas tanaman. Hasil survei menunjukkan adanya pertanaman kakao yang produktivitasnya hanya mencapai 200 kg/ha/thn, namun di sisi lain ditemukan pula pertanaman kakao yang produktivitasnya mencapai lebih dari 2 ton/ha/thn (Susilo & Suhendi, 2006). Di samping itu, keterbatasan tersedianya sumber bahan tanam unggul juga menjadi kendala dalam proses adopsi teknologi budidaya tanaman kakao. Hal ini karena kebun benih sumber bahan tanam unggul kakao dalam bentuk hibrida F_1 maupun klonal umumnya terdapat di wilayah Sumatera dan Jawa, namun pengembangan tanaman kakao kebanyakan berada di wilayah Sulawesi dan kawasan Indonesia bagian timur. Permasalahan penting lainnya pada budidaya kakao di Indonesia adalah serangan hama dan penyakit utama, di antaranya adalah hama penggerek buah kakao (PBK) *Conopomorpha cramerella* Snell., penyakit busuk buah kakao (*Phytophthora palmivora*), dan penyakit *vascular streak dieback* (VSD) *Oncobasidium theobromae*. Tingkat kerusakan tanaman dan kehilangan hasil akibat serangan hama dan penyakit tersebut beragam tergantung pada kondisi lingkungan tumbuh. Pada saat kondisi intensitas serangan tinggi, hama PBK dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 84% (Wardojo, 1978), penyakit busuk buah dapat menurunkan produksi hingga 90% (Keane, 1992), sedangkan penyakit VSD dapat menyebabkan kematian pada tanaman yang rentan.

Hama PBK saat ini masih mendominasi permasalahan kakao secara nasional karena sebaran infestasinya telah merata hampir di seluruh sentra produksi. Upaya penyelesaian permasalahan tersebut perlu dilakukan secara terpadu antar berbagai komponen budidaya.

Bahan tanam merupakan salah satu komponen yang mendasari keberhasilan proses budidaya tanaman, namun hingga kini adopsi bahan tanam unggul kakao masih tergolong rendah. Faktor yang memperlambat proses adopsi bahan tanam unggul kakao adalah ketersediaannya di daerah sentra pengembangan yang masih terbatas, serta jenis bahan tanam unggul yang tersedia belum memenuhi sebagian tuntutan petani/pekebun. Adanya kendala seperti ini memberikan kecenderungan petani memanfaatkan bahan tanam asal yang tersedia di dekat areal pengembangan. Lambatnya proses akselerasi pengembangan bahan tanam unggul kakao di antaranya disebabkan oleh lambatnya capaian hasil-hasil pemuliaan kakao.

Program pemuliaan kakao membutuhkan waktu lama, yaitu sekitar 15-20 tahun per siklusnya, karena kakao merupakan tanaman yang berdaur hidup panjang. Oleh karena itu, penerapan metode-metode pemuliaan perlu disesuaikan dengan kondisi tersebut. Salah satu tahapan yang menentukan keberhasilan proses pemuliaan tanaman adalah seleksi. Efektivitas prosedur seleksi perlu ditingkatkan melalui pemanfaatan berbagai teknologi yang berkembang saat ini.

Upaya yang dapat ditempuh untuk meningkatkan produktivitas kakao di Indonesia adalah dengan menggunakan bahan tanam unggul, di samping aplikasi teknologi budidaya yang baik, pengendalian hama dan penyakit dengan tepat, serta sistem pengolahan kakao yang baik. Perbaikan produktivitas dan mutu menjadi bagian dari usaha berkelanjutan agribisnis dan bioindustri kakao di Indonesia. Di dalam tulisan ini diuraikan aspek-aspek yang berkaitan dengan masalah bahan tanam kakao unggul dalam menunjang bioindustri kakao.

BIOLOGI TANAMAN KAKAO

Tanaman kakao merupakan satu-satunya spesies dari 22 spesies dalam marga/golongan *Theobroma*, famili *Sterculiaceae* (*Malvaceae*), yang dapat diusahakan secara komersial. Menurut Tjitrosoepomo (1988) sistematika tanaman kakao adalah sebagai berikut:

Divisi	: <i>Spermatophyta</i>
Anak divisi	: <i>Angiospermae</i>
Kelas	: <i>Dicotyledoneae</i>
Anak kelas	: <i>Dialypetalae</i>
Bangsa	: <i>Malvales</i>
Suku	: <i>Sterculiaceae</i> (<i>Malvaceae</i>)
Marga	: <i>Theobroma</i>
Jenis	: <i>Theobroma cacao</i> L.

Menurut Wood (1975) tanaman kakao dibagi 3 kelompok besar, yaitu Criollo, Forastero dan Trinitario. Jenis Criollo mempunyai karakter pertumbuhan kurang kuat, daya hasil lebih rendah dibandingkan jenis Forastero, mudah terserang hama dan penyakit, permukaan kulit buah kasar, kulit buah tebal tetapi lunak sehingga mudah dipecah, bentuk buah berbenjol-benjol dan memiliki alur yang jelas. Kadar lemak biji lebih rendah daripada Forastero tetapi ukuran bijinya besar, bentuk biji bulat dan memberikan citarasa khas yang baik. Dalam tataniaga, jenis Criollo termasuk dalam kelompok kakao mulia (*fine flavoured*), sementara jenis Forastero termasuk dalam kelompok kakao lindak (*bulk*). Jenis kakao Trinitario merupakan hibrida antara jenis Criollo dengan jenis Forastero dengan sifat morfologi dan fisiologinya sangat beragam, demikian pula daya hasil dan mutunya. Jenis Trinitario ini dalam tataniaga dapat masuk ke dalam kakao mulia maupun lindak tergantung pada mutu bijinya. Kakao lindak (*bulk*) yang tersebar luas di daerah tropika adalah anggota sub jenis

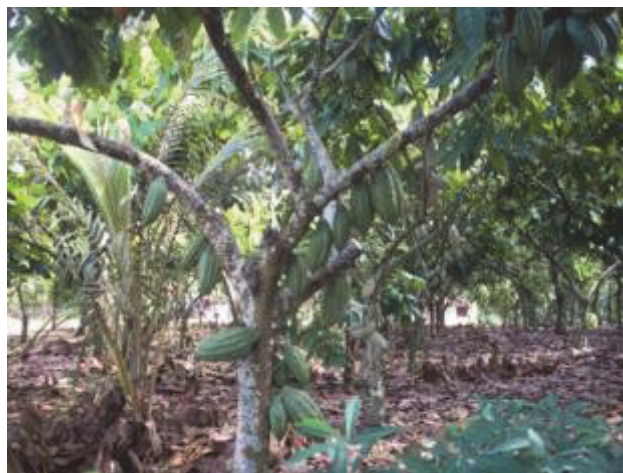
sphaerocarpum, yang memiliki ciri bentuk biji lonjong, pipih, keping bijinya berwarna ungu gelap, permukaan kulit buahnya relatif halus karena mempunyai alur yang dangkal, serta kulit buah tipis tetapi keras dan lebih liat. Mutu kakao lindak sangat beragam serta lebih rendah daripada jenis kakao lainnya.

Tanaman kakao bersifat *dimorfisme*, artinya mempunyai dua macam bentuk tunas vegetatif, yaitu (1) tunas *ortotrop* (tunas air), tunas yang arah pertumbuhannya ke atas, (2) cabang *plagiotrop* (cabang kipas/fan), tunas yang arah pertumbuhannya ke samping. Tanaman kakao yang telah mencapai ketinggian 0,9–1,5 m akan berhenti tumbuh karena akan membentuk jorket (*jourquette*), yaitu tempat percabangan dari pola percabangan ortotrop ke plagiotrop yang hanya terdapat pada tanaman kakao (Gambar 1).

Daun tanaman kakao juga mempunyai sifat dimorfisme. Tangkai daun pada tunas ortotrop mempunyai panjang 7,5–10 cm, sedangkan pada tunas plagiotrop panjang tangkai daunnya hanya 2,5 cm (Hall, 1932). Tangkai daun berbentuk silinder dan bersisik halus, tergantung pada jenis klonnya. Salah satu sifat khusus pada daun tanaman kakao adalah adanya dua persendian (*articulation*) yang terletak pada pangkal dan ujung tangkai daun. Persendian tersebut membuat daun kakao mampu membuat gerakan untuk menyesuaikan dengan arah datangnya matahari. Sebagian besar daun kakao berbentuk bulat memanjang (*oblongus*), dengan ujung daun meruncing (*acuminatus*) dan pangkal daun runcing (*acutus*). Susunan daun menyirip dan tulang daun menonjol ke permukaan bawah helaian daun. Tepi daun rata, daging daun tipis tetapi kuat. Warna daun dewasa hijau, tergantung pada kultivarnya. Panjang daun dewasa memiliki ukuran 30 cm dan lebar 10 cm, dengan permukaan yang licin dan mengkilap. Pada cabang plagiotrop, pertumbuhan daun berlangsung serempak tetapi bertahap. Pertumbuhan tunas–tunas baru disebut dengan masa pertunasan (*flushing*). Pada saat itu setiap tunas membentuk 3–6 lembar daun baru sekaligus. Setelah masa bertunas selesai maka kuncup–kuncup daun kembali dorman

selama periode tertentu, dan nantinya akan bertunas kembali oleh rangsangan faktor lingkungan. Ujung kuncup daun yang dorman tertutup oleh sisik (*scales*). Sisik tersebut akan rontok meninggalkan bekas (*scars*) atau lampang yang berdekatan satu sama lain yang disebut dengan cincin lampang (*ring scars*) apabila bertunas kembali. Banyaknya cincin lampang pada suatu cabang menunjukkan jumlah pertunasan yang terjadi pada cabang tersebut (Wood & Lass, 1985).

Akar tanaman kakao sebagian besar merupakan akar lateral atau mendatar yang berkembang dekat permukaan tanah, yaitu pada kedalaman sampai 30 cm. Akar lateral yang tumbuh pada kedalaman 0–10 cm sebesar 56%, 26% tumbuh pada kedalaman 11–20 cm, 14% tumbuh pada kedalaman 2–30 cm dan hanya 4% tumbuh pada kedalaman lebih dari 30 cm dari permukaan tanah. Bunga tanaman kakao bersifat kauliflori, yaitu tumbuh dan berkembang dari bekas ketiak daun pada batang dan cabang. Tempat tumbuh bunga tersebut semakin lama akan semakin besar dan tebal dan biasa disebut dengan bantalan bunga. Bunga kakao memiliki rumus $K_5C_5A_{5+5}G_{(5)}$, yaitu bunga tersusun dari 5 daun kelopak yang bebas satu sama lain, 5 daun mahkota, 10 tangkai sari yang tersusun dalam 2 lingkaran, masing–masing terdiri dari 5 tangkai sari, akan tetapi hanya 1 lingkaran yang fertil, dan 5 daun buah yang bersatu. Bunga kakao ada yang berwarna putih, ungu, atau kemerahan. Warna yang kuat terdapat pada warna benang sari dan daun mahkota. Sementara, buah kakao pada dasarnya mempunyai dua macam warna, yaitu hijau atau hijau agak putih ketika masih muda dan akan berubah menjadi kuning ketika masak, serta berwarna merah saat masih muda dan menjadi berwarna jingga/orange ketika telah masak (Gambar 2). Kulit buah kakao memiliki 10 alur dalam dan dangkal yang letaknya berselang–seling. Pada tipe criollo dan trinitario alur buah kelihatan jelas, sedangkan pada tipe forastero umumnya memiliki permukaan kulit buah yang halus atau rata. Buah kakao tersebut akan siap panen setelah berumur 6 bulan.



Gambar 1. Bentuk jorket pada tanaman kakao
Figure 1. Jorquette form on the cocoa plant



Gambar 2. Perbedaan warna buah kakao
Figure 2. Different colour of cocoa pod



Gambar 3. Susunan biji dalam buah kakao
Figure 3. The composition of beans inside cocoa pod

Biji tanaman kakao tersusun dalam lima baris mengelilingi poros buah, dengan jumlah yang beragam, yaitu antara 20–50 biji per buah. Jika dipotong melintang, tampak biji disusun oleh dua kotiledon yang saling melipat dengan bagian pangkal menempel pada poros lembaga/embryo axis (Gambar 3). Biji dibungkus oleh daging buah (*pulpa*) yang berwarna putih dengan rasa asam manis, yang diduga mengandung zat penghambat perkecambahan. Di sebelah daging buah terdapat kulit biji (*testa*) yang membungkus dua kotiledon dan poros embrio. Biji kakao tidak memiliki masa dorman, oleh karena itu, meskipun terdapat zat penghambat pada daging buahnya, biji kakao akan tetap berkecambah pada buah yang terlambat dipanen atau terserang oleh penyakit yang menyebabkan keringnya daging buah. Warna kotiledon tergantung pada jenis kakao, tipe Criollo mempunyai warna putih, tipe Forastero berwarna ungu, sementara tipe Trinitario mempunyai kotiledon berwarna campuran.

PEMULIAAN TANAMAN KAKAO

Sasaran program pemuliaan kakao adalah mendapatkan bahan tanam unggul dengan produktivitas dan kualitas hasil yang tinggi, serta

mempunyai ketahanan terhadap hama dan penyakit utama. Kriteria keunggulan tersebut adalah daya hasil > 3 ton/ha/thn, kualitas hasil sesuai permintaan pabrikan, yaitu memiliki berat per biji kering lebih dari 1 gram, kadar lemak biji lebih dari 55% dan kadar kulit biji kurang dari 12%. Pada umumnya bahan tanam unggul kakao tersedia dalam bentuk benih dan klonal. Bahan tanam benih biasanya lebih disukai oleh petani/pekebun karena mudah dalam penanamannya dibandingkan bahan tanam klonal meskipun bahan tanam klonal memiliki potensi genetik yang lebih baik. Namun demikian, saat ini sebagian petani di daerah sentra produksi kakao di Sulawesi sudah mulai memanfaatkan bahan tanam klonal untuk merehabilitasi tanaman tua dengan teknik sambung samping, yang ternyata berhasil meningkatkan produktivitas tanaman. Dalam aplikasinya, keunggulan masing-masing metode perbanyakan tersebut dapat disinergikan sehingga sasaran peningkatan produktivitas tanaman dapat tercapai.

Tanaman kakao merupakan tanaman diploid yang memiliki jumlah kromosom ($2n=20$) yang sifat penyerbukannya spesifik. Secara umum tanaman kakao bersifat menyerbuk silang, namun ditemukan juga genotipe-genotipe yang tidak saling kompatibel satu sama lain dalam penyerbukannya.

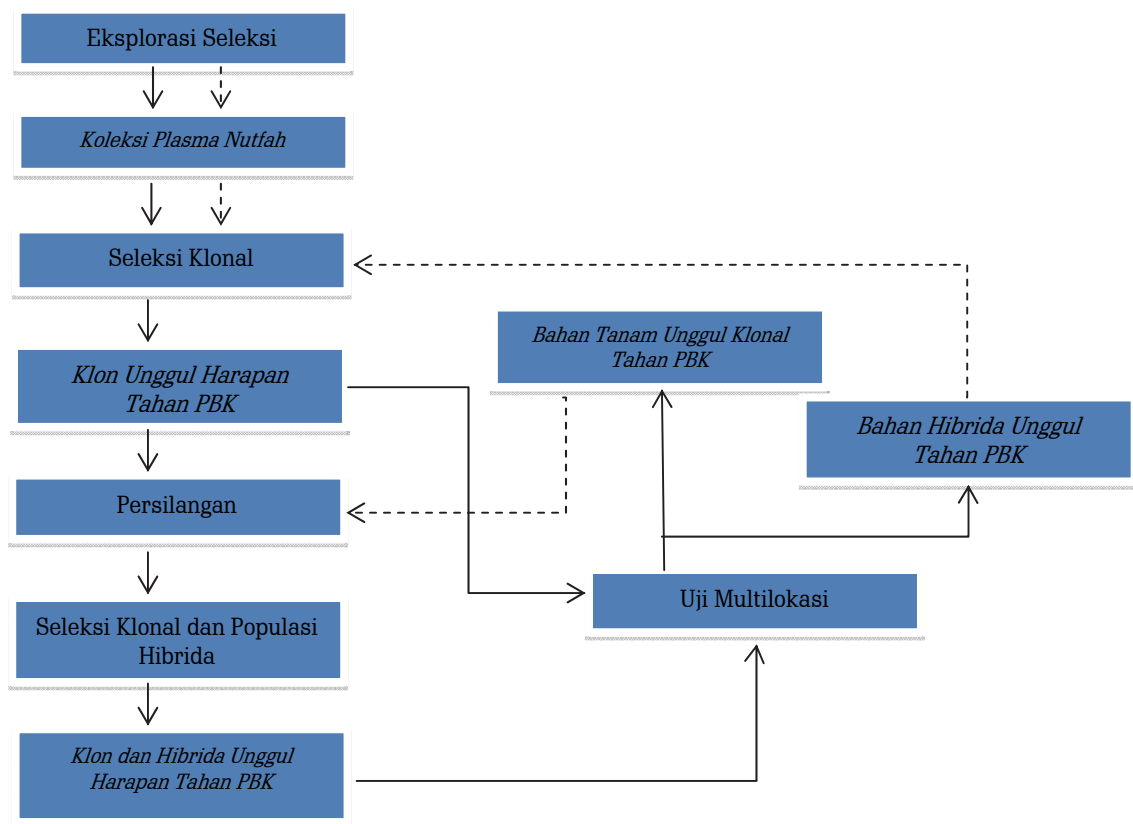
Sebagian genotipe ada yang bersifat kompatibel menyerbuk sendiri (*self-compatible*), sementara sebagian yang lain tidak kompatibel (*self-incompatible*). Metode pemuliaan kakao mengacu pada metode pemuliaan tanaman menyerbuk silang meskipun tidak seluruh metode dapat diterapkan secara mudah.

Materi genetik untuk perakitan bahan tanam unggul kakao dapat diperoleh dengan cara introduksi, eksplorasi, dan seleksi. Kakao bukan tanaman asli Indonesia sehingga upaya memperluas keragaman genetik tanaman dilakukan melalui introduksi materi genetik dari daerah pusat penyebaran kakao atau lembaga-lembaga kolektor plasma nutfah kakao dunia. Pengembangan kakao di Indonesia dimulai dengan menggunakan benih yang didatangkan dari Venezuela, kemudian diseleksi menjadi klon-klon DR1, DR2, dan DR38. Kegiatan ini merupakan tonggak sejarah dimulainya kegiatan pemuliaan kakao di Indonesia pada tahun 1912.

Pada tanaman kakao, permasalahan yang menjadi kendala utama dalam peningkatan produksi adalah serangan hama dan penyakit yang spesifik di setiap daerah pengembangan. Upaya pencarian materi genetik yang tahan terhadap hama dan penyakit dapat dilakukan melalui eksplorasi genotipe tahan di daerah endemik serangan. Dalam hal ini, pertanaman kakao yang sebagian besar

berasal dari benih hibrida dapat digunakan sebagai sumber materi genetik untuk mendapatkan genotipe yang tahan terhadap hama dan penyakit melalui kegiatan eksplorasi dan seleksi. Bahan tanam hibrida merupakan hasil persilangan antar tetua klonal yang memiliki keunggulan sifat daya hasil tinggi, mutu baik, serta tahan terhadap hama atau penyakit. Kemungkinan di antara genotipe-genotipe tersebut ada yang tahan terhadap hama atau penyakit tertentu.

Dalam menggali potensi genetik pada populasi pertanaman kakao dapat juga dilakukan melalui pendekatan pemuliaan partisipatif, yaitu melalui mekanisme hubungan timbal balik antara pemulia tanaman, petugas penyuluh lapangan, dan petani. Dengan pendekatan tersebut diharapkan dapat diperoleh materi genetik kakao yang unggul. Untuk memilih genotipe unggul kakao diperlukan kriteria seleksi yang dapat menduga potensi genetik tanaman. Salah satu hal yang harus dipertimbangkan adalah penampilan fenotipik tanaman seringkali dipengaruhi oleh faktor lingkungan tumbuh yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap efektivitas proses seleksi. Oleh karena itu, dukungan teknologi dibidang molekuler juga diperlukan untuk mendukung proses seleksi sehingga dapat dilakukan secara lebih cepat dan akurat.



Keterangan: Kotak dengan huruf miring (Italic) merupakan output kegiatan

Gambar 4. Skema seleksi berulang untuk mendapatkan tanaman kakao tahan hama penggerek buah kakao (PBK) (Sumber: Susilo, 2012b)

Figure 4. Recurrent selection scheme to obtain resistant cocoa plants to cocoa pod borer (CPB) (Source: Susilo, 2012b)

Salah satu metode seleksi yang dianggap lebih aplikatif untuk pemuliaan kakao adalah seleksi berulang (*recurrent selection*) karena sasaran untuk mendapatkan bahan tanam hibrida dan klonal dapat dicapai secara bersamaan dalam setiap daur seleksi. Seleksi berulang diawali dengan pembentukan populasi dasar melalui persilangan antar klon-klon unggul terseleksi. Metode persilangan *diallel* dapat digunakan untuk tujuan ini, sekaligus untuk mengetahui daya gabung sifat-sifat unggul tetua persilangan sebagai dasar penentuan komposisi tetua dalam pembuatan benih hibrida. Setelah populasi dasar terbentuk maka tahap berikutnya adalah seleksi yang dilakukan dengan dua cara, yaitu seleksi berbasis individual yang digunakan untuk mendapatkan klon unggul baru dan seleksi berbasis populasi untuk mendapatkan hibrida unggul baru. Klon ataupun hibrida unggul yang terseleksi selanjutnya diuji adaptabilitas sifat daya hasil dan mutunya di berbagai lingkungan yang berbeda. Klon ataupun hibrida unggul yang telah melewati prosedur uji multilokasi selanjutnya dapat dilepas sebagai bahan tanam unggul baru, yang dilengkapi dengan karakteristik adaptabilitasnya. Pertanaman dengan bahan tanam hibrida unggul baru tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai materi genetik untuk proses seleksi tahap berikutnya. Contoh skema seleksi berulang pada tanaman kakao yang bertujuan mendapatkan klon atau hibrida tahan terhadap hama PBK dapat dilihat pada gambar 4.

BAHAN TANAM KAKAO UNGGUL

Klon ICCRI 06H

Dalam upaya melengkapi komponen teknologi bahan tanam unggul kakao tahan VSD, Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia telah melakukan penelitian dan pengembangan hibrida kakao tahan VSD. Hibrida tersebut adalah ICCRI 06H yang merupakan hasil persilangan antar klon-klon unggul yang memiliki potensi daya hasil tinggi dan ketahanan penyakit VSD (Gambar 5). Pengembangan hibrida ICCRI 06H dilakukan secara generatif melalui proses persilangan alami (*open-pollination*) maupun persilangan terkendali (*hand-pollination*) antar induk klon-klon tetua persilangan. Ketersediaan hibrida ICCRI 06H ini memperkaya khasanah teknologi bahan tanam unggul kakao tahan VSD di Indonesia. Proses pemuliaan dalam perakitan hibrida ICCRI 06H diawali dengan seleksi klon-klon tetua persilangan pada koleksi plasma nutfah kakao di KP Kaliwining berdasarkan pada sifat produktivitas hasil, ketahanan penyakit VSD, dan kompatibilitas persilangan. Klon-klon yang terpilih sebagai tetua persilangan adalah TSH 858, KW 162, KW 163, KW 165, KEE 2, ICS 13, dan NIC 7. Dari kombinasi persilangan antar tetua tersebut diperoleh 14 hibrida dan kemudian diuji di beberapa lokasi dengan kondisi agroklimat yang berbeda-beda di

wilayah Jawa Timur. Tujuan percobaan multilokasi ini adalah mengetahui stabilitas daya hasil hibrida-hibrida hasil persilangan tersebut sebelum ditentukan jenis kombinasi persilangan yang layak direkomendasikan sebagai hibrida anjuran. Selanjutnya dilakukan pengamatan produksi dan ketahanan VSD selama 4 tahun, sedangkan uji multilokasi ini memerlukan waktu kurang lebih 7 tahun sehingga total waktu yang diperlukan untuk perakitan hibrida kakao tahan VSD yang meliputi seleksi, persilangan, dan uji multilokasi kurang lebih 10 tahun.

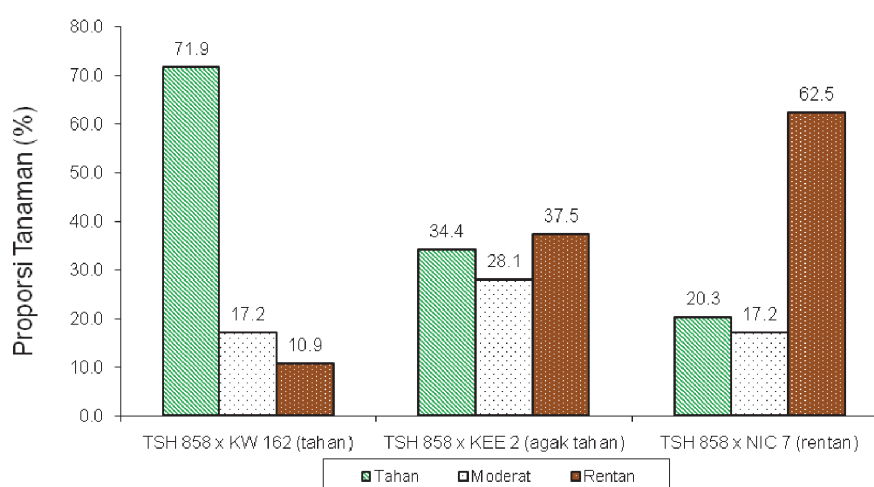
Evaluasi ketahanan terhadap serangan VSD dilakukan di daerah endemik VSD di KP. Kaliwining yang didasarkan pada gejala kerusakan tanaman hasil infeksi VSD secara alami di lapangan. Hibrida hasil persilangan antara TSH 858 dan KW 162 menunjukkan tingkat kerusakan yang lebih rendah dibandingkan hibrida-hibrida lainnya. Proporsi tanaman tahan pada populasi hibrida hasil persilangan TSH 858 x KW 162 mencapai >70%, lebih besar dibandingkan hibrida yang termasuk dalam kategori moderat tahan dan rentan, yang hanya sebesar 34,4 dan 20,3% (Gambar 6). Diketahui bahwa sifat ketahanan yang dimiliki klon KW 162 terhadap VSD dikendalikan oleh dua gen dominan sehingga persilangan yang menggunakan tetua klon KW 162 akan menghasilkan turunan yang sebagian besar tahan VSD. Hasil ini juga didukung oleh data tingkat kematian tanaman yang rendah (9%) dibandingkan tingkat kematian tanaman pada hibrida rentan yang mencapai > 50%. Di samping itu, berdasarkan tingkat produksi selama kurun waktu percobaan uji multilokasi tersebut juga menunjukkan bahwa hibrida kombinasi persilangan TSH 858 x KW 162 beserta resiproknya memperlihatkan tingkat produksi yang lebih tinggi dibandingkan kontrol dengan potensi produksi mencapai sekitar 2 ton/ha. Hibrida hasil persilangan TSH 858 x KW 162 inilah yang kemudian dirilis sebagai ICCRI 06H.

Di samping klon ICCRI 06H, beberapa bahan tanam juga telah direkomendasikan untuk pengendalian penyakit VSD, yaitu klon Sulawesi 1, Sulawesi 2, Sca 6, dan ICCRI 05. Pemanfaatan klon-klon tahan VSD tersebut terbukti efektif mengendalikan serangan VSD sehingga sebagian klon-klon tersebut telah berkembang luas di masyarakat. Meskipun demikian tingkat adopsi antar petani terhadap klon-klon tahan VSD tersebut tidak sama karena keterbatasan sumber bahan tanam dan tingkat keterampilan petani dalam hal teknik perbanyakan klonal. Oleh karena itu, pengembangan bahan tanam hibrida masih perlu dilakukan sebagai alternatif pilihan bagi petani/pekebun karena kemudahan dalam hal cara pembibitan dan pendistribusiannya ke lokasi-lokasi pengembangan. Selain itu, pengembangan kakao hibrida dapat menekan homogenisasi genetik pertanaman kakao. Hal ini karena kakao hibrida menghasilkan tanaman yang secara genetik beragam sehingga dapat meningkatkan ketahanan horizontal yang lebih tahan lama.



Gambar 5. Klon ICCRI 06H yang tahan terhadap penyakit VSD (Sumber: Susilo, 2012a)

Figure 5. ICCRI 06H clones that resistant to VSD disease (Source: Susilo, 2012a)



Gambar 6. Proporsi ketahanan tanaman kakao tahan terhadap VSD (Sumber: Susilo, 2012a)

Figure 6. Proportion of cocoa plant resistant to VSD (Source: Susilo, 2012a)

Klon Sulawesi 3 dan ICCRI 07

Bahan tanaman yang tahan terbukti efektif dan bersifat ramah lingkungan dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Penyediaan bahan tanam kakao tahan hama PBK menjadi prioritas dalam upaya mengendalikan hama tersebut. Strategi untuk mendapatkan bahan tanam kakao tahan PBK dilakukan melalui pendekatan eksplorasi dan seleksi genotipe tahan di daerah endemik serangan hama PBK. Eksplorasi tanaman kakao tahan PBK dilakukan di daerah sentra produksi kakao seperti wilayah Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, dan Jawa yang telah dimulai sejak awal tahun 2000. Melalui kegiatan eksplorasi di daerah endemik serangan diperoleh beberapa klon harapan tahan PBK yang selanjutnya digunakan sebagai materi seleksi.

Dari proses pemuliaan, diperoleh dua varietas kakao tahan terhadap hama PBK, yaitu Sulawesi 3 dan ICCRI 07 (Gambar 7). Sulawesi 3 berasal dari klon KW 570, sedangkan ICCRI 07 merupakan klon KW 514. Klon KW 514 merupakan hasil seleksi pada populasi hibrida *Upper Amazon Forastero* di Sumatera Utara. Sementara klon KW 570 diperoleh dari hasil seleksi pada populasi hibrida *Forastero* di Sulawesi. Kedua klon tersebut menunjukkan respon tahan terhadap serangan hama

PBK setelah melalui pengujian di daerah endemik serangan hama PBK. Pengujian bertujuan mengetahui stabilitas keragaan daya hasil dan ketahanan terhadap hama PBK di lapangan pada kondisi serangan PBK secara alami. Ditinjau dari tingkat produksinya, klon KW 570 dan KW 514 memiliki tingkat produksi yang sebanding dengan klon Sulawesi 02, ICCRI 03, dan ICCRI 04.

Penemuan kedua klon tahan hama PBK, ICCRI 07 dan Sulawesi 03, telah mengakhiri satu siklus seleksi genotipe kakao tahan PBK yang dilaksanakan selama ± 12 tahun. Hasil ini selanjutnya akan digunakan sebagai tolak ukur dalam kegiatan perakitan bahan tanam kakao tahan PBK di Indonesia. Pemanfaatan klon-klon tersebut selain sebagai pembandingan sifat ketahanan terhadap hama PBK juga digunakan sebagai sumber gen ketahanan PBK yang masih terbatas ketersediaannya. Keberhasilan pemuliaan ketahanan PBK selanjutnya akan tergantung pada seberapa besar tingkat keragaman genetik yang dapat terbentuk melalui persilangan dengan memanfaatkan klon-klon tahan tersebut serta manajemen proses seleksi untuk kegiatan pemuliaan.



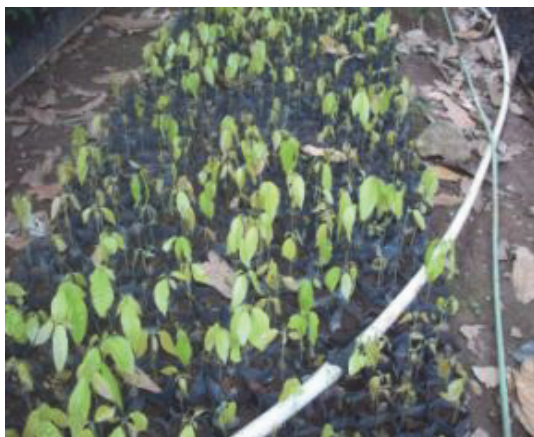
a



b

Gambar 7. Klon kakao tahan terhadap hama PBK; (a). Klon ICRRI 07 dan (b). Klon Sulawesi 03
(Sumber: Susilo, 2012b)

*Figure 7. Cocoa clones resistant to CPB pests; (a). ICRRI 07 clone and (b). Sulawesi 03 clone
(Source: Susilo, 2012b)*



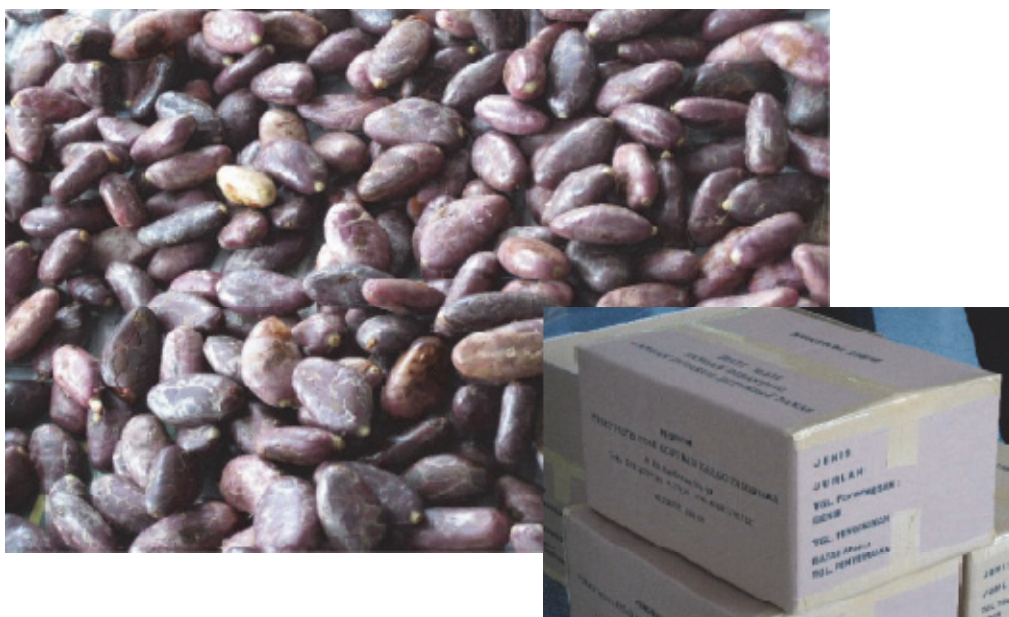
A



b

Gambar 8. Pembibitan hibrida ICCRI 06H: (a) penyemaian benih ICCRI 06H dengan perbandingan tetua 2:1 dan (b)
Bibit hibrida ICCRI 06H yang telah disertifikasi dan siap disalurkan

*Figure 8. Breeding hybrids ICCRI 06H: (a) seeding ICCRI 06H with a ratio of parents 2:1 and (b) ICCRI 06H hybrid
seeds that have been certified and ready to be distributed*



Gambar 9. Benih kakao dalam bentuk biji yang siap untuk dikirim (Sumber: Soedarsono, 1976)
 Figure 9. The beans of cocoa in the form of beans that are ready to be sen (Source: Soedarsono, 1976)

PENYEDIAAN BAHAN TANAM KAKAO

Bahan tanam kakao unggul sebaiknya diperoleh dari beberapa produsen benih nasional yang ditunjuk oleh Direktorat Jenderal Perkebunan dengan Surat Keputusan Menteri Pertanian (SK Mentan). Benih yang baik harus berasal dari tanaman induk yang telah memenuhi persyaratan, di antaranya adalah kondisi tanaman sehat dan kuat, memiliki produktivitas tinggi, dan berumur antara 12-18 tahun. Pemilihan buah untuk dijadikan benih harus mempertimbangkan beberapa hal, yaitu buah matang fisiologis yang ditandai dengan perubahan warna yang jelas pada kulit buah, berasal dari batang pokok, cabang primer dan ranting-ranting (Situmorang, 1975). Benih kakao hibrida ICCRI 06H merupakan salah satu benih yang telah direkomendasikan sebagai hibrida anjuran bagi petani/pekebun kakao di Indonesia melalui SK Menteri Pertanian No. 3682/Kpts/SR.120/11/2010. Hibrida ICCRI 06H ini merupakan satu-satunya hibrida kakao yang telah dirilis sebagai bahan tanam unggul kakao di Indonesia. Pengembangan hibrida ICCRI 06H dapat dilakukan dengan cara membangun kebun benih dengan komposisi tetua klon TSH 858 dan KW 162 adalah 2 : 1. Benih yang telah dipanen dari kebun benih tersebut kemudian disemaikan di tempat pembibitan (Gambar 8). Selain itu, benih kakao hibrida ICCRI 06H juga dapat dikembangkan dengan metode hibrida klonal. Hibrida klonal merupakan cara yang dapat ditempuh untuk mengembangkan bahan tanam hibrida apabila sumber benih konvensional masih terbatas.

Salah satu hal yang harus diperhatikan dalam menyediakan benih kakao adalah sifatnya yang tergolong rekalsitran. Pada umumnya, benih yang termasuk dalam golongan benih rekalsitran memerlukan metode penanganan khusus

yang berbeda dengan benih golongan ortodok. Deskripsi benih rekalsitran: (1) ketika matang fisiologis kandungan kadar airnya tinggi, yaitu lebih dari 40%; (2) viabilitas benih akan hilang di bawah ambang kadar air yang relatif tinggi, yaitu lebih dari 25%; (3) kandungan kadar air dan temperatur dapat menurunkan umur simpan benih; dan (4) untuk bertahan dalam penyimpanan memerlukan kadar air sekitar 30%.

Setelah dikeluarkan dari buahnya, benih kakao akan berkecambah dalam waktu 3-4 hari jika kondisi penyimpanannya kurang baik. Dalam kondisi normal benih akan kehilangan daya tumbuhnya setelah 10-15 hari (Hansen & Hunter, 1960). Kemampuan tumbuh benih kakao yang masih berada dalam buah dapat bertahan sampai 20 hari meskipun kulit buah sudah mengeras dan mengerut. Lamanya penurunan daya tumbuh benih kakao yang masih berada di dalam buah disebabkan oleh zat penghambat perkecambahan dalam daging buah (Chin & Roberts, 1980).

Mengingat sifat benih kakao yang tergolong rekalsitran maka sebelum dilakukan pengiriman, benih tersebut harus mendapatkan perlakuan tertentu. Benih kakao yang sudah dibuang kulitnya dicuci dalam larutan fungisida Phygon 5% dan dikeringkan dengan kain lap, kemudian dimasukkan dalam kantong plastik. Setiap kantong berisi 500-700 benih dan kantong dipak di dalam kotak karton dengan diberi serbuk gergaji di sela-selanya untuk mengurangi perubahan suhu yang besar selama pengiriman atau penyimpanan (Hunter, 1959) (Gambar 9). Dengan perlakuan tersebut, benih kakao menunjukkan daya tumbuh yang tetap tinggi, yaitu 97% selama 13 hari sejak dipanen. Hal ini sesuai dengan pendapat Soedarsono (1976) bahwa penyimpanan benih kakao tanpa daging buah dalam kantong plastik yang tertutup rapat dan dipak dalam

wadah dengan serbuk gergaji, baik dengan maupun tanpa Dithane M 45, akan memberikan hasil yang baik sampai kurun waktu 2 minggu. Di samping itu, masa simpan benih kakao juga dipengaruhi oleh banyak faktor seperti suhu, kelembaban relatif udara, kadar air benih, patogen, dan aerasi.

PENUTUP

Bahan tanaman kakao unggul seperti ICCRI 07 dan Sulawesi 03 yang tahan hama PBK serta klon hibrida ICCRI 06H yang tahan VSD merupakan salah satu solusi dalam mengatasi masalah penyakit VSD dan hama PBK pada pertanaman kakao. Penemuan bahan tanaman unggul tersebut dapat dimanfaatkan dalam rangka pengembangan teknologi inovasi bioindustri kakao, serta dapat dipertimbangkan sebagai tolak ukur dalam kegiatan perakitan bahan tanam kakao tahan PBK dan VSD di Indonesia. Meskipun demikian, keberhasilan penanganan masalah VSD dan PBK tersebut tidak hanya tergantung pada bahan tanam saja, akan tetapi juga tergantung pada penerapan cara budidaya yang baik. Keberhasilan pemuliaan ketahanan PBK dan VSD selanjutnya akan tergantung pada seberapa besar tingkat keragaman genetik yang dapat terbentuk melalui persilangan dengan memanfaatkan klon-klon tahan tersebut serta manajemen proses seleksi dalam kegiatan pemuliaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Chin, H.F., & Roberts, E.H. (1980). *Recalcitrant crop seeds*. Kuala Lumpur: Tropical press SND, DHDI.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2006). *Statistik perkebunan Indonesia 2000–2005*. Ed. II (p. 26).
- Hall, C.J.J. Van. (1932). *Cacao*. London: MacMillan & Co Lim.
- Hansen, A.J., & Hunter, J.R. (1960). A preliminary experiment on protection of cacao seeds. Trinidad & Tobago: International America Cacao Conference.
- Hunter, J.R. (1959). Germination in *Theobroma cacao*. *Cacao*, 4(4), 1-8.
- Keane, P.J., (1992). *Epidemiology of vascular streak dieback of cacao*. Annual Application Biology. SDN. BHD.
- Situmorang, S. (1975). *Pengaruh letak buah pada pohon cokelat terhadap kualitas bibit*. Naskah Karya Sidang Komisi Teknis Perkebunan V Budidaya Kopi Cokelat.
- Soedarsono. (1976). Percobaan penyimpanan dan pengiriman benih kakao dalam bentuk biji. Jember: Fakultas Pertanian Universitas Negeri Jember.
- Soenaryo, (1978). Naungan untuk tanaman cokelat. Bogor: Balai Penelitian Perkebunan, Sub Balai Penelitian Budidaya Jember.
- Susilo, A.W. (2012a). ICCRI 06H, hibrida unggul kakao tahan penyakit pembuluh kayu (VSD, Vascular Streak Dieback). *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 24(1), 4.
- Susilo, A.W. (2012b). Penemuan klon kakao tahan hama penggerek buah kakao (PBK) di Indonesia. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 24(2), 5.
- Tjitrosoepomo, G. (1988). *Taksonomi tumbuhan spermathopyta*. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Wardojo, S. (1978). *Sistem pemberantasan hama tanaman cokelat berdasarkan deteksi awal dan perlakuan setempat*. Tanggapan Atas Hasil Diskusi Hama Cokelat di PTP XIII.
- Wood, G. A. R., & Lass, R., A. (1985). *Cocoa tropical agricultural series*, 4th Ed., New York: Longman Group Lim.
- Wood, G. A. R. (1975). *Cacao tropical agriculture series*. 3th Ed. London, Longmans.

Lampiran 1. Karakteristik Tanaman Klon ICCRI 06H (Sumber: Susilo, 2012a)

Daun

Warna flush	: 0% kecokelatan; 25% merah; 7,61% merah tua; 17,39% cokelat; 0% kuning kemerahan; 7,61% merah cerah; 7,61% merah muda; 10,87% cokelat kemerahan; 23,91% merah kecokelatan; 0% kemerahan.
Warna daun muda	: 13,13% kuning; 20,20% cokelat; 54,55% hijau kecokelatan; 11,11% hijau kemerahan; 1,01% hijau.

Bunga

Antosianin bunga	: 17% tidak tampak; 61% tampak samar; 22% tampak intensif.
Staminodia	: 2,11% menutup; 25,26% lurus; 72,63% membuka.

Buah

Bentuk buah	: 95,79% jorong (<i>ellips</i>); 4,21% lonjong (<i>oblong</i>).
Kehadiran leher botol (<i>bottle neck</i>)	: 54,26% samar; 39,36% tampak sedang; 6,38% tampak jelas.
Ujung buah	: 64,21% lancip; 15,79% tumpul; 20% berputing (<i>mammellate</i>).
Permukaan buah	: 7,78% halus; 27,78% agak halus; 44,44% agak kasar; 20% kasar.
Warna buah	: 25,56% merah; 2,22% merah tua; 3,33% merah kecokelatan; 3,33% merah muda; 16,67% hijau muda; 3,33% merah.

Lampiran 2. Penampilan Klon ICCRI 07 (Sumber: Susilo, 2012b)

Ciri tanaman	: vigor tumbuh sedang, tipe percabangan agak tegak.
Buah	: ukuran sedang, bentuk buah jorong (<i>ellips</i>), leher botol samar, ujung buah runcing, permukaan agak halus, alur dangkal, warna buah merah hati, warna alur merah hati (sama dengan kulit buah), warna buah masak oranye.
Biji	: bentuk jorong (<i>ellips</i>), permukaan pipih.
Bunga	: tangkai berwarna merah, antosianin pada sepala tampak sedang, staminodia terbuka.
Daun	: tekstur bergelombang, ukuran besar, bentuk jorong (<i>ellips</i>), pangkal membulat, ujung runcing, warna <i>flush</i> merah muda.
Sifat penting	: daya hasil 1,73 kg/phn; berat per biji kering 1,15 g; kadar lemak biji 45,67%.

Penampilan Klon Sulawesi 03 (Sumber: Susilo, 2012b)

Ciri tanaman	: vigor tumbuh sedang, tipe percabangan tegak.
Buah	: ukuran sedang, bentuk buah jorong membulat (<i>ellips</i>), leher botol samar, ujung buah tumpul, permukaan agak kasar, alur dangkal, warna buah merah muda kecokelatan, warna alur agak merah (samar), warna buah masak kuning kemerahan.
Biji	: bentuk jorong (<i>ellips</i>), permukaan pipih.
Bunga	: tangkai berwarna merah, antosianin pada sepala tampak samar, staminode terbuka.
Daun	: tekstur bergelombang, ukuran sedang, bentuk oval, pangkal membulat, ujung meruncing pendek, warna <i>flush</i> merah tua.
Sifat penting	: dayahasil 1,67 kg/phn.

KARAKTERISTIK MORFOLOGI DAN KEGIATAN PLASMA NUTFAH TANAMAN KAKAO

MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GERMPLASM ACTIVITIES IN CACAO

Budi Martono

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

budimartono@hotmail.com

ABSTRAK

Kakao merupakan tanaman menyerbuk silang dengan karakteristik yang beragam antar genotipe, baik bentuk buah, warna buah, besar biji, kadar lemak, maupun ketahanan terhadap hama dan penyakit. Keragaman yang ada dapat dimanfaatkan sebagai sumber gen dalam pembentukan varietas unggul kakao. Langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam upaya penyediaan plasma nutfah untuk perbaikan tanaman kakao adalah eksplorasi, koleksi, konservasi, karakterisasi, evaluasi, dan dokumentasi. Varietas lokal, introduksi maupun klon-klon baru hasil seleksi pohon secara individu yang memiliki sifat unggul spesifik merupakan koleksi plasma nutfah yang perlu dikelola dengan baik dan berkesinambungan. Dengan adanya kegiatan karakterisasi dan evaluasi plasma nutfah yang lebih intensif maka semakin banyak informasi berupa aksesori yang potensial untuk dikembangkan sebagai varietas unggul maupun aksesori yang dapat dimanfaatkan dalam program pemuliaan lebih lanjut. Pemanfaatan plasma nutfah telah banyak menghasilkan klon-klon kakao yang dilepas sebagai varietas unggul. Klon-klon kakao anjuran yang dirakit dari plasma nutfah masing-masing mempunyai keunggulan dibandingkan klon lain dalam hal produksi, mutu, kadar lemak, ketahanan terhadap hama PBK dan hama kepik penghisap buah (*Helopeltis* spp), ketahanan terhadap penyakit busuk buah dan penyakit pembuluh kayu (VSD), serta cekaman terhadap kekeringan.

Kata kunci: Kakao, keragaman, plasma nutfah, varietas unggul

ABSTRACT

*Cocoa is a cross-pollinated plant with various characteristics among genotypes, such as pod shape, pod color, bean size, fat content, and resistance to pests and diseases. The existing diversity can be utilized as a source of genes in the formation of a high yielding varieties in cocoa. Several steps that need to be carried out to provide germplasm for cocoa crop improvement are exploration, collection, conservation, characterization, evaluation, documentation, and documentation. Local varieties, germplasm introduction, and new clones as a result of selection that have specific superior traits are included in germplasm collections that need to be well managed in a sustainable manner. Intensive characterization and evaluation of germplasm would give more information of potential clones to be developed as a superior varieties as well as can be utilized in further breeding program. The utilization of germplasm collections has produced many cocoa clones which already released as superior varieties. The recommended cocoa clones that have been assembled from germplasm have many advantages compared to the other clones, especially in terms of production, quality, fat content, resistance to cocoa pod borer and ladybugs sucking fruit (*Helopeltis* spp), resistance to black pod disease and Vascular Streak Dieback (VSD) as well as tolerance to drought stress.*

Keywords: *Cocoa, variability, germplasm, superior variety*

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu jenis tanaman penyegar yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Kakao mempunyai peran penting sebagai bahan dasar untuk produk pangan, kosmetik maupun kesehatan. Seluruh bagian tanaman kakao dapat dimanfaatkan menjadi produk yang bernilai ekonomis. Batang kakao yang meliputi 70% bagian tanaman kakao merupakan bagian yang potensial untuk diolah menjadi gula kristal, pakan ternak, dan bioetanol, sedangkan daun menghasilkan biomassa. Kandungan utama biji kakao digunakan untuk industri cokelat dan turunannya, kosmetik, serta obat. Dari biji dihasilkan pangan, gula, dan tepung.

Bungkil kakao merupakan produk samping yang dihasilkan dari proses pengolahan kakao yang umumnya diperoleh dari proses pengayakan bubuk kakao dan pada ekstraksi polifenol dari biji kakao.

Saat ini, pemanfaatan bungkil kakao masih terbatas digunakan sebagai bahan pakan dan pupuk. Pemanfaatan sebagai hidrolisat protein merupakan salah satu alternatif. Hidrolisat protein merupakan asam amino atau peptida dari protein terhidrolisa yang dapat diproduksi secara kimiawi maupun enzimatis. Di samping mempunyai nilai jual yang tinggi, hidrolisat protein memiliki potensi nutrisi dan fungsional yang baik sehingga dapat digunakan sebagai bahan produk makanan dan suplemen kesehatan (Febrianto, 2013).

Salah satu faktor penentu keberhasilan pengembangan kakao, yaitu dukungan ketersediaan bahan tanam unggul dan bermutu. Selain memiliki potensi hasil tinggi dan kualitas biji yang bermutu tinggi, varietas unggul yang diharapkan juga tahan terhadap hama penggerek buah kakao (PBK) dan penyakit utama seperti busuk buah kakao/BBK (*Phytophthora palmivora*) dan *vascular streak*

dieback/VSD (*Oncobasidium theobromae*), serta tahan terhadap cekaman abiotik. Hasil seleksi genotipe-genotipe kakao yang toleran terhadap cekaman abiotik (kekeringan) telah dilaporkan (Opeke & Toxopeus, 1967; Toxopeus, 1968; Frimpong, Adu-Ampomah, & Karimu, 1999; Padi, Adu-Gyamfi, Akpertey, Arthur, & Ofori, 2013).

Tanaman kakao merupakan tanaman menyerbuk silang (*cross pollination*) sehingga terdapat keragaman di antara genotipe, baik keragaman morfologi seperti bentuk buah, warna buah, besar biji, maupun keragaman dalam tingkat ketahanannya terhadap hama dan penyakit. Keberhasilan suatu program pemuliaan sangat ditentukan oleh seberapa besar keragaman genetik yang terdapat dalam sumber genetik yang digunakan. Semakin tinggi keragaman genetik semakin tinggi pula peluang untuk mendapatkan sumber gen bagi karakter yang akan diperbaiki.

Untuk menunjang program bioindustri kakao, kekayaan plasma nutfah yang ada harus dikelola dengan baik dan berkesinambungan serta dilengkapi dengan *database* yang lengkap sehingga pengguna (pemulia) dapat mengakses dan memanfaatkannya dengan mudah dalam upaya menghasilkan varietas unggul. Pemanfaatan plasma nutfah kakao melalui teknik pemuliaan yang sesuai telah menghasilkan klon-klon unggul anjuran seperti ICCRI 04, ICCRI 02, ICCRI 03, ICCRI 04, Sulawesi 1, Sulawesi 2, MCC 01, dan MCC 02. Melalui ketersediaan bahan tanam unggul ini akan mampu meningkatkan daya saing produk kakao Indonesia di pasar Internasional.

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk mengetahui karakteristik morfologi tanaman kakao dan kegiatan-kegiatan yang dilakukan dalam menangani plasma nutfah, serta informasi mengenai karakter-karakter penting dari varietas/klon anjuran maupun plasma nutfah lainnya.

KARAKTERISTIK TANAMAN KAKAO

Botani dan Morfologi Tanaman

Botani

Dalam susunan taksonomi, tanaman kakao termasuk Divisi: Spermatophyta, Subdivisi: Angiospermae, Kelas: Dicotyledoneae, Subkelas: Dialypetalae, Ordo: Malvales, Familia: Sterculiaceae, Genus: *Theobroma*, dan Spesies: *Theobroma cacao* L. (Tjitrosoepomo, 1988). Dari 22 jenis genus *Theobroma* familia Sterculiaceae, hanya *T. cacao* dan *T. grandiflorum* yang diusahakan secara komersial (Cuatrecasas, 1964). Kakao tumbuh liar di lembah Amazon dan daerah tropis lainnya di Amerika Tengah dan Selatan. Tanaman kakao menyebar di beberapa negara, di antaranya Belize, Kolombia, Costa Rika, Pantai Gading, Republik Demokrasi Kongo, Dominika, Ekuador, Gabon, Ghana, Guinea, India, Indonesia, Jamaika, Madagaskar, Malaysia, Nigeria, Papua Nugini, Filipina, Samoa, Sao Tome et Principe, Sierra Leone, Srilanka, Suriname, Tanzania, Togo, Trinidad, dan Tobago, Uganda, serta Venezuela.

Tanaman kakao termasuk golongan tanaman tahunan (*perennial*) dan merupakan tanaman dikotil, mempunyai 10 pasang kromosom ($2n = 2x = 20$). Ukuran genom kakao diperkirakan antara 388 Mb - 430 Mb. *Theobroma cacao* dibagi dalam dua subjenis, yaitu *T. cacao* dan *T. sphaerocarpum* (chev.) Cuatr. Subjenis *T. cacao* dikelompokkan menjadi empat forma, yaitu (1) forma *cacao*: sifat biji bulat, biji berkualitas tinggi, dan kotiledon berwarna putih, (2) forma *pentagonum*: berbiji bulat besar, kualitas biji bagus, dan kotiledon berwarna putih, (3) forma *leiocarpum*: biji membulat (*plum*), kualitas biji bagus, kotiledon berwarna putih atau ungu pucat, dan (4) forma *lacandonense*: kakao liar yang berasal dari Meksiko.

Pertumbuhan tanaman subjenis *T. sphaerocarpum* lebih vigor, kuat, produktivitasnya lebih tinggi, lebih tahan hama dan penyakit dibandingkan *T. cacao*. Permukaan kulit buah relatif halus, kulit buah tipis tetapi keras/liat. Bentuk biji lonjong (oval), pipih, dan kecil, kotiledon berwarna ungu gelap, mutu biji beragam dan lebih rendah dibandingkan *T. cacao*. Anggota dari subjenis *T. sphaerocarpum* adalah kakao lindak (*bulk cocoa*) dan Forastero.

Kelompok kakao lainnya adalah hasil persilangan alami (*hybrida*) antara Criollo (subjenis *T. cacao*) dengan Forastero (subjenis *T. sphaerocarpum*) sehingga jenis ini sangat heterogen. Kakao hasil persilangan ini mempunyai sifat morfologi, fisiologi, daya hasil dan mutu biji yang beragam. Beberapa klon dari kelompok ini disebut kakao mulia jika keping biji segarnya berwarna putih, sedangkan dinamakan kakao lindak jika keping biji segarnya berwarna ungu. Kakao jenis ini menghasilkan biji kakao *fine flavour cocoa* dan ada yang termasuk dalam *bulk cocoa*.

Biji kakao dapat diklasifikasikan ke dalam kelompok genetik Forastero, Criollo, dan Trinitario. Forastero ditandai dengan warna kotiledon ungu yang merupakan warna khas dari senyawa antosianin dalam biji kakao, Criollo dengan warna kotiledon putih, dan Trinitario yang merupakan keturunan dari Forastero dan Criollo. Forastero diproduksi dan diperdagangkan dalam jumlah yang lebih besar daripada Criollo dan Trinitario. Ketiga jenis kakao tersebut dikembangkan di Indonesia (Tabel 1).

Criollo atau kakao mulia merupakan kelompok kakao dengan cita rasa yang lebih lembut (*milder flavour*) dengan sedikit rasa kacang (*nutty type*). Citarasa ini sangat cocok untuk pembuatan cokelat susu. Cokelat yang dibuat dari biji kakao dari bahan tanam yang berbeda akan memiliki citarasa yang berbeda pula.

Morfologi

a. Batang (*caulis*)

Habitat asli tanaman kakao adalah hutan tropis dengan curah hujan dan kelembaban yang tinggi sehingga tanaman tumbuh tinggi. Batang tanaman kakao tumbuh tegak, tinggi tanaman di kebun pada umur 3 tahun dengan kisaran 1,8-3 m dan pada umur 12 tahun mencapai 4,5-7 m,

sedangkan kakao yang tumbuh liar ketinggiannya mencapai 20 m. Kakao yang diperbanyak dengan biji akan membentuk batang utama sebelum tumbuh cabang-cabang primer. Letak pertumbuhan cabang-cabang primer disebut jorket dengan ketinggian 1,2-1,5 m dari permukaan tanah. Jorket tersebut tidak ditemukan pada kakao yang diperbanyak secara vegetatif. Tanaman kakao memiliki dua bentuk cabang, yaitu cabang orthotrop (cabang yang tumbuh ke atas) dan cabang plagiotrop (cabang yang tumbuh ke samping). Dari batang dan kedua jenis cabang tersebut sering ditumbuhi tunas-tunas air atau wiwilan yang banyak menyerap energi sehingga akan mengurangi pembungaan dan pembuahan. Jorket merupakan tempat percabangan orthotrop ke plagiotrop dengan sifat percabangan dimorfisme.

Sudut arah pertumbuhan cabang primer berkisar 45° dengan warna cokelat muda sampai cokelat tua, permukaan beralur, keadaan bantalan buah jelas, jarak antar bantalan buah 5-10 cm. Sudut arah pertumbuhan cabang sekunder sekitar 60°, warna cokelat muda sampai cokelat tua, alur permukaan kurang tegas sampai tegas dengan jarak antar ketiak daun 2-5 cm.

b. Daun (*folium*)

Warna *flush* bervariasi dari kecokelatan, cokelat, cokelat kemerahan, merah kecokelatan, kemerahan, merah, merah muda, merah cerah, merah tua, dan kuning kemerahan. Daun muda berwarna kuning, kuning cerah, cokelat, merah kecokelatan, hijau kecokelatan, hijau kemerahan, dan hijau, panjang daun 10-48 cm dan lebar antara 4-20 cm. Permukaan atas daun tua hijau dan bergelombang, sedangkan permukaan bawah daun tua berwarna hijau muda, kasar, dan bergelombang. Daun kakao merupakan daun tunggal (*folium simplex*), pada tangkai daun hanya terdapat satu helaian daun. Tangkai daun (*petiolus*) berbentuk silinder dan bersisik halus (tergantung pada tipenya), pangkal membulat, ujung runcing sampai meruncing dengan panjang $\pm$ 25-28 mm dan diameter $\pm$ 3-7,4 mm. Warna tangkai daun bervariasi, yaitu hijau, hijau kekuningan, dan hijau kecokelatan. Bangun daunnya bulat memanjang (*oblongus*). Ujung daun (*apex folii*) meruncing (*acuminatus*) dan pangkal

daun (*basis folii*) berbentuk runcing (*acutus*), kedua tepi daunnya di kanan dan kiri ibu tulang daun sedikit demi sedikit menuju ke atas dan pertemuannya di puncak daun yang membentuk sudut lancip. Tepi daun (*margo folii*) rata (*integer*) sampai agak bergelombang, daging daun tipis tetapi kuat seperti perkamen. Susunan tulang daun (*nervatio*) menyirip (*penninervis*), hanya mempunyai satu ibu tulang daun yang berjalan dari pangkal ke ujung daun dan merupakan terusan dari tangkai daun, alur tulang daun tampak jelas.

c. Akar (*radix*)

Di samping untuk memperkuat berdirinya tanaman kakao, akar tanaman ini berfungsi untuk menyerap air dan zat-zat makanan yang terlarut di dalam air dari dalam tanah serta mengangkut air dan zat-zat makanan ke tempat-tempat yang memerlukan. Tanaman kakao mempunyai akar tunggang yang disertai dengan akar serabut dan berkembang di sekitar permukaan tanah kurang lebih sampai 30 cm. Pertumbuhan akar dapat mencapai 8 m ke arah samping dan 15 m ke arah bawah. Ketebalan daerah perakarannya 30-50 cm. Pada tanah dengan permukaan air rendah, akar tumbuh panjang, sedangkan pada kedalaman air yang tinggi dan tanah liat, akar tidak begitu dalam dan tumbuh lateral dekat dengan permukaan tanah.

d. Bunga (*flos*)

Letak sebaran bunga dan buah pada batang dan cabang atau bersifat cauliflora. Bunga kakao terdapat hanya sampai cabang sekunder. Bunga kecil dan halus berwarna putih sedikit ungu kemerahan dan tidak berbau, diameter bunga 1-2 cm. Bunga kakao tergolong bunga sempurna terdiri dari daun kelopak (*calyx*) sebanyak 5 helai berwarna merah muda dan benang sari (*androecium*) berjumlah 10 helai. Panjang tangkai bunga 2-4 cm. Warna tangkai bunga beragam dari hijau muda, hijau, kemerahan, merah muda, dan merah. Dalam keadaan normal, tanaman kakao dapat menghasilkan bunga sebanyak 6000- 10.000 per tahun dan hanya sekitar 5% yang dapat menjadi buah.

Tabel 1. Tipe dan ciri-ciri kakao yang dikembangkan di Indonesia

Table 1. The types and characteristics of cocoa that have been developed in Indonesia

No.	Ciri-ciri	Tipe/Jenis			Keterangan
		Criollo	Forastero	Trinitario	
1.	Warna buah	Merah	Hijau	Beragam	Tipe Trinitario merupakan hibrida dari Criollo dan Forastero (secara alami) sifat-sifatnya ada di antara keduanya.
2.	Kulit buah	Kasar	Halus	Kasar s/d halus	
3.	Warna biji	Putih	Ungu	Ungu	
4.	Bentuk biji	Bulat besar	Lonjong pipih	Lonjong pipih	
5.	Kadar lemak	Sedikit	Banyak	Sedang	
6.	Citarasa	Baik	Sedang	Sedang	
7.	Ketahanan hama dan penyakit	Kurang tahan	Lebih tahan	Cukup tahan	
8.	Pertumbuhan tanaman	Kurang kuat	Kuat dan cepat	Sedang dan cepat	
9.	Produksi	Sedikit	Tinggi	Sedang s/d tinggi	

Sumber: Komisi Kakao Indonesia (2006)

Source: Komisi Kakao Indonesia (2006)

Bunga tidak menghasilkan nektar dan tidak memiliki aroma (Cheeseman, 1932; Urquhart, 1961). Namun demikian, menurut Stejskal (1969) ada dua jenis nektar mikroskopis, yaitu (1) multiseluler silinder dengan ukuran 60-450 mikron yang terdapat pada tangkai bunga, sepal, dan ovarium, dan (2) uniseluler kerucut dengan ukuran 20-25 mikron yang terletak di garis antara kelopak dan staminod. Nektar tersebut memiliki bau yang menarik bagi nyamuk jantan dan serangga lepidopterous. Rumus bunga kakao adalah $K5 C5 A(5^0 + 5^2) \underline{G} (5)$, artinya bunga tersusun dari 5 daun kelopak yang bebas satu sama lain, 5 daun mahkota, 10 tangkai sari yang tersusun dalam 2 lingkaran, masing-masing terdiri dari 5 tangkai sari tetapi hanya 1 lingkaran yang fertil, dan 5 daun buah yang bersatu.

Bunga tanaman kakao dibedakan menjadi 2: (1) bersifat *self fertil* atau *self compatible*, yaitu tanaman kakao yang berbunga dapat dibuahi oleh serbuk sari dari bunga tanaman itu sendiri, dan (2) bersifat *self steril* atau *self incompatible*, yaitu kakao yang berbunga hanya dapat dibuahi oleh serbuk sari dari bunga klon lainnya. *Self incompatible* tersebut merupakan ketidakmampuan tanaman kakao yang fertil dan biseksual untuk menghasilkan zigot setelah penyerbukan sendiri. Inkompabilitas biasanya di bawah kontrol genetik yang kuat oleh hanya beberapa lokus gen. Genotipe dari dua tanaman pada lokus-lokus tertentu menentukan apakah satu perkawinan memungkinkan atau tidak. Jadi bukan hanya *selfing* yang tertolak melainkan juga penyerbukan silang tertentu. Inkompabilitas mencegah serbuk sari untuk berkecambah pada kepala putik atau memperlambat pertumbuhan tabung serbuk sari melalui tangkai putik. Sistem inkompabilitas pada tanaman kakao sangat kompleks dan melibatkan beberapa lokus gen. Baik lokus yang sporotifik maupun gametofitik *self-incompatibility* ada pada tanaman kakao (Steiner, 1992). Tanaman yang *self-fertile* maupun *self-infertile* dari *T. cacao* telah ditemukan. *Self-incompatibility* mendominasi populasi alam di Amerika Selatan (Warren, Kalai, & Misir, 1995).

Dua tipe inkompabilitas yang berbeda tersebut secara fundamental dibedakan berdasarkan efek lokus-lokus gen inkompabilitas. Gen dari mikrogametofit, yaitu serbuk sari menentukan apakah serbuk sari dapat berkecambah dan tabung serbuk sari normal pada kasus inkompabilitas gametofitik. Inkompabilitas sporofitik merupakan reaksi inkompabilitas yang tergantung pada genotipe tanaman induk serbuk sari. Seluruh serbuk sari dari suatu tanaman selalu menunjukkan reaksi inkompabilitas yang sama pada kasus sporofitik

self-incompatibility. Tetapi tidak demikian pada sistem yang gametofitik (Finkeldey, 2005).

Bunga kakao membuka pagi hari (sekitar fajar) dan kepala sari pecah sebelum matahari terbit. Putik biasanya diserbuki 2 sampai 3 jam kemudian dari saat matahari terbit sampai matahari terbenam (Cheeseman, 1932). Putik reseptif pada semua bagian, tidak hanya di bagian puncak saja seperti pada kebanyakan bunga (Sumner, 1962). Penyerbukan yang terbaik adalah tengah hari dan umumnya terjadi dengan bantuan lebah (Hymenoptera), kupu-kupu/ngengat (Lepidoptera), dan lalat kecil pengusir hama (Diptera).

e. Buah (*fructus*)

Buah kakao berupa buah buni dengan daging bijinya sangat lunak. Bentuk, ukuran, dan warna buah kakao bervariasi dan merupakan salah satu karakter penting sebagai penciri perbedaan antar genotipe kakao. Berdasarkan bentuk buah terbagi menjadi empat golongan, yaitu Angoleta (buah berbentuk *oblong*), Cundeamor (buah berbentuk *ellips*), Amelonado, dan Calabacil (buah berbentuk bulat) (Cuatrecasas 1964; Wood & Lass, 1985). Permukaan buah halus, agak halus, agak kasar, dan kasar dengan alur dangkal, sedang, dan dalam, jumlah alur sekitar 10 dengan tebal antara 1-2 cm tergantung jenis klonnya. Panjang buah 16,2–20,50 dengan diameter 8–10,07 cm. Buah muda bervariasi warnanya, yaitu merah muda, merah muda keputihan, merah muda kecokelatan, merah kecokelatan, merah kehijauan, merah kusam, merah, merah tua, merah tua mengkilap, hijau muda, hijau muda keputihan, kehijauan, hijau, dan kecokelatan. Buah masak berwarna merah kekuningan, kuning kemerahan, kuning cerah, kuning agak kehijau-hijauan, dan orange. Warna buah dapat digunakan untuk identifikasi kelompok genetik kakao. Kakao jenis Criollo atau Trinitario buahnya umumnya berwarna merah sedangkan jenis Forastero umumnya berwarna hijau termasuk sebagian jenis Trinitario. Buah kakao terdiri dari 3 komponen utama, yaitu kulit buah, plasenta, dan biji. Komponen terbesar dari buah kakao adalah kulit buah (lebih dari 70% berat buah masak). Persentase biji kakao dalam buah antara 27-29%, sisanya plasenta yang merupakan pengikat dari sekitar 30-40 biji yang terdapat dalam buah (Sri Mulato, Widyotomo, Misnawi, & Suharyanto, 2005). Kulit dalam (*endocarpium*) tebal, berdaging, keras seperti kayu saat dikeringkan dengan ketebalan antara 4-8 mm. Buah muda disebut pentil (*cherelle*) ukurannya kurang dari 10 cm, seringkali mengalami keguguran (*cherelle wilt*) sebagai gejala spesifik dari tanaman kakao.

Tabel 2. Perubahan warna dan pengelompokkan kelas kematangan buah
Table 2. Discoloration and grouping of ripen cocoa pods

Perubahan warna	Bagian kulit yang mengalami perubahan warna	Kelas kematangan buah
Kuning	Pada alur buah	C
Kuning	Pada alur buah dan punggung alur buah	B
Kuning	Pada seluruh permukaan buah	A
Kuning	Pada seluruh permukaan buah	A ⁺

Sumber: Siregar (2003)
Source: Siregar (2003)

Buah kakao dipanen setelah masak optimal. Menurut Humphries (1943) *cited in* Rohan (1963), buah terbentuk setelah 14 hari penyerbukan bunga. Buah akan mengalami perkembangan selama pemasakan, yaitu 143 hari buah mencapai perkembangan fisik maksimal. Setelah itu, buah tidak bertambah besar maupun bertambah panjang. Buah mengalami masak optimal setelah berumur 170 hari yang ditandai dengan perubahan warna kulit buah sesuai dengan varietasnya. Dilaporkan Sunanto (1992) bahwa di dataran rendah proses kematangan buah kakao sejak dari penyerbukan sekitar 5,5 bulan, sedangkan di daerah pegunungan 6 bulan. Menurut Siregar (2003), terdapat tiga perubahan warna kulit pada buah kakao yang menjadi kriteria kelas kematangan buah (Tabel 2). Kemasakan buah kakao ditandai dengan perubahan warna kulit dan biji tidak melekat pada kulit buah bagian dalam bahkan terdapat rongga antara keduanya sehingga jika dipukul atau diketuk akan menimbulkan suara atau getaran seperti benda yang bagian dalamnya kosong (Zulkifli & Soenaryo, 1978).

f. Biji (*semen*)

Biji kakao dapat dibagi menjadi tiga bagian pokok, yaitu kotiledon (87,10%), kulit (12%), dan lembaga (0,9%). Komposisi kimia keping biji dan kulit biji kakao ditampilkan pada Tabel 3. Jumlah biji per buah sekitar 20-60 dengan kandungan lemak biji 40-59%. Biji berbentuk bulat telur agak pipih dengan ukuran 2,5 x 1,5 cm. Biji kakao diselimuti oleh lendir (*pulp*) berwarna putih. Lapisan yang lunak dan manis rasanya, jika telah masak lapisan tersebut dinamakan *pulp* atau *micilage*. *Pulp* dapat menghambat perkecambahan, oleh karena itu harus dibuang untuk menghindari kerusakan biji.

Biji kakao tidak mempunyai masa dormansi sehingga untuk benih tidak memungkinkan untuk disimpan dalam waktu yang agak lama. Penyimpanan benih pada temperatur antara 4-15 °C dapat merusak benih dan perkecambahan. Temperatur optimum untuk penyimpanan benih adalah 17 °C. Biji kakao bertahan 40-60% saat dikeringkan pada suhu 10 °C. Benih dalam polong yang disimpan pada suhu 5-10 °C akan mati dalam waktu 2 hari, benih akan bertahan sampai 100% jika disimpan pada suhu antara 15-30 °C selama 3 minggu. Viabilitas benih akan berkurang dari 98% menjadi 18% pada pengeringan 45% menjadi 36,7%.

Tabel 3. Komposisi kimia keping biji dan kulit biji kakao

Table 3. The chemical composition of beans and epidermis in cocoa

Komposisi	Keping biji (%)	Kulit biji (%)
Air	2,1	3,8
Lemak	54,7	3,4
Abu	2,7	8,1
Nitrogen		
• N total	2,2	2,8
• N protein	1,3	2,1
• Theobromin	1,4	1,3
• Kafein	0,07	0,1
Karbohidrat		
• Glukosa	0,1	0,1
• Pati	6,1	-
• Pektin	4,1	8,0
• Serat kasar	2,1	18,6
• Selulosa	1,9	13,7
• Pentosa	1,2	7,1
• Gum	1,8	9,0
Tanin		
• Asam asetat	0,1	0,1
• Asam sitrat	-	0,7
• Asam oksalat	0,3	0,3

Sumber: Sri Mulato, Widyotomo, & Handaka (2006)
Source: Sri Mulato, Widyotomo, & Handaka (2006)

PLASMA NUTFAH

Sasaran program pemuliaan kakao adalah mendapatkan bahan tanam unggul dengan produktivitas dan kualitas hasil tinggi serta tahan terhadap hama dan penyakit. Kriteria keunggulan tersebut adalah daya hasil lebih dari 3 ton/ha/thn, berat per biji kering lebih dari 1 g, kadar lemak biji lebih dari 55%, dan kadar kulit biji kurang dari 12% (Susilo, 2007). Pemuliaan secara konvensional untuk mendapatkan bahan tanam unggul kakao diperlukan waktu lama karena memiliki siklus hidup yang panjang. Kegiatan yang dilakukan meliputi koleksi plasma nutfah, pengujian klon, persilangan antar klon, pengujian keturunan, dan pemilihan individu pohon terpilih serta uji multilokasi untuk menghasilkan klon baru.

Untuk menghasilkan klon unggul dibutuhkan sumber-sumber gen dari sifat-sifat tanaman yang mendukung tujuan pemuliaan. Untuk memperkaya sumber daya genetik, usaha koleksi dan eksplorasi

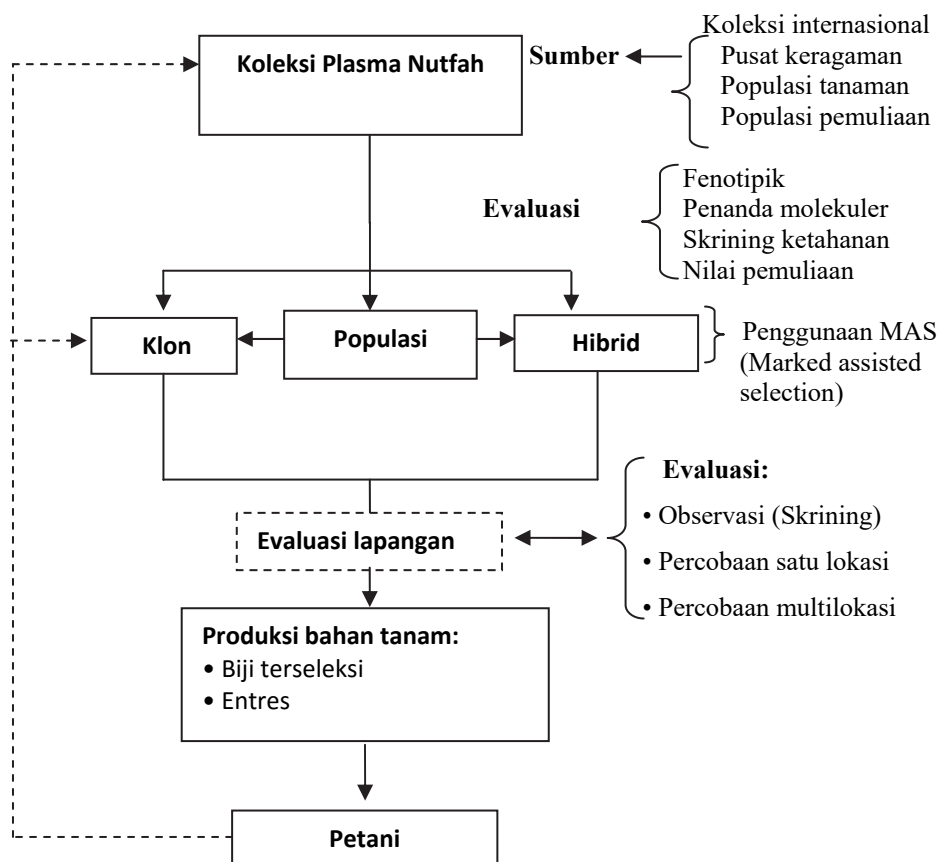
perlu terus dilakukan dengan melakukan introduksi klon dari luar negeri atau dari pusat keragaman kakao, mengoleksi klon-klon lokal, maupun klon-klon baru hasil seleksi pohon secara individu. Tanaman kakao asal embrio somatik yang telah tertanam di lapangan dan tersebar di berbagai daerah dengan kondisi agroekologi yang bervariasi juga merupakan sumber plasma nutfah untuk mendapatkan varian yang diinginkan. Sumber-sumber gen perlu diidentifikasi melalui kegiatan karakterisasi dan evaluasi. Informasi yang diperoleh merupakan *database* yang diperlukan dalam merakit varietas baru. Sejalan dengan program tersebut maka kebun koleksi yang tersusun dari bermacam-macam klon kakao perlu dilestarikan. Secara garis besar keterkaitan plasma nutfah dan program pemuliaan kakao seperti terlihat pada Gambar 1.

Eksplorasi dan Koleksi

Untuk mendapatkan material genetik yang dapat digunakan untuk perbaikan bahan tanaman kakao, koleksi dan eksplorasi plasma nutfah kakao perlu dilakukan dengan mengoleksi klon-klon lokal, introduksi, atau klon-klon baru hasil seleksi pohon secara individu. Sifat alami tanaman kakao yang menyerbuk silang akan menghasilkan rekombinan baru. Keragaman genetik yang tinggi di alam akibat adanya proses segregasi karena keturunan hasil

penyerbukan silang akan membawa alelik-alelik yang ada di populasi. Dengan demikian, akan mempercepat untuk mendapatkan genotipe unggul baru. Persilangan antar tanaman kakao tersebut akan melibatkan tetua yang bukan galur murni (*non-homozigous*).

Untuk meningkatkan ragam genetik kakao maka daerah-daerah sentra produksi kakao perlu dipilih sebagai target dalam menentukan lokasi untuk eksplorasi. Saat eksplorasi, informasi yang berkaitan dengan data paspor dari setiap aksesori harus dicatat. Sentra pertanaman kakao untuk perkebunan rakyat terdapat di empat provinsi di Sulawesi, yaitu Sulawesi Selatan 280.957 ha, Sulawesi Tenggara 257.277 ha, Sulawesi Tengah 229.320 ha, dan Sulawesi Barat 195.845 ha, disusul provinsi Sumatera Barat, Aceh, Sumatera Utara, Nusa Tenggara Timur, Lampung, Jawa Timur, dan Kalimantan Timur, masing-masing 105.177 ha, 86.195 ha, 79.334 ha, 48.488 ha, 47.087 ha, 30.992 ha, dan 30.561 ha. Perkebunan Besar Negara terbesar di provinsi Jawa Timur dan Sumatera Utara, masing-masing 26.480 ha dan 18.501 ha, sedangkan untuk Perkebunan Besar Swasta terbesar di Provinsi Sumatera Utara, Papua Barat, Jawa Timur, Lampung, dan Sulawesi Selatan, masing-masing 5.787 ha, 4.621 ha, 4.543 ha, 4.245 ha, dan 4.075 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2011).



Gambar 1. Skema program pemuliaan kakao (Sumber: Monteiro, Lopes, & Clement, 2009)

Figure 1. The scheme of cocoa breeding program (Source: Monteiro, Lopes, & Clement, 2009)

Keberhasilan pemanfaatan populasi untuk mendapatkan genotipe tahan di berbagai daerah endemik serangan hama penyakit kakao melalui eksplorasi dan seleksi telah dilaporkan. Susilo, Suhendi, & Sri-Sukanto (2002) mendapatkan beberapa genotipe tahan penyakit busuk buah (*P. palmivora*) pada populasi Trinitario di daerah endemik serangan penyakit busuk buah. Selain itu, telah diperoleh beberapa klon harapan tahan PBK dari berbagai daerah endemik PBK (Susilo, Sulistyowati, & Mufrihati, 2004; ACIAR, 2006). Melalui eksplorasi dan seleksi, Susilo *et al.* (2013) telah melepas klon KW 570 dan KW 514 yang bersifat tahan/toleran terhadap PBK sebagai bahan tanam anjuran masing-masing dengan nama Sulawesi 03 dan ICCRI 07. Pada populasi Trinitario di daerah endemik serangan VSD, Tan (1992) berhasil menyeleksi beberapa genotipe tahan penyakit VSD (*O. theobromae*). Khairiah (komunikasi pribadi) mendapatkan 40 aksesori plasma nutfah kakao hasil eksplorasi di Sulawesi Tenggara, 20 aksesori di antaranya diduga tahan PBK dan 20 aksesori lainnya diduga tahan VSD.

Selain eksplorasi, untuk memperluas keragaman genetik tanaman dapat dilakukan dengan introduksi materi genetik dari lembaga-lembaga kolektor plasma nutfah dunia maupun dari daerah pusat penyebaran kakao. Introduksi untuk meningkatkan keragaman genetik kakao telah dilakukan Balittri dengan diperoleh plasma nutfah sebanyak 65 aksesori dari Equador. Klon-klon seperti DR 1, DR 2, dan DR 38 merupakan klon hasil seleksi kakao dengan menggunakan bahan asal benih dari Venezuela. Keragaman somaklonal yang terinduksi melalui proses kultur jaringan juga merupakan sumber plasma nutfah yang mungkin membawa sifat-sifat baru atau gen-gen yang sebelumnya tidak ditemukan di dalam populasi alami. Adanya keragaman somaklonal pada embriogenesis somatik kakao telah dilaporkan (Rodriguez Lopez, Bravo, Wetten, & Wilkinson, 2010; Ajjiah, 2015). Namun demikian, pemanfaatan keragaman somaklonal pada pemuliaan tanaman kakao belum pernah dilaporkan.

Konservasi

Untuk konservasi diperlukan lahan yang memiliki kesesuaian untuk budidaya kakao, bebas serangan organisme pengganggu yang dapat mematikan atau merusak tanaman, misalnya jamur akar cokelat (*Fomes lamaoensis*) dan penyakit VSD, serta dekat dengan sarana pengairan. Persiapan yang harus dilakukan meliputi pembersihan lahan, penanaman penangas tetap dan penangas sementara, ajir lubang tanam dan pembuatan lubang tanam. Pembibitan meliputi persiapan batang bawah umur 6 bulan, melakukan penyambungan dengan metode okulasi atau sambung pucuk, dan perawatan bibit klonal sampai dengan umur minimal 9 bulan siap tanam. Penanaman koleksi dilakukan pada awal musim hujan (November atau Desember), setiap aksesori ditanam minimal 10 tanaman dalam baris, selanjutnya dilakukan pelabelan dan pembuatan peta kebun. Inventarisasi koleksi plasma nutfah dilakukan secara reguler setiap tahun, penyulaman dilakukan terhadap tanaman yang mati atau palsu. Data selanjutnya dimasukkan dalam *database*, di antaranya meliputi jumlah total aksesori,

jumlah aksesori baru, dan jumlah aksesori yang punah.

Karakterisasi

Karakterisasi bertujuan membedakan fenotipe dari setiap aksesori dengan cepat dan mudah, serta menduga seberapa besar keragaman genetik yang dimiliki. Karakterisasi meliputi karakter kualitatif dan kuantitatif. Sifat kualitatif digunakan sebagai penciri utama suatu aksesori karena karakter tersebut tidak atau sedikit sekali dipengaruhi oleh lingkungan serta secara visual langsung bisa dilihat. Karakter ini umumnya meliputi karakter morfologi. Beberapa karakter kualitatif penting pada kakao, di antaranya warna tangkai daun, warna permukaan daun atas, warna permukaan daun bawah, bentuk daun, pangkal, ujung, dan tepi daun. Karakter kuantitatif umumnya sangat dipengaruhi oleh lingkungan, antara lain diameter batang, tinggi tanaman, potensi hasil, panjang buah, berat buah, dan lilit buah.

Pelaksanaan karakterisasi koleksi dilakukan oleh kurator plasma nutfah dan mengacu pada kaidah ilmiah yang sudah ditentukan. Penggunaan marka molekuler untuk mendeteksi adanya sifat spesifik pada plasma nutfah akan sangat membantu di dalam percepatan pemuliaan tanaman kakao. Penanda molekuler berbasis DNA, seperti RAPD (*random amplified polymorphic DNA*) dan SSR (*simple sequence repeat/microsatellites*) telah banyak digunakan. Selain tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan, penanda molekuler memiliki kelebihan dalam hal sensitivitas dan kecepatan mengidentifikasi spesies yang berbeda serta dapat membedakan individu yang mempunyai hubungan kekerabatan dekat. Aplikasi penanda molekuler pada tanaman kakao telah dilaporkan (Lerceteau, Robert, Petiard, & Crouzil, 1997; Motamayor & Lanaud, 2002; Motamayor *et al.*, 2002; Aikpokpodion *et al.*, 2009, 2010; Saunders, Hemeida, & Mischke, 2000; Zhang, ArevaloE., Mischke, Zuniga, & Barreto, 2006). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kurniasih, Rubiyo, Setiawan, Purwantara, & Sudarsono (2011) dengan menggunakan marka SSR, 19 klon kakao yang dianalisis berada dalam satu grup dengan koefisien keragaman di bawah 7,50 yaitu PA 300, KEE 2, TSH 908, RCC 72, DRC 16, RCC 78, PA 303, ICCRI 04, DRC 15, UTT 1, DR 38, ICCRI 02, UF 667, NIC 4, NIC 7, ICS 13, ICS 60, TSH 858, GC 7, dan DR 2. Kelompok lain yang memiliki koefisien keragaman di bawah 7,50 adalah DR 1, RCC 70, dan RCC 71. Klon ICCRI 01 dan ICCRI 03 mempunyai koefisien keragaman di atas 7,50 sedangkan Sca 6, Sca 12, dan Sca 89 mempunyai koefisien keragaman di atas 11,25. Tingkat heterosigositas dan keragaman genetik dari klon-klon ini relatif tinggi dan berpotensi untuk dijadikan sebagai tetua dalam persilangan untuk mendapatkan hibrida yang unggul dan bermutu.

Evaluasi

Evaluasi merupakan kegiatan lanjutan dari karakterisasi. Kegiatan ini bertujuan mengetahui lebih jauh potensi daya hasil dan kualitas buah serta daya adaptasi suatu aksesori terutama terhadap lingkungan biotik dan abiotik. Dengan demikian, kegiatan evaluasi biasanya dilakukan oleh pemulia tanaman bekerjasama dengan peneliti dari disiplin lain, tergantung kebutuhan. Selain untuk mengetahui aksesori yang tahan terhadap hama dan penyakit utama, yaitu hama PBK, penyakit

BBK, kepik pengisap buah (*Helopeltis* spp.), dan penyakit pembuluh kayu (VSD). Di samping itu, perlu juga dilakukan evaluasi terhadap sifat kompatibilitas menyerbuk sendiri.

Evaluasi terhadap hama PBK

Hama PBK (*Conopomorpha cramerella* Snell.) memberi kontribusi yang besar terhadap kehilangan hasil kakao. Data Direktorat Perlindungan Perkebunan menyebutkan bahwa 60% areal kakao Indonesia sudah terserang PBK dengan kehilangan hasil berkisar 25-30% atau setara USD 300 juta/tahun. Kehilangan hasil tersebut terjadi akibat buah yang terserang PBK menyebabkan kematian jaringan plasenta biji sehingga biji tidak bisa berkembang sempurna, biji lengket, dan kandungan lemaknya turun. Untuk memperbaiki kualitas dan kuantitas kakao akibat serangan hama PBK, yaitu dengan menanam jenis tanaman kakao yang tahan PBK. Salah satu strategi untuk mendapatkan tanaman tahan dengan melakukan eksplorasi dan seleksi genotipe tahan di daerah endemik serangan, evaluasi dilakukan secara periodik selama beberapa periode pembuahan.

Karakteristik buah sangat menentukan respons ketahanan tanaman kakao terhadap PBK (Susilo, 2007). Klon-klon yang menunjukkan jumlah lubang masuk larva relatif rendah memiliki tingkat kepadatan jaringan trikoma dan jumlah granula tanin relatif tinggi. Diduga bahwa trikoma berperan dalam mekanisme antixenosis melalui penghambatan proses peletakan telur, sedangkan granula tanin berperan dalam mekanisme antibiosis pada lapisan mesokarp. Tjahjo, Baharuddin, & Asrul (2008) melaporkan tanaman yang tahan PBK sebagian besar buahnya berbentuk elips dan oblong dengan konstriksi basal buah yang tidak berlekuk serta apeks buahnya tumpul, satu di antaranya buahnya berbentuk orbikuler dengan konstriksi basal tidak berlekuk serta apeks yang membulat. Tanaman yang rentan memiliki bentuk buah elips dan lonjong sebagian besar memiliki konstriksi basal yang berlekuk dengan konstriksi apeks yang bervariasi, yaitu sangat runcing dan runcing, satu di antaranya memiliki apeks membulat dan tumpul.

Penampilan buah yang berbentuk orbikuler dengan tanpa basal buah dan apeks yang membulat merupakan bentuk stimulan yang dilepaskan oleh inang terhadap serangga. Nampaknya serangga tidak memiliki rasa suka terhadap buah tersebut karena penampilan morfologinya yang tidak sesuai untuk pakan maupun tempat bertelur. Pada kulit buah yang kasar terdapat lebih banyak kerusakan yang ditimbulkan oleh PBK dibandingkan kulit yang halus. Struktur permukaan kulit buah kakao yang halus kurang disukai oleh PBK untuk meletakkan telur sehingga kurang dipilih untuk oviposisi. Ketahanan tersebut tampaknya berkaitan dengan tekstur permukaan kulit dan kekerasan lapisan kulit.

Buah yang memiliki alur buah dalam lebih disukai oleh PBK karena mempermudah peletakan telur pada alur tersebut sehingga dapat bertahan walaupun terkena air hujan atau angin, sedangkan telur pada buah yang beralur dangkal lebih mudah terlepas dari kulit buah jika terkena air hujan atau angin.

Varietas unggul Sulawesi 2 dan Sulawesi 3

memiliki ketahanan terhadap PBK, sedangkan AP 70, AP 71, AP 72, AP 73, ICCRI 07, MCC 01, dan MCC 02 (agak tahan), serta Sulawesi 1 (rentan). Pemanfaatan varietas tahan PBK tersebut dapat mengurangi biaya pengendalian terhadap PBK sehingga dapat meningkatkan efisiensi produksi kakao. Selain itu, mengurangi risiko kerusakan lingkungan akibat penggunaan pestisida dalam pengendalian PBK.

Evaluasi terhadap penyakit BBK

Penyakit BBK yang disebabkan oleh *P. palmivora* masih menjadi masalah bagi petani kakao. Kehilangan hasil akibat penyakit ini di seluruh dunia mencapai 30-40% per tahun, bahkan dapat mencapai 90% tergantung tingkat kerentanan genotipe dan kondisi lingkungan (Akaza, N'Goran, N'Guetta, Kebe, Tahi, & Sangare, 2009; Thevenin, Rossi, Ducamp, Doare, Condina, & Lachenaud, 2012). Salah satu arah pemuliaan kakao adalah mengembangkan kultivar unggul yang resisten terhadap penyakit busuk buah. Penyakit ini disebabkan oleh beberapa jenis *Phytophthora*. Sifat ketahanan terhadap penyakit busuk buah merupakan sifat ketahanan yang dikendalikan oleh banyak gen (*polygenic*). Mekanisme ketahanan terjadi secara bertahap, yaitu saat infeksi dan pasca infeksi jamur *Phytophthora* pada buah (Susilo, 2007). Ketahanan kakao terhadap penyakit busuk buah *P. palmivora* lebih bersifat horizontal daripada vertikal dengan mekanisme ketahanan secara struktural yang dipengaruhi oleh ciri morfologi dan ketahanan biokimia yang dihubungkan dengan senyawa fenolat yang dominan dalam perikarp buah kakao, klon tahan memiliki kandungan senyawa fenolat pasca infeksi lebih tinggi daripada klon moderat dan rentan (Rubiyo & Amaria, 2013).

Sebagian besar plasma nutfah kakao memiliki sifat rentan terhadap infeksi *P. palmivora* dan hanya sedikit yang menunjukkan sifat agak tahan dan tahan (Iwaro, Butler, & Eskes, 2006). Evaluasi terhadap koleksi plasma nutfah kakao lokal terhadap penyakit busuk buah menunjukkan klon lokal hijau Sausu dan klon lokal Sidondo cenderung lebih tahan dibandingkan perbandingan ICCRI 01, ICCRI 03, dan ICCRI 05 (Aisyah, Rahmansyah, Muslimin, & Suwastika, 2014).

Klon unggul nasional yang termasuk kategori tahan terhadap penyakit busuk buah (*P. palmivora*) adalah DRC 16, ICCRI 01, ICCRI 02, ICCRI 03, ICCRI 04, Sca 6, MCC 01, dan MCC 02, sedangkan AP 70, AP 71, AP 72, AP 73, ICCRI 06 H agak tahan, dan GC 7 serta ICS 3 kurang tahan. Klon tahan lain adalah Sca 12 (dari Ekuador) dan TSH 565, 516, 774 (dari Trinidad) (Soria, 1974). Kakao hibrida keturunan klon yang tahan terhadap penyakit busuk buah seperti Sca 6 dan Sca 12 cenderung memiliki ketahanan tinggi terhadap penyakit busuk buah.

Evaluasi terhadap penyakit VSD

Penyakit VSD merupakan salah satu penyakit yang dapat menurunkan produksi kakao. Penyakit ini menyebabkan tanaman meranggas, daun menguning, dan menghambat munculnya bunga dan buah. Upaya pengendalian penyakit yang efektif dan efisien adalah dengan menggunakan bahan tanam tahan. Dalam proses perakitan bahan tanam tersebut diperlukan sumber genetik yang memiliki sifat ketahanan terhadap VSD.

Beberapa varietas unggul kakao dilaporkan memiliki ketahanan terhadap penyakit VSD, di antaranya varietas AP 70, AP 74, AP 72, AP 73, Sulawesi 2, ICCRI 07, dan Sulawesi 03 (agak tahan), Sulawesi 1, Sca 6, DRC 15, ICCRI 06 H, MCC 04, dan MCC 02 (tahan). ICCRI 06 H merupakan hasil persilangan klon TSH 858 dengan Sulawesi I.

Klon PNT 16, PNT 17, dan PNT 33B merupakan nomor-nomor harapan hasil seleksi individu berdasarkan kriteria potensi hasil, ketahanan VSD dan mutu biji (warna biji) yang dilakukan di Kebun Penataran. Anita-Sari & Susilo (2014) melaporkan bahwa PNT 16, PNT 17, dan PNT 33B menunjukkan tingkat ketahanan terhadap penyakit VSD lebih baik dibanding dengan klon kontrol (DR 2). PNT 16 menunjukkan potensi hasil paling tinggi dan tingkat serangan VSD paling rendah, serta stabil selama dua tahun pengamatan. Ang dan Shepherd (1978) melaporkan kakao hibrida keturunan Sca 12 cenderung memiliki ketahanan tinggi terhadap VSD yang disebabkan oleh jamur *O. theobromae*. Klon tersebut juga tahan terhadap penyakit antraknosa yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum*.

Evaluasi sifat ketahanan tanaman terhadap penyakit VSD, selain dengan menggunakan metode skoring juga dapat dilakukan dengan mengamati struktur morfologi stomata daun pada *flush* sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Anita-Sari & Susilo (2013) yang melaporkan bahwa karakter jumlah stomata pada *flush* merupakan salah satu kriteria yang digunakan untuk mengidentifikasi tingkat ketahanan penyakit VSD. Karakter jumlah stomata paling banyak ditunjukkan oleh PNT 12, sedangkan jumlah stomata pada PNT 16, PNT 17, PNT 18, dan PNT 33B lebih sedikit dibanding dengan DR 2. Terdapat hubungan negatif antara kerapatan stomata dengan tingkat ketahanan tanaman. Semakin tinggi kerapatan stomata maka tanaman cenderung lebih rentan terhadap penyakit (Bisognin, Segatto, Manfron, Muller, & Ranpelotto, 2006; Bozoglu & Karayel, 2006). Jumlah stomata yang cukup banyak akan meningkatkan proses transpirasi dan juga berpengaruh terhadap penangkapan CO₂ di udara sehingga peluang masuknya spora bersama dengan udara akan semakin tinggi.

Evaluasi terhadap hama kepik pengisap buah (Helopeltis spp.)

Kepik pengisap buah *Helopeltis* spp. (Hemiptera, Miridae) merupakan hama utama setelah PBK, dilaporkan terdapat lebih dari satu jenis *Helopeltis* pada tanaman kakao, di antaranya *H. antonii*, *H. theivora*, dan *H. claviver*. Serangan pada tanaman kakao bisa terjadi pada buah muda, pucuk atau ranting. Sasaran utama serangan *Helopeltis* spp. adalah buah, serangan hama ini bisa menyebabkan penurunan produksi buah sebesar 50-60% (Wahyudi & Yusianto, 2008). Varietas unggul kakao yang moderat terhadap serangan *Helopeltis* spp. ditemukan pada DRC 16, GC 7, dan ICS 13, sedangkan klon AP 70, AP 74, AP 72, dan AP 73 (agak tahan) serta klon ICCRI 01, ICCRI 02, ICCRI 03, dan ICCRI 04 (tahan). Di antara varietas yang dilepas, ICCRI 07 termasuk varietas rentan terhadap hama kepik penghisap. Menurut Sulistyowati & Iswanto (1988), klon Sca 6, Sca 12, dan ICS 6 memiliki ketahanan yang tinggi

terhadap serangan hama *Helopeltis antonii*.

Evaluasi terhadap cekaman kekeringan

Kekeringan merupakan keadaan pada periode pertumbuhan tanaman. Kekurangan air tanah atau dalam tanaman berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kekeringan bisa disebabkan distribusi hujan yang tidak teratur atau rendahnya kemampuan tanah dalam menyerap air. Strategi pemuliaan untuk meningkatkan ketahanan genotipe terhadap cekaman kekeringan dapat dilakukan dengan menyeleksi terhadap karakter morfologi dan fisiologi. Opeke & Toxopeus (1967) menggunakan persentase benih yang hidup untuk menyeleksi beberapa genotipe elit dari WACRI seri I dan II. Klon dengan kemampuan hidup yang tinggi di bawah kondisi lingkungan terbuka dikembangkan dari seleksi lokal dan sebagai materi genetik yang juga diseleksi berdasarkan persentase tumbuh tahun pertama setelah penanaman (Toxopeus, 1968). Frimpong *et al.* (1999) menyeleksi genotipe kakao tahan terhadap kekeringan berdasarkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan pertumbuhan batang di bawah kondisi rumah kaca. Daymond & Hadley (2004) mempelajari pengaruh cekaman temperatur terhadap pertumbuhan awal batang dan kandungan klorofil pada empat klon kakao. Acheampong *et al.* (2013) mengevaluasi pengaruh naungan dan tanpa naungan terhadap pertumbuhan awal, kandungan klorofil daun, dan aktivitas fotosintesis terhadap genotipe kakao di bawah kondisi musim kemarau dan hujan. Padi *et al.* (2013) menggunakan skor vigor benih, kecepatan tumbuh batang, dan benih yang hidup untuk mempelajari respon beberapa famili kakao yang diseleksi di bawah kondisi tanpa naungan.

Saat ini, sangat sedikit sekali materi genetik yang telah dievaluasi terhadap cekaman kekeringan. Metode yang simple, cepat, dan efektif untuk mendapatkan genotipe yang tahan terhadap cekaman kekeringan adalah dengan melakukan skreening terhadap materi genetik yang ada. Karakter seperti persentase tumbuh, pertumbuhan batang, vigour, dan kandungan klorofil daun dapat digunakan untuk menyeleksi genotipe tahan terhadap cekaman kekeringan pada kakao (Frimpong *et al.*, 1999; Padi *et al.*, 2013).

Kakao merupakan tanaman asli dari daerah hutan tropis di Amazone yang tumbuh dibawah tegakan pohon (Toxopeus, 1985) dan merupakan tanaman yang suka akan naungan. Berdasarkan karakteristik fotosintesisnya, kakao merupakan spesies yang adaptif terhadap naungan dengan tingkat cahaya dan fotosintesis rendah (Mielke, Almeida, & Gomes, 2005). Kecepatan fotosintesis akan meningkat jika ditanam pada kondisi intensitas cahaya yang tinggi (Galyon, McDavid, Lopez, & Spence, 1996). Untuk pengembangan kakao di daerah kering diperlukan genotipe kakao yang adaptif terhadap kondisi lahan tersebut sehingga produktivitasnya dapat meningkat. Di antara varietas unggul yang telah dilepas, AP 70 merupakan klon kakao yang tahan terhadap stres kekeringan.

Evaluasi produksi, mutu, dan kadar lemak

Berdasarkan deskripsi, potensi produksi varietas unggul bervariasi antara 1,5–3,67 kg/ha/tahun dengan jumlah buah/pohon 24–86,26. Berat biji kering/butir ≥ 1 g kecuali Sca 6 antara 0,65–0,80 g. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI), varietas unggul memiliki mutu AA kecuali AP 72, AP 73, Sulawesi 1, Sulawesi 2, Sca 6, DRC 15, dan ICCRI 06H dengan kadar kulit ari antara 5,6–18,75%. Klasifikasi mutu fisik biji berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) termasuk mutu AA jika maksimum 85 biji per 100 g atau 1,17 g per biji, A (86–100 biji per 100 g) atau 1,16–1,0 g per biji, B (101–110 biji per 100 g) atau 0,99–0,90 g per biji, C (111–120 biji per 100 g) atau 0,90–0,83 g per biji, dan S (> 120 biji per 100 g) atau $< 0,83$ g per biji.

Lemak merupakan komponen termahal dari biji kakao sehingga nilai ini dipakai oleh konsumen sebagai salah satu tolak ukur penentuan harga. Kadar lemak biji kakao diklasifikasikan berdasarkan kategori tinggi ($> 55\%$), sedang (52,3–55%), dan rendah ($\leq 52,2\%$). Kadar lemak tinggi ($> 55\%$) terdapat pada klon AP 70, AP 71, AP 72, AP 73, ICCRI 01, ICCRI 02, ICCRI 03, dan ICCRI 04. Kadar lemak DRC 16 dan ICCRI 06 H tergolong sedang (52,3–55%), masing-masing sebesar 53,45 dan 54,3%. Kadar lemak klon GC 7 (52,25%), ICS 13 (54,31%), Sulawesi 1 (48–50%), Sulawesi 2 (45–47%), DRC 15 (50,4%), MCC 01 (49,67%), dan MCC 02 (49,2%) tergolong rendah ($\leq 52,25\%$), sedangkan kadar lemak Sca 6 49,6–58,17%. Martono *et al.* (2013) melaporkan kadar lemak klon lokal asal Pesawaran Lampung (50,40–52,45%).

Evaluasi sifat kompatibilitas menyerbuk sendiri

Informasi mengenai kemampuan menyerbuk sendiri diperlukan dalam proses pemilihan tetua untuk pembuatan benih hibrida. Berdasarkan kemampuan penyerbukan pada kakao, Suhendi, Susilo, & Mawardi (2000) mengklasifikasi klon yang kompatibel menyerbuk silang secara umum (*general cross-compatible*) dan klon yang kompatibel menyerbuk silang secara khusus (*specific cross-compatible*). Sedangkan berdasarkan kemampuannya dalam melakukan penyerbukan sendiri (*self-compatibility*) terdapat klon yang kompatibel menyerbuk sendiri (*self-compatible*) dan klon yang tidak kompatibel menyerbuk sendiri (*self-incompatible*). Varietas unggul AP 70, AP 71, AP 72, dan AP 73 termasuk *self-compatible*.

Evaluasi kemampuan menyerbuk sendiri pada beberapa plasma nutfah kakao telah dilakukan. Berdasarkan variasi persentase buah yang terbentuk, Susilo (2006) melaporkan ada tiga variasi keragaan kemampuan menyerbuk sendiri pada beberapa plasma nutfah kakao. Klon DR 1, Na 32, dan Na 33 termasuk jenis yang tidak kompatibel menyerbuk sendiri, klon DR 38, TSH 858, ICS 60, ICS 13, UIT 1, KW 162, KW 165, KKM 22 bersifat kompatibel menyerbuk sendiri sebagian, dan klon DR 2, DRC 16, DRC 15, dan KW 163 bersifat kompatibel menyerbuk sendiri. Varietas ICCRI 01, ICCRI 02, ICCRI 03, dan ICCRI 04 merupakan klon yang kompatibel menyerbuk silang secara umum (*general cross-compatible*) dan mampu menyerbuk sendiri (*self-compatible*) masing-masing dengan tingkat kompatibilitas sebesar 42–58% untuk ICCRI 01 dan 29–56% untuk ICCRI 02. Klon Sulawesi 1, Sulawesi 2, MCC 01, dan MCC 02 merupakan klon yang kompatibel

menyerbuk sendiri (*self-compatible*) dan mampu menyerbuk silang (*cross-compatible*). MCC 01 dan MCC 02 kompatibel menyerbuk silang dengan klon Sulawesi 01 dan Sulawesi 02.

Dokumentasi

Kegiatan dokumentasi antara lain meliputi: pencatatan data paspor hasil eksplorasi, registrasi, konservasi, karakterisasi, evaluasi, sampai pemanfaatan untuk kegiatan penelitian. Langkah-langkah yang dapat ditempuh dalam proses dokumentasi data meliputi: inventarisasi data, transkripsi data, entry data, verifikasi dan validasi data, pemeliharaan, dan pengembangan sistem dokumentasi (Kurniawan, 2005).

PEMANFAATAN PLASMA NUTFAH

Untuk mendapatkan bahan tanam kakao unggul perlunya dilakukan persilangan antar klon kakao yang terseleksi dan memiliki sifat unggul tertentu. Menurut Wood (1975), jika dua tanaman hasil seleksi dari populasi yang secara genetis berbeda disilangkan akan muncul sifat hibrida kuat (*hybrid vigor*) sehingga tanaman hibridanya memiliki sifat pertumbuhan cepat (jagur) dan produktivitasnya tinggi. Pemanfaatan plasma nutfah telah menghasilkan varietas unggul untuk mendukung pengembangan bahan tanaman dan perkebunan kakao di Indonesia.

Tabel 4. Beberapa klon kakao anjuran yang dapat digunakan untuk memproduksi benih hibrida

Table 4. Several recommended cocoa clones that can be used to produce hybrid seeds

No	Jenis hibrida	Komposisi klon tetua
1.	Poliklonal	ICS 60, GC 7, UIT 1, Sca 6/Sca 12 ICS 60, ICS 13, Sca 6/Sca 12
2.	Biklonal	ICS 60, TSH 858 ICS 60, Sca 6/Sca 12 TSH 858, Sca 6 UIT 1, Na 33 ICCRI 06H (TSH 858, Sulawesi 1)

Sumber: Peraturan Menteri Pertanian (2013)

Source: Peraturan Menteri Pertanian (2013)

Varietas-varietas unggul kakao yang sudah dilepas telah menyebar cukup luas seperti Sulawesi 1, Sulawesi 2, MCC 01, dan MCC 02. Selain produktivitas tinggi, tiap-tiap varietas mempunyai keunggulan diantaranya dalam hal kandungan lemak, jumlah biji/buah, berat biji kering, ketahanan terhadap hama dan penyakit utama, dan adaptif pada lingkungan spesifik. Berdasarkan klon-klon tetua beberapa jenis klon dikategorikan sebagai pejantan seperti Sca 6 dan Sca 12. Klon ini hanya dimanfaatkan sebagai sumber gen ketahanan terhadap hama dan penyakit penting, khususnya penyakit busuk buah dan VSD. Klon-klon kakao anjuran untuk kebun entres terdiri atas jenis kakao mulia dan kakao lindak. Selain klon-klon hasil proses pelepasan terdapat juga jenis-jenis klon kakao lama hasil pengembangan generasi awal. Jenis klon anjuran untuk kakao mulia adalah DR 1, DR 2,

DR 38, DRC 16, ICCRI 01, ICCRI 02, dan ICCRI 05, sedangkan untuk kakao lindak adalah ICS 60, TSH 858, UIT 1, GC 7, ICS 13, RCC 70, RCC 71, RCC 72, RCC 73, ICCRI 03, ICCRI 04, ICCRI 07, Sca 6, Sulawesi 01, Sulawesi 02, dan Sulawesi 03. Bahan tanam kakao anjuran untuk kebun induk hanya jenis kakao lindak (Tabel 4) (Peraturan Menteri Pertanian, 2013).

Untuk pengembangan kakao khususnya di daerah Sumatera Utara, direkomendasikan menanam varietas AP 70, AP 71, AP 72, dan AP 73. Klon-klon tersebut dapat tumbuh optimal pada ketinggian tempat antara 10-200 m dpl. Keunggulan varietas AP 70, selain tahan terhadap stress karena kekeringan juga memiliki produktivitas tinggi (3 ton/ha/tahun) dan mutu fisik biji baik. Klon AP 70 juga agak tahan terhadap *Helopeltis*, penggerek buah kakao (PBK), penyakit busuk buah (*Phytophthora*) dan mati ranting (*vascular streak dieback/VSD*). Klon ini merupakan hasil persilangan antara TSH 858 dengan ICS 60.

PENUTUP

Kakao merupakan tanaman menyerbuk silang sehingga tingkat keragamannya tinggi. Keragaman merupakan sumber genetik untuk perbaikan varietas terutama dalam mendapatkan genotipe yang diharapkan. Penanganan plasma nutfah kakao antara lain meliputi: eksplorasi, koleksi, konservasi, karakterisasi, evaluasi, dan dokumentasi harus dikelola dengan baik dan berkesinambungan agar memudahkan dalam pemanfaatannya. Dengan tersedianya plasma nutfah dan informasi dari setiap aksesori dapat membantu pemulia tanaman dalam merencanakan program pemuliaan untuk merakit varietas unggul. Pemanfaatan plasma nutfah telah banyak menghasilkan klon-klon yang dilepas sebagai varietas unggul.

DAFTAR PUSTAKA

- Aicheampong, K., Hadley, P., & Daymond, A. (2013). Photosynthetic activity and early growth of four cacao genotypes as influenced by different shade regimes under West African dry and wet season conditions. *Experimental Agriculture*, 49(1), 31-42.
- ACIAR. (2006). *Selection for improved quality and resistance of Phytophthora pod rot, cocoa pod borer, and vascular streak dieback in cocoa in Indonesia*. Annual report PHT/2000/102.
- Aikpokpodion, P.O., Motamayor, J.C., Adetimirin, V.O., Adu-Ampomah, Y., Ingelbrech, L., Eskes, A.B., Schnell, R.J., & Kolesnikova-Allen, M. (2009). Genetic diversity assesment of sub-samples of cacao, *Theobroma cacao* L. Collections in West Africa using simple sequence repeats marker. *Tree Genetics and Genome*, 5, 699-711.
- Aikpokpodion, P.O. (2010). Variation in agromorphological characteristics of cacao, *Theobroma cacao* L. In farmers' fields in Nigeria. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 38(2), 157-170.
- Aisyah, N., Rahmansyah, Muslimin, & Suwastika, I.N. (2014). Ketahanan buah beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap infeksi penyakit busuk buah berdasarkan uji *Detached Phod*. *Online Journal of Natural Science*. 3(2), 50-56.
- Aijah, N. (2015). Pengembangan metode regenerasi kakao melalui embriogenesis somatik dan identifikasi varian yang resisten terhadap infeksi *Phytophthora palmivora* Butl. Disertasi Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Akaza, M.J., N'Goran, J.A.K., N'Guetta, S.P.A., Kebe, B.I., Tahi, G.M., & Sangare, A. (2009). Resistance to *Phytophthora palmivora* (Butler) Butler assessed on leaf discs of cacao (*Theobroma cacao* L.) hybrid trees. *Asian J. Plant Pathol*. 3: 106-118.
- Ang, B.B., & Shepherd, R. (1978). Cocoa Breeding and Selection Investigations at Prang Besar Research Station. In *Proceeding International Conference on Cocoa and Coconuts*, Kuala Lumpur.
- Anita-Sari, I., & Susilo, A.W. (2013). Investigation of different characters of stomata on three cocoa clones with resistance level difference to VSD (Vascular Streak Dieback) disease. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 3(9): 703-710.
- Bisognin, D.A., Segatto, F.B., Manfron, P.A., Muller, D.R., & Ranpelotto, M.V. (2006). Leafmorpho-anatomical characteristics of five potato clones. *Ciencia Natura, UFSM*, 28, 29-41.
- Bozoglu, H., & Karayel, R. (2006). Investigation of stomata densities in pea (*Pisum sativum* L.) lines cultivars. *Journal of Biological Sciences*, 6, 56-61.
- Cheeseman, E.E. (1932). The economic botany of cacao. A critical survey of the literature to the end of 1930. *Trop. Agr. (Trinidad) Sup.*, 9, 16.
- Cuatrecasas, J. (1964). *Cacao and its allies: a taxonomic revision of the genus Theobroma* (p. 613). Washington DC: Smithsonian Institution.
- Daymond, A.J., & Hadley, P. (2004). The effects of temperature and light integral on early vegetative growth and chlorophyll fluorescence of four contrasting genotypes of cacao (*Theobroma cacao*). *Annals of Applied Biology*, Vol. 145: 257-262.

- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Statistik perkebunan Indonesia: Kakao* (p. 53). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Febrianto, N.A. (2013). Hidrolisat protein asal bungkil kakao dan ampas kopi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 25(3), 20-23.
- Finkeldey, R. (2005). An Introduction to Tropical Forest Genetics. Djahhuri, E., Siregar, I.Z., Siregar, U.J., Kertadikara, A.W., tranl's. Gottingen: Institute of Forest Genetics and Forest Tree Breeding, Faculty of Forestry. Bogor Agricultural University.
- Frimpong, E., Adu-Ampomah, Y., & Karimu, A. (1999). Efforts to breed for drought resistant cacao in Ghana. In *Proceedings of the 12th International Cacao Research Conference, Bahia, Brasil* (pp. 24-25).
- Galyuon, I.K.A., McDavid, F.B., Lopez, F.B., & Spence, J.A. (1996). The effect of irradiance level on cocoa (*Theobroma cacao* L.): 1. Growth and leaf adaptations. *Trop. Agr. (Trin.)* 73: 23-28.
- Iwaro, A.D., Butler, D.R., & Eskes, A.B. (2006). Sources of resistance to phytophthora pod rot at the international cocoa genebank, Trinidad. *Genetic Resource Crop Evol.* 53: 99-109.
- Komisi Kakao Indonesia. (2006). Direktori dan Revitalisasi Agribisnis Kakao Indonesia. Departemen Pertanian. 248 hal.
- Kurniawan, H. (2005). Dokumentasi data. *Buku Pedoman Pengelolaan Plasma Nutfah Perkebunan* (pp. 59 -77). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Kurniasih, S., Rubiyo, Setiawan, A., Purwantara, A., & Sudarsono. (2011). Analisis keragaman genetik plasma nutfah kakao (*Theobroma cacao* L.) berdasarkan marka SSR. *Jurnal Litri*, 17(4), 156-162.
- Lerceteau, E., Robert, T., Petiard, V., & Crouzil, D. (1997). Evaluation of the extent of genetic variability among *Theobroma* accessions using RAPD and RFLP markers. *Theor. Appl. Genet.*, 95, 10-19.
- Martono, B., Rubiyo, Setiyono, R.T., Udarno, L., Tresniawati, C., Ilham, N.A.W., & Susmono, C. N. (2013). *Eksplorasi, konservasi, karakterisasi, evaluasi, utilisasi, dan dokumentasi plasma nutfah kopi, kakao, karet, dan teh*. Laporan Tahunan 2013. Sukabumi: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Mielke, M. S., Almeida, A. A. F. D., & Gomes, F. P. (2005). Photosynthetic traits of five neotropical rainforest tree species: interactions between light response curves and leaf-to-air vapour pressure deficit. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 48(5), 815-824.
- Monteiro, W.R., Lopes, U.V., & Clement, D. (2009). Genetic improvement in cocoa. In Jain, S.M., Priyadarshan, P.M. (Eds.). *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species* (pp. 589-626). Springer Science+Business Media, LLC.
- Motamayor, J.C., & Lanaud, C. (2002). Molecular analysis of the origin and domestication of *Theobroma cacao* L. In J.M.M., Ramanatha Rao, V., Brown, A.H.D., & Jackson, M.T. (Eds.), *Managing Plant Genetic Diversity Engels* (pp. 77-87). IPGRI.
- Motamayor, J.C., Risterucci, A.M., Lopez, P.A., Ortiz, C.F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89, 380-386.
- Opeke, L. K., & Toxopeus, H. (1967). Preliminary studies on the yield and Establishment of WACRI series I and II Cacao varieties in Western Nigeria. *Niger. Agric. J.*, 4(1), 22-27.
- Padi, F. K., Adu-Gyamfi, P., Akperterey, A., Arthur, A., & Ofori, A. (2013). Differential response of cocoa (*Theobroma cacao*) families to field establishment stress. *Plant Breeding*, 132(2), 229-236.
- Peraturan Menteri Pertanian. (2013). Permentan Nomor 09/Permentan/OT.140/1/2013 *Tentang pedoman teknis pengembangan kebun induk dan kebun entres kakao* (p. 30).
- Rodriguez Lopez, C.M., Bravo, H.C., Wetten, A.C., & Wilkinson, M.J. 2010. Progressive erosion of genetic and epigenetic variation in callus-derived cocoa (*Theobroma cacao*) plants. *New Phytologist*, 186, 856-868.
- Rohan, T.A. (1963). *Processing of raw cocoa for the market*. Roma: FAO.
- Rubiyo, & Amaria, W. (2013). Ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butl.). *Perspektif*, 12(1): 23-36.
- Saunders, J.A., Hemeida, A.A., & Mischke, S. (2000). USDA DNA fingerprinting programme for identification of *Theobroma cacao* accessions. In *Proceedings of the International Workshop on New Technologies and Cocoa Breeding* (pp. 108-114). 16-17 October. Kinabalu, Sabah, Malaysia: INGENIC.
- Siregar, T.H.S. (2003). *Kakao: Pembudidayaan, pengolahan, dan pemasaran*. Tanjung Morawu: Penebar Swadaya.
- Soria, J. (1974). Sources of Resistance to *Phytophthora palmivora*. In Gregory, P.H. (Ed.) *Phytophthora disease of cocoa* (pp.197-202). London: Longman.
- Sri-Mulato, Widyotomo, S., Misnawi, & Suharyanto, E. (2005). *Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember.

- Sri-Mulato, Widyotomo, S., & Handaka. (2006). Disain Teknologi Pengolahan Pasta, Lemak, dan Bubuk Cokelat untuk Kelompok Tani. Puslit Kopi dan Kakao Indonesia. Jember.
- Steiner, W. (1992). Inkompatibilitats systeme bei pflanzen und ihre populationsgenetische bedeutung. Gottingen Research Notes in Forest Genetics No. 12. Gottingen: Abteilung fur Forstgenetik und Forstpflanzenzucht.
- Stejskal, M. (1969). Nectar and aroma of the cacao flower. *Oriente Agropecuario*, 1(2), 75-92.
- Suhendi, D., Susilo, A.W., & Mawardi, S. (2000). Kompatibilitas persilangan beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 16, 85-91.
- Sulistiyowati, E., & Iswanto, A. (1988). *Uji saring ketahanan beberapa bahan tanam kakao terhadap penghisap buah Helopeltis spp.* Jember: Balai Penelitian Perkebunan.
- Sumner, H.M. (1962). Cocoa pollination. In Wills, J.B. (Ed.), *Agriculture and land use in Ghana* (pp. 260-261). London, Accra, New York: Oxford University Press.
- Sunanto, H. (1992). Coklat: Pengolahan hasil dan aspek ekonominya. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Susilo, A.W., Suhendi, D., & Sri-Sukanto. (2002). Ragam genetik kerentanan tanaman kakao terhadap *Phytophthora palmivora* (Butl.). *Pelita Perkebunan*, 18, 1-9.
- Susilo, A.W., Sulistyowati, E., & Mufrihati, E. (2004). Eksplorasi genotipe kakao tahan penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.). *Pelita Perkebunan*, 20, 1-12.
- Susilo, A.W. (2006). Kemampuan menyerbuk sendiri beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 23(3), 159-167.
- Susilo, A.W. (2007). Akselerasi program pemuliaan kakao (*Theobroma cacao* L.) melalui pemanfaatan penanda molekuler dalam proses seleksi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 23(1), 11-24.
- Susilo, A.W., Riyadi, A., Iswanto, A., Mulia, S., Sulistyowati, E., Wahab, A., M. Imron, E., Mufrihati, Anita-Sari, I., Sobadi, Sukarmin, Suwitra, I.K., & Nurlia. (2013). *Usulan pelepasan klon tahan hama penggerek buah kakao (Conopomorpha cramerella Snell., PBK), KW 570 dan KW 514* (p. 52). Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Tan, G.Y. (1992). Cocoa breeding in Papua New Guinea and its relevance to pest and disease control. In Keane, P.J., & Putter, C.A.J. (Eds.). *Cocoa pest and diseases management in Southeast Asia and Australasia*. Rome: FAO.
- Thevenin, J.M., Rossi, V., Ducamp, M., Doare, F., Condina, V., & Lachenaud, P. (2012). Numerous clones resistant to *Phytophthora palmivora* in the "Guiana" genetic group of *Theobroma cacao* L. *PLoS ONE* 7: e40915. Doi:10.1371/journal.pone.0040915 [18 Januari 2015].
- Tjahjo, A.A., Baharuddin, & Asrul, L. (2008). Keragaman morfologi buah kakao harapan tahan hama penggerek buah kakao di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat. *Jurnal Agrisistem*, 4(1), 37-43.
- Tjitrosoepomo, G. (1988). Taksonomi tumbuhan (*Spermathophyta*). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Toxopeus, H. (1968). Establishment of cacao clones in Nigeria. *Euphytica*, 17(1), 38-45.
- Urquhart, D.H. (1961). Cocoa. Ed. 2 (p. 293). London: Longmans, Green & Co., Ltd.
- Wahyudi, T., & Yusianto. (2008). Industri hilir. In Wahyudi, T., Panggabean, T.R., Pujiyanto. *Panduan lengkap kakao manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir* (p. 363). Penebar Swadaya.
- Warren, J.M., Kalai, & Misir, S. (1995). An unnatural breeding system polymorphism in cacao (*Theobroma cacao*, Sterculiaceae) in Trinidad. *American Journal of Botany* 82: 1126-1130.
- Wood, G.A.R. (1975). *Cocoa*. London: Longman.
- Wood, G.A.R., & Lass, R.A. (1985). *Cacao*, 4th. Ed. New York: Longman Group Lim.
- Zhang, D., Arevalo, E., Mischke, B., Zuniga, L., & Barreto, A. (2006). Genetic diversity and population structure of cocoa, *Theobroma cacao* L. In the Hulla and Ucayali valleys of Peru. *Annals of Botany*, 98, 647-655.
- Zulkifli, M.M., & Soenaryo. (1978). *Pengolahan coklat pada perkebunan besar*. BPP Bogor. Jember: Sub Balai Penelitian Budidaya.

PERAKITAN VARIETAS UNGGUL KAKAO UNTUK MENINGKATKAN DAYA HASIL SERTA KETAHANAN TERHADAP HAMA DAN PENYAKIT

BREEDING FOR SUPERIOR VARIETIES IN CACAO TO INCREASE YIELD AND RESISTANCY TO PEST AND DISEASES

Enny Randriani dan Dani

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

ennyrandriani@gmail.com

ABSTRAK

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan anggota kelompok tanaman penyegar yang menjadi sumber bahan baku industri makanan, minuman, hingga kosmetik. Budidaya tanaman kakao bukan pekerjaan yang mudah karena banyak faktor pembatas yang menyebabkan produktivitas tanaman jauh lebih rendah dibanding potensinya. Upaya perbaikan genetik terus dilakukan untuk meningkatkan potensi daya hasil sekaligus ketahanan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Ketersediaan keragaman genetik tanaman kakao di berbagai belahan dunia memberikan peluang untuk keberhasilan program pemuliaan tanaman kakao. Pendekatan konvensional maupun bioteknologi sangat penting untuk dilakukan dalam perbaikan genetik tanaman kakao.

Kata kunci: Bio-industri, berkelanjutan, ramah lingkungan

ABSTRACT

Cacao (Theobroma cacao L.) is one of beverage crops that become a source of raw material for food, beverage, and cosmetic industries. Cultivation of cacao faced a lot of limiting factors that cause crop productivity is much lower than its potential. Genetic improvement efforts in cacao can be done continuously to increase yield potential as well as resistance to biotic and abiotic stresses. Availability of cacao genetic diversity provides an opportunity for the successfulness of cacao breeding program. Conventional and biotechnological approaches can be considered as important tools for cacao genetic improvement.

Keywords: Bio-industry, sustainable, ecologically friendly

PENDAHULUAN

Kakao merupakan tanaman penghasil biji yang dimanfaatkan sebagai bahan baku industri makanan, minuman, hingga kosmetika. Lemak kakao (*cocoa butter*) digunakan dalam industri pembuatan cokelat dan produk-produk kosmetik, seperti krim pelembab dan sabun. Kakao bubuk (*cocoa powder*) biasa digunakan sebagai salah satu bahan dasar pembuatan berbagai jenis makanan dan minuman, seperti minuman rasa cokelat, es krim dan *mousse*, selai dan saus cokelat, serta beragam kue dan biskuit. Pasta kakao (*cocoa liquor*) digunakan untuk bahan pembuatan cokelat batangan, baik murni maupun dikombinasikan dengan bahan tambahan lainnya (International Cocoa Organization [ICCO], 2003).

Hampir 40% produk kakao dunia dikonsumsi oleh negara-negara yang berada di daratan Eropa, sedangkan sisanya (60%) oleh negara-negara lain di benua Asia, Afrika, dan Amerika. Permintaan kakao dunia tumbuh sekitar 3% per tahun sejak tahun 2008 seiring munculnya kelas menengah di China, India, dan Brasil. Di sisi lain, produsen kakao terbesar dunia adalah negara-negara di benua Afrika (68%), sedangkan sisanya berasal dari benua Amerika (15%) dan Asia (17%). Tiga negara produsen utama kakao dunia adalah Pantai Gading, Ghana, dan

Indonesia. Produksi kakao dunia meningkat rata-rata 3,1% per tahun antara tahun 2008–2012 (World Cocoa Foundation, 2014).

Produktivitas tanaman kakao di negara-negara produsen, termasuk Indonesia, saat ini masih jauh lebih rendah dibanding potensinya (1–2 ton/ha). Budidaya tanaman kakao merupakan upaya yang tidak mudah karena tanaman tersebut sangat responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Menurut Suhendi (2008), beberapa faktor yang menyebabkan rendahnya produktivitas kakao adalah serangan hama dan penyakit, anomali iklim, tajuk tanaman rusak, populasi tanaman berkurang, serta teknologi budidaya oleh petani yang masih sederhana. Selain itu, penggunaan bahan tanam yang mutunya kurang baik serta umur tanaman yang sudah tua merupakan fenomena yang umum ditemukan di negara-negara produsen kakao.

Meskipun produktivitas kakao sebagian besar ditentukan oleh ukuran biji dan jumlah biji per buah, tetapi produksi aktual seringkali dibatasi oleh hama dan penyakit (Iwaro *et al.*, 2010). Hama penggerek buah kakao (PBK) merupakan hama utama tanaman kakao di Indonesia karena sebarannya sudah mencakup semua provinsi sentra penghasil kakao, khususnya di wilayah Sulawesi (McMahon *et al.*, 2009). Kerugian yang diakibatkan oleh hama tersebut mencapai ratusan milyar rupiah per tahun

(Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [PPKKI], 2010). Serangan penyakit pembuluh kayu (*vascular streak dieback* = VSD) dapat menyebabkan penurunan produktivitas kakao sebesar 40% (Manggabarani, 2011). Potensi ancamannya terhadap produksi kakao nasional bahkan dinilai lebih serius dibandingkan hama PBK (Bakoh, 2014). Penyakit penting lainnya, yaitu busuk buah *Phytophthora* (BBP) dapat menyebabkan kehilangan hasil antara 20–30% pertahun (Wood & Lass, 1985), bahkan hingga > 40% (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2010).

Tiga faktor iklim yang paling berpengaruh terhadap produksi tanaman kakao adalah curah hujan, temperatur, dan cahaya matahari (Oyekale, Bolaji, & Olowa, 2009). Perubahan iklim global berpengaruh setidaknya terhadap tiga faktor iklim yang sangat erat kaitannya dengan pertanian, yaitu menyebabkan kenaikan suhu udara yang kemudian mendorong perubahan dua faktor iklim lainnya, yaitu kelembaban dan curah hujan. Perubahan iklim telah memicu curah hujan di atas rata-rata atau sebaliknya musim kemarau yang panjang (Setyolaksano, 2014). Pada tahun 2060 diperkirakan separuh dari negara-negara penghasil kakao menjadi terlalu panas untuk ditanami kakao (Bloudoff-Indelicato & Climatewire, 2012). Kekeringan berkepanjangan yang menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, pembuahan abnormal hingga kematian tanaman. Kekeringan diduga juga mendorong pertumbuhan patogen penyebab VSD (Rosmana, Hikmawati, Zulfikar, Asman, & Fadillah, 2013).

Upaya meningkatkan produksi kakao nasional memerlukan sentuhan teknologi yang mampu meminimalkan atau mengatasi faktor-faktor negatif di atas. Untuk pengendalian hama dan penyakit utama kakao dapat dilakukan melalui pendekatan kimiawi. Namun, pendekatan tersebut dikhawatirkan akan menyebabkan kerusakan ekosistem dalam jangka panjang. Oleh sebab itu, diperlukan teknologi pengendalian yang lebih ramah lingkungan, seperti pemanfaatan pestisida nabati dan agens hayati (Siswanto & Karmawati, 2012). Beberapa spesies jamur endofit yang tergolong agens hayati diketahui mampu menekan pertumbuhan jamur *P. palmivora* (Tondok, Sinaga, Widodo, & Suhartono, 2012). Pengendalian hama dan penyakit tanaman kakao juga dapat dilakukan melalui induksi ketahanan alami, seperti aplikasi silika untuk mengendalikan hama PBK (Wijaya, Prawoto, & Ithromi, 2009), serta boron dan silikon untuk mengendalikan penyakit VSD (Yuliasmara, Sri-Sukanto, & Prawoto, 2014).

Pendekatan lain yang lebih ramah lingkungan adalah penggunaan varietas unggul kakao tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Upaya-upaya perbaikan genetik untuk menghasilkan varietas tahan terus dilakukan di berbagai negara produsen kakao dan telah terbukti mampu menekan kehilangan hasil. Meskipun demikian, masih banyak permasalahan kehilangan hasil akibat serangan hama dan penyakit di lapangan yang belum teratasi dengan baik. Perubahan iklim global maupun munculnya ras baru patogen merupakan tantangan besar bagi pemulia tanaman dalam merakit varietas unggul baru

tahan hama dan penyakit. Oleh karena itu, ketersediaan sumber gen dalam keragaman genetik plasma nutfah, oleh sebab itu, sangat penting dalam program perakitan varietas unggul kakao.

SUMBER DAYA GENETIK PLASMA NUTFAH KAKAO

Materi genetik untuk bahan perakitan varietas unggul kakao dapat diperoleh melalui upaya introduksi, eksplorasi, dan seleksi dalam keragaman genetik plasma nutfah (Susilo, 2007). Mengingat kakao bukan merupakan tanaman asli Indonesia maka kegiatan eksplorasi plasma nutfah akan lebih efektif apabila dilakukan di daerah pusat asalnya (*center of origin*).

Kakao merupakan tanaman asli lembah Amazon (Thomas *et al.*, 2012). Tanaman yang tergolong tahunan (*perennial*) tersebut merupakan endemik hutan hujan Amerika Selatan yang kemudian didomestikasi di wilayah Amerika Tengah kira-kira 3000 tahun yang lalu (Argout *et al.*, 2010; Motilal *et al.*, 2010). Tanaman tersebut dibudidayakan pada daerah 18° LU hingga 15° LS, terutama oleh petani kecil di bawah naungan pohon-pohon asli setempat (Monteiro *et al.*, 2009). Meskipun, berasal dari Amerika Tengah, produsen kakao utama dunia saat ini adalah negara-negara di benua Afrika, seperti Pantai Gading, Ghana, dan Nigeria.

Tanaman kakao dihasilkan di negara-negara beriklim tropis yang berada pada 10° LU–10° LS. Habitat asli tanaman tersebut merupakan hutan hujan yang hijau sepanjang tahun sehingga untuk tumbuh dan berkembang secara optimal memerlukan kondisi iklim, terutama suhu dan curah hujan, yang menyerupai habitat asalnya. Tanaman kakao mampu tumbuh baik pada kisaran suhu rata-rata tahunan maksimum 30–32 °C dan minimum 18–21 °C. Curah hujan merupakan faktor pembatas utama karena variasi produksi kakao lebih disebabkan oleh intensitas dan distribusi curah hujan dibanding faktor-faktor iklim lainnya. Tanaman kakao dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik pada kisaran curah hujan 1500–2000 mm per tahun dengan maksimum tiga bulan kering (curah hujan <100 mm) (ICCO, 2013).

Introduksi tanaman kakao ke Indonesia pertama kali dilakukan oleh bangsa Spanyol dari Venezuela pada awal tahun 1560. Varietas yang diintroduksi tersebut diduga “Criollo Venezuela”, yang lebih dikenal sebagai kakao mulia di Venezuela dan selanjutnya menyebar ke Samoa, Sri Lanka, Madagaskar, dan Indonesia. Varietas tersebut dibawa ke Indonesia melalui Caracas dan budidaya kakao pertama kali dilakukan di Sulawesi bagian utara (Minahasa) yang ditujukan hanya untuk keperluan konsumsi sendiri. Budidaya kakao secara komersial baru dilakukan mulai awal tahun 1900-an, setelah terjadi peristiwa ledakan penyakit karat daun pada kopi Arabika (Susilo *et al.*, 2014).

Tanaman kakao merupakan tanaman tropika diploid, yang termasuk anggota dari genus

Theobroma dan famili Sterculiaceae (saat ini diklasifikasikan ulang ke dalam famili Malvaceae) (Alverson, *et al.*, 1999; Alpkopodion, 2012). Menurut Silva *et al.* (2004), genus *Theobroma* terdiri dari 22 spesies yang dikelompokkan ke dalam enam seksi sebagai berikut :

- 1) **Andropetalum** (*T. mammosum* Cuatr. & León);
- 2) **Glossopetalum** (*T. angustifolium* Moçinho & Sessé, *T. canumanense* Pires & Frôes, *T. chocoense* Cuatr., *T. cirmolinae* Cuatr., *T. grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum., *T. hylaeum* Cuatr., *T. nemorale* Cuatr., *T. obovatum* Klotzsch ex Bernoulli, *T. simiarum* Donn. Smith., *T. sinuosum* Pavón ex Hubber, *T. stipulatum* Cuatr., *T. subincanum* Mart.);
- 3) **Oreanthes** (*T. bernouillii* Pittier, *T. glaucum* Karst., *T. speciosum* Willd., *T. sylvestre* Mart., *T. velutinum* Benoist);
- 4) **Rhytidocarpus** (*T. bicolor* Humb. & Bonpl.);
- 5) **Telmatocarpus** (*T. gileri* Cuatr., *T. microcarpum* Mart.); and
- 6) **Theobroma** (*T. cacao* L.).

Selain *T. cacao*, tiga spesies lain dalam genus *Theobroma* yang juga dibudidayakan adalah *T. bicolor* (cacao-do-Peru), *T. grandiflorum* (cupuassu), dan *T. speciosum* (cacauhy). Tiga spesies kerabat kakao tersebut diketahui memiliki beberapa sifat penting yang dapat diintrogressikan ke dalam genom tanaman kakao melalui persilangan antar spesies (Souza & Venturieri, 2010). Meskipun demikian, hanya spesies *T. cacao* dan *T. grandiflorum* yang dieksploitasi secara komersial. Secara teknis persilangan antar spesies kakao tidak mudah dilakukan karena adanya masalah hambatan inkompatibilitas seksual. Saat ini beberapa teknik terbaru, seperti teknik polinasi kuncup yang masih sangat muda yang diikuti dengan penyelamatan ovulum atau embrio, merupakan solusi yang dapat membantu mengatasi permasalahan tersebut (Santos *et al.*, 2006).

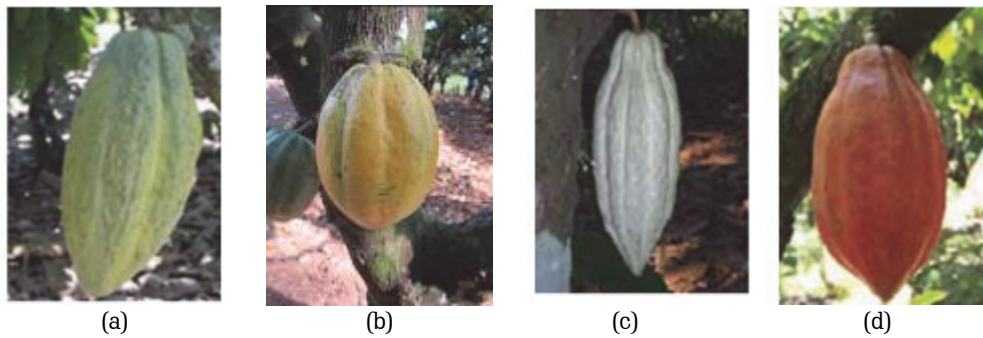
Spesies *T. cacao* dikenal mempunyai tiga macam varietas, yaitu Criollo, Forastero, dan Trinitario (Efombagn *et al.*, 2009; ICCO, 2011). Criollo merupakan varietas dengan genotipe yang unik dan mendekati homosigot yang pertama kali dibudidayakan. Varietas Criollo merupakan salah satu dari dua varietas kakao yang menghasilkan cokelat dengan aroma yang lembut (*fine flavor*). Meskipun demikian, varietas tersebut ternyata menunjukkan performa agronomis yang kurang baik dan rentan terhadap serangan penyakit. Oleh karena itu, dibentuk hibrida yang lebih vigor yang merupakan hasil persilangan dengan genotipe Forastero. Hibrida yang dihasilkan kemudian diberi

nama Trinitario (Lanaud *et al.*, 2001; Argout *et al.*, 2010).

Saat ini, tanaman kakao sudah menyebar ke berbagai wilayah di dunia dan telah dibudidayakan selama ratusan tahun sehingga memunculkan variasi genetik baru. Keragaman genetik kakao telah dipelajari dengan menggunakan pendekatan morfologis, enzimatik, maupun molekuler (Lanaud *et al.*, 2000). Karakter morfologi buah merupakan deskriptor yang sangat penting dalam klasifikasi genotipe kakao (Adewale *et al.*, 2013). Pada awalnya, kultivar kakao dideskripsikan berdasarkan pada bentuk buahnya, yaitu Angoleta (ujung runcing, pangkal lebar, dan beralur dalam); Amelonado (bentuk melon berukuran kecil, pangkal menyerupai leher botol, permukaan halus, beralur dangkal), Calabacilo (berukuran kecil, mendekati bulat), Cundeamor (memanjang, ujung runcing, pangkal menyerupai leher botol, permukaan berkulit) (CIRAD, 2001).

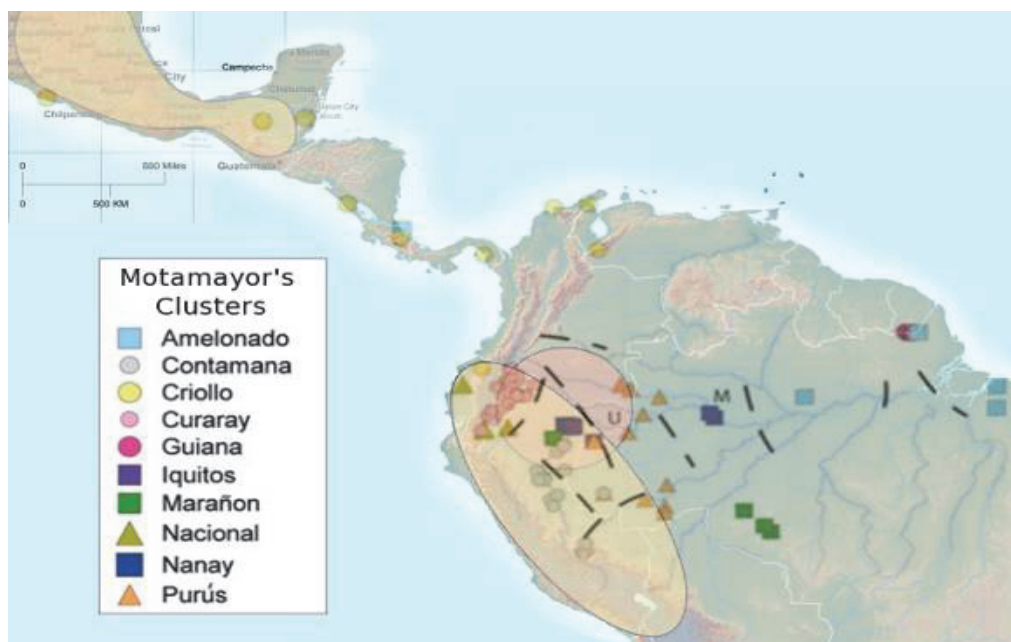
Pada perkembangan selanjutnya, klasifikasi terbaru berdasarkan pada penanda molekuler mikrosatelit mengelompokkan kultivar kakao ke dalam sepuluh grup, yaitu (1) Maraño, (2) Curaray, (3) Criollo, (4) Iquitos, (5) Nanay, (6) Contamana, (7) Amelonado, (8) Purús, (9) Nacional and (10) Guiana (Gambar 2) (Motamayor *et al.*, 2008). Hal ini menunjukkan bahwa identifikasi keragaman genetik kakao dapat lebih akurat melalui pemanfaatan penanda molekuler, seperti *simple sequence repeat* (*SSR*) (Thondaiman, Rajamani, Senthil, Shoba, & Joel, 2013), dan *single nucleotide polymorphism* (*SNP*) (Ji *et al.*, 2012; Takarama *et al.*, 2014). Bahkan sejalan dengan kemajuan teknologi *genome sequencing* saat ini telah memungkinkan untuk melakukan identifikasi keragaman genetik hingga taraf individu tanaman kakao (Kane *et al.*, 2012).

Genom tanaman kakao tergolong berukuran kecil (447 ± 11 Mbp 2C) dan terdiri dari dua set kromosom yang masing-masing terdiri dari 10 kromosom haploid ($2n=2x=20$) (Guiltinan *et al.*, 2008). Hasil analisis terhadap famili-famili gen spesifik yang diduga terkait dengan kualitas kakao dan ketahanan terhadap penyakit menunjukkan adanya pengembangan atau penyusutan beberapa famili gen selama proses evolusi (Argout *et al.*, 2010). Mutasi spontan telah menyebabkan keragaman kariotipik yang dapat mencerminkan keragaman genetik pada tanaman kakao meskipun tidak selalu menimbulkan perubahan secara fenotipik (Figueiredo *et al.*, 2013). Saat ini, keseluruhan sekuen genom tanaman kakao baik dari kelompok Criollo maupun Forastero telah berhasil diidentifikasi sehingga pengembangan penanda molekuler untuk keperluan identifikasi genotipe dapat dilakukan dengan lebih tepat dan efisien (Lopez *et al.*, 2011).



Gambar 1. Beberapa contoh keragaman tipe buah kakao yang dibudidayakan: (a) Angoleta, (b) Calabacillo, (c) Cundeamor, dan (d) Amelonado (Sumber: Batista, 2009).

Figure 1. Example of cultivated cocoa pod type variations: (a) Angoleta, (b) Calabacillo, (c) Cundeamor, dan (d) Amelonado (Source: Batista, 2009).



Gambar 2. Klasifikasi dan sebaran genotipe tanaman kakao di wilayah Amerika Selatan dan Amerika Tengah sebagai pusat asal keragaman (*center of diversity*) menurut Motamayor (Sumber: Madell, 2008).

Figure 2. Classifications and distributions of cocoa genotypes along South and Center America regions as center of cocoa diversity according to Motamayor (Source: Madell, 2008).

Beberapa kelompok genetik tanaman kakao yang tersimpan di International Cocoa Genebank, Trinidad (ICG, T) menunjukkan keragaman karakteristik komponen hasil, seperti jumlah biji/buah, bobot biji, dan indeks buah (*pod index*). Sebagian aksesori potensial dimanfaatkan dalam perakitan varietas unggul kakao yang memiliki daya hasil tinggi sekaligus menunjukkan level ketahanan yang diinginkan terhadap penyakit BBP (Bekele, Iwaro, & Butler, 2002). Beberapa nomor aksesori kakao yang ada di Indonesia, termasuk DRC 15, KA2 106, dan VSD2Ldg, potensial sebagai sumber sifat ketahanan terhadap VSD. Sifat ketahanan terhadap BBP dapat ditemukan pada klon DRC 16, Aryadi 1, Aryadi 3, dan VSD1Ldg (McMahon *et al.*, 2010). Melalui aplikasi *marker assisted selection (MAS)*, terdapat peluang untuk melakukan seleksi sifat ketahanan terhadap penyakit BBP secara simultan

dengan sifat ketahanan lainnya, seperti penyakit VSD (Epaina, 2014).

PERBAIKAN GENETIK TANAMAN KAKAO

Upaya perakitan varietas unggul baru kakao terus dilakukan oleh institusi riset pemerintah maupun swasta. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), sebagai salah satu lembaga riset pemerintah, saat ini memegang mandat penelitian empat komoditas unggulan sub sektor perkebunan nasional, salah satunya adalah kakao. Penelitian dalam rangka peningkatan produktivitas dan mutu hasil kakao, dengan demikian, menjadi tugas tim peneliti di dalamnya. Salah satu pendekatan dalam rangka meningkatkan produktivitas dan mutu hasil kakao adalah melalui perbaikan genetik.

Di Indonesia, pemuliaan kakao dimulai pada tahun 1912 di Perkebunan Djati Renggo Jawa Tengah telah menghasilkan klon-klon kakao mulia terpilih yang kemudian diberi nama "klon Djati Renggo" (klon DR). Klon-klon tersebut ternyata cukup rentan terhadap hama dan penyakit, khususnya penyakit VSD sehingga pemuliaan tanaman kakao kemudian difokuskan pada tipe lindak yang mulai dilakukan pada tahun 1950-an dengan menggunakan klon-klon tetua dari kelompok *Upper Amazon Forastero*. Hasilnya adalah berupa seri klon kakao lindak yang kemudian berkembang luas di Indonesia (Susilo *et al.*, 2011).

Hingga saat ini telah dihasilkan tiga generasi klon unggul kakao. Klon unggul kakao generasi pertama, yaitu DR 1, DR 2, dan DR 38, memiliki potensi produksi mencapai 1500 kg/ha/tahun dan mutu hasil yang baik (Suhendi, 2008). Klon-klon tersebut merupakan hasil seleksi dari klon kakao yang didatangkan dari Venezuela, karena kakao bukan tanaman asli Indonesia (Susilo, 2007). Klon unggul kakao generasi kedua terdiri dari DRC 16, GC 7, ICS 13, RCC 70, RCC 74, RCC 72, RCC 73, ICS 60, NW 6264, NIC 7, UIT 1, TSH 858, PA 4, PA 194, PA 300, PA 340, dan GC 29. Potensi produksi beberapa klon tersebut dapat mencapai sekitar 2000 kg/ha/tahun, mutu hasilnya baik, serta toleran terhadap beberapa jenis hama dan penyakit. Klon unggul kakao generasi ketiga meliputi ICCRI 01, ICCRI 02, ICCRI 03, dan ICCRI 04. Potensi produksinya mencapai 2500 kg/ha/tahun, mutu hasil baik, kadar lemak biji >55%, dan kadar kulit ari 15% (Suhendi, 2008).

Upaya perbaikan genetik tanaman kakao terus dilakukan secara berkesinambungan untuk menghasilkan genotipe-genotipe unggul baru yang memiliki potensi daya hasil lebih tinggi, ukuran biji besar, kadar lemak tinggi, serta tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Meskipun demikian, upaya menggabungkan semua sifat unggul tersebut dalam satu genotipe tunggal tentu bukan suatu hal yang mudah. Dalam proses seleksi, pemulia tanaman biasanya lebih fokus terhadap satu atau dua sifat unggul saja, seperti potensi daya hasil tinggi dan tahan hama atau penyakit utama. Oleh sebab itu, kriteria seleksi yang diterapkan oleh pemulia sangat beragam menyesuaikan dengan capaian yang ingin diperoleh. Di sisi lain, sifat inkompatibilitas seksual merupakan salah satu faktor pembatas daya hasil tanaman kakao. Genotipe-genotipe yang memiliki sifat ketahanan terhadap penyakit juga sebagian besar bersifat tidak kompatibel menyerbuk sendiri (*self-incompatible*). Oleh sebab itu, mengeliminasi sifat inkompatibilitas tersebut dalam suatu populasi menjadi tantangan tersendiri bagi para pemulia (Lopez *et al.*, 2011).

Dalam program perakitan varietas unggul kakao tahan serangan hama dan penyakit, proses seleksi biasanya didasarkan pada karakter-karakter morfologis, anatomis, biokemis, dan fisiologis. Karakter morfologi yang penting sebagai petunjuk untuk seleksi klon harapan tahan PBK antara lain adalah bentuk buah elips dan oblong, kulit buah tebal dan permukaan halus, konstruksi buah tidak

berlekuk, dan bagian apeks buah tumpul. Karakter anatomis yang penting adalah volume plasenta besar, lapisan sklerotik tebal, persen biji lengket sedikit, jumlah lubang masuk dan keluar sedikit, lapisan perikarp tebal, lapisan endokarp keras, dan adanya kandungan inhibitor proteinase dalam buah (Susilo, Mangoendidjojo, Witjaksono, Sulistyowati, & Mawardi, 2009; Limbongan, 2012). Kriteria seleksi ketahanan terhadap penyakit VSD dapat didasarkan pada karakter jumlah stomata, lebar pembukaan stomata, dan diameter stomata (Anita-Sari & Susilo, 2013).

Melalui penggunaan penanda molekuler, informasi keunggulan genotipe tanaman kakao dapat diketahui lebih cepat dan akurat tanpa dipengaruhi oleh lingkungan dan umur tanaman (Susilo, 2007). Keuntungan penggunaan penanda molekuler dalam program pemuliaan, yaitu (1) dapat digunakan untuk analisis pautan, (2) dapat mengidentifikasi suatu genotipe, dan (3) dapat menduga keragaman genetik dan kekerabatan antar dan dalam spesies atau varietas sekaligus membantu menjelaskan filogenetiknya (Weising, Nybom, Wolff, & Meyer, 1995). Beberapa penanda molekuler berbasis *random amplified polymorphic DNA* (RAPD) (Ronning, Schnell, & Kuhn, 1995), *amplified fragment length polymorphism* (AFLP) (Queiroz *et al.*, 2003), telah digunakan untuk menganalisis genom tanaman kakao.

Seleksi Individu (Klon) Unggul melalui Pendekatan Partisipatif

Program perakitan varietas unggul kakao yang efektif biasanya mengacu pada pola seleksi berulang (*recurrent selection*) (Eskes & Lanaud, 2004). Oleh sebab itu, kedepan sebaiknya perhatian lebih diarahkan pada penggunaan varietas unggul spesifik lokasi agar proses seleksi yang diperlukan tidak terlalu lama (Baihaki, 2004).

Program pemuliaan yang didasarkan pada lingkungan lokal dilakukan untuk menghasilkan varietas unggul spesifik dengan mengeksplorasi pengaruh *G×E interaction*, melalui dua pendekatan:

- (1) *Eksplorasi adaptasi lokal*. Lingkungan marginal lebih beragam dibandingkan dengan lingkungan optimum sehingga memerlukan varietas yang memiliki adaptasi lebih spesifik pada lingkungan target. Varietas hasil seleksi pada lingkungan lokal pada umumnya lebih baik penampilannya pada lingkungan tersebut (target) dibandingkan varietas yang dikembangkan untuk lingkungan dengan daya adaptasi luas; dan
- (2) *Eksplorasi adaptasi spesifik*. Untuk pemuliaan dengan tujuan memperoleh varietas/genotipe yang toleran terhadap lingkungan spesifik maka lebih dibutuhkan lingkungan yang sesuai dengan tujuan pemuliannya dan seleksinya dibantu oleh petani setempat, daripada seleksi yang dilakukan di kebun percobaan (Atlin, Cooper, & Bjørnstad, 2004).

Pemulia tanaman dapat memanfaatkan secara langsung bahan genetik yang sudah tersedia di lapangan (*in situ*) untuk menghemat waktu dan

biaya. Kegiatan seleksi yang dilakukan terhadap plasma nutfah yang tumbuh di wilayah tertentu, akan dihasilkan kultivar-kultivar baru yang sesuai untuk dibudidayakan pada lingkup area sempit dengan kondisi lingkungan dan pola iklim spesifik. Dengan demikian, kultivar-kultivar yang dihasilkan akan sesuai dengan kebutuhan masyarakat petani setempat. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut dan sekaligus dalam rangka menekan biaya adalah melalui pemuliaan tanaman partisipatif (*participatory plant breeding*), yaitu melibatkan petani setempat dalam proses pemuliaan (Brummer *et al.*, 2011). Contoh klon unggul kakao yang diperoleh melalui pendekatan tersebut adalah Sulawesi 1 dan Sulawesi 2 yang dinilai memiliki sifat produktivitas tinggi sekaligus tahan terhadap penyakit VSD (Susilo & Anita-Sari, 2011).

Perakitan Varietas/Klon Hibrida

Varietas/klon hibrida dirakit berlandaskan fenomena heterosis yang mengacu fenomena keunggulan sifat pada generasi keturunan hasil persilangan antar varietas atau spesies dibandingkan kedua tetuanya. Keunggulan tersebut dapat berupa biomassa yang lebih tinggi, perkembangan yang lebih cepat, dan tingkat fertilitas lebih baik. Saat ini terdapat beragam model untuk menjelaskan fenomena heterosis, termasuk teori dominan, overdominan, dan overdominan-semu (Birchler, Yao, Chudalayandi, Vaiman, & Veitia, 2010). Dengan demikian, produktivitas kakao petani dipercaya dapat meningkat sangat signifikan apabila mereka bersedia mengadopsi varietas hibrida (Wiredu, Mensah-Bonsu, Andah, & Fosu, 2011). Penggunaan "benih hibrida", yang diperoleh dari hasil persilangan antar dua atau lebih klon unggul kakao secara terkendali, dinilai lebih mudah dan murah (Goenaga, Irizarry, & Irish, 2009).

Pemahaman mengenai keragaman genetik tanaman kakao sangat penting dalam rangka menentukan tetua persilangan. Pada umumnya performa dari hibrida atau klon hibrida sangat tergantung dari kualitas tetua yang digunakan. Secara teoritis, persilangan antar tetua dengan jarak genetik yang sangat dekat biasanya akan menimbulkan tekanan silang dalam (*inbreeding depression*) sehingga performa hibrida yang dihasilkan tidak lebih baik dari kedua tetuanya. Sebaliknya, persilangan antar tetua berkerabat jauh memiliki peluang yang tinggi untuk memunculkan efek heterosis. Meskipun berdasarkan beberapa hasil penelitian jarak genetik antar tetua tidak memicu efek heterosis dalam pola yang linear, tetapi tetap penting sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan persilangan (Dias, Marita, Cruz, de Barros, & Salamao, 2003).

Pemilihan tetua hibrida dimulai dengan uji daya gabung. Tetua-tetua yang memiliki daya gabung tinggi untuk karakter-karakter yang diinginkan potensial untuk disaling-silangkan. Apabila diketahui terdapat salah satu pada kedua klon tetua memiliki daya gabung yang rendah maka tidak akan digunakan lebih lanjut dalam program perakitan

varietas unggul (Irizarry & Goenaga, 2000). Hasil analisis daya gabung umum (DGU) dan daya gabung khusus (DGK) menunjukkan gen-gen aditif lebih berperan dalam pembentukan keragaman genetik sifat panjang buah, bobot buah, lebar biji, tebal biji (Adewale, Adeigbe, Sobowale, & Dada, 2014), hasil biji kering, dan bobot biji (Tan, 1990). Di sisi lain, karakter jumlah biji per buah dan panjang biji diwariskan secara non aditif (Adewale *et al.*, 2014). Peran gen aditif juga ditunjukkan untuk sifat ketahanan terhadap penyakit VSD (Tan & Tan, 1988) dan BBP (Tan & Tan, 1990) sehingga sifat ketahanan terhadap penyakit diakumulasi melalui persilangan antar genotipe yang kurang rentan (Eskes & Efron, 2006).

Fenomena kejaguran hibrida (*hybrid vigor*) pada tanaman kakao memang masih perlu pembuktian dalam jangka panjang karena dalam beberapa kasus ternyata menunjukkan fenomena yang berbeda. Sebagai salah satu contoh, populasi hibrida hasil kombinasi TSH 858 × KW 162 ternyata menunjukkan produktivitas lebih rendah dibandingkan kedua tetuanya. Fenomena kejaguran hibrida hanya ditunjukkan oleh sebagian individu dalam famili. Munculnya keragaman antar individu dalam famili merupakan konsekuensi dari penggunaan tetua persilangan antar klon yang bersifat heterosigot (Susilo, 2011). Dalam hasil penelitian lainnya juga diketahui bahwa hanya sekitar 3% keturunan F₁ dalam masing-masing famili yang mewakili sekitar 60% produksi total per famili. Oleh karena itu, seleksi klon hibrida unggul dalam famili terbaik merupakan pendekatan yang lebih rasional (Goenaga, Irizarry, & Irish, 2009).

Perakitan Varietas/Klon Unggul melalui Pendekatan Rekayasa Genetik

Pendekatan rekayasa genetik dalam rangka mengintrogresikan gen-gen penting ke dalam kultivar/klon elit kakao telah diterapkan oleh berbagai lembaga riset di dunia. Hal tersebut dilatarbelakangi oleh beberapa kelemahan yang ditunjukkan program pemuliaan konvensional, yaitu menyita banyak waktu, biaya relatif tinggi, dan memerlukan lahan yang luas (Furtek & Odure, 1994). Introgresi gen secara konvensional dari spesies yang berkerabat dekat, seperti *T. grandiflorum*, dihadapkan pada kendala sterilitas yang diduga disebabkan oleh perbedaan susunan kromatin (Dantas & Guerra, 2010). Alasan lainnya adalah dalam plasma nutfah kakao yang ada belum pernah ditemukan sifat ketahanan lengkap terhadap hama dan penyakit utama kakao (Kendurkar, Naik, & Nadgauda, 2006).

Rekayasa genetika telah membuka keragaman genetik plasma nutfah yang lebih luas untuk dimanfaatkan dalam program perbaikan genetik tanaman (Khurana & Khurana, 1999). Secara teoritis, semua karakter genetik yang dimiliki oleh suatu organisme, baik hewan maupun tumbuhan, dapat diekspresikan oleh tanaman. Seiring kemajuan teknologi *rekombinant DNA* saat ini telah memungkinkan untuk melakukan isolasi gen-gen pengendali ketahanan dan mengintrogresikannya ke

dalam genom tanaman yang dibudidayakan (Fagwalawa, Kutama, & Yakasi, 2013).

PENUTUP

Kehilangan hasil tanaman kakao akibat serangan OPT di lapangan terbukti signifikan sehingga upaya perbaikan sifat ketahanan terhadap hama dan penyakit utama sangat penting. Untuk mendukung keberhasilan program tersebut diperlukan ketersediaan sumberdaya genetik yang luas. Pemanfaatan keragaman genetik plasma nutfah saat ini dapat lebih efektif melalui aplikasi penanda berbasis biologi molekuler. Perakitan varietas unggul kakao yang tahan terhadap hama dan penyakit utama dapat melalui pendekatan konvensional maupun rekayasa genetik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adewale, D.B., Adeigbe, O.O., Adenuga, O.O., Adepoju, A.F., Muiywa, A.A., & Aikpokpodion, P.O. (2013). Deskriptif and discriminatory significance of pod phenotypic traits for diversity analysis of cocoa genotypes. *J. Plant Breed. Genet.*, 01(03), 131–137.
- Adewale, D.B., Adeigbe, O.O., Sobowale, O.I., & Dada, O.S. (2014). Breeding value of cocoa (*Theobroma cacao* L.) for pod and bean traits: A consequential advance in Nigerian cocoa breeding program. *Not. Sci. Biol.*, 4(2), 214–219.
- Adjaloo, M.K., Oduro, W., & Banful, B.K. (2012). Floral phenology of upper Amazon cocoa trees: Implications for reproduction and productivity of cocoa. *ISRN Agronomy*, vol. 2012, Article ID 461674, 8 pages. doi:10.5402/2012/461674.
- Alkpokpodion, P.O. (2012). Phenology of flowering in cacao (*Theobroma cacao*) and its related species in Nigeria. *African Journal of Agricultural Research*, 4(23), 3395–3402.
- Alverson, W.S., Whitlock, B.A., Nyfferer, R., Bayer, C., & Baum, D.A. (1999). Phylogeny of the core Malvales: Evidence from *ndhF* sequence data. *Am. J. Bot.*, 86, 1474–1486.
- Anita-Sari, I., & Susilo, A.W. (2013). Investigation of different characters of stomata on three cocoa clones with resistance level difference to VSD (*vascular streak dieback*) disease. *Journal of Agricultural Science and Technology*, A3, 703–710.
- Argout., X, Salse, J., Aury, J., Guiltinan, M., Droc, G., Gouzy, J., ... Maximova, S. (2010). The genome of *Theobroma cacao*. *Nat. Genet.*, 43, 101–108.
- Atlin, G.N., Cooper, M., & Bjørnstad, Å. (2001). A comparison of formal and participatory breeding approaches using selection theory. *Euphytica*, 122, 463–475.
- Baihaki, A. (2004). *Mengantisipasi persaingan dalam menuju swasembada varietas unggul. Paper presented at* Simposium PERIPI 2004 (p. 17). Bogor, 5–7 Agustus 2004.
- Bakoh, B. (2014). *Analisis perkembangan serangan penyakit VSD di wilayah kerja BBPPTP Ambon triwulan pertama 2014*. Retrieved from <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptpambon/berita-326-analisisperkembanganserangan-penyakit-vsd-di-wilayah-kerja-bbpptp-ambon-triwulan-pertama-2014.html>.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Do-minicana* (p. 250). Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF.
- Bekele, F.L., Iwaro, A.D., & Butler, D.R. (2002). Potential value of cacao germplasm at the International Cocoa Genebank, Trinidad. *INGENIC Newsletter*, 7, 22–24.
- Birchler, J.A., Yao, H., Chudalayandi, S., Vaiman, D., & Veitac, R.A. (2010). Heterosis. *The Plant Cell*, 22, 2105–2112. doi: 10.1105/tpc.110.076133.
- Bloudoff-Indelicato, M., & Climatewire. (2012). Africa grows too hot to grow chocolate: Climate change may be disrupting the cocoa farms of West Africa. *Scientific America*. Retrieved from <http://www.scientificamerican.com/article/africa-grows-too-hot-to-grow-chocolate/>.
- Brummer, E. C., Barber, W.T., Collier, S.M., Cox, T.S., Johnson, R., ... Thro, A.M. (2011). Plant breeding for harmony between agriculture and the environment. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 561–568.
- CIRAD. (2004). Tropical plant breeding. Translated from: *L'amélioration des plantes tropicales, CIRAD, 1997*. CIRAD and Science Publishers, Inc.
- Dantas, L.G., & Guerra, M. (2010). Chromatin differentiation between *Theobroma cacao* L. and *T. grandiflorum* Schum. *Genet. Mol. Biol.*, 33(1), 94–98.
- Dias, L.A.S., Marita, J., Cruz, C.D., de Baros, E.G., & Salamao, T.M.F. (2003). Genetic distance and its association with heterosis in cacao. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 46(3), 339–347.
- Efombagen, M.I.B., Souniga, O., Eskes, A.B., Motamayor, J.C., Manzanares-Dauleux, M.J., Schnell, R., & Nyasse, S. (2009). Parentage analysis and outcrossing patterns in cacao (*Theobroma cacao* L.) farms in Cameroon. Original Article. *Heredity*, 103, 46–53.

- Epaina, P. (2014). *Identification of molecular markers and quantitative trait loci linked to resistance to Vascular Streak Dieback and Phytophthora pod rot of cacao (Theobroma cacao L)* (Doctoral dissertation, University of Sydney, Sydney, Australia). Retrieved from Sidney Digital Theses.
- Eskes, A.B., & Lanaud, C. (2001). Cocoa. In A. Charrier, M. Jacquot, S. Hamon, & D. Nicolas (Eds.), *Tropical plant breeding* (pp. 78–105). France & USA: CIRAD & Science Publishers, Inc.
- Eskes, A.B., & Efron, Y. (2006). *Global approaches to cocoa germplasm utilization and conservation*. Final report of the CFC/ICCO/IPGRI project on "Cocoa Germplasm Utilization and Conservation: A Global Approach" (1998–2004). CFC, Amsterdam, The Netherlands/ICCO, London, UK/IPGRI, Rome, Italy.
- Fagwalawa, L.D., Kutama, A.S., & Yakasi, M.T. (2013). Current issues in plant disease control: Biotechnology and plant disease. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences*, 6(2), 121–126.
- Figueiredo, G.S., Melo, C.A., Souza, M.M., Araújo, I.S., Zaidan, H.A., ... Ahnert, D. (2013). Karyotype variation in cultivars and spontaneous cocoa mutants (*Theobroma cacao* L.). *Genet Mol Res.*, 12(4), 4667–4677. doi: 10.4238/2013.October.18.5.
- Furtek, D.B., & Odoro, K.K. (1994). Genetic transformation of the cocoa tree, *Theobroma cacao* L. Final Report. Retrieved from http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABW850.pdf.
- Goenaga, R., Irizarry, H., & Irish, B. (2009). TARS series of cacao germplasm selections. *Hort Science*, 44(3), 826–827.
- Guiltinan, M.J., Verica, J., Zhang, D., & Figueira, A. (2008). Genomics of *Theobroma cacao*, "the food of the gods". In P.H. More & R. Ming (Eds.), *Genomics of Tropical Crop Plants*. Springer.
- International Cocoa Organization. (2003). *Products that can be made from cocoa*. Retrieved from <http://www.icco.org/faq/52-by-products/115-products-that-can-be-made-from-cocoa.html>
- International Cocoa Organization. (2011). *Origins of cocoa and its spread around the world*. Retrieved from <http://www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa.html>.
- Irizarry, H., & Goenaga, R. (2000). Clonal selection in cacao based on early yield performance of grafted trees. *J. Agric. Univ. P. R.*, 84(3–4), 154–163.
- Iwaro, A.D., Bekele, F.L., Butler, D.R., Singh, V., Holder-John, A., Bharath, S., ... Bidaisee, G.G. (2010). Recent progress in breeding for specific traits in cocoa to meet challenges to production. *Proceedings of the International Congress on Tropical Agriculture: Overcoming Challenges to Developing Sustainable Agri-Food Systems in the Tropics* (pp. 43–52). Port of Spain, Trinidad, 30 November–5 December 2008, Hyatt Regency, Trinidad. Trinidad: The University of the West Indies.
- Ji, K., Zhang, D., Motilal, L.A., Boccara, M., Lachenaud, P., & Meinhardt, L.W. (2012). Genetic diversity and parentage in farmer varieties of cacao (*Theobroma cacao* L.) from Honduras and Nicaragua as revealed by single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Genet. Resour. Crop Evol.* doi: 10.1007/s10722-012-9847-1.
- Kane N., Sveinsson, S., Dempewolf, H., Yang, J.Y., Zhang, D., Engels, J.M.M., & Cronk, Q. (2012). Ultra-barcoding in cacao (*Theobroma* spp.; Malvaceae) using whole chloroplast genomes and nuclear ribosomal DNA. *Am. J. Bot.* February, 99(2), 320–329.
- Kendurkar, S.V., Naik, V.B., & Nadgauda, R.S. (2006). Genetic transformation of some tropical trees, shrubs, and tree-like plants. In M. Fladung & D. Ewald (Eds.), *Tree transgenesis: Recent developments* (pp. 76–78). Heidelberg: Springer.
- Khurana, P. & Khurana, J. (1999). Applications of genetic transformation to tree biotechnology. *Indian Journal of Experimental Biology*, 37, 627–638.
- Lanaud, C., Motamayor, J.C., & Risterucci, A.M. (2001). Implications of New Insight into the Genetic Structure of *Theobroma cacao* L. for Breeding Strategies. *Proceedings of the International Workshop on New Technologies and Cocoa Breeding*. 16th–17th October 2000, Kota Kinabalu, Sabah, Malaysia.
- Limbongan, J. (2012). Karakteristik morfologis dan anatomis klon harapan tahan penggerek buah kakao sebagai sumber bahan tanam. *Jurnal Litbang Pertanian*, 31(1), 14–20.
- Lopez, U.V., Monteiro, W.R., Pires, J.L., Clement, D., Yamada, M.M., & Gramacho, K.P. (2011). Cacao breeding in Bahia, Brazil - Strategies and results. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, S1, 73–81.
- Madell, S. (2008). *Where is the true home cocoa?*. Retrieved from http://www.chocolatereview.com.au/cocoa_history

- Manggabarani, A. (2011). *Konsepsi gerakan peningkatan produksi dan mutu kakao (Gernas Kakao)*. Seminar Evaluasi Pelaksanaan Gernas Kakao BAPPENAS tanggal 27 Januari 2011, Jakarta.
- McMahon, P., Iswanto, A., Susilo, A.W., Sulistyowati, E., Wahab, A., Imron, M., Purwantara, A., ... Keane, P. (2009). On-farm selection for quality and resistance to pest/diseases of cocoa in Sulawesi: (i) performance of selections against cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella*. *International Journal of Pest Management*, 55(4), 325–337.
- McMahon, P., Purwantara, A., Susilo, A.W., Sukanto, S., Wahab, A., Purunge, H., ... Keane, P. (2010). On-farm selection for quality and resistance to pest/diseases of cocoa in Sulawesi: (ii) quality and performance of selections against *Phytophthora* pod rot and vascular-streak dieback. *International Journal of Pest Management*, 56(4), 351–361.
- Monteiro, W.R., Lopes, U.V., & Clement, D. (2009). Genetic Improvement in Cocoa. In S.M. Jain, P.M. Priyadarshan (Eds.), *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species*. C Springer Science+Business Media, LLC.
- Motamayor, J.C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J.W., Loo, R., Kuhn, D.N., Brown, J.S., & Schnell, R.J. (2008). Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 3(10), e3311.
- Motilal, L.A., Zhang, D., Umaharan, P., Mischke, S., Mooleedhar, V., & Meinhardt, L.W. (2010). The relic Criollo cacao in Belize—genetic diversity and relationship with Trinitario and other cacao clones held in the International Cocoa Genebank, Trinidad. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 8(2), 106–115.
- Oyekale, A.S., Bolaji, M.B., & Olowu, O.W. (2009). The effects of climate change on cocoa production and vulnerability assessment in Nigeria. *Agricultural Journal*, 4(2), 77–85.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2010). *Buku pintar budidaya kakao*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Queiroz, V.T., Guimarães, C.T., Anheer, D., Schuster, I., Daher, R.T., Pereira, M.G., ... Wricke, G. (2003). Identification of a major QTL in cocoa (*Theobroma cacao* L.) associated with resistance to witches' broom disease. *Plant Breeding*, 122(3), 268–272.
- Ronning, C.M., Schnell, R.J., & Kuhn, D.N. (1995). Inheritance of random amplified polymorphic DNA (RAPD) markers in *Theobroma cacao* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 120(4), 681–686.
- Rosmana, A., Hikmawati, Zulfikar, M., Asman, & Fadillah, D. (2013). Identification of a disease on cocoa caused by *Fusarium* in Sulawesi. *Pelita Perkebunan*, 29(3), 210–219.
- Santos, R.C., Lopes, U.V., Clement, D., Monteiro, W.R., J.L., & Ahnert, D. (2006). The use of wild relatives as potential method for improving cocoa traits. In *15th International Cocoa Research Conference : cocoa productivity, quality, profitability, human health and the environment* (pp. 1473-1480). [Cd-Rom]. Lagos: Cocoa Producers' Alliance, International Cocoa Research Conference. 15, 2006-10-09/2006-10-14, San José, Costa Rica.
- Setyolaksana, M. P. (2014). *Perubahan iklim, dampak dan pengaruhnya*. Retrieved from <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptpambon/berita-332-perubahan-iklim-dampak-dan-pengaruhnya.html>.
- Silva, C.R.S., Venturieri, G.A., & Figueira, A. (2004). Description of Amazonian *Theobroma* L. collections, species identification, and characterization of interspecific hybrids. *Acta Bot. Bras.*, 18(2), 333–341.
- Siswanto, & Karmawati, E. (2012). Pengendalian hama utama kakao (*Conopomorpha cramerella* dan *Helopeltis* spp.) dengan pestisida nabati dan agens hayati. *Perspektif*, 11(2), 103–112.
- Souza, M.S., & Venturieri, G.A. (2010). Floral biology of *Cacauhy* (*Theobroma speciosum* - Malvaceae). *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 53(4), 861–872.
- Suhendi, D. (2008). Rehabilitasi tanaman kakao: Tinjauan potensi, permasalahan, dan rehabilitasi tanaman kakao di desa Prima Tani Tonggolobibi. *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Inovasi Lahan Marginal* (pp. 335–346). Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Susilo, A.W. (2006). Kemampuan menyerbuk sendiri beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 22(3), 159–167.
- Susilo, A.W. (2007). Akselerasi program pemuliaan kakao melalui pemanfaatan penanda molekuler dalam proses seleksi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 23, 11–24.
- Susilo, A.W. (2011). Analisis stabilitas daya hasil beberapa hibrida unggul harapan kakao (*Theobroma cacao* L.) pada lokasi tumbuh berbeda. *Pelita Perkebunan*, 27(3), 168–180.
- Susilo, A.W., & Anita-Sari, I. (2014). Respons ketahanan beberapa hibrida kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap serangan penyakit pembuluh kayu (*Vascular-streak Dieback*). *Pelita Perkebunan*, 27(2), 77–87.

-
-
- Susilo, A.W., Mangoendidjojo, W., Witjaksono, Sulistyowati, E., & Mawardi, S. (2009). Respons ketahanan beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap hama penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.) di wilayah Sulawesi Tengah. *Pelita Perkebunan*, 25(3), 161–173.
- Susilo, A.W., Zhang, D., Motilal, L.K., Mischke, S., & Meinhardt, L.W. (2011). Assessing genetic diversity in Java Fine-Flavor Cocoa (*Theobroma cacao* L.) germplasm by using simple sequence repeat (SSR) markers. *Trop. Agr. Develop.*, 55(2), 84–92.
- Takarama, J., Kun, J., Meinhardt, L., Mischke, S., Opoku, S.Y., Padi, F.K., & Zhang D. (2014). Verification of genetic identity of introduced cacao germplasm in Ghana using single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *Academic Journals*, 13(21), 2127–2136.
- Tan, G.Y. (1990). Combining ability analysis of yield and its components in cacao. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 115(3), 509–512.
- Tan, G.Y., & Tan, W.K. (1988). Genetic variation in resistance to vascular-streak dieback in cacao (*Theobroma cacao*). *Theor. Appl. Genet.*, 75, 761–766.
- Tan, G.Y., & Tan, W.K. (1990). Additive inheritance of resistance to pod rot caused by *Phytophthora palmivora* in cacao. *Theor. Appl. Genet.*, 80(2), 258–64. doi: 10.1007/ BF00224396.
- Thomas, E., van Zonneveld, M., Loo, J., Hodgkin, T., Galluzzi, G., & van Etten, J. (2012). Present spatial diversity patterns of *Theobroma cacao* L. In the neotropics reflect genetic differentiation in pleistocene refugia followed by human-influenced dispersal.
- Thondaiman, V., Rajamani, K., Senthil, N., Shoba, N., & Joel, A.J. (2013). Genetic diversity in cocoa (*Theobroma cacao* L.) plus trees in Tamil Nadu by simple sequence repeat (SSR). *Academic Journals*, 12(30), 4747–4753.
- Tondok, E.T., Sinaga, M.S., Widodo, & Suhartono, M.T. (2012). Potensi cendawan endofit sebagai agens pengendali hayati *Phytophthora palmivora* (Butl.) Butl. penyebab busuk buah kakao. *J. Agron. Indonesia*, 40(2), 146–152.
- Weising, K., Nybom, H., Wolff, K., & Meyer, W. (1995). *DNA fingerprinting in plants and fungi*. Boca Rato: CRC Press.
- Wijaya, K.A., Prawoto, A.A., & Ihromi, S. (2009). Induksi ketahanan tanaman kakao terhadap hama penggerek buah kakao dengan aplikasi silika. *Pelita Perkebunan*, 25(3), 184–198.
- Wiredu, A.N., Mensah-Bonsu, A., Andah, E.K., & Fosu, K.Y. (2011). Hybrid cocoa and land productivity of cocoa farmers in Ashanti Region of Ghana. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 172–178.
- Wood, G.A.R., & Lass, R.A. (1985). *Cocoa*. New York: Longman Inc.
- World Cocoa Foundation. (2014). *Cocoa market update*. Retrieved from <http://worldcocoafoundation.org/wp-content/uploads/Cocoa-Market-Update-as-of-4-1-2014.pdf>.
- Yuliasmara, F., Sri-Sukamto, & Prawoto, A. (2011). Induksi kekebalan sistemik untuk mencegah penyakit pembuluh kayu pada bibit kakao melalui aplikasi boron dan silikon. *Pelita Perkebunan*, 25(3), 202–215.
-
-

PENGUNAAN MARKA MOLEKULER DALAM SELEKSI GENOTIPE KAKAO DENGAN SIFAT KADAR LEMAK TINGGI

UTILIZATION OF MOLECULAR MARKERS FOR SELECTION OF COCOA GENOTYPES WITH HIGH BUTTER CONTENT

Cici Tresniawati, Nurya Yuniyati, dan Enny Randriani

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

cici_tresniawati@yahoo.com

ABSTRAK

Indonesia adalah negara penghasil biji kakao dan terkenal sebagai penghasil *Java 'A' light cacao*. Biji kakao tidak hanya digunakan untuk kebutuhan industri makanan dan minuman, namun juga dapat digunakan sebagai bahan baku kosmetik dan obat-obatan. Kadar lemak pada biji kakao diketahui cukup tinggi, sehingga tanaman kakao juga dikenal sebagai tanaman penghasil minyak. Banyak industri yang menggunakan lemak kakao sebagai bahan bakunya, selain kakao massa dan pasta kakao. Semakin banyak permintaan lemak kakao maka diperlukan perakitan varietas unggul yang memiliki kadar lemak tinggi. Perakitan varietas dapat dilakukan dengan pendekatan konvensional, yaitu melalui persilangan buatan (*hand pollination*) maupun secara inkonvensional melalui penggunaan marka molekuler. Seleksi terhadap klon-klon kakao dilakukan untuk mendapatkan calon-calon tetua yang memiliki kadar lemak tinggi. Informasi ini sangat diperlukan sebagai dasar dari proses kegiatan pemuliaan tanaman. Beberapa klon kakao penghasil kadar lemak tinggi adalah AP 70 (57,5%), AP 71 (58,1%), AP 72 (55,4%), AP 73 (56,2%), Scavina 6 (49,6-58,17%), TSH 858 (56%), ICCRI 01 (59%), ICCRI 02 (56%), ICCRI 03 (55,01%), ICCRI 04 (55,07%), ICCRI 06H (50,6-54,3%), GC 7 (52,25%), dan NA 312 (60,3%). Pendekatan molekuler dapat dimanfaatkan sebagai alat seleksi tidak langsung terhadap klon-klon kakao tersebut. Dalam pemetaan genetik genom kakao diketahui terdapat satu QTL yang berasosiasi dengan karakter kadar lemak yang terdapat di *linkage group* (LG) 9. QTL yang telah teridentifikasi tersebut dapat digunakan dalam proses seleksi dengan bantuan marka (*marker assisted selection* = MAS) pada program pemuliaan yang bertujuan untuk menyeleksi genotipe dengan karakter kadar lemak tinggi.

Kata kunci: Lemak kakao, persilangan, MAS, QTL

ABSTRACT

Indonesia is known as producer of cocoa bean, especially for Java 'A' light breaking cacao. Cocoa beans are not only used for food and beverage but also can be utilized as cosmetic and pharmaceutical raw material. Cocoa nibs have high butter content, therefore cacao plant also known as a producer of oil. Many industries use cocoa butter as a raw material, in addition to cocoa mass and cocoa liquor. Hence, demand for cocoa butter is always increase every year. Assembly of new variety in cacao with high butter content is needed in order to increase the yield of cocoa butter. Variety assembly can be done by conventional approach through hand pollination and in conventional approach by using molecular marker technology. The purpose of selection in cacao genotypes is to gain promising parent with high butter content. This information is important as the basis of plant breeding program. Some cacao plants are known to have high butter content including AP 70 (57.5%), AP 71 (58.1%), AP 72 (55.4%), AP 73 (56.2%), Scavina 6 (49.6-58.17%), TSH 858 (56%), ICCRI 01 (59%), ICCRI 02 (56%), ICCRI 03 (55.01%), ICCRI 04 (55.07%), ICCRI 06H (50.6-54.3%), GC 7 (52.25%), dan NA 312 (60.3%). Molecular approaches can be use as indirect tools to select cacao genotypes with high butter content. QTL mapping analysis identified one QTL that associated with butter content character, which mapped on linkage group 9 (LG 9). These QTL can be useful for further process such as marker assisted selection (MAS) in breeding program that aim to select cacao genotype with high butter content.

Keywords: Cocoa butter, crossing, MAS, QTL

PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara penghasil biji kakao lindak dan mulia. Kualitas biji kakao mulia yang baik menjadikan Indonesia terkenal sebagai negara penghasil *Java 'A' light breaking cacao* (Anita-Sari, Susilo & Yusianto, 2012). Berdasarkan data International Cocoa Organization [ICCO] (2010) Indonesia merupakan negara produsen biji kakao terbesar ketiga di dunia. Biji kakao (*nibs*) mengandung lemak, asam lemak, theobromin, kafein, protein, dan karbohidrat. Kadar lemak pada biji kakao diketahui cukup tinggi sehingga kakao juga

dikenal sebagai tanaman penghasil minyak (Pires, Cascardo, Lambert, & Figueira, 1998). Biji kakao mempunyai banyak manfaat, di antaranya sebagai bahan baku industri makanan dan minuman, serta dapat juga digunakan sebagai bahan kosmetik dan obat-obatan (Araujo *et al.*, 2009). Di samping itu, biji kakao mengandung zat antioksidan, yaitu theobromin yang dapat memberikan efek segar bagi orang yang mengkonsumsinya.

Biji kakao yang telah melalui proses sangrai (*roasting*) diolah menjadi berbagai macam produk setengah jadi, antara lain lemak kakao (*cocoa butter*), masa kakao (*cocoa mass*), pasta kakao (*cocoa liquor*),

dan pada proses yang lebih lanjut dapat dihasilkan kakao bubuk (*cocoa powder*) (Tanuhadi, 2012; ADM Cocoa, 2013). Banyak industri yang memanfaatkan lemak kakao sebagai bahan dasar pada produk makanan dan minuman.

Selama ini kegiatan pemuliaan tanaman kakao lebih banyak difokuskan pada peningkatan hasil dan ketahanan terhadap hama dan penyakit (Kennedy *et al. cited in* Pires *et al.*, 1998). Namun demikian, seleksi pada karakter kadar lemak memungkinkan untuk dilakukan mengingat tingkat keragaman klon-klon dengan karakter tersebut cukup luas serta dapat diketahui melalui seleksi pada karakter lain yang berasosiasi dengan karakter kadar lemak. Program pemuliaan untuk mendapatkan varietas dengan kadar lemak tinggi harus terus dilakukan. Selain itu, teknologi marka molekuler juga dapat digunakan untuk mendukung perakitan varietas dengan kadar lemak tinggi.

Penyediaan bahan tanaman kakao dapat dilakukan secara konvensional dan inkonvensional. Secara konvensional bahan tanaman kakao diperoleh melalui persilangan, namun demikian siklus reproduksi kakao yang panjang menyebabkan proses pemuliaan tanaman menjadi lama. Melalui pemuliaan inkonvensional gen-gen yang berpengaruh pada karakter kadar lemak kakao dapat diidentifikasi. Dengan teridentifikasinya gen tersebut, maka marka yang spesifik untuk sifat kadar lemak dapat didesain sehingga siklus perakitan varietas menjadi lebih singkat.

Tujuan dari tulisan ini adalah membahas mengenai pemuliaan tanaman kakao untuk sifat kadar lemak tinggi baik secara konvensional maupun inkonvensional. Oleh karena itu, diharapkan akan diperoleh varietas unggul baru dengan sifat kadar lemak tinggi yang dapat dimanfaatkan secara luas oleh para stakeholder kakao di Indonesia.

MUTU BIJI KAKAO

Penggunaan lemak kakao semakin meningkat setiap tahunnya, yang secara otomatis meningkatkan pula permintaan akan biji kakao baik secara nasional maupun internasional. Mutu biji kakao merupakan hal yang sangat penting dalam produksi kakao dan olahannya, diperlukan partisipasi seluruh sumberdaya manusia yang terlibat dalam usaha perkaokan dan industri cokelat (Yusianto, Wahyudi & Sulistyowati, 2008). Mutu biji yang baik tidak hanya diperoleh dari pengolahan pascapanen yang menerapkan GMP (*good manufacturing practice*), tetapi juga dari bahan tanaman yang memiliki karakter mutu biji yang baik (kadar air biji, berat biji, kadar kulit, dan kadar lemak), berproduksi tinggi serta tahan hama dan penyakit. Untuk memenuhi permintaan pasar diperlukan ketersediaan biji kakao yang berkualitas.

Mutu biji kakao ditentukan oleh bobot kering per biji lebih dari 1 g, persentase kadar kulit ari kurang dari 12% dan kadar lemak lebih dari 55% (Winarno & Suhendi, 2010). Berdasarkan Standar Nasional Indonesia [SNI] (2002) mutu biji kakao kering terbagi menjadi beberapa kategori yang

dinyatakan dalam ukuran, sedangkan nilai mutu ditentukan berdasarkan jumlah biji kakao per 100 g, seperti tertera pada Tabel 1. Untuk sifat kadar lemak, Khan *et al.* (2008) membagi kategori kadar lemak biji kakao menjadi tiga, yaitu kadar lemak tinggi ($> 55\%$), sedang (52,3–55%) dan rendah ($\leq 52,2\%$). Sebagai contoh, biji kakao hasil panen raya di Afrika Barat umumnya mengandung lemak kakao dengan kadar 55-58% (berat nib kering) (Yusianto *et al.*, 2008). Beberapa klon nasional memiliki kadar lemak bervariasi mulai 55-59%, yaitu ICCRI 01 (59%), ICCRI 03 (56%) (Suhendi, 2005); ICCRI 03 (55%), ICCRI 04 (55%) (Suhendi, 2006); serta klon-klon hibrida hasil persilangan, yaitu AP 70 (57,5%), AP 71 (58,1%), AP 72 (55,4%), AP 73 (56,2%), Scavina 6 (49,6-58,17%), TSH 858 (56%) (Iswanto, Suhendi, & Susilo, 2004).

Tabel 1. Mutu biji kakao berdasarkan pada ukuran biji

Table 1. The quality of cocoa beans based on bean size

Ukuran	Jumlah biji tiap 100 g	Bobot biji kering (g)
AA	Maks. 85	1,17
A	86–100	1,16–1,00
B	101–110	0,99–0,90
C	111–120	0,90–0,83
S	> 120	$< 0,83$

Sumber: SNI (2002)

Source: SNI (2002)

PEMULIAAN TANAMAN KAKAO UNTUK KARAKTER KADAR LEMAK

Kegiatan pemuliaan tanaman kakao di Indonesia sudah berkembang sejak tahun 1912, yang dipelopori oleh Dr. C.J.J. van Hall dengan metode seleksi pemilihan pohon induk di perkebunan Djati Renggo dan Getas (Mawardi, 1982). Tanaman kakao secara umum bersifat menyerbuk silang namun telah dilaporkan adanya mekanisme kompatibilitas yang spesifik (Suhendi, Susilo, & Mawardi, 2000). Beberapa genotipe kakao ditemukan bersifat menyerbuk silang secara spesifik (*specific cross compatible*) dan sebagian lain bersifat menyerbuk silang secara umum (*general cross compatible*). Metode pemuliaan kakao mengacu pada metode pemuliaan tanaman yang diterapkan untuk tanaman menyerbuk silang meskipun tidak seluruh metode dapat diterapkan secara mudah. Dalam hal ini metode seleksi berulang (*recurrent selection*) dianggap lebih aplikatif digunakan untuk pemuliaan kakao karena sasaran mendapatkan bahan tanaman hibrida dan klonal dapat dicapai secara bersamaan dalam setiap daur seleksi (Susilo, 2010).

Bahan tanam kakao unggul diperoleh dari kegiatan pemuliaan tanaman yang melalui beberapa tahapan tertentu dan dalam jangka waktu yang cukup lama. Bahan tanam dengan karakteristik unggul

tertentu diperoleh dari koleksi plasma nutfah, yang dilanjutkan dengan kegiatan evaluasi, pengujian dan seleksi genotipe, persilangan antar genotipe, pengujian keturunan (*progeny test*) dan pemilihan individu pohon terpilih untuk menghasilkan klon baru (Winarno & Suhendi, 2010). Menurut Yao *et al.* (2013), seleksi tetua-tetua dalam program pemuliaan tanaman merupakan hal yang tidak mudah dilakukan karena hal ini terkait dengan ketersediaan sumber daya, serta tujuan dan sifat genetik dari suatu karakter yang ingin diteliti.

Langkah pertama dalam pemuliaan tanaman kakao adalah koleksi plasma nutfah, baik koleksi di pusat keragaman kakao (*center diversity*) yang dikenal dengan istilah *in situ* atau pertanaman di luar pusat keragaman atau *ex situ*. Tanaman kakao yang ditanam di lapang dapat berupa klon hasil eksplorasi, introduksi maupun klon elit yang dikembangkan institusi lain (Monteiro, Lopes & Clement, 2009). Koleksi plasma nutfah kakao umumnya berupa tanaman di lapang karena benih kakao bersifat rekalsitran (Farrant, Pamenter & Berjak, 1988). Klon-klon atau aksesori-aksesori yang ada di koleksi plasma nutfah kemudian dikarakterisasi dan dievaluasi secara fenotipik, kekerabatan dengan menggunakan marka molekuler, skrining ketahanan terhadap penyakit dan hama, skrining terhadap komponen hasil dan karakter-karakter yang khusus sehingga terbentuk populasi dasar yang dapat digunakan sebagai materi pada kegiatan persilangan untuk menghasilkan hibrida. Klon-klon yang terdapat di koleksi plasma nutfah tersebut juga dapat diperbanyak secara vegetatif sebagai koleksi klonal sehingga diperoleh populasi untuk kegiatan pemuliaan tanaman, selanjutnya dapat dilakukan seleksi secara konvensional maupun dengan bantuan marka (*marker assisted selection* = MAS), yaitu seleksi tanaman unggul dengan menggunakan marka molekuler yang terkait dengan sifat tertentu.

Tahapan selanjutnya adalah evaluasi materi berupa klon ataupun hibrida di tingkat lapang yang terdiri dari observasi plot untuk *screening test*, serta penanaman di satu lokasi dan multi lokasi untuk memperoleh propagul (bahan tanam) yang berupa benih atau entres yang dapat digunakan oleh petani kakao secara luas. Di samping itu, bahan tanaman yang ada di petani juga dapat digunakan kembali sebagai materi tanaman di koleksi plasma nutfah

melalui program pemuliaan partisipatif (*participatory breeding*). Hal ini berjalan berulang-ulang dalam kegiatan pemuliaan kakao (Monteiro *et al.*, 2009).

Manfaat Persilangan Antar Klon Kakao dengan Kadar Lemak Tinggi

Persilangan adalah proses penggabungan karakter unggul dari masing-masing tetua ke dalam satu individu (hibrida), diharapkan individu tersebut memiliki sifat heterosis atau vigor hibrida yang akan dievaluasi untuk memperoleh bahan tanam unggul di masa mendatang (Syukur, Sujiprihatini, & Yuniarti, 2012). Varietas kakao yang memiliki kadar lemak tinggi dapat diperoleh dengan merakit varietas yang mempunyai kadar lemak tinggi pada *nibs* atau varietas yang mempunyai jumlah *nibs* yang banyak pada buah. Beberapa hal yang harus diketahui sebelum melakukan persilangan adalah pengetahuan dasar dari setiap genotipe tentang sifat *self incompatibilitas*, daya gabung umum dan daya gabung khusus, pola penurunan karakter kadar lemak tinggi, heritabilitas, tipe gen pengendali karakter, korelasi antar karakter serta ada tidaknya pengaruh sumber polen terhadap karakter kadar lemak.

Pires *et al.* (1998) melakukan penelitian di Brasil mengenai perbaikan genetik tanaman untuk karakter kadar lemak kakao dengan mengamati keragaman kadar lemak pada biji, pola penurunan karakter dan asosiasi karakter kadar lemak dengan karakter produksi biji pada 576 genotipe kakao yang berasal dari negara-negara penghasil kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata kadar lemak adalah 53,2%, nilai tersebut bervariasi antara 45,4% (CC 57) sampai 60,3% (NA 312). Klon NA 312 yang mempunyai kadar lemak tertinggi dapat digunakan sebagai calon tetua jantan dalam persilangan dengan genotipe kakao yang ada di Indonesia, tentunya setelah melalui proses introduksi.

Pada suatu persilangan, pengaruh sumber polen diketahui sangat signifikan. Salah satu contohnya adalah pada persilangan dengan pola dialel antara tiga genotipe kakao yang memiliki kadar lemak tinggi (CSUL 7, SPA 17, dan CAS 1) dengan tiga genotipe kakao dan kadar lemak rendah (SIC 4, CC 39, dan ICS 9) (Tabel 2). Nilai rata-rata kadar lemak pada hibrida mendekati nilai rata-rata tetua-tetuanya (Pires *et al.*, 1998).

Tabel 2. Rata-rata kadar lemak pada persilangan dialel enam klon kakao
Table 2. The average value of butter content in diallel cross of six cocoa clones

Tetua betina	Polinator						Rata-rata
	SPA 17	CAS 1	CSUL 7	CC 39	SIC 4	ICS 9	
SPA 17	56,80	75,50	58,20	55,10	55,60	52,80	56,00
CAS 1	57,10	na ^z	56,50	55,60	55,20	51,80	55,20
CSUL 7	59,70	56,30	52,40	56,10	56,20	53,90	55,80
CC 39	49,90	54,10	56,00	53,70	49,50	48,20	51,90
SIC 4	52,50	51,60	54,90	51,30	52,60	50,10	52,20
ICS 9	52,10	54,40	51,10	50,10	48,70	46,70	50,50
Rata-rata	54,70	54,80	54,84	53,70	53,00	50,60	

Keterangan: na = tidak tersedia data (Sumber: Pires *et al.*, 1998)

Notes: na = not available (Source, Pires *et al.*, 1998)

Tabel 3. Peningkatan nilai rata-rata kadar lemak pada persilangan diallel
Table 3. The addition of average value of butter content by diallel crossing

Tetua betina	Nilai rata-rata dari persilangan		Perbedaan antara (a)-(b)	Persentase peningkatan menggunakan donor kadar lemak tinggi
	(a) Donor dengan kadar lemak tinggi	(b) Donor dengan kadar lemak rendah		
SPA 17	57,50	54,50	3,00	5,52
CAS 1	56,80	54,20	2,60	4,75
CSUL 7	56,10	54,30	1,80	3,31
CC 39	53,30	50,50	2,80	5,65
SIC 4	53,30	51,30	1,70	3,29
ICS 9	52,50	48,50	4,00	8,29
Rata-rata			2,7	5,14

Sumber: Pires *et al.* (1998)
Source: Pires et al. (1998)

Nilai rata-rata kadar lemak pada hibrida yang dihasilkan dari tetua donor yang memiliki kadar lemak tinggi mengalami peningkatan sebesar 2,7% dibandingkan hibrida yang berasal dari tetua donor dengan kadar lemak rendah pada suatu persilangan diallel. Sementara persentase rata-rata peningkatan kadar lemak pada semua hibrida yang dihasilkan adalah 5,14% (Tabel 3) (Pires *et al.*, 1998).

Beberapa klon kakao di Indonesia diketahui sebagai penghasil kadar lemak tinggi, di antaranya adalah Scavina 6 (49,6-58,17%), TSH 858 (56%), ICCRI 01 (59%), ICCRI 02 (56%), ICCRI 03 (55,01%), ICCRI 04 (55,07%), sedangkan ICCRI 06H (50,6-54,3%), dan GC

7 (52,25%) termasuk dalam kategori sedang (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2008). Asal-usul dari klon-klon penghasil lemak tinggi sangat beragam, beberapa di antaranya adalah hasil introduksi, seleksi, dan persilangan. Scavina 6 adalah klon hasil introduksi dari Kew Garden, Inggris. ICCRI 03 merupakan klon hasil persilangan antara DR 2 dengan Scavina 12. Sementara klon GC 7 merupakan hasil seleksi di Perkebunan Getas, sedangkan ICCRI 06H merupakan hibrida hasil persilangan TSH 858 x Sulawesi 1. Klon-klon tersebut dapat digunakan sebagai tetua jantan (donor polen) untuk sifat kadar lemak tinggi.



Gambar 1. Keragaan beberapa genotipe kakao penghasil kadar lemak tinggi: (a) ICCRI 06H (Sumber: Susilo, 2012); (b) Sulawesi 2; (c) Scavina 6; (d) ICCRI 03; (e) ICCRI 04; dan (f) ICCRI 01 (Sumber: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [PPKKI], 2010)

Figure 1. Morphology of cacao genotypes with high butter content: (a) ICCRI 06H (Source: Susilo, 2012); (b) Sulawesi 2; (c) Scavina 6; (d) ICCRI 03; (e) ICCRI 04; dan (f) ICCRI 01 (Source: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [PPKKI], 2010)

Keragaan beberapa genotipe kakao penghasil kadar lemak tinggi dapat dilihat pada Gambar 1. Selain memiliki karakter kadar lemak tinggi, genotipe-genotipe kakao yang berupa klon nasional tersebut juga memiliki karakter produksi dan mutu yang baik, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit. Hubungan antara karakter kadar lemak terhadap beberapa komponen produksi, mutu, serta ketahanan terhadap hama dan penyakit dapat diketahui menggunakan analisis korelasi (Piret *et al.*, 1998).

Karakter Kadar Lemak pada Biji Kakao

Karakter kadar lemak dan kualitas biji kakao adalah karakter yang dipengaruhi secara genetik, dan hal ini mempengaruhi nilai komersial dan aplikasi dalam industri (Araujo *et al.*, 2009). Karakter kadar lemak (*butter content*) pada beberapa tanaman merupakan karakter yang dipengaruhi oleh banyak gen (*polygen*), seperti halnya karakter hasil dan kadar protein (Kaushik, Kumar, Kumar, Kaushik & Roy, 2007). Beberapa karakter seperti ukuran biji, kulit biji, dan kadar lemak sangat erat kaitannya dengan kualitas dari biji kakao (Monteiro *et al.*, 2009).

Powell (1984) mengamati bahwa iklim juga mempengaruhi kandungan kimia dan sifat fisik pada lemak kakao. Hal ini menunjukkan bahwa kadar lemak kakao sangat dipengaruhi oleh lingkungan dengan nilai heritabilitas dalam arti sempit (*heritability narrow sense*) yang rendah, yaitu 12,5% (Pardo & Enriquez, 1988). Toxopeus & Wessel (1970) mengemukakan bahwa pada saat pembentukan dan perkembangan buah apabila kondisi air tanah dalam keadaan cukup atau kondisi musim hujan maka akan dihasilkan ukuran dan berat biji, serta kandungan lemak biji lebih tinggi dibandingkan pada saat kadar air tanah kurang atau musim kemarau. Yusianto *et al.* (2008) menyatakan bahwa buah yang berkembang pada musim hujan akan menghasilkan biji kakao yang berkadar lemak lebih tinggi.

Kandungan lemak biji kakao pada umumnya cukup tinggi bahkan beberapa di antaranya di atas 55%. Prawoto dan Karneni (1994) melaporkan bahwa karakteristik lemak kakao selain dipengaruhi oleh faktor genetik juga dipengaruhi oleh lingkungan. Kadar lemak kakao berkorelasi positif dengan tinggi tempat penanaman. Korelasi antara tinggi tempat dengan kadar lemak adalah positif nyata dengan $r = 0.7915^*$. Menurut Taira *et al.* (1986) hal ini disebabkan oleh biosintesis lemak yang dipacu oleh rata-rata suhu yang sejuk (*cool*). Dengan kata lain, kandungan lemak yang rendah pada kakao lindak yang ditanam di dataran rendah belum tentu disebabkan oleh sifat genetik saja, melainkan juga karena faktor lingkungan.

PEMANFAATAN BIOTEKNOLOGI DALAM PERAKITAN VARIETAS DENGAN KADAR LEMAK TINGGI

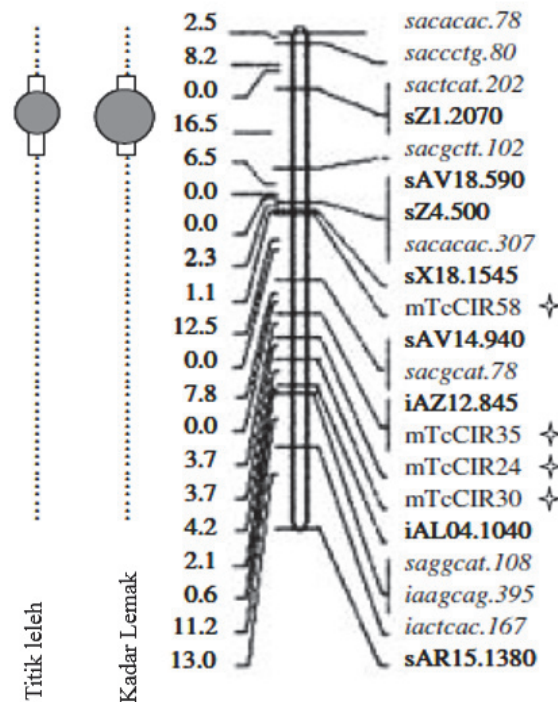
Bioteknologi dapat dimanfaatkan dalam perakitan varietas dengan kadar lemak tinggi.

Bioteknologi merupakan ilmu yang menerapkan prinsip-prinsip biologi, biokimia, dan rekayasa dalam pengolahan bahan dengan memanfaatkan agensia jasad hidup dan komponen-komponennya untuk menghasilkan barang dan jasa (Yuwono, 2008). Pemuliaan inkonvensional dapat dilakukan dengan memanfaatkan jalur bioteknologi melalui dua pendekatan, pertama secara *in vitro* dan yang kedua adalah pemuliaan berbasis marka molekuler (Priyadarshan & Clement-Demange, 2004). Pendekatan *in vitro* difokuskan pada regenerasi dan perbanyakan klon-klon elit yang dihasilkan dari proses persilangan, sedangkan pendekatan molekuler mencakup kegiatan identifikasi, karakterisasi, introduksi, dan ekspresi gen-gen yang mengatur karakter mutu khususnya kadar lemak kakao. Pada kakao perbanyakan *in vitro* difokuskan pada jalur embriogenesis somatik (ES) dengan menggunakan eksplan mahkota bunga dan staminodia dari bunga yang masih kuncup (Maximova *et al.*, 2014). Klon elit kakao hasil persilangan yang mempunyai kadar lemak tinggi dapat diproduksi secara massal melalui ES untuk lebih mempersingkat alur pemuliaan tanaman. Pendekatan molekuler dapat ditempuh melalui identifikasi gen-gen yang mengendalikan karakter kadar lemak.

Pemuliaan konvensional dapat dipercepat jika dapat disinergikan dengan pemuliaan inkonvensional, yaitu melalui penggunaan teknologi seleksi dengan bantuan marka yang dikenal dengan istilah *marker assisted selection* (MAS). Kegiatan seleksi dengan menggunakan MAS akan lebih efektif dan efisien karena hanya didasarkan pada sifat genetik tanaman dan tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Azrai, 2006).

Pembuatan peta genetik dengan menggunakan populasi F1 dan F2 hasil persilangan antar genotipe kakao yang mempunyai kadar lemak tinggi, ICS 1 (52,1%) x Scavina 6 (54,8%) telah berhasil dilakukan di Brasil. Peta keterpautan genetik pada genom kakao tersebut dibuat dengan menggunakan sebanyak 279 marka molekuler. Panjang dari peta genetik tersebut adalah 1.122 cM dengan total marka yang dapat terpetakan adalah 273 marka, yang terdiri dari 115 marka AFLP (*amplified fragment length polymorphism*), 137 marka RAPD (*random amplification of polymorphic*) dan 21 marka SSR (*simple sequence repeats*) dan terdistribusi di 14 *linkage groups* (LG). Dari peta genetik itu, satu *quantitative trait loci* (QTL) yang berasosiasi dengan karakter kadar lemak tinggi berhasil diidentifikasi pada LG 9. QTL yang telah teridentifikasi tersebut dapat digunakan dalam proses MAS untuk program pemuliaan yang bertujuan untuk menyeleksi genotipe kakao dengan karakter kadar lemak tinggi (Araujo *et al.*, 2009). Pada posisi QTL yang sama juga terdeteksi QTL yang terkait dengan sifat titik leleh, hal ini menunjukkan adanya keterpautan gen yang mengendalikan dua sifat berbeda (Gambar 2).

LG9 (96.3 cM, 21 markers)



Gambar 2. Posisi QTL untuk karakter kadar lemak tinggi yang diidentifikasi dengan marka AFLP, RAPD, dan SSR (Sumber: Araujo *et al.*, 2009)

Figure 2. QTL position for high butter content character identified by AFLP, RAPD, and SSR markers (Source: Araujo *et al.*, 2009)

PENUTUP

Perakitan varietas kakao dengan karakter kadar lemak tinggi dapat dilakukan secara konvensional, yaitu melalui persilangan antar tetua-tetua pada koleksi plasma nutfah kakao yang memiliki karakter kadar lemak tinggi. Karakter kadar lemak tinggi merupakan karakter kuantitatif yang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Sementara itu, pendekatan inkonvensional dengan menggunakan marka molekuler dapat membantu proses perakitan varietas menjadi lebih efektif dan efisien sehingga siklus pemuliaan dapat lebih singkat. Identifikasi QTL pada genom kakao yang berasosiasi dengan karakter kadar lemak dapat digunakan dalam proses seleksi dengan bantuan marka (MAS). Dengan kedua pendekatan ini maka proses pemuliaan tanaman kakao dengan karakter kadar lemak tinggi menjadi lebih dinamis dan diharapkan dapat memenuhi permintaan pasar akan lemak cacao (*cacao butter*).

DAFTAR PUSTAKA

ADM Cocoa. (2013). *de Zaan: Cocoa and chocolate manual* (p. 168). Switzerland: ADM Cocoa International.

Anita-Sari, I., Susilo, A.W., & Yusianto. (2012). Pengkayaan materi genetik "A" java light breaking cocoa melalui kegiatan seleksi dan eksplorasi pada populasi kakao edel di Wilayah Jawa Timur. *Prosiding Insinas* (pp 140-144).

Araujo, I.S., de Souza Filho, G.A., Pereira, M.G., Faleiro, F.G., de Queiroz, V.T., Guimaraes, C.T., ... Lopes., U.V. (2009). Mapping quantitative trait loci for butter content and hardness in cacao beans (*Theobroma cacao* L.). *Plant Mol Biol. Rep.*, 27, 177-183.

Azrai, M. (2006). Sinergi teknologi marka molekuler dalam pemuliaan tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(3), 81-89.

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2008). *Kumpulan SK Menteri Pertanian tentang Pelepasan Varietas Tanaman Kakao*. Subdit Penilaian Varietas dan Pengawasan Mutu Benih. Jakarta: Direktorat Perbenihan dan Sarana Produksi.

Farrant, J.M., Pamentner, N.W., & Berjak, P. (1988). Recalsitrant a current assesment. *Seed Science and Technology*, 16, 155-166.

- International Cocoa Organization. (2010). *The world cocoa economy: Past and present*. Retrieved from <http://www.icco.org/>.
- Iswanto, A., Suhendi, D., & Susilo, A.W. (2004). Hasil seleksi dan persilangan genotipe penghasil biji kakao lindak dan mulia. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 14(1), 46-59.
- Kaushik, N., Kumar, K., Kumar, S., Kaushik, N., & Roy, S. (2007). Genetic variability and divergence studies in seed traits and oil content of *Jatropha* (*Jatropha curcas*) accessions. *Biomass Bioenergi*, 31, 497-502.
- Khan, N., Motilal, L.A., Sukha, D.A., Bekele, F.L., Iwaro, A.D., Bidaisee, G.G., ... Zhang, D. (2008). Variability of butterfat content in cacao (*Theobroma cacao* L.): Combination and correlation with other seed derived traits at international Cocoa Genebank, Trinidad. *Plant Genetic Resources: Characterization and Utilization*, 1-12. doi:10.1017/S1479262108994132.
- Lambert, S.V., Dias, J.C., Figueira, A., Francisco, N. E., Nascimento, C.S., & Cardoso, R.D. (1999). Preliminary evaluation of cocoa quality from Brazilian Amazon genotypes. 12th International Cocoa Research Conference (pp. 501-507). Alliance, Lagos: Cocoa Producers.
- Mawardi, S. (1982). 1942-1981: Tujuh puluh tahun pemuliaan tanaman cokelat di Indonesia. *Menara Perkebunan*, 50(1), 17-22.
- Maximova, S.N., Florez, S., Shen, X.L., Niemenak, N., Zhang, Y., Curtis, W., & Guiltinan, M.J., (2014). Genome-wide analysis reveals divergent patterns of gene expression during zygotic and somatic embryo maturation of *Theobroma cacao* L., the chocolate tree. *BMC Plant Biology*, 14, 185 Retrieved from <http://www.biomedcentral.com/14712229/14/185>.
- Monteiro, W.R., Lopez, U.V., & Clement, D. (2009). Genetic Improvement in Cocoa. In Jain, S.M. and D. Priyadarshan (Eds.) *Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species* (pp. 589-626). Springer Science, Business Media.
- Pardo, J., & Enriquez, G.A. (1988). Herencia de algunos componentes de la calidad industrial en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.). 10th International Cocoa Research Conference (pp. 695-699). Alliance, Lagos: Cocoa Producers.
- Pires J.L., Cascardo, J.C.M., Lambert. S.V., & Figueira, A., (1998). Increasing cocoa fat yield through genetic improvement of *Theobroma cacao* L.: Seed fat content variability, inheritance, and association with seed yield. *Euphytica*, 103,115-121.
- Powell, B.D. (1984). Chocolate and cocoa manufacturers quality requirements for cocoa beans. 2nd International Conference on Cocoa and Coconuts, Kuala Lumpur (pp. 1-14). Papers. s.n.t.v.2. Doc 37.
- Prawoto, A.A., & Karneni, I.A., (1994). Pengaruh tinggi tempat penanaman kakao terhadap kadar lemak dan komposisi asam lemak. *Pelita Perkebunan*, 10(4), 65-72.
- Priyadarshan, P.M., & Clement-Demange., A. (2004). Breeding *Hevea* Rubber: Formal and molecular genetics. *Advances in Genetics*, 52, 51-115.
- Standar Nasional Indonesia. (2002). *Biji kakao [SNI 01-2323-2002]*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Taira, H.I., & Chang. (1986). Lipid content and fatty acid composition of Indica and Japonica types of nonglutinous brown rice. *J. Agric. Food Chem.*, 34, 542-545.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2012). *100 Tahun Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia 1911-2011*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Winarno, H., & Suhendi, D. (2010). Bahan tanam kakao. In *Buku Pintar Budidaya Kakao*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jakarta: Agromedia.
- Suhendi D., Susilo, A.W., & Mawardi S. (2000). Kompatibilitas persilangan beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 16(2), 85-91.
- Suhendi, D. (2005). Mengenal klon kakao mulia ICCRI 01 dan ICCRI 02. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 21(1), 1-7.
- Suhendi, D. (2006). Mengenal klon kakao lindak ICCRI 03 dan ICCRI 04. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 22(1), 1-8.
- Susilo, A.W. (2010). Hasil dan program pemuliaan kakao dalam mengantisipasi fenomena pemanasan global. In Sudjindro, H., Lamadji, S., Rustidja, Hakim, L., Kasno, A., & Sugiyarta, E. (Eds). *Prosiding Simposium VIII Perpi Komda Jawa Timur, Kontribusi Pemuliaan dalam Antisipasi Masalah Akibat Fenomena Pemanasan Global*. Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Tanaman. Komisariat Jawa Timur. Malang, 3 Juni 2009.
- Susilo, A.W., (2012). ICCRI 06H, hibrida unggul kakao tahan penyakit pembuluh kayu (VSD, vascular-streak dieback). *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 24-4.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., & Yuniarti, R. (2010). *Teknik pemuliaan tanaman*. Jakarta: Penebar Swadaya.

-
-
- Tanuhadi, L. (2012). *Chocology*. Jakarta: Grasindo.
- Toxopeus, H., & Wessel, M. (1970). Studies African Amelonado with particular attention to annual rainfall distribution. *Netheri and J. Agric. Sci*, 18, 132-139.
- Yao, W.H., Zhang, Y.D., Kang, M.S., Chen, H.M., Liu, L., Yu, L.J., & Fan, X.M. (2013). Diallel analysis models: A comparison of certain genetic statistics. *Crop Sci*, 53, 1481-1490.
- Yusianto, Wahyudi, T., & Sulistyowati. (2008). Pascapanen. In Wahyudi., T., Panggabean, T.R., & Pujiyanto (Eds.) *Panduan Lengkap Kakao* (pp. 201-233). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Yuwono, T. (2008). *Bioteknologi pertanian*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

PERAN MARKA MOLEKULER DALAM PERBAIKAN GENETIK TANAMAN KAKAO

THE ROLE OF MOLECULAR MARKERS FOR CACAO GENETIC IMPROVEMENT

Nur Kholilatul Izzah

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

lila_ref@yahoo.co.id

ABSTRAK

Tanaman kakao telah lama dibudidayakan di Indonesia karena memiliki potensi yang besar baik sebagai penghasil devisa negara maupun dari segi kegunaannya dalam berbagai produk pangan olahan. Peningkatan produktivitas kakao menjadi prioritas utama dalam rangka menunjang sektor industri yang berbahan dasar biji kakao. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan produksi kakao adalah dengan merakit varietas baru yang mempunyai sifat produksi tinggi serta tahan terhadap hama dan penyakit utama. Perkembangan teknologi marka molekuler dapat digunakan untuk membantu para pemulia dalam mendapatkan varietas baru dengan sifat yang diinginkan. Hal ini karena marka molekuler merupakan salah satu alat untuk menganalisis genom suatu tanaman, yang dapat digunakan untuk mengetahui adanya keterkaitan antara sifat yang diwariskan dengan variasi genomnya. Dalam beberapa tahun terakhir, marka molekuler banyak digunakan dalam berbagai analisis genetik, seperti penilaian hubungan genetik antar individu, pemetaan gen, pembuatan peta genetik, identifikasi lokus sifat kuantitatif (QTL), *marker assisted selection* (MAS), dan studi filogenetik. Pada umumnya marka molekuler dapat dimanfaatkan pada tahap seleksi tanaman. Seleksi tanaman dengan bantuan marka memberikan hasil yang cukup meyakinkan karena tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan sehingga dapat disimpulkan bahwa marka molekuler dapat dipakai sebagai alat pendukung yang efektif dan efisien dalam program percepatan pemuliaan tanaman kakao.

Kata kunci: Kakao, marka molekuler, perbaikan genetik, program pemuliaan

ABSTRACT

Cacao which has long been cultivated in Indonesia has great potential either as a foreign exchange sources as well as in terms of their typical role in a variety of processed food products. Increasing of cacao productivity becomes a major priority in order to support the industrial sector based of cocoa beans. One of the efforts to increase cacao production is to assemble new varieties that have high production and resistance to main pests and diseases. The development of molecular marker technology can be used by breeders to assist assembling of new varieties with desirable traits. This is due to molecular markers constitute one of the most powerful tools for plant genomes analysis, which allow the link between heritable traits with underlying genomic variation. Recently, molecular markers have been exploited for various genetic applications including assessment of genetic relationships between individuals, mapping genes, construction of linkage maps, identification of quantitative trait loci (QTL), marker assisted selections (MAS), and phylogenetic studies. Furthermore, molecular marker is known to be useful for plant selection. Plant selection with the aid of molecular markers provides reliable results because it is not influenced by the environmental factor. This suggests that molecular markers are an effective and efficient means to support the acceleration of cacao breeding programs.

Keywords: Cacao, molecular markers, genetic improvement, plant breeding program

PENDAHULUAN

Pemuliaan tanaman pada umumnya bertujuan untuk meningkatkan sifat agronomis atau sifat unggul lainnya dengan menggabungkan karakter-karakter yang terdapat pada tetua yang berbeda, baik yang berasal dari spesies budidaya maupun dari kerabat liarnya (Winter & Kahl, 1995). Sampai saat ini kegiatan pemuliaan tanaman telah banyak menghasilkan varietas baru dengan sifat yang diinginkan. Meskipun untuk mendapatkan suatu varietas baru tersebut diperlukan waktu yang relatif cukup lama. Dalam upaya mendapatkan varietas baru, para pemulia menghadapi banyak tantangan seperti perubahan dalam sistem pertanian yang membutuhkan pengembangan genotipe tanaman

dengan karakteristik agronomis yang spesifik, kondisi lingkungan beserta organisme di dalamnya yang terus berubah, misalnya jamur dan hama serangga yang terus berkembang dan mampu mengatasi ketahanan tanaman inangnya, serta perubahan preferensi konsumen (Collard & Mackill, 2008).

Dalam upaya mendukung program pemuliaan, teknologi baru seperti bioteknologi sangat dibutuhkan untuk memaksimalkan keberhasilan perakitan suatu varietas tanaman (Ortiz, 1988 *cited in* Collard & Mackill, 2008). Bioteknologi adalah segala bentuk aplikasi teknologi yang menggunakan sistem biologi, yaitu organisme hidup atau turunannya untuk membuat atau memodifikasi produk atau proses (Sutrisno, 2006). Perkembangan bioteknologi di

beberapa negara maju telah dimulai sejak ditemukannya teknologi rekombinan DNA pada tahun 1980-an. Produk bioteknologi yang telah dihasilkan sampai saat ini adalah tanaman transgenik dan varietas unggul yang diperoleh melalui pemuliaan berdasarkan marka molekuler. Pemuliaan dengan menggunakan marka molekuler memiliki beberapa kelebihan dibandingkan produk transgenik, di antaranya: (1) tidak memerlukan pengujian keamanan hayati sebelum produk tersebut di pasarkan karena memerlukan waktu lama dan biaya besar (Bahagiawati, 2012), (2) teknologi marka molekuler memberikan harapan yang besar bagi perkembangan program pemuliaan tanaman karena dapat digunakan untuk mendeteksi keberadaan variasi alel di dalam gen yang mengkode suatu sifat (Collard & Mackill, 2008).

Marka molekuler adalah variasi dalam urutan DNA yang terdapat pada lokasi tertentu dalam suatu genom dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi suatu individu atau spesies. Perkembangan marka molekuler diawali dengan munculnya marka biokimia seperti isozim, yang kemudian dengan cepat digantikan dengan marka berbasis DNA karena memberikan banyak keuntungan dibandingkan marka lainnya dalam studi genetika tanaman (Hendre & Aggarwal, 2007). Keuntungan marka berbasis DNA adalah dapat diwariskan, relatif mudah penggunaannya, dan tidak dipengaruhi oleh lingkungan. Dalam beberapa tahun terakhir, hasil yang dicapai dalam perkembangan marka berbasis DNA telah meningkatkan pemahaman kita mengenai sumber daya genetik (Kalia, Rai, Kalia, Singh, & Dhawan, 2011).

Sampai saat ini metode pemuliaan yang biasa diterapkan pada tanaman kakao adalah metode pemuliaan konvensional, salah satu contohnya adalah metode seleksi berulang (*recurrent selection*) yang memerlukan waktu relatif lama. Penggunaan marka molekuler pada program pemuliaan kakao

diharapkan dapat diperoleh konfirmasi mengenai keunggulan genotipe tanaman secara lebih cepat dan akurat karena ekspresinya tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh dan umur tanaman (Susilo, 2007) sehingga perakitan varietas unggul baru tanaman kakao dengan sifat yang diinginkan dapat dipercepat. Makalah ini menyajikan tentang tipe-tipe marka molekuler yang telah berkembang sampai saat ini dan peranannya dalam program pemuliaan tanaman kakao.

KLASIFIKASI MARKA MOLEKULER

Marka molekuler dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori, yaitu (1) marka berdasarkan hibridisasi, yaitu *restriction fragment length polymorphism* (RFLP), (2) marka berdasarkan *polymerase chain reaction* (PCR) seperti *random amplification of polymorphic DNA* (RAPD), *amplified fragment length polymorphism* (AFLP), *inter simple sequence repeats* (ISSR) dan *microsatellite* atau *simple sequence repeats* (SSR), dan (3) marka berdasarkan sekuen, yaitu *single nucleotide polymorphism* (SNP). Marka-marka tersebut kebanyakan dikembangkan dari pustaka DNA genom (RFLP dan SSR) atau dari amplifikasi PCR acak dari DNA genom (RAPD) maupun berasal dari keduanya (AFLP) (Varshney, Thudi, Aggarwal, & Borner, 2007).

Setiap marka molekuler mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing (Tabel 1). Oleh karena itu, pemilihan marka dalam analisis genetik perlu mempertimbangkan beberapa hal, antara lain tujuan analisis, sumber dana yang dimiliki, dan fasilitas yang tersedia (Pabendon, Azrai, Kasim, & Mejaya, 2007). Saat ini ada dua tipe marka yang paling sering digunakan dalam kegiatan analisis genetik tanaman kakao, yaitu *simple sequence repeat* (SSR) dan *single nucleotide polymorphism* (SNP). Deskripsi lengkap mengenai kedua marka tersebut disajikan di bawah ini.

Tabel 1. Karakteristik dari berbagai tipe marka molekuler
Table 1. Characteristics of various types of molecular markers

Keterangan	Marka molekuler			
	EST-SSR	SSR	RFLP	RAPD/AFLP/ISSR
Kebutuhan untuk data sekuen	Penting	Penting	Tidak perlu	Tidak perlu
Tingkat polimorfisme	Rendah	Tinggi	Rendah	Rendah-Sedang
Sifat pewarisan	Kodominan	Kodominan	Kodominan	Dominan
Transferabilitas interspesifik	Tinggi	Rendah-Sedang	Sedang-Tinggi	Rendah-Sedang
Kegunaan dalam <i>marker-assisted selection</i>	Tinggi	Tinggi	Sedang	Rendah-Sedang
Biaya dan tenaga yang diperlukan dalam pengembangannya	Rendah	Tinggi	Tinggi	Rendah-Sedang

Sumber: Kalia *et al.* (2011)

Source: Kalia *et al.* (2011)

Simple Sequence Repeat (SSR)

SSRs, atau dikenal juga dengan mikrosatelit, adalah sekuen DNA bermotif pendek dengan panjang 1 sampai 6 pasangan basa yang diulang secara berurutan (Thiel, Michalek, Varshney, & Graner, 2003). Variasi panjang SSR terutama terjadi karena kesalahan pasangan rantai (*slippage strand mispairing*) pada saat replikasi DNA, dan mutasi semacam ini terjadi pada frekuensi lebih tinggi dibandingkan mutasi titik (*point mutations*) dan insersi/delesi (Pashley, Ellis, McCauley, & Burke, 2006). Marka SSR telah mendapatkan perhatian besar dalam studi analisis genetik karena mempunyai banyak kelebihan di antaranya adalah variabilitas tinggi, mempunyai alel banyak, kodominan, reproduktivitas tinggi, jumlah relatif melimpah, polimorfisme tinggi, mudah terdeteksi dengan metode PCR, cakupan genom yang luas (termasuk organellar genom), lokasi kromosom spesifik, dan *high throughput genotyping* (Parida, Yadava, & Mohapatra, 2010; Kalia *et al.*, 2014). Oleh karena itu, di antara bermacam-macam tipe marka berbasis PCR, SSR dipertimbangkan sebagai sistem marka yang lebih tepat untuk berbagai aplikasi pada analisis genetik tanaman maupun dalam program pemuliaan.

Berdasarkan pada sekuen yang digunakan untuk mengidentifikasi pengulangan sekuen DNA sederhana, SSR dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu genomik SSR dan *expressed sequence tags* (EST-SSR). Kedua tipe marka SSR ini telah banyak digunakan oleh para peneliti di seluruh dunia dalam kegiatan analisis genom tanaman. Akan tetapi, marka genomik SSR mempunyai beberapa kekurangan dibandingkan marka EST-SSR, yaitu (1) marka genomik SSR berasal dari pustaka genomik *bacterial artificial chromosome* (BAC), yang sebagian besar diperoleh dari daerah intergenik tanpa mempunyai fungsi gen, (2) prosedur pengembangan marka ini cukup sulit, kompleks, dan memerlukan biaya tinggi. Selain itu, transferabilitasnya terbatas karena hilangnya daerah pengulangan atau degenerasi dari tempat penempelan primer (Rungis *et al.*, 2004). Sementara, EST-SSR yang berasal dari daerah pengode (*coding regions*) bersifat lebih *conserved* sehingga marka ini dikenal mempunyai transferabilitas tinggi (Wei *et al.*, 2014). Sekuen EST adalah sekuen yang mempunyai panjang beberapa ratus pasang basa yang diperoleh dari 5' dan (atau) 3' *ends* sekuensing molekul *complementary* DNA (cDNA) yang disintesis dari sekuen messenger RNA (mRNA) (Adams, Soares, Kerlavage, Fields, & Venter, 1993). Dengan semakin berkembangnya teknologi sekuensing maka sejumlah besar sekuen EST yang berasal dari berbagai macam spesies tanaman saat ini telah tersedia di database publik. Ketersediaan sekuen EST pada database publik mengatasi kesulitan dalam pengembangan marka SSR secara konvensional karena marka SSR berbasis sekuen EST dapat dikembangkan dengan sederhana, cepat, dan berbiaya rendah. Marka EST-SSR ini sangat bermanfaat untuk pemetaan genetik, pemetaan komparatif serta analisis genetika dan keragaman fungsional (Yi, Lee, Lee, Choi, & Kim, 2006).

Single Nucleotide Polymorphism (SNP)

SNP adalah perbedaan satu basa antara sekuen DNA dari individu-individu atau galur-galur yang dapat diuji dan dieksplotasi sebagai *high-throughput* marka molekuler (Trick, Long, Meng, & Bancroft, 2009). SNP ini dapat ditemukan di daerah pengode (*coding regions*) maupun di daerah yang tidak mengode (*non-coding regions*) dari gen fungsional. Pada daerah mengode, SNP dapat mengubah sekuen asam amino yang menyebabkan terjadinya variasi fenotipe (Lee *et al.*, 2009). Oleh karena itu, marka SNP mempunyai potensi yang besar untuk mendeteksi hubungan antara variasi sekuen DNA dan fenotipe (Rafalski, 2002).

Beberapa metode berbeda telah tersedia untuk *genotyping* marka SNP termasuk uji enzimatik dan *mismatch* kimia (Myers, Lumelsky, Lerman, & Maniatis, 1985), PCR spesifik alel (Newton, Graham, & Heptinstall, 1989), reaksi rantai ligase (Barany, 1994), analisis *single-strand confirmation polymorphism* (Labruno, Melle, Rey, 1991), uji penggabungan *primer-directed nucleotide* (Kuppuswami *et al.*, 1991), *di-deoxy fingerprinting* (Sarkar, Yoon, & Sommer, 1992), uji *solid-phase ELISA-based oligonucleotide ligation* (Nikiforov *et al.*, 1994), uji *oligonucleotide fluorescence-quenching* (Livak, Flood, Marmaro, Giusti, & Deetz, 1995), dan *restriction fragment length polymorphism* (RFLP) berbasis PCR (Botstein, White, Skolnick, Davis, 1980), seperti CAPS (*Cleaved Amplified Polymorphic Sequences*) (Konieczny & Ausubel, 1993) dan dCAPS (*derived Cleaved Amplified Polymorphic Sequences*). Dari semua teknik di atas hanya RFLP berbasis PCR yang masih sering digunakan dalam analisis genetik tanaman menggunakan SNP karena mempunyai banyak keuntungan, yaitu sederhana, relatif murah, menggunakan teknologi PCR, pemotongan dengan enzim restriksi serta elektroforesis dengan gel agarose. Di samping itu, teknik ini berguna untuk mengetahui terjadinya mutasi pada populasi segregasi dan pemetaan genetik untuk kloning gen-gen baru berdasarkan pada posisinya (Neff, Neff, Chory, Pepper, 1998).

KEGUNAAN MARKA MOLEKULER DALAM PEMULIAAN TANAMAN KAKAO

Marka molekuler merupakan alat pendukung yang cukup penting dalam kegiatan pemuliaan tanaman. Manfaat dari marka molekuler di antaranya adalah dapat membantu pemulia dalam mengidentifikasi dan mengelompokkan genotipe-genotipe tanaman kakao serta menentukan kombinasi tetua persilangan terbaik untuk mendapatkan hibrida dengan sifat yang unggul. Penggunaan marka molekuler dalam kegiatan pemuliaan tanaman dapat memberikan hasil yang lebih meyakinkan karena tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Penjelasan mengenai kegunaan marka molekuler dalam pemuliaan tanaman kakao dapat dilihat di bawah ini.

Identifikasi Kultivar

Identifikasi kultivar sangat penting untuk tujuan paten, perlindungan hak pemulia, kontrol kemurnian benih dan deteksi aksesori atau klon di lapang. Untuk mengkonfirmasi kebenaran identitas dari suatu individu tanaman dapat digunakan marka molekuler (Collard & Mackill, 2008). Pada koleksi pertanaman kakao yang umumnya diperbanyak secara vegetatif, kesalahan pemberian label atau nama suatu klon rentan terjadi. Secara umum kesalahan pemberian label diperkirakan mencapai 15-44% pada koleksi kakao (Motilal & Butler, 2003). Hal ini dapat mengakibatkan ketidakseragaman bibit kakao yang disebarkan kepada petani. Dengan berkembangnya marka molekuler seperti marka SSR dan SNP telah meningkatkan efisiensi dan kapasitas analisis sidik jari serta identifikasi genotipe kakao sehingga kejadian kesalahan pelabelan dapat dihindari (Takrama *et al.*, 2014). Selain itu identifikasi kultivar dengan menggunakan marka molekuler juga dapat mengetahui adanya duplikasi di antara genotipe kakao pada kebun koleksi sehingga duplikat genotipe kakao tersebut selanjutnya dapat dihilangkan untuk lebih memudahkan dalam pengelolaan koleksi plasma nutfah kakao. Takrama *et al.* (2014) telah membuktikan keefektifan penggunaan marka SNP dalam mengidentifikasi beberapa genotipe kakao yang mempunyai nama/label berbeda tetapi ternyata secara genetik memperlihatkan hasil yang identik. Oleh karena itu, teknologi marka molekuler perlu diterapkan untuk mendeteksi ada tidaknya duplikasi genotipe kakao pada koleksi plasma nutfah.

Analisis Keragaman Genetik

Keragaman genetik adalah variasi sekuen dalam spesies yang merupakan hasil dari seleksi alami pada nenek moyang liar dan intervensi manusia melalui petani dan pemulia (Duran, Appleby, Edwards, & Batley, 2009; Jing *et al.*, 2010). Informasi dan pengetahuan mengenai keragaman genetik dan hubungan kekerabatan antar individu sangat penting bagi para pemulia untuk perbaikan genetik tanaman. Hal ini karena program pemuliaan bergantung pada keragaman genetik yang tinggi untuk mencapai kemajuan dari proses seleksi (Collard & Mackill, 2008). Penggunaan marka molekuler seperti marka SSR dan SNP sangat diperlukan untuk mengkarakterisasi sumberdaya genetik tanaman karena hasilnya tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan.

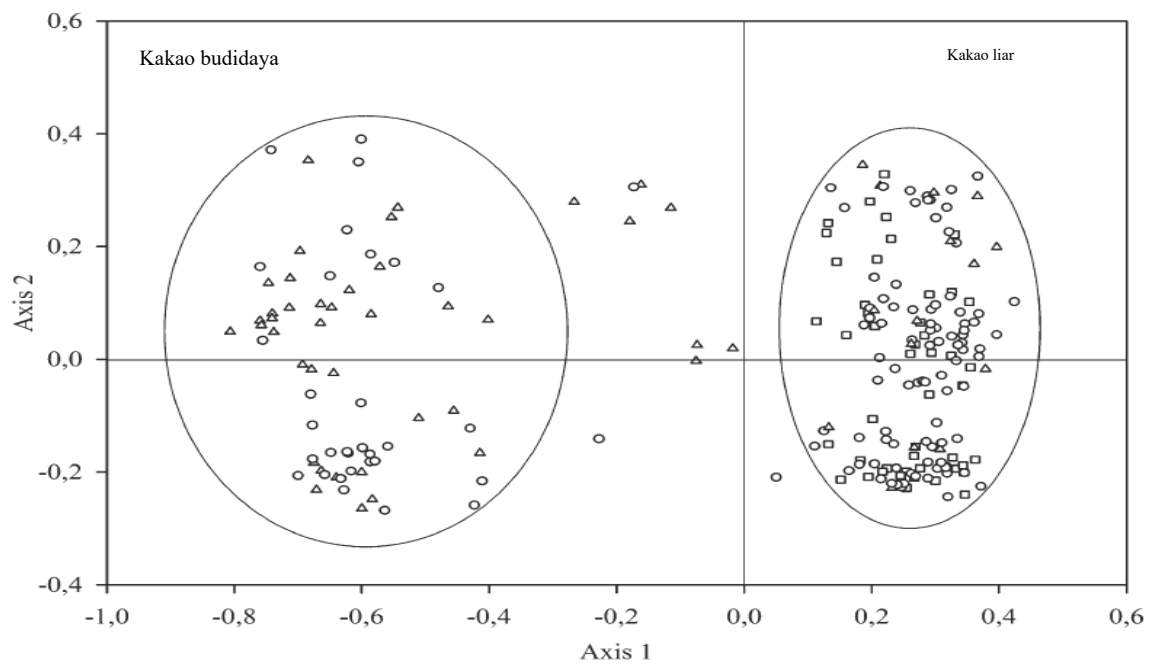
Aplikasi marka molekuler untuk karakterisasi plasma nutfah kakao sangat penting dilakukan untuk mengetahui secara pasti tingkat keragaman genetik dan hubungan kekerabatan antar genotipe. Mengingat selama ini sebagian dari koleksi plasma nutfah kakao diperoleh dari hasil eksplorasi atau introduksi yang tidak diketahui asal usul genetiknya. Di samping itu, secara genetik tanaman kakao termasuk tanaman menyerbuk silang, dimana proses rekombinasi melalui persilangan antar genotipe kakao tersebut memungkinkan

terbentuknya kelompok genetik baru (Susilo, 2007). Oleh karena itu, di lapang banyak ditemukan tanaman kakao hibrida hasil persilangan antar genotipe. Analisis keragaman genetik dengan menggunakan marka molekuler sangat membantu dalam mengelompokkan plasma nutfah kakao tersebut. Salah satu contoh penggunaan marka molekuler dalam pengelompokkan plasma nutfah dilakukan oleh De Schawe, Durka, Tschardtke, Hensen, & Kessler (2013) yang berhasil mengelompokkan genotipe kakao di Bolivia menjadi dua grup, yaitu genotipe kakao budidaya dan kakao liar dengan menggunakan marka mikrosatelit (Gambar 1). Sementara Kurniasih, Rubiyo, Setiawan, Purwantara, & Sudarsono (2011) berhasil mengelompokkan 29 genotipe kakao koleksi Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia menjadi tiga kelompok dengan menggunakan 39 marka SSR.

Analisis keragaman genetik juga dapat dilakukan untuk menentukan tetua persilangan terbaik. Kombinasi tetua persilangan biasanya dipilih berdasarkan nilai jarak genetiknya, genotipe-genotipe yang mempunyai nilai jarak genetik terjauh dapat dipertimbangkan sebagai kombinasi tetua persilangan yang paling baik. Pada kakao, penentuan jarak genetik antar genotipe telah dilakukan pada 15 genotipe dengan menggunakan 15 marka SSR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa enam pasang genotipe kakao, yaitu DRC 15 dan Sca 6, ICS 13 dan Sca 6, PA 300 dan Sca 6, DRC 16 dan Sca 6, RCC 70, dan Sca 6 serta ICCRI 3 dan Sca 6 mempunyai jarak genetik yang jauh. Dengan demikian kombinasi pasangan genotipe kakao tersebut dapat digunakan sebagai alternatif untuk menghasilkan benih hibrida F1 karena akan menghasilkan keragaman populasi F1 yang tinggi (Rubiyo, 2013). Hal ini menunjukkan besarnya manfaat marka molekuler dalam menunjang program pemuliaan tanaman kakao.

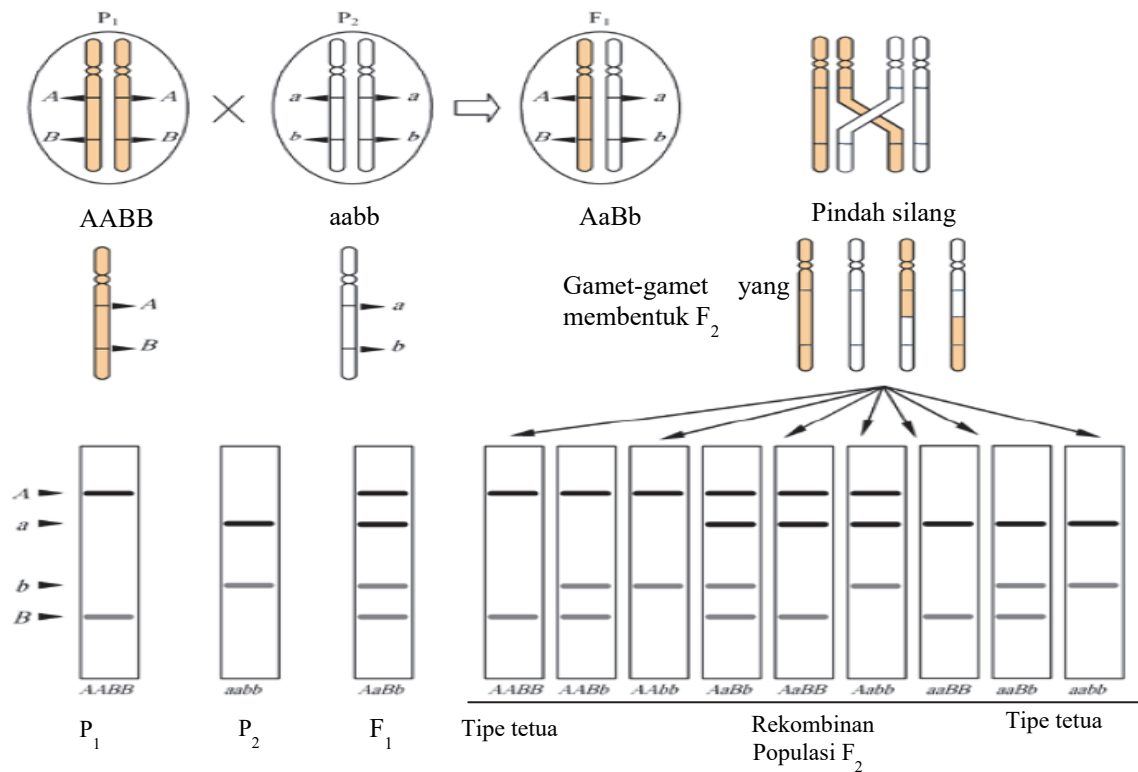
Konstruksi Peta Genetik

Peta keterpautan genetik merupakan kerangka dasar untuk mengidentifikasi marka yang terpaut dengan sifat tertentu melalui pemetaan sifat kuantitatif (*quantitative trait loci*, QTL), kloning gen berdasarkan peta (*map-based cloning*) dan peninjauan peta fisik. Konstruksi peta genetik terdiri dari sejumlah marka molekuler pada populasi tertentu. Populasi segregasi seperti F₂, F₃, atau *backcross* (BC) paling sering digunakan untuk pembuatan peta genetik, sedangkan untuk marka molekuler, semua tipe marka dapat dipakai dalam penyusunan peta genetik. Meskipun demikian, dalam perkembangannya hanya dua tipe marka, yaitu SSR dan SNP yang paling sering digunakan dalam pembuatan peta genetik. Peta genetik menempatkan marka molekuler ke dalam group keterpautan (*linkage group*) berdasarkan pada kosegregasinya dalam suatu populasi. Ukuran populasi dan kerapatan marka molekuler yang digunakan sangat penting untuk resolusi peta genetik (Duran *et al.*, 2009).



Gambar 1. *Principal component analysis (PCA)* dengan menggunakan marka mikrosatelit yang berhasil mengelompokkan kakao budidaya (segitiga), kakao liar (kotak) dan genotipe kakao yang belum diketahui (bulat) (Sumber: De Schawe *et al.*, 2013)

Figure 1. *Principal component analysis (PCA)* using microsatellite markers successfully discriminated cultivated cacao trees (triangles), wild cacao trees (squares) and unknown genotype trees (circles) (Source: De Schawe *et al.*, 2013)



Gambar 2. Dasar genetika dari pemetaan berdasarkan marka (Sumber: Vinod, 2009)
Figure 2. Genetic base of mapping based on molecular markers (Source: Vinod, 2009)

Prinsip dasar pada pemetaan genetik adalah adanya pautan dan rekombinasi. Pautan terjadi apabila lokus atau alel tertentu dari dua atau lebih gen yang terdapat pada kromosom yang sama diwariskan secara bersama-sama. Sebagai contoh, ada dua individu dengan genotipe AABB dan aabb, yang masing-masing menghasilkan satu tipe gamet jantan dan betina, AB dan ab. Persilangan antara kedua genotipe tersebut akan menghasilkan individu F_1 dengan genotipe AaBb yang bersifat heterozigot. Individu F_1 tersebut menghasilkan empat macam gamet, yaitu AB, ab, Ab dan aB. Gamet AB dan ab yang mirip dengan gamet yang diproduksi oleh tetua homozigot disebut dengan tipe tetua (*parental types*), sedangkan kedua gamet lainnya yang dihasilkan karena pindah silang antara lokus A dan B disebut dengan tipe rekombinan (*recombinant types*) (Gambar 2). Rekombinasi adalah proses terjadinya kombinasi baru dari gen-gen tetua karena pertukaran alel-alel dari lokus yang berbeda melalui pertukaran segmen kromosom antar kromosom homolog yang membawanya (Vinod, 2009). Proporsi rekombinasi di dalam jumlah total keturunan menyediakan informasi mengenai bagian dari pindah silang yang mengambil tempat di antara lokus yang disebut dengan frekuensi rekombinasi atau nilai pindah silang. Nilai frekuensi rekombinasi ini memberikan perkiraan tentang jarak di antara lokus, dengan asumsi jumlah pindah silang sebanding dengan jarak di antara dua lokus. Pada saat ini banyak program komputer seperti MAPMAKER, JoinMap, dan MapManager yang dapat digunakan untuk memperkirakan jarak genetik di antara dua lokus yang diukur dalam *centimorgan* (cM) serta mengelompokkannya pada grup keterpautan.

Pada kakao, peta genetik pertama dibuat oleh Lanaud *et al.* (1999) yang terdiri dari 195 marka, kebanyakan adalah marka *restriction fragment length polymorphisms* (RFLPs). Marka RFLP ini mempunyai beberapa kekurangan di antaranya prosesnya cukup panjang dan melelahkan serta memerlukan DNA dalam jumlah banyak dan kualitas tinggi sehingga membutuhkan teknik ultrasentrifugasi (Risterucci, Paulin, Ducamp, N'Goran, & Lanaud, 2003). Meskipun demikian, peta genetik tersebut digunakan sebagai poin awal dalam pembuatan peta keterpautan genetik pada tanaman kakao dengan kerapatan yang tinggi. Pada perkembangan selanjutnya, Risterucci *et al.* (2003) melengkapi peta genetik yang sudah dibuat sebelumnya. Sebanyak 424 marka yang terdiri dari lima isozim, enam marka dari gen yang telah diketahui fungsinya, 65 marka genomik RFLP, 104 marka cDNA RFLP, tiga probe telomerik, 30 marka RAPD, 191 marka AFLP, dan 20 marka mikrosatelit berhasil dipetakan dengan rata-rata jarak antar marka 2,1 cM. Penambahan jumlah marka yang digunakan pada peta genetik kedua dapat mengisi kekosongan (*gap*) antar marka yang terdapat pada peta genetik pertama. Dengan semakin berkembangnya marka mikrosatelit pada tanaman kakao, maka pada tahun 2004 peta genetik kakao yang sudah dikonstruksi sebelumnya diperbaharui lagi dengan menambahkan sebanyak 201 marka mikrosatelit baru. Panjang peta genetik ketiga ini mencapai 782,8 cM dengan rata-rata interval antar marka adalah 1,7 cM (Pugh *et al.*, 2004). Disimpulkan bahwa dengan semakin banyaknya jumlah

marka yang digunakan pada pembuatan peta genetik kakao maka akan semakin meningkat pula kerapatan antar marka pada peta genetik tersebut. Peta genetik kakao dengan kerapatan antar marka yang tinggi dapat lebih memudahkan dalam identifikasi marka molekuler yang terkait dengan sifat tertentu.

Deteksi Sifat Kuantitatif

Lokus sifat kuantitatif atau dikenal juga dengan QTL adalah suatu daerah pada genom yang berhubungan dengan efek pada sifat kuantitatif. Secara konsep, QTL dapat berupa gen tunggal atau bisa juga merupakan kumpulan gen saling terpaut yang mempengaruhi suatu sifat. Tujuan utama dari deteksi QTL adalah menjelaskan pengaruh dari tiap daerah genomik pada sifat kuantitatif yang diinginkan, seperti (1) mendeteksi daerah mana pada genom yang mempengaruhi suatu sifat; (2) menjelaskan efek dari QTL pada sifat tertentu (berapa banyak variasi untuk suatu sifat tertentu yang disebabkan oleh daerah spesifik, aksi gen apa yang terkait dengan QTL-aditif atau dominan, alel mana yang terkait dengan efek yang diinginkan); dan (3) menetapkan nilai pemuliaan (*breeding value*) dari suatu galur berdasarkan pada genotipnya pada satu atau lebih QTL (Vinod, 2009).

Deteksi lokus sifat kuantitatif atau QTL pada tanaman kakao sangat penting untuk dilakukan, hal ini karena sifat-sifat penting pada tanaman kakao seperti komponen daya hasil serta ketahanan terhadap hama dan penyakit pada umumnya dikendalikan oleh banyak gen/poligenik sehingga diekspresikan secara kuantitatif (Susilo, 2007). Oleh karena itu diperlukan analisis QTL untuk mengetahui gen-gen yang berperan dalam mengendalikan suatu sifat tertentu. Beberapa QTL pada tanaman kakao telah berhasil diidentifikasi, di antaranya adalah QTL yang terkait dengan karakter pertumbuhan dan pembungaan (Crouzillat *et al.*, 1996), komponen daya hasil (Crouzillat, Ménard, Mora, Phillips, & Pétiard, 2000b; Clement, Risterucci, Motamayor, N'Goran, & Lanaud, 2003) serta ketahanan terhadap penyakit busuk buah (Crouzillat, Bellanger, Rigoreau, Bucheli, & Pétiard, 2000a; Risterucci *et al.*, 2003). Lokus sifat kuantitatif (QTL) pada masing-masing sifat fenotipik tersebut kebanyakan teridentifikasi dalam jumlah lebih dari satu serta terletak pada grup keterpautan yang berbeda. Dari beberapa QTL yang berhasil dideteksi, ada yang mempunyai pengaruh dominan atau pengaruh yang besar terhadap suatu sifat fenotipik dan disebut sebagai QTL utama (*major QTL*), serta terdapat juga QTL yang mempunyai kontribusi kecil terhadap sifat fenotipik yang disebut sebagai QTL tambahan (*minor QTL*). Apabila marka molekuler tertentu diketahui terpaut sangat erat dengan QTL utama maka marka tersebut nantinya dapat digunakan sebagai kandidat dalam proses seleksi dengan metode *marker-assisted selection* (MAS). Sebelum digunakan dalam metode MAS maka marka molekuler tersebut harus melalui serangkaian uji validasi terlebih dahulu.

TEKNIK MARKER-ASSISTED SELECTION PADA PEMULIAAN TANAMAN

Penggunaan marka molekuler dalam pemuliaan tanaman dikenal dengan istilah *marker-*

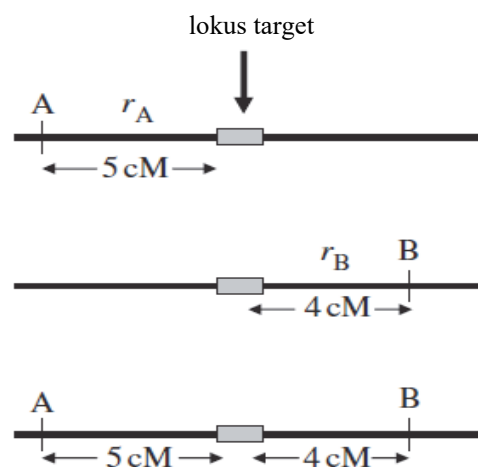
assisted selection (MAS) dan merupakan komponen dari disiplin baru, yaitu pemuliaan berbasis molekuler. Hal mendasar yang perlu dilakukan dalam program pemuliaan adalah seleksi tanaman dengan sifat yang diinginkan. Kegiatan seleksi dengan metode MAS menjadi lebih efektif dan efisien karena hanya berdasarkan pada sifat genetik tanaman, tanpa pengaruh dari faktor lingkungan (Azrai, 2006). Terdapat lima pertimbangan utama dalam menggunakan marka DNA pada metode MAS, yaitu (1) tingkat reliabilitas, marka yang digunakan sebaiknya terpatut erat pada lokus target dengan jarak genetik kurang dari 5 cM. Penggunaan marka pengapit atau marka intragenik akan meningkatkan reliabilitas marka tersebut dalam memprediksi fenotipe (Gambar 3); (2) kuantitas dan kualitas DNA, beberapa teknik marka molekuler membutuhkan DNA dalam jumlah banyak dan kualitas bagus, kadang-kadang sulit untuk mendapatkannya, dan hal ini akan menyebabkan bertambahnya biaya yang dibutuhkan; (3) prosedur teknis, proses yang sederhana dan waktu yang dibutuhkan untuk teknik MAS merupakan pertimbangan yang cukup penting; (4) tingkat polimorfis, idealnya marka molekuler mempunyai tingkat polimorfis tinggi pada materi pemuliaan, yaitu harus dapat membedakan antara genotipe yang berbeda, khususnya pada bahan pemuliaan inti; dan (5) biaya, uji marka sebaiknya yang hemat biaya agar MAS dapat dikerjakan dengan mudah (Mackill & Ni, 2000; Mohler & Singrun, 2004).

Dari gambar 3 tersebut diketahui bahwa frekuensi rekombinasi di antara lokus target dan marka A diperkirakan 5% (5 cM). Oleh karena itu, terjadinya rekombinasi antara lokus target dan marka diperkirakan 5% dari progeni, sedangkan frekuensi rekombinasi di antara lokus target dan marka B diperkirakan 4% (4 cM). Sementara itu, peluang terjadinya rekombinasi antara kedua marka, yaitu marka A and marka B (pindah silang ganda) diketahui lebih rendah dibandingkan marka tunggal (kira-kira 0,4%). Oleh karena itu, reliabilitas seleksi lebih besar ketika menggunakan marka pengapit

(Collard & Mackill, 2008).

Teknik MAS memungkinkan para pemulia untuk mencapai seleksi awal dari suatu sifat tertentu dalam program pemuliaan, yang sangat berguna apabila sifat tersebut berada di bawah kontrol genetik kompleks, atau ketika uji fenotipik tidak dapat diandalkan atau berbiaya tinggi (Duran *et al.*, 2009). Lebih lanjut, keuntungan mendasar dari MAS dibandingkan seleksi secara konvensional adalah (1) lebih sederhana dibandingkan skrining fenotipik karena dapat menghemat waktu, sumber daya, dan tenaga; (2) seleksi dapat dilakukan pada tahap pembibitan. Hal ini sangat bermanfaat untuk banyak sifat, terutama pada sifat-sifat yang terekspresi pada tahap akhir perkembangan sehingga tanaman dengan genotipe yang tidak diinginkan dapat dieliminasi dengan cepat. Pada tanaman kakao yang merupakan tanaman tahunan, seleksi pada tahap pembibitan dapat lebih memperpendek waktu; (3) dapat digunakan untuk menyeleksi tanaman tunggal. Skrining dengan metode konvensional memerlukan banyak tanaman karena adanya pengaruh lingkungan, sedangkan dengan metode MAS, seleksi tanaman tunggal dapat dilakukan berdasarkan pada genotipenya (Collard & Mackill, 2008).

Beberapa manfaat lain dari marka molekuler yang dapat mendukung para pemulia dalam merakit varietas baru antara lain: (1) mempercepat introgresi gen-gen ketahanan tunggal untuk patogen tanaman seperti virus, bakteri, jamur, nematoda atau serangga, dari spesies liar atau galur donor budidaya ke dalam kultivar unggul; (2) mengakumulasi (piramida) gen-gen ketahanan mayor dan minor ke dalam kultivar untuk menghasilkan ketahanan yang lebih tahan lama (ketahanan horizontal) terhadap beberapa patotipe dari patogen yang sama; (3) meningkatkan nilai agronomi tanaman dengan pemuliaan untuk sifat kuantitatif seperti hasil, buah dan kadar protein, kekeringan serta toleran terhadap suhu dingin (Winter & Kahl, 1995).



reliabilitas untuk seleksi

Menggunakan marka A saja:

$$1 - r_A = \sim 95\%$$

Menggunakan marka B saja:

$$1 - r_B = \sim 96\%$$

Menggunakan kedua marka A dan B:

$$1 - 2 r_A r_B = \sim 99,6\%$$

Gambar 3. Reliabilitas seleksi menggunakan marka tunggal dan marka pengapit (diasumsikan tidak ada pengaruh pindah silang) (Sumber: Collard & Mackill, 2008)

Figure 3. Reliability of selection using single and flanking markers (assuming no crossover interference) (Source: Collard & Mackill, 2008)

Dengan demikian dapat dikatakan bahwa keberadaan marka molekuler ini sangat membantu dalam program pemuliaan konvensional. Marka molekuler merupakan alat pendukung yang sangat bermanfaat bagi para pemulia dalam upaya perbaikan genetika tanaman untuk mendapat varietas unggul dengan sifat yang diinginkan.

PROSPEK PENGGUNAAN MARKA MOLEKULER PADA PERBAIKAN GENETIK TANAMAN KAKAO DI INDONESIA

Tanaman kakao merupakan salah satu komoditas unggulan tanaman perkebunan. Hal ini karena kakao dapat digunakan sebagai bahan baku industri pada berbagai produk pangan olahan maupun produk kosmetik sehingga permintaan akan biji kakao terus meningkat dari tahun ke tahun. Dalam upaya untuk meningkatkan produktivitas dan menjaga kontinuitas produksi kakao di Indonesia, diperlukan bahan tanam atau klon-klon yang unggul, yaitu yang mempunyai tingkat produksi tinggi serta tahan terhadap hama dan penyakit utama. Klon-klon unggul kakao tersebut diperoleh melalui proses pemuliaan yang cukup panjang. Untuk mendukung program pemuliaan tanaman kakao maka penggunaan teknologi terkini seperti teknologi marka molekuler seperti yang telah dijelaskan di atas dapat dipertimbangkan.

Saat ini, penggunaan marka molekuler pada tanaman kakao di Indonesia masih terbatas pada tahap mengetahui tingkat keragaman genetik antar genotipe kakao, identifikasi kultivar serta penentuan kombinasi tetua persilangan terbaik dalam rangka mendapatkan klon hibrida unggul (Kurniasih *et al.*, 2014; Syafaruddin & Nasution, 2012; Rubiyono, Sudarsono, Siswanto, Indah, & Cidu, 2014). Meskipun demikian, informasi yang diperoleh dapat digunakan sebagai acuan dalam program pemuliaan selanjutnya. Kedepannya penggunaan marka molekuler pada kakao akan lebih luas lagi, salah satunya yang akan dilakukan dalam waktu dekat adalah pembuatan peta genetik kakao yang dapat digunakan sebagai pondasi untuk mengidentifikasi gen-gen yang terkait dengan sifat tertentu. Di samping itu, juga tengah dikembangkan marka-marka mikrosatelit dan SNP baru yang secara spesifik didesain dari sekuen genom tanaman kakao yang berasal dari kebun koleksi kita sendiri. Diharapkan dapat menambah jumlah marka molekuler yang bisa dimanfaatkan sebagai alat bantu dalam program pemuliaan, misalnya dalam pembuatan peta genetik. Dengan semakin banyaknya jumlah marka molekuler yang digunakan akan dapat meningkatkan reliabilitas marka yang terpaut erat dengan sifat tertentu. Di lain pihak, marka-marka yang baru didesain tersebut juga dapat dipakai bersama oleh lembaga penelitian yang berbeda untuk meningkatkan kualitas penelitian yang berbasis marka molekuler.

Dengan semakin meningkatnya penggunaan marka molekuler pada program pemuliaan tanaman kakao diharapkan dapat membantu dalam

percepatan pembentukan varietas unggul baru kakao dengan sifat yang diinginkan.

PENUTUP

Teknologi marka molekuler telah terbukti sebagai alat pendukung yang meyakinkan dalam program pemuliaan tanaman kakao. Penggunaan marka molekuler diketahui dapat memberikan hasil yang cepat dan akurat karena tidak dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Beberapa manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan marka molekuler adalah (1) mengidentifikasi kultivar yang terdapat pada kebun koleksi plasma nutfah, agar tidak terdapat duplikasi kultivar atau kesalahan dalam pelabelan; (2) mengetahui tingkat keragaman genetik klon-klon kakao; (3) konstruksi peta genetik dalam penentuan lokasi lokus sifat kuantitatif (QTL) pada grup keterpautan; dan (4) proses seleksi marka yang terpaut erat dengan sifat fenotipik tertentu.

Pada tanaman kakao, aplikasi marka molekuler pada program pemuliaan dapat memperpendek waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh varietas unggul. Hal ini cukup menguntungkan mengingat kakao merupakan tanaman tahunan. Dengan demikian, marka molekuler mempunyai peran yang cukup besar dalam membantu pemulia merakit varietas unggul dengan sifat yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M.D., Soares, M.B., Kerlavage, A.R., Fields, C., & Venter, J.C. (1993). Rapid cDNA sequencing (expressed sequence tags) from a directionally cloned human infant brain cDNA library. *Nat Genet*, 4, 373-380.
- Azrai, M. (2006). Sinergi teknologi marka molekuler dalam pemuliaan tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(3), 81-89.
- Bahagiawati. (2012). Kontribusi teknologi marka molekuler dalam pengendalian wereng coklat. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 5(1), 1-18.
- Barany, F. (1991). Genetic disease detection and DNA amplification using cloned thermostable ligase. *Proc Natl Acad Sci*, 88, 189-193.
- Botstein, D., White, R.L., Skolnick, M., & Davis, R.W. (1980). Construction of a genetic linkage map of man using restriction fragment length polymorphisms. *Am J Hum Genet*, 32, 314-331.
- Clement, D., Risterucci, A.M., Motamayor, J.C., N'Goran, J., & Lanaud, C. (2003). Mapping QTL for yield components, vigor, and resistance to *Phytophthora palmivora* in *Theobroma cacao* L. *Genome*, 46, 204-212.
- Collard, B.C.Y., & Mackill, D.J. (2008). Marker-assisted selection: An approach for precision plant breeding in the twenty-first century. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363, 557-572.

- Crouzillat, D., Lerceteau, E., Petiard, V., Morera, V., Rodriguez, J., Walker, D., ... Fritz, P. (1996). *Theobroma cacao* L.: A genetic linkage map and quantitative trait loci analysis. *Theor. App. Genet.*, 93, 205-214.
- Crouzillat, D., Bellanger, L., Rigoreau, M., Bucheli, P., & Pétiard, V. (2000a). Genetic structure, characterization and selection of national cocoa compared to other genetic groups. In : F. Bekele, M. End & A. Eskes (Eds.), *Proceeding of the International Workshop on New Technologies and Cocoa Breeding* (pp. 47-55). Kota Kinabalu, Malaysia.
- Crouzillat, D., Ménard, B., Mora, A., Phillips, W., & Pétiard, V. (2000b). Quantitative trait analysis in *Theobroma cacao* using molecular markers. *Euphytica*, 114, 13-23.
- De Schawe, C.C., Durka, W., Tschardt, T., Hensen, I., & Kessler, M. (2013). Gene flow and genetic diversity in cultivated and wild cacao (*Theobroma cacao* L.) in Bolivia. *American Journal of Botany*, 100(11), 2274-2279.
- Duran, C., Appleby, N., Edwards, D., & Batley, J. (2009). Molecular Genetic Markers: Discovery, applications, data storage and visualisation. *Current Bioinformatic*, 4, 16-27.
- Hendre, P.S., & Aggarwal, R.K. (2007). DNA markers: Development and application for genetic improvement of coffee. In R.K. Varshney & R. Tuberosa (Eds.), *Genomics Assisted Crop Improvement, Genomics Applications in Crops* (pp. 399-434). Springer.
- Jing, R., Vershinin, A., Grzebyta, J., Shaw, P., Smýkal, P., Marshall, D., ... Flavell, A.J. 2010. The genetic diversity and evolution of field pea (*Pisum*) studied by high throughput retrotransposon based insertion polymorphism (RBIP) marker analysis. *BMC Evolutionary Biology*, 10(44), 1-20.
- Kalia, R.K., Rai, M.K., Kalia, S., Singh, R., & Dhawan, A.K. (2014). Microsatellite Markers: An overview of the recent progress in plants. *Euphytica*, 177, 309-334.
- Konieczny, A., & Ausubel, F.M. (1993). A procedure for mapping Arabidopsis mutations using co-dominant ecotype-specific PCR-based markers. *Plant J*, 4, 403-410.
- Kuppuswami, M.N., Hoffman, J.W., Kasper, C.K., Spitzer, S.G., Groce, S.L., & Bajaj, S.P. (1991). Single nucleotide primer extension to detect genetic diseases: experimental application to hemophilia B (factor IX) and cystic fibrosis genes. *Proc Natl Acad Sci*, 88, 1143-1147.
- Kurniasih, S., Rubiyo, Setiawan, A., Purwantara, A., & Sudarsono. (2014). Analisis Keragaman Genetik Plasma Nutfah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Berdasarkan Marka SSR. *Jurnal Littri*, 17(4), 156-162.
- Labruno, P., Melle, D., & Rey, F. (1994). Single-strand conformation polymorphism for detection of mutations and base substitutions in phenylketonuria. *Am J Hum Genet*, 48, 1115-1120.
- Lanaud, C., Risterucci, A.M., Pieretti, I., Falque, M., Bouet, A., & Lagoda P.J.L. (1999). Isolation and characterization of microsatellites in *Theobroma cacao* L. *Mol Ecol*, 8, 2142-2152.
- Lee, G.-A., Koh, H.-J., Chung, H.-K., Dixit, A., Chung, J.-W., Ma, K.-H., ... Park, Y.-J. (2009). Development of SNP-based CAPS and dCAPS markers in eight different genes involved in starch biosynthesis in rice. *Mol Breeding*, 24, 93-104.
- Livak, K.J., Flood, S.J., Marmaro, J., Giusti, W., & Deetz, K. (1995). Oligonucleotides with fluorescent dyes at opposite ends provide a quenched probe useful for detecting PCR product and nucleic acid hybridization. *PCR Methods Appl*, 4, 357-362.
- Mackill, D. J., & Ni, J. (2000). Molecular mapping and marker assisted selection for major-gene traits in rice. In G. S. Khush, D. S. Brar & B. Hardy (Eds.), *Proc. Fourth Int. Rice Genetics Symp* (pp. 137-151). Los Banos, The Philippines: International Rice Research Institute.
- Mohler, V., & Singrun, C. (2004). General considerations: Marker-assisted selection. In H. Lorz & G. Wenzel (Eds.), *Biotechnology in agriculture and forestry, Molecular marker systems* (pp. 305-317). Berlin, Germany: Springer.
- Motilal, L., & Butler, D. (2003). Verification of identities in global cacao germplasm collections. *Genet Resour Crop Evol*, 50(8), 799-807.
- Myers, R.M., Lumelsky, N., Lerman, L.S., & Maniatis, T. (1985). Detection of single base substitutions in total genomic DNA. *Nature*, 313, 495-498.
- Neff, M., Neff, J., Chory, J., & Pepper, A. (1998). dCAPS, a simple technique for the genetic analysis of single nucleotide polymorphisms: Experimental applications in Arabidopsis thaliana genetics. *The Plant Journal*, 14(3), 387-392.
- Newton, C.R., Graham, A., & Heptinstall, L.E. (1989). Analysis of any point mutation in DNA, The amplification refractory mutation system (ARMS). *Nucleic Acids Res*, 17, 2503-2516.
- Nikiforov, T.T., Rendle, R.B., Goellet, P., Rogers, Y.H., Kotewicz, M.L., Anderson, S., ... Knapp, M.R. (1994). Automated DNA diagnostics using an ELISA-based oligonucleotide ligation assay. *Nucl Acids Res*, 22, 4167-4175.

- Pabendon, M.B., Azrai, M., Kasim, F., & Mejaya, M.J. (2007). Prospek penggunaan markah molekuler dalam program pemuliaan jagung dalam *Jagung: Teknik Produksi dan Pengembangan* (pp. 110-133). Jakarta: Litbang Deptan.
- Parida, S.K., Yadava, D.K. & Mohapatra, T. (2010). Microsatellites in *Brassica unigenes*: Relative abundance, marker design, and use in comparative physical mapping and genome analysis. *Genome*, 53, 55-67.
- Pashley, C.H., Ellis, J.R., McCauley, D.E., & Burke, J.M. (2006). EST Databases as a Source for Molecular Markers: Lessons from *Helianthus*. *J. Hered.*, 97, 381-388.
- Pugh, T., Fouet, O., Risterucci, M., Brottier, P., Abouladze, M., Deletrez, C., ... Lanaud, C. (2004). A new cacao linkage map based on codominant markers: Development and integration of 201 new microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.*, 108, 1151-1161.
- Rafalski, A. (2002). Applications of single nucleotide polymorphisms in crop genetics. *Curr Opin Plant Biol*, 5, 94-100.
- Risterucci, A.M., Paulin, D., Ducamp, M., N'Goran, J.A.K., & Lanaud, C. (2003). Identification of QTLs related to cocoa resistance to three species of *Phytophthora*. *Theor. App. Genet.*, 108, 168-174.
- Rubiyo. (2013). Inovasi teknologi perbaikan bahan tanam kakao di Indonesia. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 43, 199-213.
- Rubiyo, Sudarsono, Siswanto, Indah, A.S., & Cicu. (2014). *Penelitian penggunaan marka molekuler RAPD, AFLP, dan SSR sebagai dasar pemilihan tetua P1 dan P2 dalam pengembangan hibrida kakao berproduksi tinggi dan resisten terhadap P. palmivora*. Laporan Akhir Penelitian (p. 59). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Rungis, D., Berube, Y., Zhang, J., Ralph, S., Ritland, C.E., Ellis, B.E., ...Ritland, K. (2004). Robust simple sequence repeat markers for spruce (*Picea* spp.) from expressed sequence tags. *Theor. Appl. Genet.*, 109, 1283-1294.
- Sarkar, G., Yoon, H.S., & Sommer, S.S. (1992). Dideoxy fingerprinting (ddE): A rapid and efficient screen for the presence of mutations. *Genomics*, 13, 441-443.
- Susilo, A.W. (2007). Akselerasi program pemuliaan kakao (*Theobroma cacao* L.) melalui pemanfaatan penanda molekuler dalam proses seleksi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 23(1), 11-24.
- Sutrisno. (2006). *Peran bioteknologi dalam pembangunan pertanian di Indonesia*. Risalah Seminar Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi.
- Syafaruddin, & Nasution, A.M. (2012). Keragaman 17 aksesori plasma nutfah kakao berdasarkan penanda morfologi dan molekuler. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(2), 177-184.
- Takrama, J., Kun, J., Meinhardt, L., Mischke, S., Opoku, S.Y., Padi, F.K., & Zhang, D. (2014). Verification of genetic identity of introduced cacao germplasm in Ghana using single nucleotide polymorphism (SNP) markers. *African Journal of Biotechnology*, 13(21), 2127-2136.
- Thiel, T., Michalek, W., Varshney, R.K., & Graner, A. (2003). Exploiting EST databases for the development of cDNA derived microsatellite markers in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Theor. Appl. Genet.*, 106, 411-422.
- Trick, M., Long, Y., Meng, J., & Bancroft, I. (2009) Single Nucleotide Polymorphism (SNP) discovery in the polyploidy *Brassica napus* using Solexa transcriptome sequencing. *Plant Biotechnology Journal*, 7, 334-346.
- Varshney, R.K., Thudi, M., Aggarwal, R., & Borner, A. (2007). Genic molecular markers in plants: development and applications. In R.K. Varshney & R. Tuberosa (Ed.), *Genomics assisted crop improvement: Genomics approaches and platforms* (pp. 13-29). Dordrecht: Springer.
- Vinod, K.K. (2009). Genetic mapping of quantitative trait loci and marker assisted selection in plantation crops. *Proceeding of Training Program on "In Vitro Techniques In Plantation Crops"*. Kasaragod, India: Central Plantation Crops Research Institute. Retrieved from <http://kkvinod.webs.com>.
- Wei, W.L., Qi, X.Q., Wang, L.H., Zhang, Y.X., Hua, W., Li, D.H., ... Zhang, X.R. (2011). Characterization of the sesame (*Sesamum indicum* L.) global transcriptome using Illumina paired-end sequencing and development of EST-SSR markers. *BMC Genomics*, 12, 451.
- Winter, P., & Kahl, G. (1995). Molecular marker technologies for plant improvement. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 11, 438-448.
- Yi, G., Lee, J.M., Lee, S., Choi, D., & Kim, B-D. (2006). Exploitation of pepper EST-SSRs and an SSR-based linkage map. *Theor. Appl. Genet.*, 114, 113-130.

OPTIMALISASI PEMANFAATAN SUMBER DAYA

BUDIDAYA KAKAO BERWAWASAN KONSERVASI

COCOA CULTIVATION BASED ON CONSERVATION APPROACH

Iing Sobari, Maman Herman, dan Saefudin

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

iingsobari@gmail.com

ABSTRAK

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) termasuk salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran penting di Indonesia. Perkembangan luas arealnya tergolong pesat dengan penambahan hampir 10% per tahun. Perkembangannya yang pesat tersebut menyebabkan banyak penanaman yang dilakukan tidak sesuai dengan syarat tumbuh tanaman serta tidak mengikuti budidaya anjuran. Hal tersebut mengakibatkan pertumbuhan dan produksi kakao menjadi rendah dan lahan mengalami degradasi. Degradasi tanah terjadi karena erosi, menurunnya bahan organik, dan berkurangnya unsur hara melalui panen dan pencucian. Erosi yang tinggi pada daerah lereng, pencucian unsur hara maupun kerusakan pada tanaman kakao akibat tidak memperhatikan pola tanam menjadi permasalahan mendasar yang harus diselesaikan secara terintegrasi. Upaya untuk mengurangi kerusakan lahan tersebut adalah dengan menerapkan budidaya kakao berwawasan konservasi. Penerapan pengelolaan tanaman penanang, teknik pembuatan teras pada budidaya kakao, polatanam yang sesuai, pemanfaatan bahan organik, dan penggunaan pupuk hayati dapat menjadi solusi dalam mencegah degradasi lahan dan menjaga kelestarian lingkungan. Budidaya konservasi pada prinsipnya adalah budidaya yang mengutamakan keberhasilan usahatani secara berkelanjutan.

Kata kunci: *Theobroma cacao*, budidaya, konservasi

ABSTRACT

Cocoa tree (Theobroma cacao L.) is one of estate crop commodities that have an important role in Indonesia. The development of cocoa plantation is relatively fast with the addition of nearly 10% per year. However, this fast development is causing many of cocoa plantation is not in accordance with the requirement of plant growth and its recommended cultivation. Therefore, the plant growth and the production are not in optimal condition. In addition, it will also lead to soil degradation. Soil degradation occurs due to erosion, decline in organic material and nutrient reduction through harvest and leaching. High erosion in slopes area, leaching of nutrients and crop damage due to not following the recommended cultivation become a fundamental problem that must be solved in an integrated way. An attempt to reduce soil degradation is by applying cocoa cultivation based on conservation approach. The use of shade plants, terracing technique on cocoa cultivation, appropriate cropping patterns, and utilization of organic material can be a solution in preventing soil degradation as well as keeping sustainable environment. Cultivation based on conservation approach in principle is to promote sustainable farming system.

Keywords: *Theobroma cacao*, cultivation, conservation

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peran penting bagi perekonomian Indonesia. Pada tahun 2012, luas arealnya 1.774.463 ha, sekitar 1.693.337 ha (95%) berupa perkebunan rakyat. Dengan demikian jelas terlihat peran penting kakao di samping sebagai sumber pendapatan, juga sebagai sumber lapangan kerja bagi masyarakat. Animo masyarakat untuk mengembangkan perkebunan kakao sangat besar, di samping masih cukup luasnya sumberdaya lahan yang ada. Areal perkebunan kakao berkembang rata-rata hampir 10% per tahun, suatu tingkat pertumbuhan yang sangat besar. Berdasarkan data yang ada, tahun 2003 luas areal kakao seluas 964.223 ha dan pada tahun 2012 luasnya telah mencapai 1.774.463 ha (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2013).

Perkembangan luas areal kakao yang demikian pesat tentu sangat menggembirakan, tetapi hal ini tidak diikuti dengan peningkatan produktivitas yang nyata. Rata-rata produktivitas perkebunan

rakyat sebesar 845 kg/ha, perkebunan besar negara sebesar 907 kg/ha, dan perkebunan besar swasta sebesar 914 kg/ha. Produktivitas tersebut masih di bawah potensi produksi kakao yang dapat mencapai 2 ton biji kering/ha/tahun (Rubiyo & Siswanto, 2012; Ditjenbun, 2013).

Dampak pesatnya perkembangan luas areal perkebunan kakao, menyebabkan banyak lahan-lahan kosong yang tergolong kurang sesuai serta pada lahan kritis dengan tingkat kemiringan di atas 25% dikelola oleh petani untuk perkebunan kakao tanpa mengindahkan kaidah konservasi tanah dan air sehingga dapat mengakibatkan kerusakan lahan (degradasi lahan). Salah satu jenis kerusakan lahan yang sekaligus merupakan bencana alam adalah erosi. Penyebab terjadinya erosi, yaitu pelepasan (*detachment*) partikel tanah, pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*). Erosi menyebabkan hilangnya tanah lapisan atas (*top soil*) dan unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Erosi yang disebabkan oleh air hujan merupakan penyebab utama degradasi lahan di daerah tropis termasuk Indonesia.

Tanah-tanah di daerah berlereng mempunyai risiko tererosi yang lebih besar daripada tanah di daerah datar. Selain tidak stabil akibat pengaruh kemiringan, air hujan yang jatuh akan terus menerus memukul permukaan tanah sehingga memperbesar risiko erosi. Budidaya perkebunan yang melampaui daya dukung tanah menyebabkan erosi dan kerusakan tanah atau biasa disebut dengan degradasi tanah. Degradasi tanah makin meningkat manakala terjadi perluasan areal perkebunan untuk pengembangan komoditas ekonomis dengan membuka lahan-lahan baru yang tidak sesuai dengan kemampuan dan kelas kesesuaian lahan (Subagyo, Marwanto, & Kurnia, 2003).

Budidaya tanaman kakao dengan memperhatikan syarat tumbuh tanaman dan introduksi inovasi teknologi budidaya yang tepat dapat mencegah kerusakan lahan akibat bahaya erosi, dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah serta dapat menurunkan kehilangan unsur hara akibat pencucian. Kondisi yang demikian pada akhirnya akan dapat meningkatkan produktivitas tanaman kakao serta dapat menjaga kelestarian lingkungan sehingga dapat meningkatkan pendapatan petani kakao secara berkelanjutan.

SYARAT TUMBUH TANAMAN KAKAO

Tanah

Faktor tanah yang berhubungan dengan pertumbuhan tanaman kakao meliputi tinggi tempat, topografi, drainase, jenis tanah, sifat fisik dan kimia tanah. Tanaman kakao dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah tetapi sangat dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia tanahnya untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Kemasaman tanah (pH), kadar bahan organik, unsur hara, kapasitas absorpsi dan kejenuhan basa merupakan sifat kimia yang perlu diperhatikan. Sifat fisik tanah meliputi kedalaman efektif, tinggi permukaan air tanah, drainase, struktur dan konsistensi tanah. Ketinggian tempat dan kemiringan lahan datar sampai dengan < 8% sangat baik, sedangkan pada kemiringan yang lebih besar penanaman kakao harus sejajar garis kontur. pH yang ideal untuk tanaman kakao 6-7.5 dan kandungan bahan organik tanah > 3% sangat sesuai untuk tanaman kakao. Tanaman kakao menghendaki solum tanah > 90 cm sehingga dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangannya. Tanaman kakao tidak menghendaki adanya air yang menggenang (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [PPKKI] 2010).

Iklim

Curah hujan yang sesuai untuk tanaman kakao adalah 1100-3000 mm, dengan distribusi merata sepanjang tahun. Pola penyebaran hujan yang

merata akan sangat berpengaruh terhadap penyebaran panen pada tanaman kakao, sedangkan temperatur 30-32 °C. Iklim yang ideal untuk tanaman kakao adalah B menurut Schemidt dan Fergusson dengan bulan kering 3-4 bulan. Fotosintesis maksimum diperoleh pada cahaya sebesar 20% dari total pencahayaan penuh yang diterima tanaman (PPKKI, 2010). Secara kuantitatif kriteria teknis kesesuaian lahan kakao tercantum pada Tabel 1.

PROSES DEGRADASI TANAH

Fungsi tanah dalam mendukung kebutuhan hidup manusia sering mendapatkan perlakuan berlebihan melampaui batas kemampuannya sehingga kualitasnya menurun. Degradasi tanah merupakan masalah penting karena intensitasnya cenderung terus meningkat, sehingga tercipta tanah-tanah rusak (terdegradasi) yang luasnya akan terus bertambah. Dibutuhkan waktu yang lama untuk mengembalikan kondisi tanah terdegradasi kembali kepada kemampuannya semula karena dampak buruk tanah yang terdegradasi baru disadari setelah proses degradasi mencapai tahapan cukup lanjut. Oldeman (1993) *cited in* Pujiyanto (2004) mendefinisikan degradasi tanah sebagai suatu proses penurunan kemampuan tanah dalam mendukung kehidupan saat ini dan akan datang yang disebabkan ulah manusia.

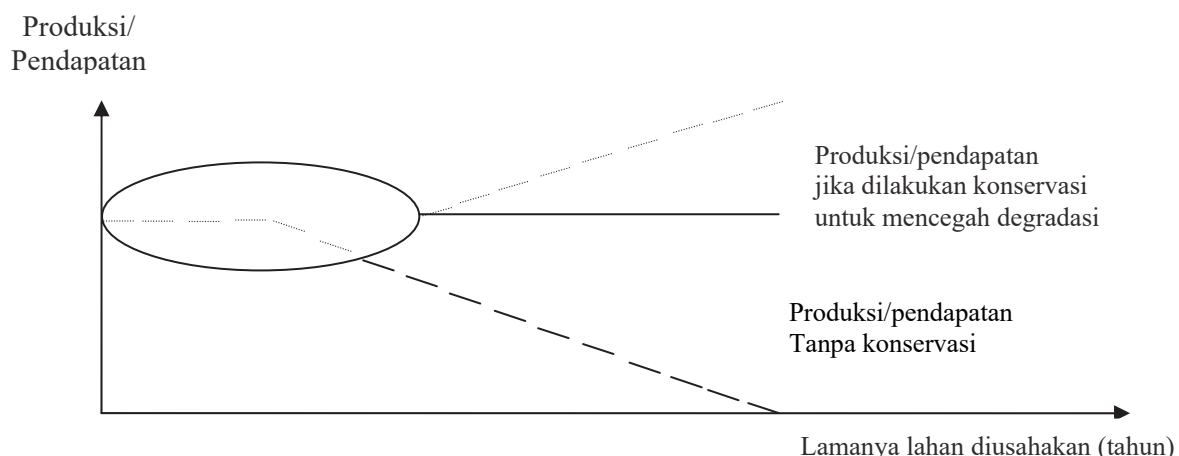
Penurunan kemampuan tanah dalam mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman merupakan dampak dari penurunan kemampuan tanah dalam mensuplai unsur hara dan air maupun sebagai media tumbuh yang menyediakan ruang bagi akar untuk berjangkar. Di lahan perkebunan kakao, proses degradasi tanah ditengarai terjadi terus menerus meskipun lajunya diyakini tidak secepat pada pertanian tanaman pangan lahan kering (Pujiyanto, 2004). Proses degradasi yang berlangsung terus menghasilkan lahan kritis yang tidak layak diusahakan lagi karena hasil yang diperoleh tidak sebanding dengan masukan yang diberikan.

De Graaf (1996) *cited in* Pujiyanto (2004) menggambarkan hubungan antara produksi tanaman dan pendapatan pekebun dengan konservasi untuk mencegah degradasi tanah (Gambar 1). Jika tidak ada konservasi untuk mencegah degradasi maka pada awalnya produktivitas tanah dan pendapatan lebih tinggi namun terus mengalami penurunan seiring dengan makin lamanya tanah diusahakan sampai pada suatu saat tanah telah benar-benar rusak dan tidak memberikan pendapatan. Jika dilakukan tindakan konservasi untuk mencegah degradasi maka produktivitas dan pendapatan petani pada awalnya rendah tetapi akan terus meningkat sehingga tanah akan dapat dipakai secara lestari.

Tabel 1. Kriteria teknis kesesuaian lahan untuk kakao
Table 1. The criteria of cocoa land suitability

No.	Karakter	Kelas kesesuaian			
		S1	S2	S3	N
1.	Iklim :				
	- Curah hujan tahunan (mm)	1.500-2.000	1.250 -1.500 2.500-3.000	1.100 -1.250 3.000-4.000	< 1.100 > 4.000
	- Lama bulan kering (<60 mm/b1)	0-1	1-3	3-5 1-2	> 5 < 1
2.	Elevasi (m dpl) :				
	- Kakao mulia	0 – 600	600-700	700-800	> 800
	- Kakao lindak	0 – 300	300-450	450-600	> 600
3.	Kemiringan lahan (%)	0-8	8-15	15-45	> 45
4.	Sifat fisik tanah				
	- Kedalaman efektif (cm)	> 150	100-150	60-100	< 60
	- Tekstur	Lempung berpasir, Lempung berliat, Lempung berdebu, Lempung liat berdebu	Pasir berlempung, Liat berpasir, Liat berdebu	Liat	Pasir, liat berat
	- Batu di permukaan (%)	0	0-3	3-15	> 15
5.	Genangan			1-7 hari	> 7 hari
	- Klas drainase	Baik	Agak baik	Agak buruk Buruk Agak berlebihan	Berlebihan Sangat Buruk
6.	Sifat kimia tanah (0-30 cm)				
	- Ph	6,0-7,0	5,0-6,0 7,0-7,5	4,0-5,0 7,5-8,0	> 8,0 < 4,0
	- C-Organik (%)	2-5	1-2 5-10	0,5-1 10-15	< 0,5 > 15
	- KPK (me/100 g)	> 15	10-15	5-10	< 5
	- KB (%)	> 35	20-35	< 20	-
	- N (%)	> 0.21	0.1-0.2	< 0.1	-
	- P ₂ O ₅ tersedia (ppm)	> 16	10-15	< 10	-
	- Kdd (me %)	> 0.3	0.1-0.3	< 0.1	-
7.	Toksitas				
	- Salinitas (mm hos/cm)	< 1	1-3	3-4	> 4
	- Kejenuhan AI (%)	< 5	5-20	20-60	> 60

Sumber: Ditjenbun (2011)
Source : Ditjenbun (2011)



Gambar 1. Hubungan antara produksi/pendapatan dengan dan tanpa perlakuan konservasi
 (Sumber: De Graaf, 1996 *cited in* Pujiyanto, 2004)
Figure 1. The relation between production/income with and without conservation attempt
 (Source: De Graaf, 1996 *cited in* Pujiyanto, 2004)

Secara umum, manipulasi kimia, fisik, dan biologi perlu dilakukan secara simultan untuk memperbaiki tanah terdegradasi karena degradasi biasanya terjadi terhadap ketiga sifat tersebut. Erosi ditengarai merupakan penyebab utama degradasi tanah di perkebunan kakao di Indonesia, utamanya pada areal yang kemiringannya cukup besar. Selain erosi, penurunan kadar bahan organik tanah dan kehilangan hara dari daerah perakaran diduga turut berperan dalam degradasi tanah di perkebunan kakao (Pujiyanto, 2004). Hasil penelitian Pujiyanto, Wibawa, & Winaryo (1996) menunjukkan bahwa erosi di kebun kopi pada lahan dengan kemiringan 31% mencapai 26 ton/ha pada TBM I dan 18 ton/ha pada TBM II.

Pengaruh merusak air hujan terjadi pada periode persiapan lahan dan periode tanaman belum menghasilkan, setelah tanaman dewasa penutupan tajuk cukup baik sehingga pengaruh merusak air hujan menjadi berkurang. Namun demikian erosi masih terjadi pada lahan dengan kemiringan > 15%. Menurut Suripin (2002) *cited in* Syofyan (2010), sebagian besar belahan bumi mengalami degradasi akibat erosi dan salinasi (penggaraman) pada tingkat yang mengkhawatirkan. Berdasarkan data tahun 1984, dilaporkan bahwa dengan laju kehilangan tanah dibiarkan seperti saat ini (20-40 ton/ha/tahun), lapisan tanah atas yang ada saat ini akan habis dalam jangka waktu 150 tahun. Hal ini menempatkan erosi tanah merupakan salah satu masalah lingkungan yang paling serius di seluruh belahan bumi saat ini. Terjadinya perubahan pola penggunaan lahan dari hutan menjadi lahan kakao dapat meningkatkan bahaya erosi, hal ini disebabkan karena terjadi perubahan vegetasi penutup tanah (*cover crop*) dari tanaman hutan yang memiliki faktor C yang lebih besar menjadi tanaman kakao yang memiliki faktor C yang lebih sedikit.

Degradasi tanah juga terjadi karena menurunnya kadar bahan organik dan berkurangnya unsur hara melalui panen dan pencucian. Hasil penelitian Pujiyanto (1996) menunjukkan bahwa hampir seluruh tanah perkebunan kakao di Jawa Timur memiliki kandungan bahan organik rendah (kadar C-organik < 2%). Rendahnya kadar bahan organik tanah tersebut disebabkan oksidasi biologi (dekomposisi) bahan organik di daerah tropis yang relatif sangat cepat. Laju dekomposisi bahan organik tanah di daerah tropis jauh lebih cepat dibandingkan di daerah beriklim sedang karena suhu dan kelembaban lebih sesuai untuk perkembangan organisme dekomposer (Verstrate, 1989 *cited in* Pujiyanto, 2004). Penurunan kadar bahan organik tanah di kebun kakao yang diberi tambahan bahan organik selama 6 bulan menunjukkan bahwa kadar bahan organik mengalami penurunan dari 2,74% (1,59% C-organik) menurun sebesar 11% menjadi 2,44% (1,42 C-organik) (Pujiyanto *et al.*, 2003a). Dampak menurunnya kadar bahan organik terhadap memburuknya sifat-sifat tanah adalah sangat signifikan, antara lain menurunnya kapasitas tanah dalam memegang air dan hara, memburuknya aerasi, pemadatan tanah sehingga penetrasi akar menjadi

lebih sulit, serta menurunnya jumlah maupun aktivitas organisme di dalam tanah.

Kehilangan unsur hara dari daerah perakaran berlangsung melalui panen, pencucian (*leaching*), dan denitrifikasi. Pengurusan unsur-unsur hara melalui ketiga proses tersebut menyebabkan masukan yang diperlakukan untuk mempertahankan produktivitas lahan menjadi semakin besar. Dengan demikian diperlukan teknologi berkelanjutan yang berdampak positif, baik terhadap peningkatan pendapatan petani maupun peningkatan kualitas lahan. Teknologi tersebut harus berpegang pada prinsip-prinsip budidaya yang baik dan ramah lingkungan.

INOVASI TEKNOLOGI UNTUK MENGURANGI DEGRADASI LAHAN

Untuk mengeliminir degradasi lahan pada pertanaman kakao, diperlukan inovasi teknologi budidaya sehingga produksi dan pendapatan usahatani kakao dapat diperoleh secara berkelanjutan meliputi: pengelolaan tanaman penanang, teknik mengatasi erosi pada lahan miring, penerapan polatanam, penambahan bahan organik, penggunaan tanaman penutup tanah, dan penggunaan pupuk hayati.

Pengelolaan Tanaman Penanang

Pada habitat asalnya, tanaman kakao tumbuh di bawah naungan hutan hujan tropis di dataran sungai amazon di Amerika (Alvin, 1977 *cited in* Rahardjo, 2007). Merujuk pada habitat asalnya maka dalam budidaya kakao agar berhasil dengan baik kondisi iklim mikro demikian harus diadopsi dalam pengelolaan lahan dan pertanaman kakao di perkebunan kakao. Tanaman kakao menghendaki panas matahari dengan intensitas 30-50% cahaya langsung (PPKKI, 1998 *cited in* Erwiyono, 2007). Berpegang pada kondisi habitat yang optimum dibutuhkan oleh tanaman kakao maka pengelolaan penanang merupakan kegiatan yang penting untuk dilaksanakan dalam budidaya kakao (Gambar 2). Penyinaran matahari penuh secara berlebihan dapat menjadi kendala pertumbuhannya karena iklim mikro (suhu dan kelembaban) kurang kondusif bagi pertumbuhan yang optimal. Oleh karena itu, kurang atau tidak adanya penanang dalam budidaya kakao dapat menjadi masalah serius terkait tidak optimalnya kondisi iklim mikro yang dibutuhkan tanaman kakao.

Mengatasi Erosi pada Lahan Miring

Kemiringan lahan menjadi pembatas jika budidaya dilakukan pada wilayah dengan topografi bergelombang hingga bergunung. Padahal budidaya tanaman kakao yang efisien mensyaratkan bahwa kemiringan lahan tidak boleh melebihi 45% (PPKKI, 1998; PPKKI, 2004) karena pada lahan dengan kemiringan lahan > 45% di samping pengelolaan lahan dan pertanaman tidak efisien dan produktivitas tanaman sangat rendah, juga potensi kerusakan lahan oleh erosi sangat besar (Erwiyono, Wibawa, Pujiyanto, & Baon, 2006).



Gambar 2. Tanaman kelapa sebagai salah satu jenis tanaman penayang kakao
Figure 2. Coconut tree as one type of shading plants in cocoa plantation

Menurut Kartasapoetra & Sutedjo (1994) *cited in* Syofyan (2010), pengelolaan yang salah pada tanah akan mengakibatkan partikel-partikel atau bagian-bagian tanah baik karena pengaruh air hujan ataupun angin, secara langsung akan cepat berpindah sampai pada penghilangan elemen-elemen tanah tersebut. Erosi adalah proses terkikisnya butir-butir tanah, kemudian dengan adanya aliran air, butir-butir tanah terangkut setelah aliran air tidak mampu lagi mengangkut butir-butir tanah maka tanah tersebut akan diendapkan dan pengendapan ini akan terjadi pada daerah yang lebih rendah (Wudianto, 1988 *cited in* Barus, 2010).

Salah satu teknik yang digunakan dalam mengatasi erosi akibat kemiringan lahan adalah pembuatan teras. Teras merupakan salah satu kegiatan konservasi tanah dan air yang dibuat untuk mengendalikan atau mencegah erosi, efektivitasnya tergantung dari macam teras yang dibuat, kepekaan tanah terhadap erosi, dan faktor pengelolaan lahan dan pertanian yang lain. Dalam budidaya tanaman dikenal tiga macam bentuk teras, yakni teras bangku, teras gulud, dan teras individu. Macam atau bentuk teras yang dipilih disesuaikan dengan kemiringan lahan, kedalaman efektif tanah, kepekaan tanah terhadap erosi, dan mudah tidaknya tanah longsor. Teras bangku hanya dapat dibuat pada lahan-lahan yang memiliki kedalaman efektif tanah relatif dalam, tanah tidak mudah longsor, dan lapisan tanah bawah tidak mengandung unsur-unsur yang dapat meracuni tanaman kakao atau kopi. Teras gulud hanya dapat dibuat pada lahan-lahan yang tidak terlalu miring, dan satu-satunya teras yang dapat dibuat pada lahan dengan kedalaman efektif relatif tidak dalam. Teras individu dapat dibuat pada lahan-lahan relatif miring, dan satu-satunya teras yang dapat dibuat pada lahan dengan kemiringan lahan $> 45\%$.

Penerapan Polatanam

Polatanam sebagai solusi konservasi merupakan sistem pengaturan waktu tanam dan jenis tanaman sesuai dengan iklim, kesesuaian tanah dengan jenis tanaman, luas lahan, ketersediaan tenaga, modal, dan pemasaran. Polatanam berfungsi meningkatkan intensitas penutupan tanah dan mengurangi terjadinya erosi yang disebabkan oleh budidaya tanaman yang diusahakan oleh petani. Dengan demikian perlu dilakukan pemilihan polatanam yang tepat dapat meningkatkan keuntungan bagi petani dan meningkatkan penutupan tanah sehingga erosi dapat dikurangi.

Menurut Subagyo, Marwanto, & Kurnia (2003) salah satu bagian dari sistem polatanam pada tanaman pangan adalah pertanaman majemuk. Pertanaman majemuk merupakan sistem dimana satu bidang olah ditanami lebih dari satu jenis tanaman pangan. Misalnya dalam satu bidang olah, ditanami sekaligus tanaman jagung, padi gogo, mukuna (bunguk), dan kedelai. Sistem ini bertujuan mempertinggi intensitas penggunaan lahan, dan dapat mengurangi risiko gagal panen untuk salah satu tanaman, meningkatkan nilai tambah bagi petani dan juga termasuk tindakan pengendalian hama dan pengendalian erosi.

Menurut Nurmi, Haridjaja, Arsyad, & Yahya (2009) pengelolaan tanaman kakao yang berbasis konservasi dilakukan dengan penanaman tanaman padi gogo dan kedelai secara berurutan di antara tanaman kakao yang disertai dengan strip tanaman sebagai penghambat aliran permukaan (strip tanaman *Arachis pinto*). Selain untuk peningkatan produktivitas dan pendapatan petani sebelum tanaman kakao berproduksi, sistem yang memasukkan tanaman semusim sebagai tanaman sela dan *A. pinto* sebagai tanaman strip juga dapat mempengaruhi produktivitas tanaman kakao dalam jangka panjang. Hal ini disebabkan oleh perbaikan sifat fisik tanah dengan

penutupan tajuk dan sumbangan bahan organik tinggi yang bersumber dari pemangkasan tanaman kakao dan *A. pinto* serta sisa panen tanaman semusim.

Efek positif penanaman tanaman semusim pada pola tanaman kakao muda (sebelum kanopi kakao saling menutup) dapat meningkatkan kehilangan tanah akibat erosi terutama pada saat persiapan lahan. Hasil penelitian Abdurachman, Barus, Kurnia, & Sudirman (1985) menunjukkan bahwa laju erosi mencapai 14-15 mm/th pada tanah Alfisol berlereng 9-10% yang ditanami tanaman pangan semusim, sedangkan pada tanah Ultisol berlereng 14%, laju erosi mencapai 4,6 mm/th walaupun sisa tanaman berupa jerami padi dan jagung dikembalikan sebagai mulsa. Oleh karena itu, diperlukan suatu upaya yang dapat mensinkronkan antara kepentingan ekonomi dan kepentingan ekologi. Dengan upaya ini diharapkan penanaman tanaman semusim sebagai sumber pendapatan petani sebelum kakao berproduksi tetap dilakukan dan erosi yang terjadi juga dapat ditekan sampai sama dengan atau di bawah nilai erosi yang diperbolehkan (*tolerable soil loss*/TSL) sehingga lapisan atas tanah yang memiliki sifat fisik yang lebih baik daripada lapisan di bawahnya tetap dapat terpelihara.

Menurut Prawoto dan Sholeh (2006) tanaman nilam sebagai tanaman sela kakao tidak memberikan pengaruh negatif terhadap pertumbuhan kakao, sebaliknya justru meningkatkan pertumbuhan kakao. Peningkatan dosis pemupukan pada nilam juga berpengaruh positif pada peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman kakao tanaman nilam merupakan tumbuhan semak herba semusim dengan tinggi antara 0,30-1,30 m, berakar serabut, batang berkayu, dengan radius cabang 60 cm (Suyono, 2004). Dengan morfologi seperti ini, tanaman kakao tidak mengalami halangan dalam menyerap unsur hara dan sinar matahari karena tinggi tanaman nilam lebih pendek demikian juga dengan perakarannya. Tajuk tanaman nilam yang menutup rapat juga membantu terjaganya kadar lengas tanah dan mengurangi tumbuhnya gulma. Sebagian air dan unsur hara yang diberikan pada tanaman nilam juga diserap oleh akar kakao sehingga pertumbuhannya lebih terpacu dibandingkan kakao kontrol (Prawoto & Sholeh, 2006).

Teknik konservasi sangat penting untuk menampung kelebihan air pada musim hujan untuk dapat dimanfaatkan pada musim kemarau. Konservasi air tidak hanya ditujukan untuk mengefektifkan pemanfaatan air, tetapi juga sebagai upaya untuk mencegah daya rusak air terhadap lahan dan lingkungan. Hasil penelitian Pujiyanto, Wibawa, & Winaryo (1996) menunjukkan bahwa penggunaan tanaman pagar *Vetiveria leucocephala* dapat menekan laju erosi tanah dibanding tanpa tanaman penguat teras, yaitu berturut turut sebesar 1,34 dan 21,78 t/ha/th. Sistem usahatani konservasi pada prinsipnya mengutamakan keberhasilan budidaya secara berkelanjutan. Salah satu teknik konservasi yang murah dan mudah dilaksanakan oleh petani adalah sistem budidaya lorong (*alley cropping*). Sistem ini

pada dasarnya adalah menanam tanaman tahunan dengan jarak tanam rapat di dalam barisan dan renggang antar barisan sehingga akan terbentuk lorong untuk penanaman tanaman semusim.

Tanaman pagar/sabuk umumnya berupa tanaman berumur panjang. Salah satu jenis tanaman atsiri yang berumur panjang dan panenannya relatif singkat, yaitu serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.). Serai wangi termasuk famili gramineae/rumput-rumputan dengan teknik perbanyakan secara vegetatif. Pada umur 3 tahun tanaman serai wangi sudah memiliki jumlah anakan sekitar 45-60 batang/rumpun, dan waktu panen awal pada umur 6 bulan sesudah tanam, dan panen berikutnya dilakukan sekali setiap 3 bulan (Kusuma & Masri, 2004). Tanaman serai wangi sangat berpeluang sebagai komoditas yang bernilai ganda di lahan kritis karena di samping dapat mengkonservasi lahan juga bernilai ekonomis sebagai bahan baku untuk menghasilkan minyak serai wangi (Zainal, Kusuma, Ramadhan, & Alloreng, 2004).

Kriteria yang dipakai sebagai dasar pertimbangan dalam sistem budidaya lorong adalah kemiringan lahan, kedalaman solum, dan kepekaan tanah terhadap erosi. Teknologi konservasi dalam penetapan ukuran lebar lorong pada kemiringan lahan <15% dimana ukuran lebar lorong dalam pemanfaatan tanaman semusim (tegakan rendah) yang relatif besar dengan luasan 70-75%, dan luasan untuk tanaman tahunan (tegakan tinggi/kekayuan) lebih kurang 20-25%. Untuk pengaturan jumlah tanaman berdasarkan atas perhitungan luas kanopi tanaman saat pertumbuhan optimal pada kemiringan lahan >15% (Yustika, Boer, Handoko, Las, & Fagi, 1996).

Penambahan Bahan Organik

Pupuk organik adalah pupuk yang berasal dari sisa-sisa organisme hidup. Pupuk organik yang sering digunakan adalah pupuk kandang (Gambar 3) dan kompos. Keuntungan yang diperoleh dengan memanfaatkan pupuk organik adalah memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah. Pupuk organik yang banyak digunakan umumnya berasal dari kotoran hewan, seperti sapi, domba, dan ayam (Sutanto, 2002). Kompos merupakan bahan organik mentah yang telah mengalami proses dekomposisi. Proses pengomposan memerlukan waktu panjang tergantung pada jenis biomasnya. Percepatan waktu pengomposan dapat ditempuh melalui kombinasi pencacahan bahan baku dan pemberian aktivator dekomposisi (Goenadi, 1997). Kompos bioaktif tandan kosong kelapa sawit yang telah matang diberikan ke tanaman kelapa sawit dengan cara dibenam dalam parit mampu secara langsung menghemat 50% dosis pupuk konvensional tanpa berpengaruh negatif terhadap produksi. Selain itu dapat mempercepat lama produksi tanaman kelapa sawit dari 30-32 bulan menjadi 22 bulan jika kompos tandan kelapa sawit diaplikasikan ke lubang tanam pada saat penanaman (Hermawan, Cikman, Rochmalia, & Goenadi, 1999).



Gambar 3. Pupuk kandang salah satu sumber bahan organik
Figure 3. Sheepdung as one source of organic material

Banyaknya produksi buah kakao mengakibatkan kulit kakao sebagai limbah perkebunan juga meningkat. Jenis limbah dibedakan menjadi limbah perkotaan, limbah rumah tangga dan limbah pertanian. Limbah pertanian meliputi semua hasil proses pertanian yang tidak dimanfaatkan atau belum memiliki nilai ekonomis. Salah satu cara untuk memanfaatkan limbah pertanian adalah dengan dijadikan kompos, seperti halnya dengan kulit buah kakao. Kulit buah kakao merupakan limbah pertanian yang belum banyak mendapat perhatian masyarakat atau perusahaan untuk dijadikan pupuk organik. Menurut Goenadi & Away (2004) kompos kulit buah kakao mempunyai pH 5,4; N total 1,30%; C-organik 33,71%; P_2O_5 0,186%; K_2O 5,5%; CaO 0,23%; dan MgO 0,59%. Dengan demikian peluang pemanfaatan limbah kakao menjadi pupuk organik sangat besar.

Jenis pupuk organik lain yang dewasa ini menjadi perhatian dalam bidang penelitian dan manfaatnya cukup tinggi adalah kotoran cacing tanah (bekas cacing = kascing). Kascing mengandung lebih banyak mikroorganisme, bahan organik, dan juga bahan anorganik dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman dibandingkan tanah itu sendiri. Selain itu, kascing mengandung enzim protease, amilase, lipase, selulase, dan chitinase, yang secara terus menerus mempengaruhi perombakan bahan organik sekalipun telah dikeluarkan dari tubuh cacing (Ghabbour, 1966 cited in Anas, 1990).

Penggunaan Tanaman Penutup Tanah

Salah satu cara konservasi lahan kakao yang paling populer adalah penggunaan tanaman penutup tanah (*cover crops*). Peranan tanaman penutup tanah dalam menekan laju erosi telah diketahui dengan baik. Tanaman penutup tanah juga efektif dalam memperbaiki sifat fisik tanah, terutama struktur tanah, juga cukup besar pula sumbangannya dalam memperkaya bahan-bahan organik tanah serta memperbesar porositas tanah (Kartasapoetra & Sutedjo, 2000).

Kendala penggunaan tanaman penutup tanah pada kebun kakao adalah sifat rambatan tanaman penutup tanah yang menghambat

pertumbuhan tanaman kakao karena tajuk tanaman kakao terbelit oleh tanaman penutup tanah. Di samping itu, kendala berupa kompetisi antara tanaman kakao dengan tanaman penutup tanah juga perlu dipertimbangkan, namun hasil-hasil penelitian yang diperoleh selama ini belum dapat menghasilkan kesimpulan yang jelas untuk kondisi pertanaman di lapangan (Erwiyono & Sugiyanto, 2001; Pujiyanto *et al.*, 2003b).

Salah satu pilihan tanaman penutup tanah untuk kebun kakao yang saat ini banyak diteliti adalah pemanfaatan tanaman *Arachis pinto*, yakni tanaman sejenis kacang-kacangan menjalar. Tanaman ini hanya menjalar di permukaan tanah dan tidak merambati tanaman utama, selain itu juga mampu bertahan di bawah naungan (Gambar 4). *A. pinto* dapat ditanam tunggal atau ditumpangserikan sebagai penahan erosi pada lahan miring, namun peranannya terhadap tanaman kakao belum diketahui benar. Beberapa penelitian *A. pinto* pada tanaman kakao telah dilakukan pada media yang terbatas (Erwiyono & Sugiyanto, 2001; Pujiyanto *et al.*, 2003a, 2003b). *A. pinto* sebagai tanaman penutup tanah rendah yang pola penyebarannya horizontal, memiliki biomassa cukup tinggi, yaitu antara 12-19 ton/ha per tahun bahan segar atau 3-6 ton/ha per tahun bahan kering. Hal ini secara fisik menguntungkan dibandingkan tanaman penutup lainnya. Tanaman ini mampu menghasilkan banyak bahan organik dan serasah yang berasal dari pelapukan daun dan batangnya (Kartasaputra & Sutedjo, 2000). Pertumbuhan *A. pinto* sangat pesat karena dalam tiga bulan pertama telah mampu menutup 100% permukaan tanah dan menghasilkan biomassa yang tinggi, yakni 3,75 ton bobot kering/ ha per tahun pada umur 14 minggu setelah tanam. Pertanaman *A. pinto* mudah dibangun secara stek langsung dan mempunyai karakter pertumbuhan yang mampu menutup permukaan dengan sempurna. Keuntungan lain dari *A. pinto* ialah bahwa walaupun tumbuh menjalar di permukaan tanah namun tidak tumbuh memilin pada tanaman pokok sehingga tidak memerlukan perawatan khusus untuk pemeliharaan *A. pinto* (Purba & Rahutomo, 2000; Evisal, 2003).



Gambar 4. *Arachis pinto* sebagai tanaman penutup tanah
Figure 4. *Arachis pinto* used as cover crops

A. pinto mempunyai kemampuan untuk mengikat nitrogen udara dengan bantuan bakteri rhizobium yang bersimbiose pada akarnya sehingga mengurangi persaingan antara tanaman *A. pinto* dengan tanaman pokok dalam penyerapan nitrogen tanah (Baon & Anugrina, 2006). Nitrogen yang diikat dari udara akan dilepaskan kembali ke dalam tanah dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman. Namun sering dijumpai populasi rhizobium di dalam tanah sangat rendah sehingga upaya inoculasi bakteri tersebut ke bibit ataupun benih tanaman kacang diperlukan agar tanaman penutup tanah secara langsung atau tanaman kakao secara tidak langsung dapat memperoleh manfaat dari simbiosis ini (Mafongoya *et al.*, 2004). Dalam proses fiksasi nitrogen, tingkat ketersediaan fosfor, kalsium, dan kalium dalam tanah mempengaruhi kelestarian rhizobium, aktivitas nitrogenase dan aktivitas enzim-enzim yang berhubungan dengan nitrogenase. O'Hara (2004) mengemukakan bahwa pertumbuhan bintil akar, aktivitas nitrogenase dan enzim-enzim pendukung nitrogenase responsif terhadap pemberian fosfor.

Berdasarkan penelitian Erwiyono & Sugiyanto (2004), *A. pinto* yang ditanam dalam media terbatas (pot) bersama bibit kakao dapat menekan pertumbuhan bibit tersebut secara nyata. Hal ini tampak dari penurunan diameter batang, tinggi tanaman maupun jumlah daun bibit kakao, yang menunjukkan tendensi persaingan antara bibit kakao dengan *A. pinto* dalam memperoleh makanan dari medianya yang merupakan lingkungan pertumbuhan terbatas. Hasil penelitian tersebut juga menunjukkan persaingan antara kakao dan *A. pinto* dalam memperoleh air tanah. Di lain pihak, hasil penelitian Pujiyanto *et al.* (2003b) dengan media terbatas tetapi berukuran besar, Baon & Pudjiono (2006) dengan media tidak terbatas (di lapangan) menunjukkan tidak adanya pengaruh negatif *A. pinto* terhadap tanaman

kakao, sedangkan tanaman penutup tanah *Calopogonium caeruleum* cenderung menekan pertumbuhan tanaman kakao muda.

Penggunaan Pupuk Hayati

Mikroba indigenous (asli alami) sebagai agen penyedia unsur hara yang dibutuhkan tanaman memiliki peranan yang sangat penting dalam bidang pertanian modern seiring dengan tuntutan sistem produksi ramah lingkungan. Pertanian modern dituntut untuk seminimal mungkin menggunakan bahan sintesis dalam penggunaan input produksi karena penggunaan bahan sintesis telah banyak menimbulkan dampak pencemaran dan kerusakan lingkungan serta menurunkan derajat kesehatan masyarakat. Sejak ditemukannya rhizobium sebagai agen penambat N, penelitian manfaat dan efektivitas mikroba lainnya, khususnya yang berasosiasi dengan perakaran tanaman (mikroba rhizosfir), maju pesat dan sangat diharapkan dapat menggantikan penggunaan input produksi, khususnya pupuk dan pestisida anorganik.

Mikoriza merupakan mikroba simbiotik yang banyak ditemukan di permukaan bumi, dengan mikoriza arbuskular (MA) sebagai tipe mikoriza yang paling sering dijumpai pada hampir semua ekosistem (Strack, Fester, Hause, Schieemann, & Walter, 2003). Keuntungan utama adanya MA bagi tanaman terutama dalam peningkatan serapan unsur P. Namun, unsur lain seperti N, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, dan Cu, dilaporkan juga dipengaruhi oleh MA (Clark & Zeto, 2000). Hal ini dimungkinkan sebagai konsekuensi kemampuan hifa dari MA yang mampu mengeksplor tanah dalam volume besar. Selain itu, asosiasi MA mampu melindungi dari gangguan beberapa penyakit (Vaast, Caswell-Chen, & Zasoski, 1998; Elsen, Baimy, Swennen, & De Waele, 2003). Lebih jauh, MA dilaporkan mampu memperbaiki struktur dan agregasi

tanah melalui pengaruh hifa atau eksudat glycoprotein (Rillig & Mummey, 2006). Meskipun dalam pertanian tradisional perannya dianggap sebagai agen hayati minor (Ryan & Graham 2002), tetapi asosiasi MA dianggap suatu komponen penting dalam bidang pertanian modern secara berkelanjutan (Jeffries & Barea, 2004).

Selain mikroba yang telah dikemukakan di atas, dikenal juga mikroba pelarut fosfat yang pemanfaatannya terutama untuk meningkatkan ketersediaan fosfat di tanah. Laju penyediaan P bagi tanaman bukan hanya ditentukan oleh reaksi fisiko-kimia, namun juga oleh reaksi enzim-enzim yang melibatkan mikroorganisme di dalam tanah. Masalah kekurangan P seringkali bukan karena kandungan P total yang rendah, namun karena perilaku P yang dihadapkan pada masalah adsorpsi, fiksasi, dan imobilisasi. Pada pH rendah, fosfat terlarut diikat oleh Fe, Al, dan Mn maupun hidroksida dari unsur-unsur tersebut. Pada pH tinggi, fiksasi P dilakukan oleh Ca membentuk senyawa yang sukar larut (Pujiyanto, 1991). Mikroba pelarut P mampu berperan melepaskan ikatan P tersebut dan menyediakannya bagi tanaman. Mikroba pelarut P (MPF) yang potensial memiliki kemampuan melarutkan unsur hara P antara lain *Bacillus* dan *Aspergillus*. Inokulasi MPF pada tanaman lada mampu meningkatkan berat biomassa dan serapan hara N, P, dan K (Herman, Sasmita, & Pranowo, 2012). Selanjutnya inokulasi MPF pada bibit kakao mampu meningkatkan serapan P hingga 3 kali pada bibit yang diberi pupuk NPK dibanding kontrol dan yang hanya diberi NPK saja, tanpa MPF, serapan hara P hanya 1,08 kali (Herman, Sasmita, Khaerati, Sakiroh, & Pranowo, 2012).

PENUTUP

Sebagai komoditas perkebunan yang mempunyai peran penting dengan laju pertumbuhan areal yang cukup pesat, penerapan budidaya kakao berwawasan konservasi menjadi hal yang perlu diprioritaskan. Syarat tumbuh tanaman yang sering diabaikan dan ancaman degradasi lahan yang semakin mendesak, telah mengancam keberlangsungan usahatani kakao. Oleh karena itu diperlukan inovasi teknologi budidaya yang meliputi pengelolaan tanaman penutup, teknik mengatasi erosi pada lahan miring, penerapan polatanam, penambahan bahan organik, penggunaan tanaman penutup tanah dan penggunaan pupuk hayati untuk mencegah terjadinya degradasi lahan perkebunan kakao sehingga keberhasilan usahatani kakao dapat dilakukan secara berkelanjutan.

Budidaya kakao berwawasan konservasi akan dapat menunjang bioindustri kakao nasional karena memiliki karakteristik sistem pertanian yang berkelanjutan dan ramah lingkungan dengan memanfaatkan semaksimal mungkin sumber-sumber lokal serta meminimalkan limbah pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., Barus, A., Kurnia, U., & Sudirman. (1985). Peranan polatanam dalam usaha pencegahan erosi pada lahan pertanian semusim. *Pem. Penelitian Tanah dan Pupuk*, 4, 41-46.
- Anas, I. 1990. *Metode penelitian cacing tanah dan nematoda*. Bogor: PAU-IPB.
- Baon, J.B., & Pudjiono, H. (2006). Intensitas penutup tanah *Arachis pintoi* dan inokulasi rhizobium serta penambahan fosfor dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kakao dan status hara di lapangan. *Pelita Perkebunan*, 22, 76-90.
- Baon, J. B., & Anugrina, Y. (2006). Kajian sifat kompetisi tanaman penutup tanah *Arachis pintoi* terhadap pertumbuhan tanaman kakao. *Pelita Perkebunan*, 22(3), 191-212.
- Barus, H.P. (2010). *Kajian tingkat bahaya erosi (TBE) pada penggunaan lahan tanaman agroforestry di sub DAS Lau Biang kawasan hulu DAS Wampu*. Retrieved from <http://www.researchgate.net/publication/44294316/>.
- Clark, R.B., & Zeto, S.K. (2000). Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition*, 23, 867-902.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2011). *Pedoman teknis praktek budidaya kakao yang baik*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Kakao, statistik perkebunan*. (p. 57). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Elsen, A., Baimey, H., Swennen, R., & De Waele, D. (2003). Relative mycorrhizal dependency and mycorrhiza-nematode interaction in banana cultivars (*Musa* spp.) differing in nematode susceptibility. *Plant and Soil*, 256, 303-313.
- Erwiyono, R., & Sugiyanto. (2004). Kompetisi antara bibit kakao dengan tanaman penutup tanah *Arachis pintoi*. *Pelita Perkebunan*, 17, 115-124.
- Erwiyono, R., Wibawa, A., Pujiyanto, & Baon, J.B. (2006). Peranan perkebunan kopi terhadap kelestarian lingkungan dan produksi kopi: Kasus di tanah Andosol. *Symposium penguatan agribisnis kopi melalui peningkatan mutu, diversifikasi produk dan perluasan pasar* (pp. 155-162). Surabaya, 2-3 Agustus 2006.
- Erwiyono, R. 2007). Penetapan penyebab kerusakan pertanaman kakao akibat musim kemarau. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 23(3), 131-141.
- Evisal, R. (2003). Pembibitan dan penanaman *Arachis pintoi* sebagai penutup tanah di perkebunan. *Jurnal Agrotropika*, 8, 1-5.

- Goenadi, D.H. (1997). *Kompos bioaktif dari tandan kosong kelapa sawit*. Kumpulan Makalah Pertemuan Teknis Biotek (pp. 18-27). Bogor: Perkebunan Untuk Praktek.
- Goenadi, D.H., & Away, Y. (2004). *Orgadek, aktivator pengomposan*. Bogor: Pengembangan Hasil Penelitian Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan Bogor.
- Hermawan, D., Cikman, Rochmalia, L., & Goenadi, D.H. (1999). Produksi kompos bioaktif TKKS dan efektifitasnya dalam mengurangi dosis pupuk kelapa sawit di PT Perkebunan Nusantara VIII. *Prosiding pertemuan teknis bioteknologi perkebunan untuk praktek*. Asosiasi Penelitian Perkebunan Indonesia, Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan.
- Herman, M., Sasmita, K.D., & Pranowo, D. (2012). Pemanfaatan mikroba rizosfer untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara pada tanaman lada. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(2), 143-150.
- Herman, M., Sasmita, K.D., Khaerati, Sakiroh, & Pranowo, D. (2012). *Pemanfaatan mikroba pelarut fosfat untuk meningkatkan efisiensi pemupukan kakao*. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Laporan teknis intern.
- Jeffries, P., & Barea, J.M. (2001). Arbuscular mycorrhiza: A key component of sustainable plant-soil ecosystems. In B. Hock (Ed), *The Mycota, Vol. IX: Fungal Associations* (pp. 95-113). Berlin: Springer-Verlag.
- Kartasaputra, G., & Sutedjo, M.M. (2000). *Teknologi konservasi tanah dan air*. PT Rineka Cipta, Jakarta.
- Mafongoya, P.L., Giller, K.E., Odee, D., Gathumbi, S., Ndufa, S.K., & Sitompul, S.M. (2004). Benefiting from N₂-fixation and managing rhizobia. In M. van Noorwijk, G. Cadish & C. Ong (Eds.), *Below-ground Interactions in tropical agroecosystems* (pp. 227-242). UK: CAB International, Oxfordshire.
- Nurmi, Haridjaja, O., Arsyad, S., & Yahya, S. (2009). Perubahan sifat fisik tanah sebagai respon perlakuan konservasi vegetatif pada pertanaman kakao. *Forum Pascasarjana*, 3(1), 21-31.
- O'Hara, G.W. (2001). Nutritional constraints on root nodule bacteria affecting symbiotic nitrogen fixation: A review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 41, 417-434.
- Prawoto, A.A., & Sholeh, P, N, M. (2006). Produksi Awal dan kajian ekonomis usahatani nilam Aceh (*Pogostemon cablin* Benth.) sebagai tanaman sela kakao muda. *Pelita Perkebunan*, 22(3), 168-190.
- Pujiyanto. (1991). Adsorpsi fosfat pada typic fragiudalfs asal kebun percobaan Kaliwining, Jember. *Pelita Perkebunan*, 1(2), 33-38.
- Pujiyanto. (1996). Status bahan organik tanah pada perkebunan kopi dan kakao di Jawa Timur. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 12, 115-119.
- Pujiyanto, Wibawa, A., & Winaryo. (1996). Pengaruh Teras dan Tanaman Penguat Teras Terhadap Erosi dan Sifat Fisik Tanah di Perkebunan Kopi. *Jurnal Penelitian Kopi dan Kakao*, 1(1), 24-32.
- Pujiyanto, Sudarsono, Rachim, A., Sabiham, S., Sastiono, A., & Baon, J.B. (2003a). Pengaruh bahan organik dan jenis tanaman penutup tanah terhadap bentuk bahan organik tanah, distribusi agregat dan pertumbuhan kakao. *Jurnal Tanah Tropika*, 9, 73-86.
- Pujiyanto, Sudarsono, Rachim, A., Sabiham, S., Sastiono, A., & Baon, J.B. (2003b). Pengaruh pemupukan nitrogen dan fosfor terhadap kompetisi antara bibit kakao dengan *arachis pinto* dan *Calopogonium caeruleum* dalam media terbatas. *Pelita Perkebunan*, 19, 17-27.
- Pujiyanto. (2004). Degradasi tanah dan keberlanjutan perkebunan kopi dan kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 20(1), 21-35.
- Purba, A., & Rahutomo, S. (2000). Introduksi kacang penutup tanah alternatif *Arachis pinto* pada areal kelapa sawit belum menghasilkan. *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit*, 8, 63-67.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (1998). *Pedoman teknis: Budidaya tanaman kopi (Coffea spp.)* (p. 96). Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2004). *Panduan lengkap budidaya kakao. Kiat mengatasi permasalahan praktis* (p. 328). Depok: PT. Agromedia Pustaka.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. (2010). *Buku pintar budidaya kakao* (p. 298). Depok: PT. Agromedia Pustaka.
- Rahardjo, P. (2007). Pengaruh lama penyimpanan entres terhadap penyambungan bibit kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 23(3), 142-148.
- Rillig, M.C., & Mummey, D. L. (2006). Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*, 171, 41-53.
- Ryan, M.H., & Graham, J. H. (2002). Is there a role for arbuscular mycorrhizal fungi in production agriculture?. *Plant and Soil*, 244, 263-271.

-
- Rubiyo, & Siswanto. (2012). Peningkatan produksi dan pengembangan kakao (*Theobroma cacao* L.) di Indonesia. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(1), 33-48.
- Strack, D., Fester, T., Hause, B., Schlieemann, W., & Walter, M.H. (2003). Arbuscular mycorrhiza: Biological, chemical, and molecular aspects. *Journal of Chemical Ecology*, 29, 1955–1979.
- Subagyono, K., Marwanto, S., & Kurnia, K. (2003). *Teknik konservasi tanah secara vegetatif*. Bogor: Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Sutanto, R. (2002). *Penerapan pertanian organik* (Pemasyarakatan dan Pengembangannya). Yogyakarta: Kanisius.
- Suyono, H. A. (2004). *Nilam: Tanaman nilam pencetak dolar*. Retrieved from www.IntisariOnline.com.
- Syofyan. (2010). *Kajian tingkat bahaya erosi (TBE) pada berbagai tipe penggunaan lahan di sub daerah aliran sungai lau biang* (Kawasan Hulu DAS Wampu). Retrieved from <http://repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/20126/6/Cover.pdf>.
- Vaast, P., Caswell-Chen, E.P., & Zasoki, R. J. (1998). Influences of a root-lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*, and two arbuscular mycorrhizal fungi (*Acaulospora mellea* and *Glomus clarum*) on coffee (*Coffea arabica* L.). *Biology and Fertility of Soils*, 26, 130–135.
- Yustika, S.B, Boer, R., Handoko, Las, I., & Fagi, A.M. (1996). Konsepsi dan teknologi konservasi air pada lahan kritis. *Prosiding Teknologi Konservasi Air Berwawasan Agribisnis Pada Ekosistem Wilayah Sumatera Barat* (pp. 33-49). Singkarak, 21-22 Desember 1995.
- Zainal, I, Daswir, Kusuma, Ramadhan, M., & Allorerung, D. (2004). *Pengembangan agribisnis seraiwangi berwawasan konservasi di Kota Sawahlunto, Sumatera Barat*. Laporan Akhir (pp. 24-26). Kerjasama Puslitbangbun dan Pemkot Sawahlunto.

PENGARUH LINGKUNGAN TERHADAP PRODUKSI DAN MUTU KAKAO

THE EFFECT OF ENVIRONMENT ON PRODUCTION AND QUALITY OF COCOA

Bambang Eka Tjahjana, Handi Supriadi, dan Dewi Nur Rokhmah

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

be_tjahjana@yahoo.com

ABSTRAK

Produktivitas tanaman kakao di Indonesia masih tergolong rendah. Hal ini disebabkan oleh kurang sesuainya lahan yang digunakan untuk penanaman kakao. Di samping itu, juga terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi produksi dan mutu kakao, yaitu genetik, budidaya, dan penanganan pascapanen, serta faktor lingkungan lainnya, yaitu lahan. Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap produksi dan mutu kakao adalah tanah dan iklim. Faktor tanah meliputi ketinggian tempat, topografi, drainase, jenis tanah, sifat fisik tanah, dan sifat kimia tanah, sedangkan faktor iklim antara lain curah hujan dan suhu. Dalam skala luas, faktor lingkungan ini sulit untuk dimodifikasi sehingga untuk menghindari risiko kerusakan dan kematian maka tanaman kakao dianjurkan ditanam pada lahan yang sesuai. Penanaman kakao dengan memperhatikan kesesuaian lahan juga dimaksudkan untuk meningkatkan produksi dan mutu kakao.

Kata kunci: Kakao, produksi, mutu, faktor lingkungan, kesesuaian lahan

ABSTRACT

Cocoa productivity in Indonesia is still relatively low. This is due to a lack of appropriate land that can be used for cocoa cultivation. Besides, there are also some factors that can affect the production and quality of cocoa, namely genetic, cultivation, post-harvest handling, and environmental factors (land). Environmental factors that affect the production and quality of cocoa are soil and climate. Soil factors include altitude, topography, drainage, soil type, soil physical properties, and chemical properties of the soil. Meanwhile, climate factors cover rainfall and temperature. In a broad scale, environmental factors would be hard to be modified, therefore to avoid the risk of death and damage on cacao crop, and should be planted on recommended land. Planting cacao on suitable land is also intended to improve the production and quality of cocoa.

Keywords: Cocoa, production, quality, environmental factors, land suitability

PENDAHULUAN

Masalah mutu dan rendahnya produktivitas tanaman kakao masih menjadi kendala utama dalam perkebunan nasional. Di Indonesia, produktivitas tanaman kakao masih sangat rendah; yaitu hanya sekitar 750 kg/hektar/tahun, sementara potensinya mencapai lebih dari 2 ton/hektar/tahun (Rubiyo, 2013). Selain itu biji kakao yang dihasilkan masih dicirikan dengan karakter citarasa yang lemah, kadar kotoran tinggi, serta banyak terkontaminasi oleh serangan jamur dan mikotoksin (Kementerian Perindustrian, 2007). Faktor lingkungan dan teknik budidaya sangat mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman kakao. Tanaman kakao dapat tumbuh dan berproduksi dengan baik apabila ditanam pada kondisi ekologis yang sesuai (Liyanda, Karim, & Abubakar, 2012).

Beberapa faktor diketahui cukup berpengaruh terhadap produksi dan mutu kakao, antara lain sifat genetik dari bahan tanam, cara budidaya, penanganan pascapanen, dan faktor lingkungan atau kesesuaian lahan. Hal ini karena hasil panen tanaman kakao baik secara kuantitas maupun kualitas sangat tergantung pada faktor-faktor pembatas dalam pertumbuhan dan produksinya. Faktor pembatas lingkungan dalam persyaratan tumbuh kakao sangat berhubungan dengan beberapa hal, yang pertama yaitu faktor tanah/lahan antara lain tinggi tempat, topografi,

drainase, jenis tanah, sifat fisik tanah, dan sifat kimia tanah. Faktor lingkungan kedua adalah iklim yang meliputi curah hujan dan suhu (Rubiyo & Siswanto, 2012). Hasil penelitian Susilo (2011) pada pertanaman kakao hibrida menunjukkan produksi biji per pohon ternyata memperlihatkan interaksi nyata antara tanaman kakao dan lingkungan. Penanaman kakao hibrida pada kondisi lingkungan tumbuh dan agroklimat yang sesuai akan memberikan produktivitas hasil secara optimum. Di samping itu, faktor curah hujan dan ketinggian tempat juga berperan penting dalam mempengaruhi tingkat produksi kakao.

Aspek lingkungan dan teknik budidaya juga sangat berpengaruh terhadap produktivitas tanaman kakao, sedangkan untuk kualitas bijinya lebih dipengaruhi oleh faktor iklim. Faktor iklim yang paling berperan dalam menentukan kualitas buah yang dihasilkan adalah curah hujan. Pada musim hujan, buah kakao dapat menghasilkan biji dengan ukuran lebih besar dibandingkan buah kakao yang berkembang di musim kering (Wahyudi, Panggabean, & Pujiyanto, 2008).

Agar potensi genetik tanaman kakao yang dibudidayakan mampu terekspresikan dengan baik maka lahan yang diusahakan harus sesuai (Prawoto, Zainunnuroni, & Slameto, 2005). Karakter utama lahan seperti ketinggian tempat, jenis tanah, tekstur tanah, dan lain sebagainya yang pada umumnya sukar dimodifikasi dalam skala luas di lapangan

(Herniwati & Kadir, 2009). Oleh karena itu, untuk menghindari risiko kerusakan dan kematian tanaman maka penanaman harus dilakukan pada lahan yang sesuai untuk pertumbuhan dan produksinya (Supriadi, Rusli, & Heryana., 2012). Liyanda *et al.*, (2012) menyebutkan karakteristik lahan secara umum disebut sebagai karakteristik yang mengendalikan produksi dan kadar lemak kakao.

Peningkatan produksi dalam rangka pengembangan tanaman kakao perlu diikuti dengan peningkatan mutu bijinya (Tim Tanaman Perkebunan Besar, 2005). Terdapat dua pengertian yang dapat menggambarkan mutu biji kakao, yaitu pengertian dalam arti sempit dan luas. Mutu biji kakao dalam arti sempit berarti berkaitan dengan citarasa (*flavour*), sementara mutu biji kakao dalam arti luas meliputi beberapa aspek yang menentukan harga jual dan tingkat penerimaan konsumen terhadap biji kakao (Arief & Asnawi, 2014).

Menurut Kusumadati, Sutardi, & Kartika (2002), mutu kakao meliputi keseragaman bentuk, ukuran, berat biji, persentase kulit, kandungan lemak, serta rasa yang menyimpang (*off flavor*). Untuk mendapatkan mutu biji kakao yang baik maka harus memperhatikan saat pemanenan yang tepat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Departemen Pertanian (2004) yang menyebutkan bahwa pemanenan buah kakao harus dilakukan ketika buah tepat masak, yaitu ketika alur buah berwarna kekuningan untuk buah yang warna kulitnya merah, atau berwarna jingga untuk buah yang warna kulitnya hijau. Buah yang tepat masak memiliki kondisi

fisiologis optimal dalam pembentukan senyawa penyusun lemak pada biji.

Bagi industri makanan dan minuman coklat, mutu biji kakao menjadi persyaratan utama yang harus dipenuhi. Persyaratan mutu yang diatur dalam perdagangan meliputi karakteristik fisik dan tingkat pencemaran atau kebersihan. Karakter fisik menjadi persyaratan utama sebab menyangkut rendemen lemak yang akan dinikmati konsumen. Diketahui bahwa lemak kakao merupakan komponen dalam biji kakao yang akan menentukan kualitas produk akhir (Sudjarmoko, 2013).

Kadar lemak kakao ditentukan oleh jenis bahan tanaman yang digunakan dan faktor musim. Pada umumnya biji kakao yang berasal dari pembuahan di musim hujan umumnya mempunyai kadar lemak lebih tinggi dibandingkan musim kering. Komponen pembentuk lemak dan komposisi asam lemak dipengaruhi oleh ketinggian tempat wilayah penanaman dari kakao (Lipp & Enklam, 1998).

PENGEMBANGAN TANAMAN KAKAO

Asal Usul Tanaman Kakao

Kakao sebagian besar tumbuh di daerah tropis Amerika Tengah dan Selatan, Asia dan Afrika (Marita, Nienhuis, Pires, & Aitken, 2001). Kakao terdiri dari tiga kelompok utama bernama Criollo, Forastero, dan Trinitario, yang berbeda satu sama lain sesuai dengan karakteristik morfologi, genetik dan asal-usul geografis.

Tabel 1. Luas areal tanaman kakao di Indonesia tahun 2012-2013

Table 1. *Cacao plantation area in Indonesia in 2012-2013*

No	Provinsi	Luas areal (ha)		No	Provinsi	Luas areal (ha)	
		2012	2013			2012	2013
1	Aceh	103.104	107.399	1	Kalimantan Barat	12.480	13.005
2	Sumatera Utara	80.493	83.831	2	Kalimantan Tengah	930	967
3	Sumatera Barat	137.299	143.058	3	Kalimantan Selatan	680	709
4	Riau	8.075	8.432	4	Kalimantan Timur	23.502	24.550
5	Kepulauan Riau	3	3	WILAYAH KALIMANTAN		37.592	39.231
6	Jambi	2.040	2.129	1	Sulawesi Utara	17.548	18.296
7	Sumatera Selatan	11.664	12.161	2	Gorontalo	17.512	18.214
8	Kep. Bangka Belitung	753	784	3	Sulawesi Tengah	284.796	297.572
9	Bengkulu	13.650	14.251	4	Sulawesi Selatan	269.628	282.071
10	Lampung	65.697	68.548	5	Sulawesi Barat	172.768	180.585
WILAYAH SUMATERA		422.777	440.596	6	Sulawesi Tenggara	253.519	264.954
1	Jawa Barat	11.384	11.890	WILAYAH SULAWESI		1.015.771	1.061.692
2	Banten	9.183	9.585	1	Maluku	39.155	40.915
3	Jawa Tengah	8.006	8.345	2	Maluku Utara	33.710	35.196
4	D.I. Yogyakarta	4.990	5.211	3	Papua	32.892	34.354
5	Jawa Timur	63.040	65.769	4	Papua Barat	15.822	16.542
WILAYAH JAWA		96.604	100.800	WILAYAH MALUKU & PAPUA		121.578	127.008
1	Bali	14.921	15.587	INDONESIA		1.774.463	1.852.944
2	Nusa Tenggara Barat	7.503	7.827				
3	Nusa Tenggara Timur	57.717	60.203				
WILAYAH NUSA TENGGARA & BALI		80.141	83.617				

Sumber/*Source*: Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun] (2013)

Kakao varietas Criollo pertumbuhannya kurang kuat, daya hasil lebih rendah dibandingkan Forastero, dan relatif mudah terserang hama dan penyakit. Kadar lemak dalam biji lebih rendah daripada Forastero, tapi ukuran bijinya lebih besar, bentuknya lebih bulat, dan memberikan citarasa khas yang baik. Lama fermentasi bijinya lebih singkat dibandingkan varietas Forastero. Kelompok kakao Trinitario merupakan hibrida Criollo dengan Forastero. Sifat morfologi dan fisiologinya sangat beragam, demikian juga dengan daya dan mutu hasilnya (Bartley, 2005).

Tanaman kakao di Indonesia diintroduksi dari Amerika sejak abad ke-16. Berbagai varietas yang dikembangkan merupakan hibrida antar berbagai klon. Garis keturunan yang berasal dari tipe Forestero menghasilkan klon-klon kakao lindak (*bulk cocoa*), sedangkan yang berasal dari tipe Trinitario dan Criollo menghasilkan klon-klon kakao mulia (*fine/edel cocoa*) (Susilo, Zhang, Motilal, Mischake, & Meindhardt, 2014). Namun tipe kakao yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia saat ini adalah kakao lindak (Wahyudi *et al.*, 2008).

Wilayah Pengembangan Kakao di Indonesia

Habitat asli tanaman kakao adalah hutan tropis basah dan tumbuh di bawah naungan pohon-pohon tinggi tanaman hutan, curah hujan tinggi, suhu sepanjang tahun relatif sama, serta kelembaban tinggi yang relatif tetap. Di dalam teknik budidaya yang baik, sebagian sifat habitat asli kakao masih dipertahankan, yaitu dengan pemberian naungan (Puslitbangbun, 2010).

Di Indonesia, areal pengembangan tanaman kakao tersebar di wilayah Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara dan Bali, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, dan Papua. Total area pengembangan kakao di Indonesia pada tahun 2012 seluas 1.774.463 ha dan pada tahun 2013 meningkat menjadi 1.852.944 ha (Tabel 1), yang pengelolaannya dilakukan oleh perkebunan rakyat, perkebunan negara, maupun perkebunan swasta.

EKOFISIOLOGI KAKAO

Ekofisiologi tanaman kakao merupakan respon fisiologi tanaman kakao terhadap lingkungan. Faktor lingkungan sangat mempengaruhi fisiologi tanaman kakao dan akan berimbas pada pertumbuhan serta produksi tanaman kakao.

Persyaratan Tumbuh Tanaman Kakao

Curah hujan yang ideal bagi pertumbuhan kakao adalah 1.500-2.500 mm/tahun (Wibawa & Baon, 2008), dengan distribusi hujan merata sepanjang tahun. Curah hujan di atas 4500 mm/tahun kurang baik untuk tanaman kakao karena mengakibatkan kelembaban tinggi sehingga dapat memicu perkembangan penyakit busuk buah kakao. Temperatur optimum bagi pertumbuhan kakao adalah 30-32 °C (Rubiyo & Siswanto, 2012). Pengaruh temperatur terhadap pertumbuhan kakao erat kaitannya dengan ketersediaan air, sinar matahari, dan kelembaban (Safuan, Kandari, & Natsir, 2013). Tanaman kakao membutuhkan penyinaran matahari

tidak berlebihan, suhu relatif tidak tinggi, serta kebutuhan air tanaman yang relatif tercukupi sepanjang tahun untuk dapat tumbuh dengan baik (Erwiyono, 2007). Penyinaran optimal bagi tanaman kakao akan mempengaruhi proses fotosintesis dan aktivitas stomata (Nasaruddin, Musa, & Kuruseng, 2006).

Untuk menunjang pertumbuhannya, tanaman kakao menghendaki tanah yang subur dengan kedalaman efektif lebih dari 1,5 meter supaya akar tunggang tanaman dapat leluasa menembus tanah sehingga pertumbuhan akar dapat optimal. Tekstur tanah yang sesuai untuk tanaman kakao adalah lempung berliat, lempung liat berpasir, dan lempung berpasir. Tekstur tanah ini memiliki kemampuan menahan air tinggi dan memiliki sirkulasi udara yang baik (Liyanda *et al.*, 2012). Sifat kimia tanah yang harus dipenuhi adalah kadar bahan organik >3.5%, pH tanah 5.5-6.5, dan kadar unsur hara N, P, K, Ca, Mg cukup sampai tinggi. Komponen persyaratan tumbuh yang mutlak harus dipenuhi adalah sifat fisik tanah dan iklim, terutama curah hujan. Sementara komponen lain seperti sifat kimia tanah, topografi dan kemiringan secara teknis dapat diusahakan agar tidak berdampak negatif (Ditjenbun, 2014).

Tanaman kakao dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 0-600 m dpl dengan bulan kering (curah hujan < 60 mm/bulan) selama 1-3 bulan. Serta angin tidak berhembus terus-menerus dengan kecepatan angin maksimum 4 meter/detik. Kemiringan lereng sebaiknya < 8%, sedangkan untuk kemiringan antara 8-45% perlu dilakukan konservasi lahan (Ditjenbun, 2014).

Fisiologi Tanaman Kakao

Tanaman kakao merupakan tanaman yang sebagian besar menyerbuk silang sehingga dalam budidaya tanaman kakao diperlukan informasi mengenai periode pembungaan antar klon yang berbeda. Proses penyerbukan akan mempengaruhi proses pembuahan dan pada akhirnya mempengaruhi produksi buah yang dihasilkan (Anita-Sari & Susilo, 2013). Periode pembungaan dan intensitas pembungaan berperan dalam produktivitas tanaman kakao (Santoso, Samanhudi, & Chaidamsari, 2009). Pembungaan selain dipengaruhi oleh faktor internal tanaman juga dipengaruhi oleh faktor eksternal di antaranya naungan, suhu, distribusi hujan, serta kelembaban udara (Prawoto, 2008). Tanaman kakao bersifat kauliflori, artinya bunga tumbuh dan berkembang dari bekas ketiak daun pada batang dan cabang. Tanaman kakao diketahui mampu berbunga dan berbuah sepanjang tahun (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan [Puslitbangbun], 2010), namun produksinya setiap bulannya tidak sama, terdapat panen puncak pada bulan tertentu. Akan tetapi panen puncak di setiap wilayah penanaman kakao berbeda (Erwiyono, Sucahyo, Suyono, & Winarso, 2006).

Kakao merupakan tanaman C3 yang mampu berfotosintesis pada suhu rendah. Fotosintesis maksimum terjadi ketika tajuk menerima cahaya

sebesar 20% dari total pencahayaan penuh (Rubiyo & Siswanto, 2012). Tanaman kakao dilaporkan tidak menyukai panas matahari langsung dalam porsi berlebihan, melainkan hanya sekitar 30-50% cahaya langsung matahari (Erwiyono, 2007). Tanaman kakao mempunyai laju fotosintesis bersih yang rendah. Hal ini terjadi karena jumlah klorofil per sel palisade maupun sel bunga karang rendah, yaitu rata-rata hanya tiga buah klorofil (Prawoto, 2008). Sebagai tanaman C_3 , kakao memiliki laju fotorespirasi yang tinggi, yaitu 20-50% dari hasil total fotosintesis. Fotorespirasi ini akan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu. Upaya untuk menekan laju fotorespirasi dapat dilakukan dengan pemberian pohon penaung pada pertanaman kakao (Prawoto, 2008).

Tanaman Penaung

Tanaman kakao memerlukan tanaman penaung sebagai penunjang kebutuhan iklim mikro untuk menjaga keberlangsungan proses asimilasi secara efisien. Kurangnya penaung pada tanaman kakao dapat memicu kerusakan akibat kekeringan karena tingginya transpirasi tanaman kakao pada saat suplai air hujan berkurang (Erwiyono, 2007). Tanaman penaung berperan sebagai penyangga terhadap pengaruh buruk dari faktor lingkungan yang tidak dalam kondisi optimal, seperti kesuburan tanah rendah serta musim kemarau yang tegas dan panjang (Puslitbangun, 2010).

Tanaman penaung pada tanaman kakao akan mempengaruhi iklim mikro, terutama dalam hal penerimaan cahaya matahari, suhu, kelembaban udara, angin, dan struktur tanah. Naungan pada tanaman kakao ada yang bersifat sementara dan ada yang bersifat tetap. Penanaman tanaman penaung bertujuan mengatur intensitas penyinaran sesuai

dengan kebutuhan tanaman kakao (Nasaruddin *et al.*, 2006).

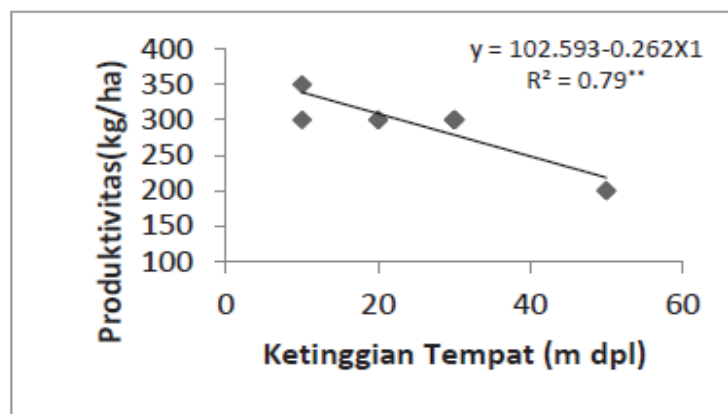
PENGARUH LINGKUNGAN TERHADAP PERTUMBUHAN, PRODUKSI, DAN MUTU KAKAO

Pertumbuhan dan produksi tanaman kakao dipengaruhi oleh aspek lingkungan. Aspek lingkungan yang berpengaruh antara lain topografi, hara tanah, iklim, dan sebagainya.

Tanah

Kualitas tanah menjadi faktor pembatas dalam pertumbuhan tanaman kakao dikarenakan berkurangnya hara mineral dan bahan organik dalam tanah. Bahan organik berpengaruh terhadap sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Upaya perbaikan ketiga sifat tanah tersebut dilakukan dengan penambahan bahan organik serta diimbangi dengan pemupukan anorganik (Sugiyanto, Baon, & Wijaya, 2008).

Faktor penentu kesuburan tanah dipengaruhi oleh sifat kimia tanah, yang meliputi pH, C-organik, KTK (kapasitas tukar kation), dan kandungan hara tanah. Anita-Sari & Susilo (2012) menyatakan bahwa pH tanah memiliki peranan penting dalam menjaga keseimbangan unsur hara dan kesuburan tanah. Kondisi terbaik bagi tanaman adalah apabila pH tanah dalam keadaan netral. Pada pH netral hampir semua unsur hara tersedia bagi tanaman sehingga dapat mendukung produksi yang optimal pada tanaman kakao. Penentu sifat kimia tanah lainnya adalah KTK dalam tanah, semakin tinggi nilai KTK maka semakin tinggi pula tingkat kesuburan tanah karena jumlah kation tersedia dan tertukar akan semakin banyak (Anita-Sari *et al.*, 2012).



Gambar 1. Grafik hubungan ketinggian tempat dengan produksi buah kakao (Sumber: Nofelman, Karim, & Anhar, 2012)

Figure 1. The graphic showed the relation between altitude and cocoa pod production (Source: Nofelman, Karim, & Anhar, 2012)

Selain faktor tanah, komponen lingkungan lainnya yang juga harus dipertimbangkan adalah ketinggian tempat. Hasil penelitian Liyanda *et al.*, (2012) menunjukkan ketinggian tempat mempunyai pengaruh terhadap produksi dan kadar lemak. Semakin tinggi tempat penanaman kakao suhu semakin rendah maka produksinya akan semakin rendah, namun sebaliknya semakin tinggi tempat penanaman kakao suhu semakin rendah sehingga semakin tinggi pula kadar lemak kakao yang dihasilkan. Tanaman kakao sangat rentan terhadap ketinggian tempat karena berkaitan dengan kondisi suhu. Hubungan antara ketinggian tempat dengan produktivitas kakao ditampilkan pada Gambar 1.

Alam, Saleh, & Hutomo (2010) juga menyebutkan ketinggian tempat berkorelasi dengan suhu, dan perbedaan suhu berpengaruh terhadap perubahan faktor iklim lainnya seperti curah hujan, kelembaban, intensitas sinar matahari, dan kecepatan angin. Hasil penelitian Alam *et al.* (2010) membuktikan buah kakao yang ditanam pada ketinggian 400-800 m dpl memiliki ukuran berat biji lebih besar. Hal ini dikarenakan pada ketinggian tersebut suhu memberikan pengaruh optimum dalam mendukung proses metabolisme biji kakao. Biji kakao dengan berat biji besar umumnya mengandung komponen kimia seperti karbohidrat, lemak, protein, mineral, serta komponen kimia lainnya dalam jumlah banyak.

Sama halnya dengan ketinggian tempat, lereng juga berkorelasi negatif dengan produksi, tetapi pengaruhnya tidak nyata terhadap kadar lemak. Semakin curam lereng maka produksi kakao akan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena semakin miring suatu lahan maka semakin besar volume air yang dapat mengalir di permukaan tanah sehingga dapat menimbulkan terjadinya erosi. Kondisi ini menyebabkan produktivitas tanah menjadi turun akibat semakin sedikit kandungan N dan unsur hara lainnya yang terdapat dalam tanah. Demikian juga sebaliknya, semakin rendah tingkat kemiringan lereng maka produktivitas tanah akan semakin baik karena kemungkinan terjadinya erosi dapat diperkecil (Liyanda *et al.*, 2012).

Hasil regresi antara karakteristik lahan dengan produksi menunjukkan hubungan nyata positif antara produksi dengan fraksi pasir, fraksi liat, pH, Na, dan salinitas, demikian halnya dengan hasil regresi antara karakteristik lahan dengan kadar lemak yang juga menunjukkan hubungan nyata positif antara kadar lemak dengan ketinggian tempat C organik, N total, P tersedia dan Ca (Liyanda *et al.*, 2012). Hasil penelitian Nofelman *et al.* (2012) juga menunjukkan produktivitas tanaman kakao akan semakin meningkat dengan semakin meningkatnya kedalaman efektif, tinggi kandungan C-organik, N-total, P-av, Na-dd, H-dd, KTK, kejenuhan basa, serta ketinggian tempat dan tingkat kecuraman lereng yang rendah. Hubungan karakteristik lahan dengan mutu kakao juga menunjukkan korelasi yang nyata, mutu buah kakao akan semakin baik apabila semakin dalam kedalaman efektif tanah, naiknya pH tanah, P-tersedia, dan KTK (Nofelman *et al.* 2012).

Iklim

Wibawa & Baon (2008) menyebutkan bahwa iklim merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan dan keberhasilan budidaya tanaman, termasuk tanaman kakao. Faktor iklim yang turut mempengaruhi pertumbuhan tanaman kakao antara lain suhu, curah hujan, kelembaban udara, angin, serta intensitas cahaya matahari. Alam *et al.*, (2010) menambahkan perubahan komponen iklim secara langsung akan berpengaruh terhadap aktivitas enzim pada proses metabolisme tanaman. Proses ini dapat diamati melalui pertumbuhan, kuantitas dan kualitas produksi tanaman, termasuk komponen fisik dan kimia biji kakao.

Faktor iklim terpenting dalam budidaya kakao adalah curah hujan. Curah hujan ini akan berpengaruh terhadap produksi kakao (Zuidema, Leffelaar, Gerritsma, Mommer, & Anten, 2005). Prihastanti (2011) menyebutkan tanaman kakao menghendaki sebaran hujan yang relatif merata sepanjang tahun, hal ini karena kekurangan air atau kekeringan dapat berpengaruh terhadap penurunan laju pertumbuhan dan perkembangan seperti laju perluasan daun serta penurunan ketersediaan hara di daerah perakaran sehingga dapat menurunkan produksi buah kakao. Selain itu Erwiyono, Prawoto, & Murdiyati (2012) juga melaporkan pada musim kemarau tanaman kakao biasanya akan menggugurkan daunnya sehingga mengakibatkan kemampuan fotosintesisnya menjadi berkurang. Di lain pihak Ajayi, Afolabi, Ogunbodede, & Sunday (2010) menyebutkan bahwa curah hujan yang berlebihan juga akan berdampak buruk terhadap produksi kakao. Curah hujan yang terlalu banyak akan mengurangi penyinaran sinar matahari, mengurangi pembungaan serta meningkatkan terjadinya penyakit busuk buah kakao (BBK) yang secara langsung dapat menurunkan produksi buahnya.

Hasil percobaan Susilo (2011) menunjukkan rata-rata produksi kakao di lokasi bertipe iklim basah lebih tinggi dibandingkan rata-rata produksi di lokasi bertipe iklim kering. Susilo, Mawardi, & Sudarsianto (2009) menyatakan potensi mutu fisik dan kadar lemak biji kakao dapat ditingkatkan dengan cara menanam kakao pada lokasi-lokasi bertipe iklim basah (A atau B menurut Schmidt & Ferguson). Dewi (2005) berdasarkan Schmidt & Ferguson, zona iklim A kondisi iklimnya sangat basah dengan jumlah bulan kering dalam 1 tahun < 1,5; dan zona iklim B kondisi iklim basah dengan bulan kering dalam 1 tahun sebanyak 1,5-3. Bulan kering adalah bulan yang jumlah hujannya kurang dari 60 mm, sedangkan bulan basah adalah bulan yang curah hujannya lebih besar dari 100 mm.

Komponen iklim lain yang juga berperan penting dalam pertumbuhan dan produksi tanaman kakao adalah suhu. Suhu yang terlalu rendah bisa menghambat pembentukan bunga dan perkembangan tanaman kakao, pada akhirnya berpengaruh terhadap produksinya (Liyanda *et al.*, 2012). Fungsi tanaman yang dipengaruhi oleh suhu di antaranya adalah pertumbuhan, pembelahan sel,

fotosintesis, dan respirasi (Alam *et al.*, 2010). Oleh karena itu, perbedaan suhu yang terdapat di wilayah pengembangan tanaman kakao akan berpengaruh terhadap hasil tanaman kakao itu sendiri.

PENENTUAN KESESUAIAN LAHAN TANAMAN KAKAO

Evaluasi kesesuaian lahan atau sering disebut evaluasi lahan, merupakan bagian dari proses perencanaan tataguna lahan dan salah satu kegiatannya adalah klasifikasi kesesuaian lahan. Pada prinsipnya klasifikasi kesesuaian lahan adalah membandingkan antara persyaratan tipe penggunaan lahan dengan kualitas yang dimiliki oleh lahan yang akan digunakan (Hardjowigeno & Widiatmaka, 2007). Klasifikasi kesesuaian lahan dapat dilakukan secara kualitatif, yaitu dengan menggunakan faktor pembatas yang ekstrim sebagai penentu kelas kesesuaian lahan (Liyanda *et al.*, 2012). Informasi kesesuaian lahan lokasi budidaya kakao sangat diperlukan untuk menjamin keberhasilan usaha perkebunan kakao di lokasi tersebut. Tingkat kesesuaian lahan untuk tanaman kakao akan sangat berpengaruh terhadap produktivitas kakao (Erwiyono, 2007).

Menurut Ditjenbun (2011), kelas kesesuaian lahan pada suatu wilayah dikelompokkan berdasarkan pada tipe penggunaan lahan, antara lain:

Kelas S1: Sangat sesuai (*highly suitable*)

Lahan dengan klasifikasi ini tidak mempunyai pembatas yang serius untuk menerapkan pengelolaan yang dibutuhkan atau hanya mempunyai pembatas yang tidak berarti dan tidak berpengaruh nyata terhadap produktivitas lahan serta tidak perlu meningkatkan masukan yang telah biasa diberikan.

Kelas S2: Sesuai (*moderately suitable*)

Lahan mempunyai pembatas yang agak serius untuk meningkatkan pengelolaan yang akan diterapkan. Faktor pembatas yang ada dapat mengurangi produktivitas lahan serta mengurangi keuntungan, oleh karena itu perlu meningkatkan masukan pada lahan.

Kelas S3: Sesuai marginal (*marginally suitable*)

Lahan mempunyai pembatas serius untuk mempertahankan tingkat pengelolaan. Tingkat masukan yang diperlukan melebihi kebutuhan lahan yang mempunyai tingkat kesesuaian S2, meskipun masih dalam batas kebutuhan normal.

Kelas N: Tidak sesuai (*not suitable*)

Lahan dengan faktor pembatas permanen sehingga mencegah segala kemungkinan pengembangan lahan untuk penggunaan

tertentu. Faktor pembatas ini tidak dapat dikoreksi dengan tingkat masukan normal.

Secara kuantitatif kriteria teknis kesesuaian lahan untuk tanaman kakao ditampilkan pada Tabel 2.

Nofelman *et al.* (2012) menyebutkan perbaikan atau input teknologi yang diberikan dapat meningkatkan kelas kesesuaian lahan aktual menjadi potensial sebesar satu kelas atau lebih, tergantung pada besarnya input teknologi dan faktor pembatas yang diperbaiki. Tingkat perbaikan yang dapat dilakukan terdiri dari beberapa jenis supaya perbaikan sesuai dengan asumsi yang ditetapkan, yaitu:

LI: Masukan rendah

Usaha perbaikan yang dapat dilakukan dengan modal rendah, umumnya dapat dilakukan oleh petani, seperti pemupukan sederhana.

MI: Masukan sedang

Usaha perbaikan yang sudah mulai membutuhkan modal dan tenaga kerja dalam jumlah tertentu. Usaha perbaikan ini dapat berupa pemupukan lengkap dan berimbang, pengadaan kapur, pemberian amelioran, dan lain-lain. Teknologi ini dapat dilakukan oleh petani dalam kondisi terbatas, selebihnya harus melibatkan keikutsertaan peran pemerintah dan pengusaha.

HI: Masukan tinggi

Usaha perbaikan hanya dengan modal besar dan tenaga kerja dalam jumlah tertentu, seperti pembuatan saluran drainase dan terasering. Asumsi teknologi ini hanya dapat dilakukan oleh pemerintah.

Lahan dapat dimanfaatkan secara optimal dan berkelanjutan apabila dilakukan perbaikan yang sesuai dengan faktor-faktor pembatas pada setiap kelas kesesuaian lahan. Cara yang perlu dilakukan dalam upaya perbaikan tersebut dengan memperhatikan karakteristik dan kualitas lahan. Sebagai contoh faktor pembatas drainase tanah dapat dilakukan perbaikan pada sistem drainase misalnya dengan pembuatan saluran drainase. Faktor pembatas pH tanah dapat diatasi dengan menambahkan kapur untuk mempertahankan atau meningkatkan pH tanah lapisan atas. Faktor pembatas KTK juga dapat diatasi dengan menambahkan kapur atau bahan organik. Faktor pembatas N-total dapat diatasi dengan pemberian pupuk nitrogen, sedangkan faktor pembatas erosi dan kemiringan dapat diatasi dengan usaha konservasi misalnya pembuatan terasering atau guludan dan penanaman tanaman penutup tanah (Jayanti, Goenadi, & Hadi, 2013).

Tabel 2. Kriteria teknis kesesuaian lahan untuk kakao
Table 2. Several criteria of land suitability in cocoa

No.	Karakter	Kelas kesesuaian			
		S1	S2	S3	N
1.	Iklim :				
	– Curah hujan tahunan (mm)	1.500-2.000	1.250 -1.500	1.100 -1.250	< 1.100
			2.500-3.000	3.000-4.000	> 4.000
	– Lama bulan kering (<60 mm/bln)	0-1	1-3	3-5	> 5
				1-2	< 1
2.	Elevasi (m dpl) :				
	- Kakao mulia	0 - 600	600-700	700-800	> 800
	- Kakao lindak	0 - 300	300-450	450-600	> 600
3.	Lereng (%)	0-8	8-15	15-45	> 45
4.	Sifat fisik tanah:				
	– Kedalaman efektif (cm)	> 150	100-150	60-100	< 60
	– Tekstur	Lempung berpasir, Lempung berliat, Lempung berdebu, Lempung lait berdebu	Pasir berlempung, Liat berpasir, Liat berdebu	Liat	Pasir, Liat berat
	– Batu di permukaan (%)	0	0-3	3-15	> 15
5.	Genangan :	-	-	1-7 hari	> 7 hari
	– Klas drainase	Baik	Agak baik	Agak Buruk	Berlebihan
				Buruk	Sangat buruk
				Agak berlebihann	
6.	Sifat kimia tanah (0-30 cm):				
	– pH	6,0-7,0	5,0-6,0	4,0-5,0	> 8,0
			7,0-7,5	7,5-8,0	< 4,0
	– C-Organik (%)	2-5	1-2	0,5-1	< 0,5
			5-10	10-15	> 15
	– Kapasitas Tukar Kation (KTK) (me/100 g)	> 15	10-15	5-10	< 5
	– Kejenuhan Basa (KB) (%)	> 35	20-35	< 20	-
	– N (%)	> 0.21	0.1-0.2	< 0.1	-
	– P ₂ O ₅ tersedia (ppm)	> 16	10-15	< 10	-
	– Kation dapat ditukar (Kdd) (me %)	> 0.3	0.1-0.3	< 0.1	-
7.	Toksitas:				
	– Salinitas (mm hos/cm)	< 1	1-3	3-4	> 4
	– Kejenuhan AI (%)	< 5	5-20	20-60	> 60

Sumber/*Source*: Ditjenbun (2011)

PENUTUP

Kondisi lahan atau faktor lingkungan berupa tanah dan iklim mempunyai peran yang sangat besar terhadap produksi dan mutu kakao. Oleh karena itu, tanaman kakao dianjurkan untuk ditanam pada lahan yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kakao. Penanaman kakao pada lahan yang sesuai akan berdampak pada produksi dan mutu kakao yang tinggi serta untuk menghindari risiko kerusakan dan kematian tanaman. Informasi kesesuaian lahan untuk tanaman kakao harus dijadikan pedoman utama dalam melaksanakan kegiatan pengembangan tanaman kakao pada suatu wilayah agar produktivitas dan mutu yang diharapkan tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- Ajayi, I. R., Afolabi, M. O., Ogunbodede, E. F., & Sunday, A. G. (2010). Modeling rainfall as a constraining factor for cocoa yield in Ondo State. *American Journal of Scientific and Industrial Research*, 1(2), 127-134.
- Alam, N., Saleh, M. S., & Hutomo, G. S. (2010). Karakteristik buah kakao yang dipanen pada berbagai ketinggian tempat tumbuh dan kelas kematangan. *J. Agroland*, 1(2), 123-130.
- Anita-Sari, I., & Susilo, A. W. (2012). Keberhasilan sambungan beberapa jenis batang atas dan batang bawah kakao (*Theobroma cacao* L.). *Pelita Perkebunan*, 2(2), 75-84.
- Anita-Sari, I., & Susilo, A. W. (2013). Stabilitas karakter pembungaan, pertunasan, dan potensi jumlah buah pada 21 klon kakao harapan koleksi Puslitkoka. *Pelita Perkebunan*, 2(2), 82-92.
- Arief, R. W. dan Asnawi, R. (2011). Karakterisasi sifat fisik dan kimia beberapa jenis biji kakao lindak di Lampung. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(3), 325-330.
- Bartley, B. G. D. (2005). *The genetic diversity of cacao and its utilization*. Wallingford: CABI Publishing.
- Departemen Pertanian. (2004). *Standard prosedur operasional kakao dan penanganan biji kakao di tingkat petani*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian.
- Dewi, N. K. (2005). Kesesuaian iklim terhadap pertumbuhan tanaman. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 1(2), 1-15.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Pedoman teknis praktek budidaya kakao yang baik*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Kakao: Statistik Perkebunan Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Erwiyono, R. (2007). Penetapan penyebab kerusakan pertanaman kakao akibat musim kemarau. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 23(3), 131-141.
- Erwiyono, R., Prawoto, A. A., & Murdiyati, A. S. (2012). Efisiensi resorpsi hara pada tanaman kakao di dataran rendah pada tanah aluvial. *Pelita Perkebunan*, 2(1), 32-44.
- Erwiyono, R., Sucahyo, A. G., Suyono, & Winarso, S. (2006). Keefektifan pemupukan kalium lewat daun terhadap pembungaan dan pembuahan tanaman kakao. *Pelita Perkebunan*, 2(1), 13-24.
- Hardjowigeno, S., & Widiatmaka. (2007). *Evaluasi kesesuaian lahan dan perencanaan tataguna lahan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Herniwati, & Kadir, S. (2009). Potensi iklim, sumber daya lahan dan pola tanam di Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Serealia* (pp. 218-224).
- Jayanti, D. S., Goenadi, S., & Hadi, P. (2013). Evaluasi kesesuaian lahan dan optimasi penggunaan lahan untuk pengembangan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) (Studi kasus di Kecamatan Batee dan Kecamatan Padang Tiji Kabupaten Pidie Propinsi Aceh). *Agritech*, 33(2), 208-218.
- Kementerian Perindustrian. (2007). *Gambaran sekilas industri kakao*. Retrieved from www.kemendag.go.id/PaketInformasi/Kakao/kakao.pdf
- Kusumadati, W., Sutardi, & Kartika, B. (2002). Kajian penggunaan berbagai metode pengeringan dan jenis mutu biji kakao lindak terhadap sifat-sifat kimia bubuk kakao. *Gama Sains*, 4(2), 102-111.
- Lipp, M., & Enklam, E. (1998). Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate part A. Composition data. *Food Chemistry*, 62, 73-97.
- Liyanda, M., Karim, A., & Abubakar, Y. (2012). Analisis kriteria kesesuaian lahan terhadap produksi kakao pada tiga klaster pengembangan di Kabupaten Pidie. *Jurnal Agrista*, 16(2), 62-79.
- Marita, J. M., Nienhuis, J., Pires, J. L., & Aitken, W. M. (2001). Analysis of genetic diversity in *Theobroma cacao* with emphasis on witches' broom disease resistance. *Crop. Sci.*, 41, 1305-16.
- Nasaruddin, Musa, Y., & Kuruseng, M. A. (2006). Aktivitas beberapa proses fisiologi tanaman kakao muda di lapangan pada berbagai naungan buatan. *Jurnal Agrisistem*, 12(1), 26-33.

- Nofelman, T., Karim A., & Anhar, A. (2012). Analisis kesesuaian lahan kakao di Kabupaten Simeuleu. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 1(1), 62-71.
- Prawoto, A.A. (2008). Botani dan fisiologi. In T. Wahyudi, T.R. Panggabean, & Pujiyanto (Eds.), *Panduan lengkap kakao: Manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir* (pp: 38-62). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Prawoto, A. A., Zainunnuroni, M., & Slameto. (2005). Respons semaian beberapa klon kakao di pembibitan terhadap kadar lengas tanah tinggi. *Pelita Perkebunan*, 21(2), 90-105.
- Prihastanti, E. (2014). *Specific Leaf Area*, jumlah trikomata dan kandungan kalium daun semai kakao (*Theobroma cacao* L.) pada kandungan air tanah berbeda. *Bioma*, 13(2), 85-90.
- Pusat Penelitian dan Perkebunan. (2010). *Budidaya dan pasca panen kakao* (p. 92). Jakarta: Eska Media.
- Rubiyo, & Siswanto. (2012). Peningkatan produksi dan pengembangan kakao (*Theobroma cacao* L.) di Indonesia. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(1), 33-48.
- Rubiyo. (2013). Inovasi teknologi perbaikan bahan tanam kakao di Indonesia. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(3), 99-214.
- Safuan, L.O, Kandari, A. M. & Natsir, M. (2013). Evaluasi kesesuaian lahan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) berdasarkan aplikasi analisis data iklim menggunakan aplikasi sistem informasi geografi. *Jurnal Agroteknos*, 3(2), 80-85.
- Santoso, D., Samanhudi, & Chaidamsari, T. (2009). Kemungkinan peningkatan produktivitas kelapa sawit melalui induksi perkembangan reproduktif: Homologi molekuler dari tanaman kakao. *Menara Perkebunan*, 77, 125-137.
- Sudjarmoko, B. (2013). *State of the Art* industrialisasi kakao Indonesia. *Sirinov*, 1(1), 31-42.
- Sugiyanto, Baon, J. B., & Wijaya, K. A. (2008). Sifat kimia tanah dan serapan hara tanaman kakao akibat bahan organik dan pupuk fosfat yang berbeda. *Pelita Perkebunan*, 24(3), 188-204.
- Supriadi, H., Rusli, & Heryana, N. (2012). Kesesuaian lahan untuk tanaman kopi. In Rubiyo, Syafaruddin, B. Martono, R. Harni, U. Daras, & E. Wardiana (Eds.), *Bunga Rampai: inovasi teknologi tanaman kopi untuk perkebunan rakyat* (pp. 47-56). Sukabumi: Unit Penerbitan dan Publikasi Balittri.
- Susilo, A. W. (2014). Analisis stabilitas daya hasil beberapa hibrida unggul harapan kakao (*Theobroma cacao* L.) pada lokasi tumbuh berbeda. *Pelita Perkebunan*, 27(3), 168-180.
- Susilo, A. W., Zhang, D., Motilal, L. A., Mischake, S., & Meindhardt, L. W. (2014). Assessing genetic diversity in Java fine-flavour cocoa (*Theobroma cacao* L.) germplasm by using simple sequence repeat (SSR) markers. *Trop. Agr. Develop.*, 55(2), 84-92.
- Susilo, A. W., Mawardi, S., & Sudarsianto. (2009). Keragaan daya hasil klon kakao (*Theobroma cacao* L.), Sca 6 dan DRC 15, tahan penyakit pembuluh kayu. *Pelita Perkebunan*, 25(2), 76-85.
- Tim Tanaman Perkebunan Besar. (2005). *Prospek dan arah pengembangan agribisnis kakao di Indonesia* (p. 27). Bahan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Wahyudi, T. R., Panggabean, & Pujiyanto (Editor). (2008). *Panduan lengkap kakao*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Wibawa, A., & Baon, J.B. (2008). Kesesuaian lahan. In T. Wahyudi, T.R. Panggabean, & Pujiyanto (Eds.). *Panduan lengkap kakao: Manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir* (pp. 63-67). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Zuidema, P. A., Leffelaar, P. A., Gerritsma, W., Mommer, L., & Anten, N.P.R., (2005). A physiological production model for cocoa (*Theobroma cacao*): Model presentation, validation and application. *Agricultural Systems*, 84, 195-225.

PERAN BIOMASSA DAN BIOINDUSTRI KAKAO DALAM MITIGASI PERUBAHAN IKLIM

THE ROLE OF COCOA BIOMASS AND BIOINDUSTRY IN CLIMATE CHANGE MITIGATION

Handi Supriadi

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

handibalitri@gmail.com

ABSTRAK

Perubahan iklim merupakan fenomena alam yang mempunyai dampak terhadap kehidupan makhluk hidup di bumi, termasuk pada tanaman kakao. Perubahan pola curah hujan, peningkatan suhu udara, peningkatan kejadian El Nino dan La Nina dan peningkatan tinggi permukaan air laut adalah dampak dari perubahan iklim yang mengakibatkan pertumbuhan dan produksi kakao terhambat. Upaya untuk mengatasi perubahan iklim di antaranya dapat dilakukan melalui pengelolaan biomassa dan penerapan teknologi bioindustri limbah kakao. Tanaman kakao dapat menyerap CO₂ dari udara dan menyimpan karbon (biomassa). Limbah kulit buah kakao (KBK) melalui proses bioindustri dapat dimanfaatkan untuk pupuk organik, arang hayati, bioetanol, dan biogas. Produk tersebut selain dapat memperbaiki sifat kimia dan fisik tanah, juga dapat menambah stok karbon dan mengurangi emisi gas rumah kaca (GRK). Baik biomassa maupun bioindustri, limbah kakao berperan dalam mitigasi perubahan iklim.

Kata kunci: *Theobroma cacao*, perubahan iklim, biomassa, bioindustri, mitigasi

ABSTRACT

Climate change is a natural phenomenon that has impact to life on earth, including the cocoa plant. Changes in rainfall patterns, increasing temperature, incidence of El Nino and La Nina and also increasing of the sea level are the impact of climate change. For the cacao plantation, it causes stunted growth and cocoa production. Some effort which can be done to address this problem are biomass management and application of cocoa bioindustry technology. Cocoa tree can absorb CO₂ from the air and store carbon. Cocoa pod husk (CPH) waste through bioindustry process can be used for organic fertilizer, biological charcoal, bioethanol, and biogas. The product addition can improve soil chemical and physical properties, and also can increase carbon stocks and reduce greenhouse gases (GHG) emissions. So, bioindustry based on cacao has important role on climate change mitigation.

Keywords: *Theobroma cacao*, climate change, biomass, bioindustry, mitigation

PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang melanda dunia saat ini merupakan fenomena alam yang harus ditangani secara bersama antar sesama masyarakat dunia karena diperkirakan akan terus mengancam kehidupan makhluk hidup saat ini dan di masa yang akan datang. Dampak yang ditimbulkan akibat terjadinya perubahan iklim di antaranya: (1) suhu udara semakin meningkat, (2) pola curah hujan berubah, (3) tinggi muka air laut bertambah, dan (4) kejadian iklim ekstrim El Nino dan La Nina frekuensinya bertambah sehingga meningkatkan kejadian banjir dan kekeringan. Akibat dari dampak tersebut antara lain terjadinya bencana alam dan krisis pangan di berbagai negara (Badan Litbang Pertanian, 2014b). Kondisi ini berdampak luas pada berbagai aspek kehidupan termasuk keberlangsungan usahatani kakao.

Tanaman kakao rentan (*vulnerable*) terhadap perubahan iklim (Oyekale, Bolaji, & Olowa, 2009). Dampak perubahan iklim pada tanaman ini mencakup beberapa aspek, mulai dari biofisik, teknis, sosial sampai ekonomi. Perubahan iklim akan

menurunkan produksi kakao (Nwachukwu, Ezech, & Emerole, 2012) sehingga pendapatan yang diperoleh petani pun berkurang, akhirnya dapat menimbulkan gejolak sosial di tengah masyarakat. Jika kondisi ini tidak ditangani dengan serius dikhawatirkan akan mengancam keberlangsungan usahatani kakao.

Upaya Pemerintah untuk mengatasi perubahan iklim salah satunya adalah dengan mengeluarkan Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 61 tahun 2011 tentang rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca (RAN-GRK), pada tahun 2020 berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK (sebagai penyebab perubahan iklim) dengan kemampuan sendiri sebesar 26%, dan 41% jika dibantu oleh negara maju dan/atau lembaga internasional (Badan Litbang Pertanian, 2014a).

Tanaman memiliki peran dalam mitigasi perubahan iklim, yaitu dapat mengurangi jumlah emisi dan atau meningkatkan penyerapan CO₂ dan penyimpanan (sekuestrasi) karbon. Sebagai tanaman berkayu, kakao dapat menyerap CO₂ dari udara dan disimpan dalam bentuk karbon (C) di dalam tubuhnya (biomassa). Dengan mengukur kandungan C dalam tubuh tanaman kakao maka akan diketahui jumlah

CO₂ yang diserap dari udara. Semakin besar biomassa tanaman kakao maka jumlah CO₂ yang diserap, semakin tinggi sehingga kandungan CO₂ di udara akan semakin berkurang (Norgrove & Hauser, 2013). Selain itu, penerapan teknologi bioindustri dengan memanfaatkan limbah kakao untuk menghasilkan pupuk organik, arang hayati, bioetanol, dan biogas, akan meningkatkan sekuestrasi dan menurunkan emisi karbon.

Makalah ini bertujuan mengidentifikasi dan membahas mengenai peran biomassa dan penerapan teknologi bioindustri tanaman kakao yang dapat meningkatkan penyerapan dan mengurangi emisi GRK.

FENOMENA DAN DAMPAK PERUBAHAN IKLIM

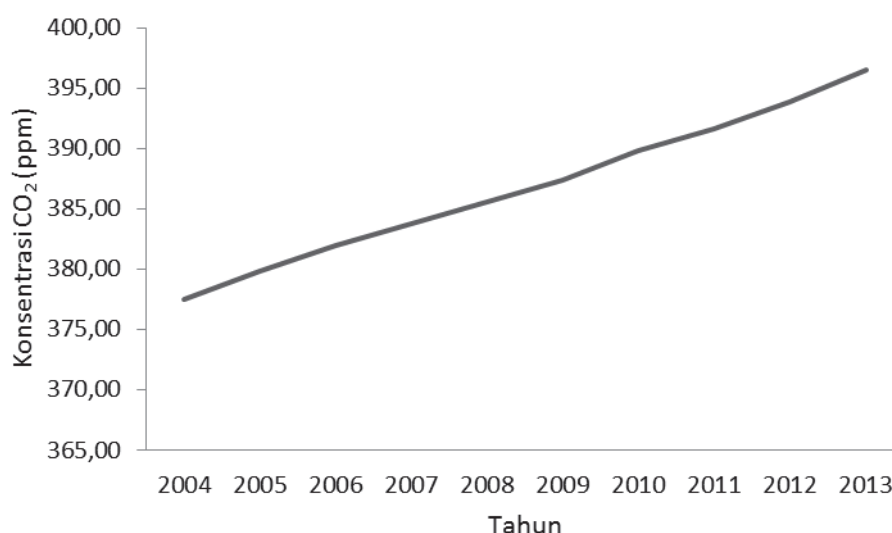
Fenomena Perubahan Iklim

Aktivitas manusia (*antropogenik*) merupakan penyebab utama terjadinya perubahan iklim, terutama dari sektor industri yang berkembang cepat, lebih dari 50 tahun lalu yang mendorong peningkatan emisi dan konsentrasi GRK di udara (Badan Litbang Pertanian, 2011c). Gas rumah kaca dapat mengganggu keseimbangan antara radiasi matahari dan panas yang dipancarkan oleh permukaan bumi (Ramanathan & Feng, 2009), kondisi ini mengakibatkan suhu udara di bumi semakin meningkat sehingga terjadi pemanasan global dan perubahan iklim.

Menurut protokol Kyoto, jenis gas yang termasuk GRK *antropogenik* adalah *carbon dioxide* (CO₂), *methane* (CH₄), *nitrous oxide* (N₂O), *sulphur*

hexafluoride (SF₆), *hydrofluorocarbons* (HFCs), dan *perfluorocarbons* (PFCs) (World Meteorological Organization [WMO], 2013). Secara global GRK terutama CO₂, CH₄, dan N₂O masing-masing menyumbang sekitar 60, 15, dan 6% dari potensi pemanasan global (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2004; Desjardins *et al.*, 2002). Konsentrasi gas CO₂, CH₄, dan N₂O pada masa pra-industri (tahun 1750) masing-masing hanya sebesar 278 ppm, 722 ppb, dan 270 ppb. Pada tahun 2013 meningkat menjadi masing-masing 396±0,1 ppm, 1824 ±2,0 ppb, dan 325,9±0,1 ppb atau terjadi kenaikan masing-masing sebesar 142, 253, dan 121% (WMO, 2013). Hasil pengamatan dari Mauna Loa Observation, di Hawaii konsentrasi CO₂ di udara dalam kurun waktu sepuluh tahun mengalami kenaikan rata-rata 2,11 ppm per tahun. Pada tahun 2004 konsentrasi CO₂ di udara sebesar 377,49 ppm dan pada tahun 2013 meningkat menjadi 396,48 ppm (<http://CO2now.org/Current-CO2/CO2-Now/the-climate-sheet.html> diakses 20 Maret 2014) (Gambar 1). Begitu juga dengan gas CH₄ dan N₂O, mengalami peningkatan masing-masing 3,8 dan 0,82 ppb per tahun (WMO, 2013).

Peningkatan konsentrasi GRK di atmosfer disebabkan oleh terjadinya peningkatan emisi gas CO₂. Dalam kurun waktu sepuluh tahun emisi gas CO₂ di Indonesia terus mengalami peningkatan, jika pada tahun 2003 emisi gas CO₂ hanya 0,33 milyar ton, pada tahun 2008 meningkat menjadi 0,41 milyar ton dan pada 2012 meningkat kembali menjadi 0,49 milyar ton (Olivier, Janssens-Maenhout, Muntean, & Peters, 2013).



Gambar 1. Konsentrasi gas CO₂ selama 10 tahun (2004 –2013)

Sumber : (<http://CO2now.org/Current-CO2/CO2-Now/the-climate-sheet.html>)

Figure 1. The concentration of CO₂ gas for 10 years (2004-2013)

Source : (<http://CO2now.org/Current-CO2/CO2-Now/the-climate-sheet.html>)

Dampak Perubahan Iklim

Peningkatan suhu udara

Laporan IPCC (2001) menunjukkan bahwa suhu udara global telah meningkat sebesar 0,6 °C sejak tahun 1861. Peningkatan suhu udara tersebut akan mencapai 2,1-3,9 °C pada periode tahun 2000 dan 2100 (IPCC, 2007). Beberapa hasil penelitian membuktikan kecenderungan peningkatan suhu rata-rata bumi di Indonesia. Sebagai contoh di Jakarta, terjadi peningkatan suhu udara 1,04-1,40 °C dan di Medan 1,55-1,98 °C selama 100 tahun terakhir (Badan Litbang Pertanian, 2011c). Suhu udara di Bali dalam kurun waktu 2004–2008 mengalami peningkatan rata-rata 0,02-0,08 °C (Setiawan, 2012). Berdasarkan hasil analisis data tahun 1976-2010, suhu udara di Provinsi Lampung mengalami kenaikan antara 0,32- 0,7 °C (Manik, Rosadi, & Nurhayati, 2014).

Perubahan pola musim/curah hujan

Peningkatan suhu udara akan menyebabkan terjadi pemanasan global di permukaan bumi dan perubahan iklim sehingga akan mempengaruhi pola curah hujan (Trenberth, 2011). Akibat terjadinya perubahan iklim, musim kemarau akan terjadi lebih lama sehingga menimbulkan bencana kekeringan. Sebaliknya, musim hujan akan berlangsung dalam waktu singkat disertai dengan intensitas curah hujan yang lebih tinggi dari kondisi normal, dan akibatnya akan terjadi bencana banjir dan tanah longsor (Meiviana *et al.*, 2004 *cited in* Runtuwun & Syahbuddin, 2007).

Hasil penelitian Runtuwun & Syahbuddin (2007) menunjukkan pola curah hujan selama 128 tahun di daerah Tasikmalaya mengalami perubahan. Bulan basah (curah hujan di atas 200 mm/bulan) mengalami pengurangan selama dua bulan dan kejadian bulan kering (curah hujan di bawah 100 mm/bulan) meningkat dari 2-4 bulan/tahun menjadi 5-6 bulan/tahun. Curah hujan di Provinsi Lampung menurun sejak tahun 1990-an bersamaan dengan terjadinya El Nino, hal tersebut ditandai dengan lebih banyaknya hujan yang turun di bawah nilai rata-rata (Manik *et al.*, 2014).

Peningkatan permukaan air laut

Perubahan iklim mengakibatkan terjadinya peningkatan tinggi permukaan air laut. Hasil analisis menggunakan data altimeter menunjukkan bahwa tingkat kenaikan permukaan laut di Indonesia dengan kisaran 0,2–1,0 cm per tahun, dengan rata-rata 0,6 cm per tahun. Kenaikan permukaan laut tertinggi terjadi di Samudera Pasifik Utara Papua, dengan tingkat estimasi 1 cm per tahun, sedangkan kenaikan terendah terjadi di sepanjang pantai selatan Jawa dengan kisaran 0,2–0,4 cm per tahun (Sofian, 2010).

Diperkirakan permukaan air laut pada tahun 2030 akan naik 52,5 cm, tahun 2050 naik 87,5 cm, tahun 2080 akan naik kembali menjadi 140 cm dan pada tahun 2100 akan mencapai 175 cm (Sofian,

2010). Menurut Förster *et al.* (2011), kenaikan permukaan air laut setinggi 1 m diprediksi akan menenggelamkan wilayah pertanian pantai secara permanen sekitar 56 ribu ha, jika naik sampai 2 m maka wilayah yang tenggelam akan mencapai 110 ha. Jawa Barat merupakan daerah yang akan terkena dampak paling besar, kemudian diikuti oleh daerah Jawa Timur, Jawa Tengah, Sumatera Utara, Kalimantan Barat, Lampung, Banten, dan Sulawesi Selatan, sedangkan provinsi lainnya relatif kecil. Diperkirakan sekitar 55% wilayah pertanian di Jawa akan tenggelam.

Peningkatan kejadian El Nino dan La Nina

Terjadinya El Nino menyebabkan musim penghujan datang lebih akhir serta menurunkan total curah hujan. Adapun La Nina merupakan penyebab meningkatnya curah hujan di Indonesia (Qian, Robertson, & Moron, 2010). El Nino akan menyebabkan terjadinya kekeringan, sedangkan La Nina akan menyebabkan banjir. Menurut laporan Badan Litbang Pertanian (2011c), luas tanaman padi yang terkena kekeringan pada tahun El Nino 300-850 ribu ha, sedangkan pada tahun La Nina luas tanaman padi yang terkena banjir 200-350 ribu ha.

Pemanasan global (*global warming*) cenderung meningkatkan frekuensi kejadian El Nino dan menguatkan fenomena La Nina (Hansen *et al.*, 2006). Menurut Irawan (2006), pada periode tahun 1926–1950, El Nino terjadi sebanyak 2 kasus, pada tahun 1951–1975 meningkat menjadi 3 kasus dan pada tahun 1976–2000 kembali meningkat menjadi 7 kasus. La Nina mengalami peningkatan selama periode tahun 1926–1975, yaitu dari 2 kasus pada periode 1926–1950 menjadi 4 kasus pada tahun 1951–1975.

Penurunan dan peningkatan produksi kakao

Tanaman kakao tumbuh dan berproduksi dengan baik pada ketinggian tempat 0-600 m dpl. Curah hujan yang diperlukan tanaman ini berkisar 1.500-2.500 mm per tahun, dengan bulan kering (curah hujan < 60 mm/bulan) dalam setahun hanya terjadi selama 1-3 bulan. Tanaman kakao menghendaki suhu udara maksimum 30-32 °C dan minimum 18-21 °C. Kecepatan angin maksimum yang sesuai untuk tanaman kakao adalah 4 meter per detik (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2014).

Faktor iklim berkontribusi sebesar 74,7%, yang menyebabkan berat buah kakao berkurang (Oyekale *et al.*, 2009). Produksi optimal kakao di Nigeria akan tercapai jika curah hujan per tahun mencapai 900–1.000 mm dengan suhu udara rata-rata 28,0 °C (Ojo & Sadiq, 2010). Penelitian Lawal & Emaku (2007) menunjukkan bahwa curah hujan 1.125 mm/tahun, suhu udara 29 °C dan kelembaban udara 74% akan memberikan produksi terbaik dan mengurangi tingkat serangan penyakit *black pod* (busuk buah).

Tabel 1. Estimasi pengaruh kejadian El Nino dan La Nina terhadap produksi kakao
 Table 1. The estimate of El Nino and La Nina effect on cocoa production

Negara	Penurunan produksi kakao akibat El Nino (%)	Peningkatan produksi kakao akibat La Nina (%)
Dunia	2,43	-
Afrika	1,44	-
Kamerun	-	-
Pantai Gading	2,03	-
Ghana	1,72	-
Nigeria	1,15	-
Asia	-	-
Indonesia	2,39	-
Malaysia	-	-
Papua New Guinea	-	1,68
Amerika	1,14	-
Republik Dominika	-	-
Brasil	-	-
Ekuador	6,16	-

Keterangan : - tidak signifikan

Note : - no significant

Sumber: Executive Committee (2010)

Mitigasi Perubahan Iklim

Pengertian mitigasi perubahan iklim adalah kegiatan untuk mengurangi intensitas kekuatan radiasi dalam mengurangi pemanasan global, atau tindakan aktif untuk mencegah/ memperlambat perubahan iklim (pemanasan global) melalui upaya penurunan emisi dan/atau peningkatan penyerapan GRK (Konsorsium Penelitian dan Pengembangan Perubahan Iklim [KP3I] Kementerian Pertanian, 2008 cited in Badan Litbang Pertanian, 2011b). Tujuan utama mitigasi adalah mengurangi emisi GRK melalui dua strategi: (1) penurunan emisi GRK, dan (2) peningkatan penyerapan CO₂ dan sequestrasi karbon. Penyerapan dan sequestrasi karbon adalah proses pemindahan karbon dari atmosfer ke wadah penampung, seperti ekosistem laut dan darat atau dalam berbagai organ tanaman melalui proses biologi, kimia, atau fisika seperti fotosintesis (Badan Litbang Pertanian, 2011a)

Pemerintah menargetkan penurunan emisi GRK pada bidang pertanian (termasuk kakao) adalah sebesar 8 juta ton CO₂e atas kemampuan sendiri (*unilateral*) dan 11 juta ton CO₂e jika dibantu negara donor (*multilateral*) (Badan Litbang Pertanian, 2011a; Badan Litbang Pertanian, 2011c).

PERAN BIOMASSA DAN BIOINDUSTRI LIMBAH KAKAO

Peran Biomassa Kakao

Tanaman menyerap gas CO₂ dari udara melalui proses fotosintesis, yang selanjutnya diubah menjadi karbohidrat, kemudian disebarkan ke seluruh tubuh tanaman dan akhirnya ditimbun dalam tubuh tanaman (biomassa). Proses penimbunan karbon (C) dalam tubuh tanaman hidup dinamakan

proses sekuestrasi (C- *sequestration*). Dengan demikian, pengukuran biomassa pada suatu lahan dapat menggambarkan banyaknya CO₂ di udara yang diserap dan karbon yang disimpan oleh tanaman (Hairiah, Ekadinata, Sari, & Rahayu 2011).

Laju fotosintesis bersih tanaman kakao kisaran 3,4–5,7 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ dengan asumsi fotosintesis berlangsung dari pukul 08.00–16.00 (Daymond, Tricker, & Hadley, 2011). Jika kakao ditanam di bawah tanaman penanang maka laju fotosintesis semakin berkurang, untuk tingkat naungan 32, 55, dan 76% rata-rata laju fotosintesis masing-masing hanya 3,3; 1,6; dan 1,2 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Acheampong, Hadley, & Daymond, 2013). Selanjutnya dikemukakan bahwa jumlah gas CO₂ yang diserap oleh tanaman kakao sebesar 80.000 kg/ha/tahun, sedangkan yang dilepas (emisi) sebesar 63.000 kg/ha/tahun sehingga serapan bersihnya mencapai 73.000 kg/ha/tahun (Abdoellah, 2008).

Pengukuran biomassa pada tanaman kakao yang paling akurat adalah dengan cara destruktif, yaitu dengan menimbang bobot seluruh bagian tanaman. Namun cara ini dalam pelaksanaannya termasuk sulit dan memerlukan biaya tinggi. Metode lain yang lebih mudah dan murah adalah melalui pendekatan allometrik. Menurut Yuliasmara, Wibawa, & Prawoto, (2009), persamaan allometrik yang dapat digunakan untuk menentukan biomassa tanaman kakao adalah $Y = 0,1208 D^{4,98}$, Y biomassa tanaman, D diameter tanaman pada ketinggian 130 cm dari permukaan tanah. Selanjutnya karbon tersimpan dalam tanaman dapat ditentukan dengan persamaan $C = 0,46 \times \text{biomassa tanaman}$, C karbon tersimpan, 0,46 kadar karbon terpasang (*default value*) dalam bahan organik.

Tabel 2. Biomassa dan stok karbon tanaman kakao umur 6 tahun di bawah tegakan kakao
Table 2. Biomass and carbon stocks of six years old cocoa plant under rubber tree

Bagian tanaman	Berat basah (kg/pohon)	Berat kering (biomassa) (kg/pohon)	Stok karbon (ton C/ha)
Daun	5,06	1,84	1,02
Batang	3,50	1,11	0,62
Cabang	11,69	3,84	2,13
Akar	8,55	2,59	1,45
Total	28,80	9,38	5,22

Keterangan : Kakao umur 6 tahun dengan jarak tanam 3 x 3 m dengan penangun karet umur 34 tahun jarak tanam 7 x 3 m Sumber: Cotta *et al.* (2008)

Notes : Cocoa age of 6 years with a spacing of 3 x 3 m at the age of 34 years old rubber shade spacing of 7 x 3 m Source: Cotta et al. (2008)

Tabel 3. Stok karbon pada berbagai tingkat umur tanaman kakao di Sulawesi Tengah
Table 3. Stock carbon at various age cacao plant in Central Sulawesi

Umur (tahun)	Stok karbon kakao (kg C/ha)		Total (kg C/ha)
	Bagian atas	Bagian bawah	
2	2.316,06	915,46	3.231,52
3	3.825,16	1.511,94	5.337,10
4	5.334,26	2.108,42	7.442,68
5	6.843,36	2.704,90	9.548,26
9	12.879,76	5.090,82	17.970,58
12	17.407,06	6.880,36	24.287,32
15	21.934,36	8.669,70	30.604,06

Sumber: Smiley and Kroschel (2008)

Source: Smiley and Kroschel (2008)

Tabel 4. Stok karbon pada berbagai selang umur tanaman kakao di Kamerun
Table 4. Stock carbon at various age of cacao plant in Cameroon

Lokasi	Stok Karbon (kg C/pohon)			
	Umur di bawah 8 tahun	Umur 9-20 tahun	Umur 21-40 tahun	Umur di atas 41 tahun
Bokito	1,9	4,4	7,6	8,8
Ngomedzab	0,6	2,0	1,9	3,1

Sumber: Saj, Jagoret, & Ngogue (2013)

Source: Saj, Jagoret, & Ngogue (2013)

Biomassa tanaman kakao berperan menyerap CO₂ di udara dan menyimpan dalam bentuk karbon di tubuhnya. Nilai karbon yang tersimpan bervariasi tergantung kepada komposisi biomassa, umur tanaman, dan sistem tanaman kakao.

Stok karbon pada berbagai komposisi biomassa

Gambaran mengenai komposisi biomassa pada setiap bagian tanaman kakao terdapat pada Tabel 2. Berdasarkan hasil analisis pada tanaman kakao umur 6 tahun yang di tanam di bawah tegakan tanaman karet (Tabel 2), menunjukkan bahwa biomassa terbesar terdapat pada bagian cabang kemudian diikuti oleh akar, daun, dan terkecil terdapat pada bagian batang, begitu juga dengan karbon stoknya (Cotta *et al.*, 2008).

Stok karbon pada berbagai tingkat umur tanaman

Karbon tersimpan pada tanaman kakao semakin meningkat seiring dengan pertambahan umur tanaman menurut persamaan $Y = -0,0518X^2 + 2,8976X - 4,524$. Kenaikan jumlah karbon tersimpan secara cepat terjadi pada awal pertumbuhan tanaman, yaitu umur 3 tahun dan mulai melambat

pada umur 10 tahun (Yuliasmara *et al.*, 2009). Hasil penelitian Smiley & Kroschel (2008) menunjukkan bahwa pertambahan stok karbon pada tanaman kakao di Sulawesi Tengah berbanding lurus dengan pertambahan umur tanaman (Tabel 3). Saj *et al.* (2013) melaporkan bahwa stok karbon semakin meningkat dengan bertambahnya umur tanaman kakao yang ditanam di Kamerun (Tabel 4).

Tanaman kakao umur 0-3 tahun mengalami pertumbuhan lambat karena tanaman ini memiliki sifat dimorfisme sehingga pertumbuhannya melambat pada saat pembentukan jorket. Pada umur 3-10 tanaman kakao akan mengalami fase pertumbuhan cepat (Prawoto, 2008).

Stok karbon pada bagian atas dan bawah permukaan tanah

Biomassa total pohon kakao diperkirakan sebesar 269,3 ton/ha yang terbagi menjadi 218,1 dan 51,2 ton/ha pada bagian atas dan bawah permukaan tanah. Stok karbon kakao umur 35 tahun pada bagian atas dan bawah permukaan tanah serta nekrosama masing-masing adalah 12,5; 1,9 ton dan 0,5 ton C/ha (Norgrove & Hauser, 2013).

Tabel 5. Biomassa dan stok karbon pada *agroforestry* kakao dengan berbagai tingkat umur di Sulawesi Tengah
 Table 5. Biomass and carbon stocks in cacao agroforestry at various level of ages in Central Sulawesi

Penggunaan lahan	Biomassa (ton/ha)	Stok karbon (ton C/ha)
Kakao umur 7 tahun	2,46	1,23
<i>Agroforestry</i> kakao umur 7 tahun	3,46	1,73
Kakao umur di atas 12 thn	4,16	2,08
<i>Agroforestry</i> kakao umur di atas 12 tahun	6,74	3,37

Sumber: Monde (2009)

Source: Monde (2009)

Tabel 6. Komposisi biomassa dan stok karbon pada *agroforestry* kakao umur 10 tahun di Nigeria
 Table 6. Composition of biomass and carbon stocks of 10 years cacao under agroforestry in Nigeria

Tipe <i>agroforestry</i>	Jenis tanaman	Biomassa (ton/ha)	Cadangan karbon (ton C/ha)
<i>Agroforestry</i> jarang	Kakao	6,44	3,22
	Tanaman Penaung	27,50	13,75
	Total	33,94	16,97
<i>Agroforestry</i> padat	Kakao	5,51	2,76
	Tanaman Penaung	90,50	45,25
	Total	96,01	48,01

Sumber : Oke & Olatiilu (2011)

Source: Oke & Olatiilu (2011)

Tabel 7. Stok karbon pada berbagai polatanam kakao di Trenggalek, Jawa Timur

Table 7. Stock carbon on various cacao cropping pattern at Trenggalek, East Java

Polatanam	Stok karbon (ton C /ha)			
	Kakao	Penaung	Serasah dan tumbuhan bawah	Total
Kakao + Lamtoro	9,50	8,03	17,81	35,34
Kakao + Jati (3x6 m)	7,88	45,34	53,53	106,75
Kakao + Jati (6x6 m)	7,34	46,33	54,00	107,67
Kakao + sengon	4,75	149,83	155,09	309,67

Sumber: Yuliasmara *et al.* (2009)

Source: Yuliasmara *et al.* (2009)

Stok karbon pada berbagai sistem pertanian

Sistem pertanian mempengaruhi jumlah stok karbon kakao. Nilai stok karbon pada tanaman kakao monokultur lebih rendah dibandingkan kakao polikultur (*agroforestry* berbasis kakao). Pada sistem kakao polikultur, stok karbon diperoleh dari tanaman kakao maupun dari tanaman penaung. Monde (2009) melaporkan, stok karbon pada *agroforestry* kakao umur 7 tahun di Sulawesi Tengah nilainya lebih tinggi 40,65% dibandingkan kakao monokultur dengan umur yang sama, sedangkan pada umur di atas 12 tahun nilainya 62,02% lebih tinggi dibandingkan kakao monokultur pada umur yang sama (Tabel 5).

Kepadatan populasi tanaman penaung pada sistem *agroforestry* berbasis kakao juga mempengaruhi besarnya stok karbon yang dihasilkan. Hasil penelitian Oke & Olatiilu (2011) menunjukkan *agroforestry* kakao dengan populasi yang lebih padat mempunyai nilai stok karbon 182,91% lebih tinggi dibandingkan *agroforestry* kakao yang jarang (Tabel 6).

Jenis tanaman penaung untuk kakao berpengaruh pada jumlah stok karbon yang dihasilkan. Menurut Yuliasmara *et al.* (2009), nilai stok karbon tertinggi terdapat pada kakao dengan penaung sengon, kemudian diikuti kakao dengan penaung jati (6x6 m), kakao dengan penaung jati (3x6

m), dan terendah kakao dengan penaung lamtoro (Tabel 7).

Peran Bioindustri Limbah Kakao

Tanaman kakao menghasilkan produk utama biji dan produk samping berupa kulit buah kakao (KBK). Rasio antara biji, kulit buah dan plasenta buah segar kakao masing-masing adalah 24:74:2 atau setara dengan 50,8:47,2:2 dalam perbandingan bahan kering (Haryati dan Hardjosuwito 1984 *cited in* Puastuti & Susana, 2014). Luas areal tanaman kakao pada tahun 2012 mencapai 1.774.463 ha. Dengan produksi biji kakao sebesar 740,51 ribu ton (Ditjenbun, 2013) dapat dihasilkan KBK kering 688,09 ribu ton/tahun.

Kulit buah kakao umumnya belum dimanfaatkan secara optimal sehingga hanya dianggap sebagai limbah. Melalui penerapan teknologi bioindustri dari limbah kulit buah kakao dapat dihasil pupuk organik, arang tempurung, bioetanol, dan biogas. Pupuk organik dan arang tempurung berbahan baku KBK, selain dapat menambah unsur hara dan memperbaiki sifat tanah, juga mempunyai peran ekologis, yaitu dapat menyerap CO₂ dari udara dan menyimpan karbon sehingga akan mengurangi emisi GRK. Dari beberapa hasil penelitian, penggunaan bioetanol dan biogas terbukti dapat mengurangi emisi GRK.

Tabel 8. Komposisi kimia pupuk kandang dan kompos kulit buah kakao

Table 8. Chemical composition of cocoa pod compost

Komposisi kimia	Kompos kulit kakao
Karbon (%)	25,79
Nitrogen (%)	1,42
Nisbah C/N	18,00
Forfor (%)	0,26
Kalium (%)	2,97
Kalsium (%)	3,53
Magnesium (%)	0,85
Sulfat (%)	0,52
Tembaga (%)	50,00
Besi total (%)	0,47
Mangan (%)	0,04
pH	8,10

Sumber: Sugiyanto, Baon, & Wijaya (2008)

Source: Sugiyanto, Baon, & Wijaya (2008)

Pupuk organik

Kulit buah kakao dapat dijadikan kompos. Penggunaan pupuk kompos kulit buah kakao selain dapat menambah unsur hara dan memperbaiki sifat fisik tanah, juga bermanfaat dalam penambahan stok karbon di dalam tanah (Sugiyanto *et al.*, 2008). Komposisi kimia, kandungan karbon, dan kemasaman (pH) kulit buah kakao dapat dilihat pada Tabel 8.

Hasil penelitian Adejobi, Famaye, Akanbi, Adeosun, Nduka, & Adeniyi (2013) menunjukkan bahwa pemberian kulit buah kakao 20, 25, dan 30 ton/ha meningkatkan kandungan N, P, K, Ca, Mg, pH, bahan organik tanah dan juga tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, bobot cabang segar dan kering, serta bobot akar bibit kakao. Hal ini disimpulkan bahwa abu kulit buah kakao bisa berfungsi sebagai pupuk yang baik dan bahan pengapuran untuk bibit kakao. Penggunaan abu kulit buah kakao sebanyak 25 ton/ha, efektif meningkatkan pertumbuhan dan komponen hasil kakao, sifat kimia tanah.

Arang hayati

Karbon hitam yang berasal dari biomassa, atau arang hayati (*biochar*), dihasilkan melalui pembakaran tidak sempurna (*pirolisis*) pada temperatur 300-500 °C dalam kondisi oksigen yang terbatas. Hasilnya, bahan organik sangat aromatis dengan konsentrasi karbon 70-80% (Lehmann, Gaunt, & Rondon, 2006). Arang hayati dapat mengurangi laju emisi CO₂ dan menyumbangkan stok karbon sekitar 52,8%. Arang tersebut dapat menyimpan karbon dalam waktu serta sampai seribu tahun dan dalam jumlah yang cukup besar (Lehman *et al.*, 2006; Ogawa *et al.*, 2006). Menurut Marris (2006) pada lahan pertanian seluas 250 ha (diberi arang hayati) dapat menyerap gas CO₂ sebesar 1900 ton CO₂e per tahun. Tanah yang diberi 10% arang hayati (*biochar*) dapat mereduksi emisi gas N₂O sebesar 80% (Yania, Toyota, & Okazaki, 2007). Selain gas N₂O pemberian

arang hayati di tanah juga dapat mereduksi gas NH₄ (Rondon, Ramirez, & Lehmann, 2005)

Sifat kimia arang hayati dari kulit buah kakao adalah sebagai berikut: pH 10,8; C-organik 4,21%; N-total 0,83%; P₂O₅ 0,33%; K₂O 11,25%; CaO 2,3% dan MgO 0,86% (Nurida, Dariah, & Rachman, 2013). Menurut laporan (Ayeni, Adetuji, Ojenyi, Ewulo, & Adeyemo, 2008), abu kulit buah kakao dapat meningkatkan pH tanah dan produksi jagung. Studi yang dilakukan di beberapa bagian Afrika mengungkapkan bahwa kulit buah kakao meningkatkan kandungan N, P, K, Ca, Mg, pH dalam tanah dan hasil sayuran, beras, millet, dan jagung (Ojeniyi, Oso, & Arowotolu, 2002; Ojeniyi dan Adejobi, 2002; Owolabi, Adeyeye, Oladejo, Ojeniyi, 2003; Odedina *et al.*, 2003).

Bioetanol

Kulit buah kakao dapat dibuat bioetanol melalui proses delignifikasi, hidrolisis, dan fermentasi. Hasil penelitian Anvoh, Guéhi, Beugré, Kinimo, & Gnakri (2010) di Pantai Gading, menggunakan jus kulit buah kakao yang difermentasi dengan *Saccharomyces cerevisiae* pada suhu 30 °C selama 2 hari, dapat dihasilkan bioetanol dengan kadar 8,4%. Sedangkan, Salim (2013) dengan menggunakan inokulasi *Saccharomyces cerevisiae* selama 6 hari hanya menghasilkan bioetanol dengan kadar 4,33%.

Bioetanol yang dicampur bensin menyebabkan penurunan yang signifikan dalam emisi gas buang. Untuk semua kecepatan mesin, nilai karbon monoksida (CO), CO₂, hidrokarbon (HC), dan nitrit oksida (Nox) telah berkurang (Srinivasan & Saravanan, 2010). Etanol campuran dan aditif oksigen memberikan hasil terbaik bagi kinerja mesin dan emisi gas buang sebagai berikut (Srinivasan & Saravanan, 2010):

1. Efisiensi rem termal adalah 26,86% pada 2.400 rpm.
2. Emisi CO dikurangi menjadi 0,05% pada 2.200 rpm dengan volume ke 2800 rpm.
3. Emisi CO₂ berkurang menjadi 5,3% dengan volume pada 2.200 rpm.
4. Emisi HC dikurangi menjadi 15 ppm pada 2600 rpm dan 2800 rpm
5. Emisi NOx dikurangi menjadi 316 ppm pada 2200 rpm

Etanol merupakan siklus CO₂ tertutup karena setelah pembakaran etanol, CO₂ dilepaskan dan didaur ulang kembali ke bahan tanaman. Tanaman menggunakan CO₂ untuk mensintesis selulosa selama siklus fotosintesis (Chadel *et al.*, 2007). Proses produksi etanol hanya menggunakan energi dari sumber energi terbarukan; tidak ada karbon dioksida bersih yang ditambahkan ke udara, hal ini membuat etanol menjadi sumber energi yang menguntungkan lingkungan. Selain itu toksisitas dari emisi gas buang etanol lebih rendah dibandingkan sumber minyak bumi (Wyman & Hinman, 1990 cited in Igbinadolor & Onilude, 2013).

Tabel 9. Beberapa aplikasi biogas dalam industri rumah tangga
Table 9. Several applications of biogas in home industry

Tipe penggunaan	Waktu (menit)	Konsumsi biogas (liter)
Merebus air 1 liter	13	40
Merebus air 5 liter	32	170
Memasak nasi 500 g	41	240
Penerangan 60 W	360	945
Roasting kopi 10 kg	45	980

Sumber : Mulato (2009)
Source : Mulato (2009)

Tabel 10. Potensi sumber energi dari biogas asal pabrik pengolahan kakao
Table 10. The potential of energy source from biogas of the cocoa processing factory

Perusahaan	Lokasi	Limbah kakao (Mt/tahun)	Estimasi potensi gas metan (m ³ CH ₄ /tahun)	Kapasitas listrik (kW terpasang)	
				Minimum	Maksimum
Barry Callebaut Ghana Limited	Tema	3.000	500.000	213	260
Cargill Ghana Ltd.	Tema	6.000	1000.000	427	520
Cocoa Processing Co. Ltd	Tema	3.000	500.000	213	260
Niche Cocoa Industry Ltd.	Tema	3.000	500.000	213	260
ADM Cocoa (Ghana) Ltd.	Kumasi	3.000	500.000	213	260
Plot Enterprise Ghana Ltd.	Takoradi	5.500	900.000	384	468
West African Mills Co. Ltd.	Takoradi	5.000	820.000	350	426
Total		28.500		2013	2454

Sumber : Daniel, Pasch, & Nayina (2014)
Source: Daniel, Pasch, & Nayina (2014)

Table 11. Estimasi manfaat ekonomi dari operasional digester biogas
Table 11. The estimate of economic benefits of operationally biogas digester

Uraian	Per hari	Per tahun
Minyak tanah (liter)	1,50	547,50
Penghematan biaya energi (Rp.)	Rp. 4.500 (US\$ 0,50)	1.642.500 (US\$ 164)
Kompos (kg)	15	5475
Penjualan kompos (Rp.)	13.500 (US\$ 1,30)	4.927.500 (US\$ 493)
Tambahan pendapatan (Rp.)	18.000 (US\$ 1,80)	5.570.000 (US\$ 557)

Sumber: Mulato (2009)
Source: Mulato (2009)

Etanol yang berasal dari biomassa adalah satu-satunya bahan bakar cair untuk transportasi yang tidak berkontribusi terhadap efek gas rumah kaca (Foody, 1988 *cited in* Igbinadolor and Onilude, 2013). Sedangkan bahan bakar fosil membahayakan kesehatan manusia dan berkontribusi terhadap emisi GRK (Hahn-Hägerdal, Galbe, Gorwa-Grauslund, Lidén, & Zacchi, 2006). Konversi biomassa menjadi etanol dapat mengurangi emisi GRK (Yang & Wyman, 2008).

Biogas

Biogas asal KBK dapat diproduksi dengan mencampur KBK dengan kotoran ternak dalam sebuah digester. Biogas yang dihasilkan sebesar 0,33 m³/hari/m³ volume digester (Mulato, 2009). Menurut

Mulato (2009), biogas memiliki nilai kalori sekitar 23,5 MJ/m³. Pada prinsipnya, dapat digunakan dengan cara yang sama seperti gas yang mudah terbakar lainnya seperti *liquefied petroleum gas* (LPG) atau *liquefied natural gas* (LNG) untuk memasak dan penerangan. Tekanan biogas antara 30 dan 60 mm H₂O kolom mampu menghasilkan sumber pemanasan yang cukup di kompor sederhana untuk merebus air dan memasak nasi (Tabel 9).

Metana memberikan cahaya lembut, putih ketika dibakar dengan mantel pijar. Lampu membutuhkan tekanan sekitar 30 mm H₂O kolom. Efisiensi pencahayaan lampu biogas cukup rendah, rata-rata antara 4% dan 5%. Meskipun demikian, lampu biogas yang baik dapat menerangi ruang jauh lebih baik daripada lampu minyak tanah sumbu, dan

menghasilkan intensitas cahaya sebanding dengan apa yang dapat diperoleh dengan lampu minyak tanah tekanan atau bola lampu listrik dikisaran kekuatan 25-75 W (Mulato, 2009). Pemanfaatan biogas untuk industri rumah tangga terdapat pada Tabel 9.

Limbah basah kakao (kulit buah) di Ghana mencapai 700.000 ton per tahun atau setara 595.000 ton limbah kering. Sebanyak 25% dari limbah tersebut diubah menjadi sumber energi yang setara dengan 639.676 MWh. Pemanfaatan limbah tersebut dapat mereduksi emisi GRK sebesar 361.660 ton CO₂ per tahun (Unep Riso Centre, 2013; Duku, Gu, & Hagan, 2011).

Daniel *et al.* (2014) melaporkan, dari 7 perusahaan pengolah kakao dihasilkan limbah kakao yang mencapai 28.500 MT/tahun. Jika limbah tersebut diubah menjadi sumber energi listrik maka akan diperoleh 2.013–2.454 kW kapasitas listrik terpasang (Tabel 10).

Memiliki reaktor biogas ditingkat keluarga dapat menghasilkan pendapatan alternatif. Petani bisa memperoleh pendapatan tambahan dari penjualan kompos dan penghematan biaya dari tidak membeli minyak tanah atau LPG untuk memasak sehari-hari (Tabel 11). Pengamatan lapangan menunjukkan bahwa keluarga petani (1 orangtua dan 2 anak-anak) mengkonsumsi 1,50 sampai 2,0 liter minyak tanah untuk memasak sehari-hari. Jumlah minyak tanah bisa digantikan oleh 1,10 sampai 1,20 m³ biogas.

Konversi kakao dan residu peternakan untuk biogas secara signifikan dapat mengurangi masalah lingkungan yang terkait dengan limbah. Uji coba lapangan menunjukkan bahwa COD *chemical oxygen demand* (COD) dan *biochemical oxygen demand* (BOD) dari limbah pengolahan kopi dapat dikurangi secara signifikan ke tingkat yang diijinkan untuk pembuangan langsung. Bahkan, limbah dari digester adalah bubur yang dapat digunakan sebagai bahan kompos pupuk organik yang memiliki penampilan pupuk pertanian dan memiliki nilai nutrisi tanaman (Tabel 13).

Emisi GRK dari pembangkit listrik asal biogas bervariasi antara 0,143 sampai 0,160 kg CO₂ e kWh⁻¹ (Dressler, Loewen, & Nelles, 2012). Dibandingkan dengan bahan bakar fosil, produksi listrik menggunakan biogas dapat mereduksi emisi GRK 0,188–1,193 kg CO₂ e kWh⁻¹ (Bacenetti, Negri, Fiala, & González-García, 2013). Mitigasi gas rumah kaca (GRK) dari pembangkit listrik asal biogas kisaran 0,206–0,298 kg CO₂ e kWh⁻¹. (Nekrošius, Navickas, Venslauskas, Kadžiulienė, & Tilvikiene, 2014). Menurut Horbelt, Maciejczyk, Olzem, & Rauh (2011), satu kWh listrik yang dihasilkan dari biogas menyebabkan emisi GRK sebesar 290 g CO₂e, sedangkan satu kWh listrik yang dihasilkan dari campuran energi fosil melepaskan emisi GRK 720 g CO₂e. Kondisi ini menunjukkan bahwa biogas dapat mereduksi emisi GRK sebesar 430 g CO₂e atau 60% dari setiap kWh yang dihasilkan.

PENUTUP

Perubahan iklim mengakibatkan pola curah hujan berubah, suhu udara semakin meningkat, frekuensi kejadian iklim ekstrim El Nino dan La Nina bertambah, dan tinggi permukaan air laut meningkat. Kondisi ini berdampak buruk pada pertumbuhan dan produksi kakao. Upaya untuk mengatasi perubahan iklim di antaranya dapat dilakukan melalui pengelolaan biomassa dan penerapan teknologi bioindustri limbah kakao. Biomassa kakao dapat menyerap CO₂ dari udara dan menyimpan karbon. Limbah KBK melalui proses bioindustri dapat dimanfaatkan untuk pupuk organik, arang hayati, bioetanol, dan biogas. Produk tersebut selain dapat memperbaiki sifat kimia dan fisik tanah, juga dapat menambah stok karbon dan mengurangi emisi GRK. Baik biomassa maupun bioindustri limbah kakao berperan dalam mitigasi perubahan iklim.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdoellah, S. (2008). CO₂ Absorption-emission Balance in Cocoa Plantation. *Prosiding Simposium Kakao 2008* (pp. 15-18). Denpasar, 28–30 Oktober 2008. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Acheampong, K., Hadley, P., & Daymond, A.J. (2013). Photosynthetic activity and early growth of four cacao genotypes as influenced by different shade regimes under West African dry and wet season conditions. *Expl Agric.*, 49(1), 31–42.
- Adejobi, K. B., Famaye, A. O., Akanbi, O.S.O., Adeosun, S. A., Nduka, A. B., & Adeniyi, D. O. (2013). Potentials of cocoa pod husk ash as fertilizer and liming materials on nutrient uptake and growth performance of cocoa. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 2(9), 243–251.
- Ajewole, D.O., & Iyanda, S. (2010). Effect of climate change on cocoa yield: A case Cocoa Research Institute (CRIN) Farm, Oluoyole Local Government Ibadan, Oyo State, Nigeria. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 12(1), 350–358.
- Anvoh, K.Y.B., Guéhi, T.S., Beugré, G.A.M., Kinimo, J.M., & Gnagri, D. (2010). Comparison of biochemical changes during alcoholic fermentation of cocoa juice conducted by spontaneous and induced processes for the production of ethanol. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, 10(6), 2740–2754.
- Ayeni, L.S., Adetuji, M.T., Ojenyi, S.O., Ewulo, B.S., & Adeyemo, A.J. (2008). Comparative and cumulative effect of cocoa pod husk ash and poultry manure on soil and maize nutrient contents and yield. *Am.-Eur. J. Sustain. Agric.*, 2(1), 92–97.

- Bacenetti, J., Negri, M., Fiala, M., & González-García, S. (2013). Anaerobic digestion of different feedstocks: impact on energetic and environmental balances of biogas process. *Science of the Total Environment*, 463, 541–551.
- Badan Litbang Pertanian. (2011a). *Panduan inventori gas rumah kaca dan mitigasi perubahan iklim sektor pertanian* (p. 85). Jakarta: Badan Litbang Pertanian.
- Badan Litbang Pertanian. (2011b). *pedoman umum adaptasi perubahan iklim sektor pertanian* (p. 67). Jakarta : Badan Litbang Pertanian.
- Badan Litbang Pertanian. (2011c). *Road map strategi pertanian menghadapi perubahan iklim (revisi)* (p. 89). Jakarta : Badan Litbang Pertanian.
- Chadel, A.K., Chan, E.C., Rudravaram, R., Narasu, M.L., Rao, L.V., & Ravindra, P. (2007). Economic and environmental impact of bioethanol production technologies: An appraisal. *Biotechnol. Mol. Biol. Rev.*, 2, 14–32.
- Cotta, M.K., Jacovine, L.A.G., de Paiva, H.N., Soares, C.P.B., Filho, A.C.V., & Valverde, S.R. (2008). Biomass quantification and emission reduction certificates for rubber - cocoa intercropping. *R. Árvore, Viçosa-MG*, 32(6), 969-978.
- Daniel, U., Pasch, K.H., & Nayina, G.S. (2014). *Biogas in Ghana sub-sector analysis of potential and framework condition* (p. 30). Berlin, Germany: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ).
- Daymond, A.J., Tricker, P.J., & Hadley, P. (2011). Genotypic variation photosynthesis in cacao is correlated with stomatal conductance and leaf nitrogen. *Biologia Plantarum*, 55(1), 99-104.
- Desjardins, R.L, Smith, W., Grant, B., Campbell, C., Janzen, H., & Riznek, R. (2002). Management Strategies to Sequester Carbon in Agricultural Soils and to Mitigate Greenhouse Gas Emissions. *Paper presented at the International Workshop on Reducing Vulnerability of Agriculture and Forestry to Climate Variability and Climate Change* (p. 16). Ljubljana, Slovenia, 7–9 October 2002.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Statistik perkebunan Indonesia 2012-2014 Kakao* (p. 57). Jakarta : Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Pedoman teknis budidaya kakao yang baik* (p. 101). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Dressler, D., Loewen, A., & Nelles, M. (2012). Life cycle assessment of the supply and use of bioenergy: Impact of regional factors on biogas production. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(9), 1104–1115.
- Duku, M.H., Gu, S., & Hagan, E.B. (2014). A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 404-415.
- Executive Committee. (2010). Impact Of El Niño/ La Niña weather events on the world cocoa economy. In *One Hundred and Forty-second Meeting* (pp. 1-20). London, 13-17 September 2010.
- Förster, H., Sterzel, T., Pape, C.A., Moneo-Lain, M., Niemeyer, I., Boer, R., & Kropp, J.P. (2011). Sea-level rise in Indonesia: On adaptation priorities in the agricultural sector. *Regional Environmental Change*, 11(4), 893-904.
- Hahn-Hägerdal, B., Galbe, M., Gorwa-Grauslund, G., Lidén, G., & Zacchi, G. (2006). Bio-ethanol: The fuel of tomorrow from the residues of today. *Trends in Biotechnol*, 24, 549-556.
- Hairiah, K., Ekadinata, A., Sari, R.R., & Rahayu, S. (2011). *Petunjuk praktis pengukuran cadangan karbon: Dari tingkat lahan ke bentang lahan. Edisi kedua* (p. 88). Bogor: World Agroforestry Centre, ICRAF SEA Regional Office, Bogor.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D.W., & Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. *PNAS*, 103(39), 14288-14293.
- Horbelt, A., Maciejczyk, M., Olzem, B., & Rauh, S. (2011). *Biogas can do it: Facts, arguments and potentials* (p. 40). Berlin, Germany: Fachverband Biogas e.V.
- <http://CO2now.org/Current-CO2/CO2-Now/the-climate-sheet.html>
- Igbinadolor, R.O., & Onilude, A.A. (2013). Bioprocess systems applied for the production of bioethanol from lignocellulosic biomass of cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L.) and other agricultural residues: A review. *African Journal Biotechnology*, 12(35), 5375-5388.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). Climate change 2001: The scientific basis. In Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, & C.A. Johnson (Eds.), *Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 884). Cambridge, United Kingdom and New York USA: Cambridge University Press.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Climate change 2007: The physical science basis. In Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (Eds.), *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (p. 996). Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press.

- Irawan, B. (2006). Fenomena anomali iklim El Nino dan La Nina: Kecenderungan jangka panjang dan pengaruhnya terhadap produksi pangan. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 24(1), 28–45.
- Isaac, M.E., Gordon, A.M., Thevathasan, N., Oppong, S.K., & Quashie-Sam, J. (2005). Temporal changes in soil carbon and nitrogen in west African multistrata agroforestry systems: A chronosequence of pools and fluxes. *Agroforestry Systems*, 65, 23–31.
- Isaac, M. E., Timmer, V.R., & Quashie-Sam, S.J. (2007). Shade tree effects in an 8 - year - old cocoa agroforestry system: Biomass and nutrient diagnosis of Theobroma cacao by vector analysis. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 78, 155–165.
- Lawal, J.O., & Emaku, L.A. (2007). Evaluation of the effect of climatic changes on cocoa product in Nigeria: Cocoa Research Institute of Nigeria (CRIN) as a case study. *African Crop Science Conference Proceeding*, 8, 423–426.
- Lehmann J., Gaunt, J., & Rondon, M. (2006). Biochar sequestration in terrestrial ecosystems – a review. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 403–27.
- Manik, T.K., Rosadi, B., & Nurhayati, E. (2014). Mengkaji dampak perubahan iklim terhadap distribusi curah hujan lokal di Propinsi Lampung. *Forum Geografi*, 28(1), 73–86.
- Marris, E. (2006). Black is the new green. *Nature*, 442(10), 469–624.
- Monde, A. (2009). Degradasi stok karbon (c) akibat alih guna lahan hutan menjadi lahan kakao di DAS Nopu, Sulawesi Tengah. *J. Agroland*, 16(2), 110 –117.
- Mulato, S. (2009). Case study of biogas production materials and animal manure in the cocoa and coffee farms. *International Workshop on Developing Bioenergy and Conserving the Natural Ecosystem in APEC Member Economies* (pp. 79–96). Seoul, Korea, 15–17 September 2009.
- Nekrošius, A., Navickas, K., Venslauskas, K., Kadžiulienė, Ž., & Tilvikiene, V. (2014). Assessment of energy biomass potential and greenhouse gas emissions from biogas production from perennial grasses. *Zemdirbyste-Agriculture*, 101(3), 271–278.
- Norgrove, L., & Hauser, S. (2013). Carbon stocks in shaded *Theobroma cacao* farms and adjacent secondary forests of similar age in Cameroon. *Tropical Ecology*, 54(1), 15–22.
- Nurida, N.L., Dariah, A., & Rachman, A. (2013). Peningkatan kualitas tanah dengan pembenah tanah biochar limbah pertanian. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 37(2), 69–78.
- Nwachukwu, I.N., Ezech, C.I., & Emerole, C.O. (2012). Effect of climate change on cocoa productivity in Nigeria. *African Crop Science Journal*, 20, 487–491.
- Odedina, S.A., Odedina, J.N., Ayeni, S.O., Arowojolu, S.A.A., Adeyeye, S.D., & Ojeniyi, S.O. (2003). Effect of types of ash on soil fertility nutrient availability and yield of tomato and pepper. *Niger. J. Soil Sci.*, 13, 61–62.
- Ogawa, M., Okimori, Y., & Takashi, F. (2006). Carbon sequestration by carbonisation of biomass and forestation: Three case studies. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 11, 421–36.
- Ojeniyi, S.O., & Adejobi, K.B. (2002). Effect of ash and goat dung manure on leaf nutrient composition, growth and yield of *Amaranthus* Niger. *Agric. J.*, 33, 46– 57.
- Ojeniyi, S.O., Oso, O.P., & Arowotolu, A.A. (2002). Response of Vegetables to Wood Ash Fertilizer. *Proceeding 35th. Annual Conference of Agriculture Society of Nigeria* (pp. 39–43). Abeokuta, 16–20 Spetember 2002.
- Ojo, A.D., & Sadiq, I. (2010). Effect of climate change on cocoa yield: A case of Cocoa Research Institute (CRIN) farm, Oluyole local government Ibadan Oyo State. *Journal of Sustainable Development in Africa*, 12(1), 350–358.
- Oke, D., & Olatilu, A. (2011). Carbon storage in agroecosystems: A case study of the cocoa based agroforestry in Ogbese Forest Reserve, Ekiti State, Nigeria. *Journal of Environmental Protection*, 2, 1069–1075.
- Olivier, J.G.J., Janssens-Maenhout, G., Muntean, M., Peters, J.A.H.W. (2013). *Trends in global CO₂ emissions: Report 2013* (p. 60). Netherlands: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague.
- Owolabi, O., Adeyeye, A., Oladejo, B.T., & Ojeniyi, S.O. (2003). Effect of wood ash on soil fertility and crop yield in south west Nigeria. *Niger. J. Soil Sci.*, 13, 15– 60.
- Oyekale, A.S., Bolaji, M.B., & Olowa, O.W. (2009). The effect of climate change on cocoa production and Vulnerability assessment in Nigeria. *Agricultural Journal*, 4(2), 77–85.
- Prawoto, A. (2008). Pangkasan. In Wahyudi, T., T.R., Pangabea & Pujiyanto (Eds.), *Panduan lengkap kakao: Manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir* (pp. 122—132). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Puastuti, W., & Susana, I.W.R. (2014). Potensi dan pemanfaatan kulit buah kakao sebagai pakan alternatif ternak ruminansia. *Wartazoa*, 24(3), 151–159.

- Qian, J.H., Robertson, A.W., & Moron, V. (2010). Interaction among ENSO, the monsoon, dan diurnal cycle in rainfall variability over Java, Indonesia. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 67, 3509–3524.
- Ramanathan, V., & Feng, Y. (2009). Air pollution, greenhouse gases and climate change: Global and regional perspectives. *Atmospheric Environment*, 43, 37–50.
- Rondon, M., Ramirez, J.A., & Lehmann, J. (2005). Charcoal additions reduce net emissions of greenhouse gases to the atmosphere. *Proceedings of the 3rd USDA symposium on greenhouse gases and carbon sequestration* (p. 208). Baltimore, Md, USA, 21-24 March 2005.
- Runtunuwu, E., & Syahbuddin, H. (2007). Perubahan pola curah hujan dan dampaknya terhadap periode masa tanam. *Jurnal Tanah dan Iklim*, 26, 1-12.
- Saj, S., Jagoret, P., & Nogue, H.T. (2013). Carbon storage and density dynamics of associated trees in three contrasting *Theobroma cacao* agroforests of Central Cameroon. *Agroforestry Systems*, 87(6), 1309-1320.
- Salim, M.A. (2013). The time variation of *Saccharomyces cerevisiae* inoculation in simultaneous saccharification and fermentation of cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod for bioethanol production. *Journal of Asian Scientific Research*, 3(3), 268-274.
- Setiawan, O. (2012). Analisis variabilitas curah hujan dan suhu di Bali. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 9(1), 66 – 79.
- Smiley, G.L., & Kroschel, J. (2008). Temporal change in carbon stocks of cocoa–gliricidia agroforests in Central Sulawesi, Indonesia. *Agroforest Syst.*, 73, 219–231.
- Sofian, I. (2010). *Scientific basis: Analysis and projection of sea level rise and extreme weather event. Indonesia Climate Change Sectoral Roadmap-ICCSR* (p. 70). Jakarta: National Planning and Development Agency (Bappenas).
- Srinivasan, C.A., & Saravanan, C.G. (2010). Emission Reduction on Ethanol–Gasoline Blends using 1, 4 Dioxan. *Proceedings of the World Congress on Engineering 2010* (p. 4). London, U.K.: June 30-July 2, 2010.
- Sugiyanto, Baon, J.B., & Wijaya, K.A. (2008). Sifat kimia tanah dan serapan hara tanaman kakao akibat bahan organik dan pupuk fosfat yang berbeda. *Pelita Perkebunan*, 24(3), 188—204.
- Trenberth, K.E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*, 47, 123–138.
- Unep Risø Centre. (2013). *Emissions reduction profile Ghana* (p. 29). Roskilde, Denmark: Unep Risø Centre.
- World Meteorological Organization. (2014). The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2013. *WMO Greenhouse Gases Bulletin*, 10, 1-8.
- Wyman, C.E., & Hinman, N.D. (1990). Ethanol, Fundamentals of production from renewable feedstocks and use as transportation fuel. *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 24(25), 735–753.
- Yang, B., & Wyman, C.E. (2008). Pretreatment: The key to unlocking low-cost cellulosic ethanol. A Review. *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, 2, 26–40.
- Yania, Y., Toyota, K., & Okazaki, M. (2007). Effects of charcoal addition on N₂O emissions from resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. *Soil Science and Plant Nutrition*, 53, 181–188.
- Yuliasmara, F., Wibawa, A., & Prawoto, A.A. (2009). Karbon tersimpan pada berbagai umur dan sistem pertanaman kakao: Pendekatan allometrik. *Pelita Perkebunan*, 25(2), 86—100.

PERAN MIKROORGANISME DALAM PENGELOLAAN HARA TERPADU PADA PERKEBUNAN KAKAO

THE ROLE OF MICROORGANISMS IN INTEGRATED NUTRIENT MANAGEMENT IN CACAO PLANTATION

Nendyo Adhi Wibowo, Bambang Eka Tjahjana, Nana Heryana, dan Sakiroh

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

nindya_bios@yahoo.com

ABSTRAK

Keberadaan bahan organik tanah sangat berpengaruh dalam mempertahankan kelestarian, produktivitas, dan kualitas hara yang tersedia dalam rangka mendukung peningkatan produksi kakao nasional yang berkelanjutan. Oleh karena itu, penurunan produktivitas hara lahan harus diminimalkan. Pemulihan kesuburan lahan dapat dilakukan melalui optimasi pengembalian bahan organik/limbah tanaman dengan teknologi pemupukan dan pengomposan yang melibatkan mikroorganisme. Mikroorganisme banyak berperan didalam penyediaan maupun penyerapan unsur hara bagi tanaman kakao, terutama nitrogen (N), fosfat (P), dan kalium (K). Mikroorganisme yang mampu menyediakan unsur hara esensial bagi tanaman kakao di antaranya adalah *Rhizobium* (fiksasi unsur N simbiotik), *Azotobacter* dan *Clostridium* (fiksasi unsur N non simbiotik), *Frankia* (fiksasi P simbiotik pada *Casuarina* sp.), bakteri pelarut fosfat (pelarut unsur P simbiotik), mikoriza (fiksasi P dan unsur-unsur makro maupun mikro esensial lainnya). Mikroorganisme tersebut mampu menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman baik melalui simbiosis mutualisme maupun non simbiosis. Mikroorganisme dapat berperan juga dalam perombakan limbah perkebunan kakao melalui proses pengomposan. Dalam pengomposan akan terjadi proses-proses perubahan oleh mikroorganisme, yaitu berupa penguraian selulosa, hemiselulosa, lemak, serta bahan lainnya menjadi karbondioksida (CO₂) dan air. Dengan adanya perubahan-perubahan tersebut maka bobot dan isi bahan dasar kompos akan menjadi berkurang antara 40-60%.

Kata kunci: Kakao, mikroorganisme tanah, kesuburan lahan

ABSTRACT

*The existence of soil organic matter is very influential in maintaining sustainability, productivity, and quality of nutrients availability in order to support sustainability cocoa production. Therefore, reduced productivity of land nutrients should be minimized. Restoration of soil fertility can be done through optimization of reversion organic material / waste plants by using fertilizer and composting technology that involve the role of microbes. Microbes has a role in the provision and uptake of nutrients for cocoa plants. Three essential nutrients cocoa plants are nitrogen (N), phosphate (P), and potassium (K) can involve the whole soil microbial activity. The role of micro, meso and macroorganisms in nutrient cycling biochemical and increase land productivity is very important. Microorganisms are able to provide essential nutrients for cocoa through mutualistic symbiotic and non-symbiotic. For example: *Rhizobium* (symbiotic N fixation element); *Azotobacter* and *Clostridium* (non-symbiotic N fixation element); *Frankish* (P symbiotic fixation in *Casuarina* sp.); *Solvents Bacteria Phosphate* (P symbiotic elements solvent); *Mycorrhizae* (P fixation elements and other essential macro and micro). In the management of cocoa plantations, the microorganisms are able to provide essential nutrients to the plants through a mutualistic symbiotic and non-symbiotic. Microbes also can also play a role in the degradation of cocoa waste through composting process. In composting will occur changing process by microbes, such as decomposition of cellulose, hemicellulose, fats, and other materials into carbon dioxide (CO₂) and water. These changes will reduce weight and composition of compost base material between 40-60%.*

Keywords: Cocoa, soil microorganism, soil fertility

PENDAHULUAN

Perkebunan saat ini telah menjadi *way of life* dan sumber kehidupan bagi sebagian besar masyarakat kita. Perbaikan kondisi perkebunan khususnya kakao berupa strategi, regulasi, implementasi, teknologi, manajemen, dan kelembagaan tentu akan dapat memperbaiki seluruh aspek dan sendi kehidupan yang terlibat. Perkebunan pada umumnya harus mampu menjadi pemasok sandang, pangan, papan, dan devisa bagi kehidupan seluruh mahluk hidup di dunia ini. Di samping itu, perkebunan bisa juga sebagai media konservasi alam

yang berkelanjutan, penyedia keindahan lingkungan (wisata-agro), penghasil biofarmaka, bioenergi, dan bioindustri.

Indonesia merupakan negara produsen kakao ke-3 terbesar di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana dengan produksi sebesar 13%, sementara Pantai Gading dan Ghana masing-masing adalah 39% dan 49% (International Cocoa Organization, 2012). Pada tahun 2012 Indonesia mempunyai luas total perkebunan kakao sebesar 1.774.463 hektar dengan produksi biji kakao mencapai 833.310 ton, 94,2% merupakan perkebunan rakyat dengan jumlah petani yang terlibat secara langsung sekitar 1.475.353 KK

(Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2010; Ditjenbun, 2012). Oleh karena itu, dengan besarnya potensi biomassa limbah kakao maka perlu diciptakan inovasi teknologi pengelolaan siklus hara terpadu guna meningkatkan produksi yang berbasis pada pengembalian bahan organik limbah kakao melalui rekayasa bioproses dengan pemanfaatan aktivitas mikroorganisme.

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) telah mengembangkan sistem pertanian siklus-bio terpadu (*integrated bio-cycles farming system/IBFS*) yang mengelola fungsi bahan organik dengan pengelolaan kebun secara berkelanjutan melalui prinsip-prinsip *low external input for sustainable agriculture* (LEISA). Sistem tersebut ditujukan agar tercipta sistem pertanian berkelanjutan yang dapat menghasilkan suatu komoditas berkualitas dengan jumlah yang optimal dan bebas patogen melalui pengelolaan tanaman terpadu (*integrated crop management/ICM*), pengelolaan hara terpadu (*integrated nutrient management/INM*), pengelolaan hama terpadu (*integrated pest management/IPM*), dan pengelolaan air terpadu (*integrated soil moisture management/IMM*).

Fenomena penurunan produktivitas hasil perkebunan kakao bisa menjadi masalah yang serius dan berdampak nasional sebagai akibat eksploitasi sumberdaya lahan. Penurunan produktivitas hasil perkebunan kakao harus diiringi dengan perbaikan teknologi berupa penciptaan pupuk bermutu tinggi dari sumber bahan organik. Penurunan produktivitas lahan dapat diminimalkan dengan keberadaan bahan organik tanah yang sangat berpengaruh terhadap produktivitas serta kualitas tanah. Pemulihan kesuburan lahan dapat melalui optimasi pengembalian bahan organik/limbah tanaman dengan teknologi pemupukan dan pengomposan, serta menggunakan teknik budidaya pertanian yang tepat. Pupuk kimia yang menjadi salah satu input utama di bidang perkebunan kakao, telah menjadi masalah serius, selain langka dan harganya mahal, juga bisa berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan.

Ketersediaan limbah bahan organik sebagai bahan dasar untuk pembuatan pupuk organik sangat berlimpah pada perkebunan kakao (Gambar 1). Pemberdayaan siklus energi, bahan organik dan karbon, air, hara, produksi, dan siklus uang yang dikelola secara terpadu dan berkelanjutan dengan pola 7R (*reuse, reduce, recycle, refill, replace, repair, dan replant*) sangatlah penting untuk memperoleh manfaat yang optimal bagi keberlangsungan hidup masyarakat dan lingkungan. Pengelolaan limbah tanaman kakao melalui penerapan teknologi sederhana yang terjangkau oleh sebagian masyarakat tani tentu saja akan memberikan prospek yang sangat baik.

Produksi biomassa perkebunan kakao di Indonesia yang merupakan wilayah tropika tergolong tertinggi di dunia karena tingginya jumlah dan distribusi curah hujan, temperatur udara, temperatur tanah, kelembaban udara, resim lengas tanah. Meskipun tanah tropika tergolong tua dan miskin hara karena didukung oleh tingginya aktivitas mikroorganisme maka pertumbuhan tanaman di atasnya menjadi lebih cepat.

MIKROORGANISME PENYEDIA NUTRISI

Peran mikro-, meso- dan makro-organisme secara biokimiawi dalam siklus hara dan peningkatan produktivitas lahan sangat penting dalam mendukung peningkatan produksi kakao. Mikroorganisme mampu menyediakan nutrisi utama bagi tanaman, baik melalui proses simbiosis mutualistik maupun non-simbiosis, misalnya: *Rhizobium* (fiksasi unsur N simbiotik), *Azotobacter* dan *Clostridium* (fiksasi unsur N non simbiotik), *Frankia* (fiksasi P simbiotik pada *Casuarina* sp.), bakteri pelarut fosfat (pelarut unsur P simbiotik), mikoriza (fiksasi P dan unsur-unsur makro maupun mikro esensial lainnya), dan lain sebagainya. Agus *et al.* (2004) menjelaskan bahwa kemampuan mineralisasi N dalam tanah adalah 3-5 kali lipat dibanding yang tersedia di dalam tanah.



Gambar 1. Ketersediaan limbah organik perkebunan kakao dan model bak pengomposan: (a) limbah kulit buah kakao, (b) limbah seresah kakao, dan (c) bak-bak pengomposan

Figure 1. Availability of waste organic materials cacao plantations and tube of composting models: (a) waste cocoa pod husk, (b) cocoa litter waste, and (c) tube of composting

Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut dalam air. Kelembaban 40-60% adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroorganisme. Apabila kelembaban di bawah 40% maka aktivitas mikroorganisme akan mengalami penurunan dan akan lebih menurun lagi pada kelembaban 15%. Sebaliknya apabila kelembaban lebih besar dari 60% maka hara akan tercuci dan volume udara berkurang yang dapat berakibat menurunnya aktivitas mikroorganisme, serta akan terjadi fermentasi anaerobik yang dapat menimbulkan bau tidak sedap.

Pupuk bioaktif berbasis mikroorganisme penting dalam mendukung kualitas pupuk yang benar-benar teruji baik bagi petani maupun industri sehingga dapat meningkat produktivitas hasil kakao dan tanaman lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit. Komposisi pupuk bioaktif yang tepat bagi peningkatan produktivitas tanaman kakao dilakukan melalui pendekatan bioteknologi yang mampu memperbaiki unsur tanah (*organic soil treatment*) dan aktivitas fungsional lain yang diperlukan tanaman. Menurut Peraturan Menteri Pertanian No. 51 tentang Pedoman Umum Pemulihan Kesuburan Lahan (2010), keberadaan bahan organik tanah sangat berpengaruh dalam mempertahankan kelestarian dan produktivitas serta kualitas tanah. Tanah yang memiliki kadar bahan organik tinggi dicirikan dengan tingginya populasi dan aktivitas mikroorganisme dan secara langsung maupun tidak langsung dapat memperbaiki sifat fisik tanah sehingga penyediaan hara lebih optimum. Tanah yang kandungan bahan organiknya rendah maka akan berkurang daya saingnya terhadap segala aktivitas kimia, fisik, dan biologis tanahnya. Untuk memperbaiki kondisi tersebut maka perlu diupayakan peningkatan kualitas dan kuantitas bahan organik dalam tanah.

Laju dekomposisi limbah kakao yang dihasilkan dari pengelolaan bioindustri kakao tergantung pada kualitas substrat organik, kondisi lingkungan, sifat kimia, dan aktivitas mikroorganisme. Isroi (2008) menjelaskan bahwa proses pengomposan dapat dipercepat dengan menggunakan mikroorganisme penghancur (*decomposer*) berkemampuan tinggi yang dapat mempersingkat proses dekomposisi dari beberapa bulan menjadi beberapa minggu saja. Kompos bioaktif adalah kompos yang diproduksi dengan bantuan mikroorganisme lignoselulolitik. Menurut Susanto (2009), penggunaan starter mikroorganisme pendegradasi pada pembuatan pupuk organik mempercepat proses pengomposan dan memperkecil nilai rasio C/N. Simanungkalit (2006) mengemukakan bahwa pupuk organik adalah nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman.

Pupuk organik adalah pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan mensuplai bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan

biologi tanah. Definisi tersebut menunjukkan bahwa pupuk organik lebih ditujukan kepada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya. Nilai C-organik itulah yang menjadi pembeda dengan pupuk anorganik. Bila C-organik rendah dan tidak masuk dalam ketentuan pupuk organik maka diklasifikasikan sebagai pembenah tanah organik. Mikroorganisme yang tersedia dalam pupuk, yang digunakan dalam bentuk inokulan dapat mengandung hanya satu strain tertentu atau monostain tetapi dapat pula mengandung lebih dari satu strain atau multistain. Strain-strain pada inokulan multistain dapat berasal dari satu kelompok inokulasi silang (*cross-inoculation*) atau lebih. Pada mulanya hanya dikenal inokulan yang hanya mengandung satu kelompok fungsional mikroorganisme (pupuk hayati tunggal), tetapi perkembangan teknologi inokulan telah memungkinkan memproduksi inokulan yang mengandung lebih dari satu kelompok fungsional mikroorganisme. Inokulan-inokulan komersial saat ini mengandung lebih dari satu jenis atau lebih dari satu kelompok fungsional mikroorganisme.

PERANAN MIKROORGANISME TANAH

Mikroorganisme tanah banyak yang berperan di dalam proses penyediaan maupun penyerapan unsur hara oleh tanaman. Tiga unsur hara penting tanaman, yaitu nitrogen (N), fosfat (P), dan kalium (K) seluruhnya melibatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Mikroorganisme tanah yang berperan dalam penyediaan unsur hara tanaman adalah mikroorganisme pemfiksasi N. Hara N sebenarnya tersedia melimpah di udara, kurang lebih 74% kandungan udara adalah N. Namun, N udara tidak dapat langsung diserap oleh tanaman. Tidak ada satupun tanaman yang dapat menyerap N langsung dari udara karena N harus difiksasi/ditambat oleh mikroorganisme tanah dan diubah bentuknya menjadi tersedia bagi tanaman. Mikroorganisme penambat N ada yang bersimbiosis dengan tanaman dan ada pula yang hidup bebas di sekitar perakaran tanaman. Mikroorganisme penambat N simbiotik antara lain: *Rhizobium* sp. yang hidup di dalam bintil akar tanaman kacang-kacangan (leguminosae). Mikroorganisme penambat N non-simbiotik misalnya *Azospirillum* sp. dan *Azotobacter* sp. Mikroorganisme penambat N simbiotik hanya bisa digunakan untuk tanaman leguminosae saja, sedangkan mikroorganisme penambat N non-simbiotik dapat digunakan untuk semua jenis tanaman.

Mikroorganisme tanah lain yang berperan di dalam penyediaan unsur hara tanaman adalah mikroorganisme pelarut fosfat (P) dan kalium (K). Tanah-tanah yang sering diberi pupuk superfosfat (TSP/SP 36) umumnya kandungan P-nya cukup tinggi (jenuh). Namun, hara P ini sedikit atau tidak tersedia bagi tanaman karena terikat pada mineral liat tanah yang sukar larut. Mikroorganisme pelarut P akan melepaskan ikatan P dari mineral liat tanah dan menyediakannya bagi

tanaman. Banyak sekali mikroorganisme yang mampu melarutkan P, antara lain: *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp., *Zerowilia lipolitika*, *Pseudomonas* sp., *Bacillus megatherium* var. *Phosphaticum*.

Mikroorganisme yang berkemampuan tinggi melarutkan P, umumnya juga berkemampuan tinggi dalam melarutkan K. Kelompok mikroorganisme lain yang juga berperan dalam penyerapan unsur P adalah mikoriza. Jenis mikoriza yang sering dipakai untuk *biofertilizer*, yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza seringkali ditemukan pada tanaman-tanaman keras/berkayu, sedangkan endomikoriza ditemukan pada banyak tanaman, baik tanaman berkayu atau bukan. Mikoriza hidup bersimbiosis pada akar tanaman dan berperan dalam melarutkan P serta membantu penyerapan hara P oleh tanaman. Selain itu, tanaman yang bermikoriza umumnya juga lebih tahan terhadap kekeringan dan serangan

penyakit tular tanah. Contoh mikoriza yang sering ditemukan adalah *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. Mikroorganisme tanah juga mampu menghasilkan hormon tanaman yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Hormon yang dihasilkan oleh mikroorganisme akan diserap oleh tanaman sehingga tanaman akan tumbuh lebih cepat atau lebih vigor. Kelompok mikroorganisme yang mampu menghasilkan hormon tanaman, antara lain: *Pseudomonas* sp, *Azotobacter* sp, dan *Bacillus* sp.

Pengelolaan hara terpadu perkebunan kakao guna meningkatkan produktivitas kakao melalui pengembalian bahan organik yang melibatkan aktivitas mikroorganisme perlu didukung oleh pengelolaan yang terintegrasi dalam kajian lebih mendalam melalui ICM, INM, IPM, dan IMM seperti disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks pengelolaan perkebunan kakao
Table 1. Matrix of cacao estate management

No	TAHAPAN	SASARAN/TUJUAN	METODE/PROSES
1.	Identifikasi lahan	1. Identifikasi lahan pertanian. Determinasi zonasi lahan perkebunan dan determinasi karakter lahan.	1. Identifikasi data primer & sekunder 2. Mapping/pemetaan zonasi lahan pertanian 3. Pengambilan sampel 4. Karakterisasi 5. Plot di lapangan
2.	<i>Integrated Crop Management</i> (ICM)	1. Seleksi budidaya kakao. 2. Pemupukan organik 3. Manajemen lengas 4. Determinasi <i>site/soil ecological effects</i>	1. Percampuran pupuk cair organik 2. Tanaman penabung 3. Uji perlakuan budidaya 4. Pemupukan organik di lahan.
3.	<i>Integrated Nutrient Management</i> (INM)	1. Peternakan ramah lingkungan 2. Organik farming 3. Energy alternatif Biogas 4. Determinasi sifat kimiawi 5. Determinasi sifat fisik 6. Determinasi kandungan hara 7. Determinasi material 8. Determinasi produksi tanaman 9. Kontrol kualitas tanaman Determinasi peningkatan kualitas tanah 10. Determinasi teknik <i>Soil amendment</i> 11. Determinasi manipulasi lahan	1. Peternakan sapi sehat 2. Pembuatan digester 3. Pengomposan limbah cair biogas 4. Analisis kimia tanah 5. Analisis fisika & biologi tanah 6. Analisis mikroorganisme 7. Peningkatan kualitas tanah 8. Pemakaian <i>Soil amendment</i> 9. Manipulasi lahan
4.	<i>Integrated Soil Moisture Management</i> (IMM)	1. Manajemen lengas 2. Efisiensi pengairan 3. Produk pertanian di luar musim	1. Budidaya tanaman di luar musim 2. Manajemen lengas 3. Deteksi <i>site/soil ecological effects</i>
5.	<i>Integrated Pest Management</i> (IPM)	1. Pengelolaan hama ramah lingkungan 2. Pengendalian hayati	1. Pemberantasan hama secara hayati 2. Pemanfaatan ternak untuk pemberantasan hama 3. Pemanfaatan tanaman obat untuk pemberantasan hama

Sumber: Agus *et al.* (2004)
Source: Agus *et al.* (2004)

PEMANFAATAN KULIT BUAH KAKAO SEBAGAI SUMBER UNSUR HARA TANAMAN

Kulit buah kakao dapat diolah menjadi bermacam produk seperti kompos, pakan ternak, biogas, tepung, pektin dan zat pewarna (Agyente-Badu & Oddoye, 2005; Rosniawaty *et al.*, 2005; Marcel, Andre, Theodore, & Seraphin, 2014). Sebagai bahan organik, kulit buah kakao mempunyai komposisi hara dan senyawa yang sangat potensial sebagai medium tumbuh tanaman. Kadar air dan bahan organik pada kakao lindak sekitar 86%, pH 5,4, N total 1,30%, C organik 33,71%, P₂O₅ 0,186%, K₂O 5,5%, CaO 0,23%, dan MgO 0,59% (Didiek & Away, 2004). Namun demikian, kulit buah kakao sampai saat ini belum banyak mendapat perhatian masyarakat atau perusahaan untuk dijadikan pupuk organik.

Pengomposan merupakan proses perombakan (dekomposisi) dan stabilisasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan lingkungan yang terkendali (terkontrol) dengan hasil akhir berupa humus dan kompos (Simamora & Salundik, 2006). Selama proses pengomposan akan terjadi perubahan yang dilakukan oleh mikroorganisme, yaitu berupa penguraian selulosa, hemiselulosa, lemak, serta bahan lainnya menjadi karbondioksida (CO₂) dan air. Dengan adanya perubahan-perubahan tersebut maka bobot dan isi bahan dasar kompos akan menjadi berkurang antara 40-60 %, tergantung bahan dasar kompos dan proses pengomposannya (Musnamar, 2007), sedangkan

menurut Yuwono (2005), pengomposan secara aerobik akan mengurangi bahan kompos sebesar 50% dari bobot awalnya.

Kompos mempunyai beberapa sifat yang menguntungkan, antara lain memperbaiki struktur tanah berlempung sehingga menjadi ringan, memperbesar daya ikat tanah berpasir sehingga tanah tidak berderai, menambah daya ikat air pada tanah, memperbaiki drainase dan tata udara dalam tanah, mempertinggi daya ikat tanah terhadap zat hara, mengandung hara yang lengkap walaupun jumlahnya sedikit, membantu proses pelapukan bahan mineral, memberi ketersediaan bahan makanan bagi mikroorganisme (Indriani, 2007). Hasil penelitian Sugiyanto, Baon, & Wijaya (2008), menunjukkan bahwa pemberian bahan organik berupa pupuk kandang sapi, kompos kulit kakao, dan belotong dapat meningkatkan kandungan C, N, Ca tertukar, Fe tersedia, dan pH tanah. Pemberian belotong dapat meningkatkan serapan N, K, Ca, Mg, dan SO₄, namun belum dapat meningkatkan serapan Cl. Pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N, K dan Cl, sedangkan kompos kulit kakao dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N dan K tanaman kakao. Terdapat korelasi positif antara kandungan hara dalam tanah akibat pemberian bahan organik dengan serapan hara oleh tanaman kakao. Komposisi kimia pupuk kandang, kompos kulit kakao, dan belotong sebelum diberikan pada tanaman kakao diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi kimia pupuk kandang, kompos kulit kakao, dan belotong
Table 2. Chemical composition of sheepdung, compost, and belotong

Komposisi kimia (%)	Pupuk kandang	Kompos kulit kakao	Belotong
Karbon	10,8	25,79	17,40
Nitrogen	1,00	1,42	1,27
Nisbah C/N	10,00	18,00	14,00
Fosfor	0,59	0,26	1,63
Kalium	2,55	2,97	1,11
Kalsium	2,03	3,53	5,90
Magnesium	0,85	0,85	0,66
Sulfat	0,86	0,52	3,89
Tembaga	61,00	50	79,00
Besi total	0,47	0,47	0,59
Mangan	0,07	0,04	0,12
Ph	7,80	8,10	7,70

Sumber : Dimodifikasi dari Sugiyanto, Baon, & Wijaya (2008)
Source: Modified from Sugiyanto, Baon, & Wijaya (2008)

Peranan mikroorganisme dalam proses pengomposan dapat dipengaruhi oleh beberapa hal sesuai dengan kriteria keberhasilan pengomposan menurut Isroi (2007), di antaranya :

1. *Nisbah C/N*

Mikroorganisme memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada nisbah C/N antara 30-40 mikroorganisme mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila nisbah C/N terlalu tinggi, mikroorganisme akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Oleh karena itu nisbah C/N yang efektif untuk proses pengomposan dengan kisaran 30:1 hingga 40:1.

2. *Ukuran bahan*

Aktivitas mikroorganisme berada di antara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroorganisme dengan bahan, dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran bahan baku juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut, dengan ukuran bahan baku yang ideal 2 x 2 cm.

3. *Aerasi*

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara dalam tumpukan kompos.

4. *Porositas*

Porositas adalah ruang di antara partikel dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan menambah oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dienuhi oleh air maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu. Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroorganisme dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen.

5. *Mikroorganisme*

Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut dalam air. Kelembaban 40-60% adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroorganisme. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroorganisme akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, hara akan

tercuci, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroorganisme akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

6. *Temperatur*

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroorganisme. Ada hubungannya langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur 30-60 °C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu lebih tinggi dari 60 °C akan membunuh sebagian mikroorganisme dan hanya mikroorganisme termofilik saja yang tetap bertahan hidup. Suhu tinggi juga akan membunuh mikroorganisme patogen tanaman dan benih-benih gulma.

7. *Tingkat keasaman*

Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH optimum untuk proses pengomposan dengan 6,5 sampai 7,5. pH kotoran ternak umumnya 6,8 hingga 7,4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri, sebagai contoh proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral.

8. *Kandungan hara*

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme selama proses pengomposan.

9. *Kandungan bahan berbahaya*

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan berbahaya bagi kehidupan mikroorganisme. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Nikel, Cr adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat akan mengalami imobilisasi selama proses pengomposan.

PENUTUP

Mikroorganisme banyak berperan dalam penyediaan maupun penyerapan unsur hara bagi tanaman kakao. Peran mikro-, meso- dan makro-organisme secara biokimiawi dalam siklus hara dan peningkatan produktivitas lahan sangat penting. Tiga unsur hara penting bagi tanaman kakao, yaitu nitrogen (N), fosfat (P), dan kalium (K) seluruhnya dapat melibatkan aktivitas mikroorganisme. Mikroorganisme mampu menyediakan nutrisi utama bagi tanaman kakao,

baik melalui simbiosis mutualistik maupun non simbiosis. Mikroorganisme juga mampu menghasilkan hormon tanaman yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Mikroorganisme dapat berperan dalam perombakan limbah perkebunan kakao melalui proses pengomposan. Dalam proses pengomposan akan terjadi perubahan yang dilakukan oleh mikroorganisme, yaitu berupa penguraian selulosa, hemiselulosa, lemak, serta bahan lainnya menjadi karbondioksida (CO₂) dan air. Pengelolaan hara terpadu perkebunan kakao guna meningkatkan produktivitas kakao melalui pengembalian bahan organik yang melibatkan aktivitas mikroorganisme perlu didukung oleh pengelolaan yang terintegrasi dalam kajian lebih mendalam melalui: pengelolaan tanaman terpadu (ICM), pengelolaan hara terpadu (INM), pengelolaan hama terpadu (IPM), dan pengelolaan air terpadu (IMM).

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, C., Karyanto, O., Kita, S., Haibara, K., Toda, H., Hardiwinoto, S., Supriyo, H., Na'iem, M., ... Wijoyo, S. (2004). Sustainable site productivity and nutrient management in a short rotation *Gmelina arborea* plantation in East Kalimantan, Indonesia. *New Forest J.*, 28, 277-285.
- Agyente-Badu, K., & Oddoye, E.C.K. (2005). Uses of cocoa by-products. In *Proceedings of 24th Biennial Conference of Ghana Science Association* (p. 115-127). University of Ghana, Legon.
- Didiek, H.G., & Away, Y. (2004). Orgadek, aktivator pengomposan. Pengembangan Hasil Penelitian. Bogor: Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan Bogor.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2010). *Pedoman umum pelaksanaan kegiatan pengembangan pertanian terpadu tanaman kakao-ternak tahun 2010* (p. 34). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2012). *Pedoman teknis penanganan pascapanen kakao* (p. 20). Jakarta: Direktorat Pascapanen dan Pembinaan Usaha, Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Indriani, Y. H. (2007). *Membuat pupuk organik secara singkat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- International Cocoa Organization. (2012). International Cocoa Organization Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XXXVIII, No. 4, Cocoa year 2011/2012. Retrieved from <http://www.icco.org/>
- Isroi. (2007). *Bioteknologi mikroba untuk pertanian organik*. Laporan Penelitian. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Lembaga Riset Perkebunan Indonesia.
- Isroi. (2008). *Kompos*. Bogor: Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Retrieved from <http://id.wikipedia.org/wiki/Kompos>. 14 Agustus 2008.
- Marcel, B.K.G., Andre, K.B., Theodore, D., & Seraphin K.C. (2011). Waste and by-products of cocoa in breeding: Research synthesis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 1(1), 9-19.
- Musnamar, E.I. (2007). *Pupuk organik (Cair dan padat, pembuatan, aplikasi)*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Peraturan Menteri Pertanian. (2010). *Pedoman umum pemulihan kesuburan lahan*. Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 51/Permentan/OT.140/9/2010.
- Rosniawaty, S. (2005). *Pengaruh kompos kulit buah kakao dan kascing terhadap pertumbuhan bibit kakao (Theobroma cacao L.) kultivar Upper Amazone Hybrid (UAH)*. Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian UNPAD.
- Simamora, S., & Salundik. (2006). *Meningkatkan kualitas kompos*. Jakarta: PT. Agromedia.
- Simanungkalit, R.D.M. (2006). *Pupuk organik dan pupuk hayati (organic fertilizer and biofertilizer)*. Bogor: Balai Besar Sumber Daya Lahan Pertanian, Balitbang Pertanian.
- Sugiyanto, Baon, J.B., & Wijaya, K.A. (2008). Sifat kimia tanah dan serapan hara tanaman kakao akibat bahan organik dan pupuk fosfat yang berbeda. *Pelita Perkebunan*, 24(3), 188-204.
- Susanto. (2009). Membuat kompos dengan mudah dan murah. *Gula Indonesia* /Vol.XXXIII/ No.1/Maret-April 2009.
- Yuwono, D. (2005). *Kompos*. Jakarta: Penebar Swadaya.

PEMANFAATAN LIMBAH KULIT BUAH KAKAO SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN KOMPOS

THE UTILIZATION OF COCOA POD HUSK WASTE AS RAW MATERIALS OF COMPOST

Rusli, Yulius Ferry, dan Juniaty Towaha

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

rusli_balittri@yahoo.com

ABSTRAK

Kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan limbah pengolahan biji kakao yang jumlahnya sangat melimpah di Indonesia, mengingat Indonesia merupakan negara produsen kakao ke-3 terbesar di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Komposisi buah kakao terdiri dari kulit buah sebanyak 73,7%; (b) pulpa sebanyak 10,1%; (c) plasenta sebanyak 2,0%; dan (d) biji sebanyak 14,2% sehingga dengan mengacu kepada produksi biji kakao Indonesia pada tahun 2012 yang mencapai 833.310 ton maka terdapat limbah kulit buah kakao sebanyak $\pm 4.324.996$ ton/tahun. Selama ini limbah kulit buah kakao belum banyak dimanfaatkan, apabila dikelola dengan baik dapat digunakan sebagai bahan baku pupuk kompos sehingga memberikan nilai tambah dalam pengelolaan limbah buah kakao serta dapat meningkatkan pendapatan petani kakao.

Kata kunci: Kakao, limbah, kulit buah, kompos

ABSTRACT

Cocoa pod husk (Theobroma cacao L.) is a waste generated from processing of cocoa beans that found with huge amounts in Indonesia, since Indonesia is recognized as the third largest cocoa producer in the world after Ivory Coast and Ghana. The composition of cocoa pod consist of husk 73.7%; (b) pulp 10.1%; (c) placenta 2.0%; and (d) beans 14.2%. Based on Indonesian cocoa production in 2012 which is reached about 833 310 tons, there will be $\pm 4,324,996$ tons of cocoa pod husk waste every year. During this time the cocoa pod husk has not been widely used. However, if managed properly it has high potential as raw material for compost, which providing value added in waste management as well as increasing cocoa farmers' income.

Keywords: Cocoa, waste, pod husk, compost

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di kawasan tropika yang memiliki tanah mineral bermasalah dalam kaitannya dengan tingginya laju dekomposisi bahan organik dan pencucian hara. Kandungan bahan organik pada sebagian besar lahan pertanian di Indonesia dalam tiga dasawarsa terakhir telah mencapai tingkat yang rendah, dengan kandungan C-organik $\pm 2\%$ (Subowo, 2010). Las & Setyorini (2010) menyatakan bahwa $\pm 73\%$ lahan pertanian di Indonesia mempunyai kandungan C-organik $\pm 2\%$, yang mengakibatkan sebagian besar lahan pertanian intensif menurun produktivitasnya dan telah mengalami degradasi lahan. Banyak lahan sawah intensif di Jawa kandungan C-organiknya $< 1\%$, sedangkan untuk memperoleh produktivitas optimal dibutuhkan kandungan C-organik $> 2,5\%$.

Terbaikannya pengembalian bahan organik ke dalam tanah dan intensifnya penggunaan pupuk kimia pada lahan pertanian menyebabkan mutu fisik dan kimia tanah menurun atau sering disebut kelelahan lahan (*land fatigue*) (Sisworo, 2006). Kondisi tanah yang demikian menyebabkan biota tanah berpengaruh terhadap fiksasi nitrogen dan kelarutan fosfat menurun, miskin hara mikro, perlindungan terhadap penyakit rendah, boros terhadap penggunaan pupuk dan air, serta tanaman peka terhadap kekeringan. Produktivitas tanah dan

keberlanjutan produksi pertanian, baik tanaman pangan, hortikultura maupun perkebunan ditentukan oleh kecukupan kandungan bahan organik tanah. Bahan organik tanah merupakan komponen penting sebagai salah satu penentu kesuburan tanah, terutama di daerah tropika seperti di Indonesia dengan suhu udara dan curah hujan yang tinggi (Tisdale, Nelson, Beaton, & Havlin, 1993; Engelstat, 1997; Subowo, 2010).

Penurunan bahan organik tanah khususnya pada lahan-lahan perkebunan rakyat, dapat diatasi dengan pemberian pupuk organik berbahan baku lokal, seperti limbah pertanian dan sisa-sisa tanaman atau pangkasan pohon pelindung yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kompos. Untuk perkebunan kakao rakyat maka dapat memanfaatkan limbah kulit buah kakao sebagai bahan baku pembuatan kompos.

Luas total perkebunan kakao Indonesia tahun 2012 adalah 1.774.463 hektar dengan produksi biji kakao mencapai 833.310 ton. Sebagian besar areal pertanamannya (94,2%) merupakan perkebunan rakyat dengan jumlah petani yang terlibat sekitar 1.475.353 KK (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2013). Pada saat panen, dalam pengolahan biji kakao akan dihasilkan limbah kulit buah kakao yang sangat melimpah, mengingat bahwa kulit buah merupakan komponen terbesar dari buah. Menurut Young (2007), Chandrasekaran (2012) dan

Watson (2012), buah kakao terdiri dari empat komponen: (a) kulit buah (*pod husk*) 73,7%; (b) pulpa 10,1%; (c) plasenta 2,0%; dan (d) biji 14,2%.

Limbah kulit buah kakao yang dihasilkan setiap panen akan menimbulkan masalah jika tidak ditangani dengan baik, seperti polusi udara dan potensi menjadi sumber penyebaran hama dan penyakit tanaman berupa jamur, bakteri, dan virus yang dapat menyerang batang, daun, dan buah kakao (Darmono & Panji, 1999; Fajar *et al.*, 2004; Ditjenbun, 2010; Muslim, Muyassir, & Alvisyahrin, 2012). Kulit buah kakao dapat diolah menjadi bermacam produk seperti kompos, pakan ternak, biogas, tepung, pektin, dan zat pewarna (Wulan, 2001; Agyente-Badu *et al.*, 2005; Rosniawaty, Dewi, & Suherman, 2005; Belsack, Komes, Horzic, Ganic, & Karlovic, 2009; Marcel, Andre, Theodore, & Seraphin, 2011). Limbah kulit buah kakao yang melimpah tersebut harus dapat dikelola dengan baik oleh petani. Kandungan hara yang terkandung pada kulit buah kakao cukup baik (Ajayi, Awodun, & Ojeniyi, 2007; Adejobi, Famaye, Akanbi, Nduka, & Adeniyi, 2013), sehingga salah satu alternatif pemanfaatan limbah kulit buah kakao yang efektif dan mampu meningkatkan nilai tambah yang cukup signifikan adalah dengan mengolahnya menjadi kompos.

SIFAT DAN MANFAAT KOMPOS

Menurut Badan Standardisasi Nasional [BSN] (2004) dan Murbandono (2006), kompos adalah bahan organik yang telah mengalami proses dekomposisi karena adanya interaksi antara mikroorganisme yang bekerja di dalamnya. Bahan-bahan organik tersebut di antaranya adalah dedaunan, rumput jerami, sisa-sisa ranting dan dahan, maupun sampah organik. Lebih lanjut Crawford (2003) menjelaskan bahwa kompos merupakan hasil penguraian dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik.

Pemberian kompos ke dalam tanah secara berkesinambungan dapat memperbaiki keadaan dan karakteristik tanah secara umum. Sifat kompos dalam perbaikan kesuburan tanah agak berbeda dengan pupuk kimia (anorganik) yang secara umum. Kandungan hara kompos secara relatif lebih rendah bila dibandingkan pupuk kimia, namun nilai kelengkapan kandungan hara kompos berada dalam posisi yang lebih unggul.

Manfaat pupuk organik seperti kompos terhadap kesuburan tanah antara lain: (1) dalam proses mineralisasi akan melepaskan hara dengan lengkap (N, P, K, Ca, Mg, S, dan hara mikro) meskipun jumlah relatif kecil, (2) dapat memperbaiki struktur tanah, menyebabkan tanahnya menjadi ringan untuk diolah dan mudah ditembus akar sehingga untuk tanah-tanah berat menjadi lebih mudah diolah, (3) meningkatkan daya menahan air (*water holding capacity*) sehingga tanah mampu menyediakan air menjadi lebih banyak, yang akhirnya kelengasan tanah lebih terjaga, (4)

permeabilitas tanah menjadi lebih baik, menurunkan permeabilitas pada tanah bertekstur kasar, dan sebaliknya meningkatkan permeabilitas pada tanah bertekstur halus, (5) meningkatkan KTK (kapasitas tukar kation) sehingga kemampuan mengikat kation menjadi lebih tinggi, akibatnya apabila dipupuk hara tanaman tidak mudah tercuci, (6) memperbaiki kehidupan biologi tanah menjadi lebih baik karena ketersediaan energi bagi jasad renik lebih terjamin, (7) mengandung mikrobia dalam jumlah cukup yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik, (8) dapat bereaksi dengan ion logam untuk membentuk senyawa kompleks sehingga ion logam yang meracuni tanaman atau menghambat penyediaan hara seperti Al, Fe, dan Mn dapat dikurangi, dan (9) dapat meningkatkan daya sangga (*buffering capacity*) terhadap goncangan perubahan drastis sifat tanah (Tisdale *et al.*, 1993; Engelstat, 1997; Simamora & Gohong, 2006).

Kompos memiliki banyak manfaat yang ditinjau dari beberapa aspek di antaranya:

Aspek ekonomi:

1. Menghemat biaya untuk transportasi dan penimbunan limbah.
2. Mengurangi volume/ukuran limbah.
3. Memiliki nilai jual yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya.

Aspek lingkungan:

1. Mengurangi polusi udara karena pembakaran limbah dan pelepasan gas metana dari sampah organik yang membusuk akibat bakteri metanogen di tempat pembuangan sampah.
2. Mengurangi kebutuhan lahan untuk penimbunan.

Aspek bagi tanaman:

1. Meningkatkan kualitas hasil panen (rasa, nilai gizi, dan jumlah panen).
2. Menyediakan hormon dan vitamin bagi tanaman.
3. Menekan pertumbuhan/serangan penyakit tanaman.
4. Meningkatkan produksi tanaman.

POTENSI KETERSEDIAAN LIMBAH KULIT BUAH KAKAO DI INDONESIA

Menurut Young (2007), Chandrasekaran (2012), dan Watson (2012), pada dasarnya buah kakao terdiri dari empat komponen: (a) kulit buah (*pod husk*) sebanyak 73,7%; (b) pulpa sebanyak 10,1%; (c) plasenta sebanyak 2,0%; dan (d) biji sebanyak 14,2%. Mengacu kepada produksi biji kakao Indonesia pada tahun 2012 yang mencapai 833.310 ton (Ditjenbun, 2013), dengan porsi 73,7% kulit buah kakao maka akan terdapat ketersediaan limbah kulit buah kakao sebanyak $\pm 4.324.996$ ton dalam setiap tahunnya (Tabel 1), yang tersebar pada sentra-sentra penghasil kakao di Indonesia. Besaran nilai tersebut belum dimanfaatkan secara optimal, hanya sebagian kecil saja yang sudah dimanfaatkan. Selebihnya limbah kulit buah kakao tersebut hanya dibiarkan dan menjadi sumber penyebaran hama penyakit tanaman (Ditjenbun, 2010).

Tabel 1. Potensi limbah kulit buah kakao di Indonesia Tahun 2012
Table 1. Potency of cocoa pod husk waste in Indonesia in 2012

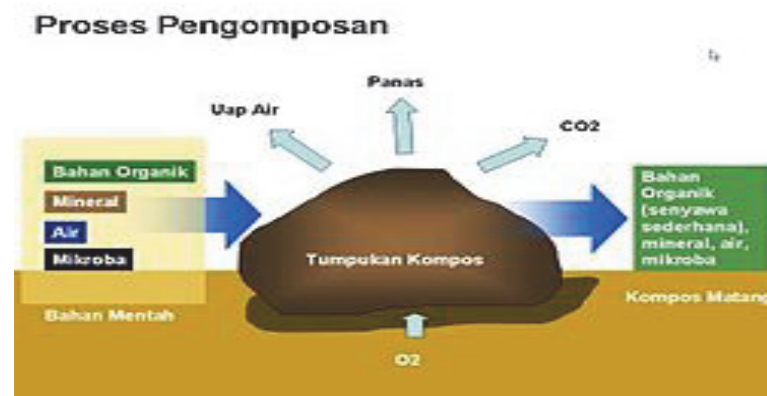
Uraian	Nilai (ton)
Produksi biji kakao kering	833.310
Produksi kulit buah kakao	$73,7/14,2 \times 833.310 = 4.324.996$

Sumber : Ditjenbun (2013)
Source: Ditjenbun (2013)

Tabel 2. Organisme yang berperan dalam proses pengomposan
Table 2. The Organisms that play a role in the composting process

Mikroba	Jumlah populasi mikroba pada fase	
	Mesofilik < 4 °C	Termofilik 40 -70 °C
Bakteri		
Mesofilik	10^8	10^6
Termofilik	10^4	10^9
Actinomycetes		
Termofilik	10^4	10^8
Jamur		
Mesofilik	10^6	10^3
Termofilik	10^3	10^7

Sumber : Stoffella & Kahn (2001)
Source: Stoffella & Kahn (2001)



Gambar 1. Proses umum pengomposan limbah padat organik (Sumber: Rynk, 1992)
Figure 1. The general process of organic solid waste composting (Source: Rynk, 1992)

Ketersediaan limbah kulit buah kakao tidak merata di sepanjang tahun karena tingkat produksi kakao cukup berfluktuasi tergantung kondisi spesifik wilayah. Puncak produksi kakao (panen raya) terjadi 2-3 bulan sehingga limbah tersebut akan begitu melimpah pada saat puncak panen yang pada umumnya terjadi pada bulan April sampai Juli (Priyanto, 2006; Wahyudi, Panggabean, & Pujiyanto, 2008).

PROSES PEMBUATAN KOMPOS

Proses pembuatan kompos adalah proses biologis dari selama proses tersebut berlangsung, sejumlah jasad hidup (mikroba), seperti bakteri dan jamur (Suriawiria, 2002). Beberapa mikroorganisme pengurai yang terlibat dalam proses pengomposan disajikan pada Tabel 2.

Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat cepat, hingga di atas 50-70 °C, suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu yang diikuti dengan peningkatan pH kompos. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada saat ini terjadi dekomposisi/ penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi CO₂, uap air dan panas. Setelah sebagian besar bahan telah terurai maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada saat ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Selama proses

pengomposan akan terjadi penyusutan volume maupun biomassa bahan. Pengurangan ini dapat mencapai 30–40% dari volume/bobot awal bahan.

Proses pengomposan dapat terjadi secara aerobik, yaitu mikroba menggunakan oksigen dalam proses dekomposisi bahan organik. Selain itu proses dekomposisi dapat juga terjadi tanpa menggunakan oksigen (proses anaerobik). Namun demikian, proses anaerobik tidak diinginkan karena akan dihasilkan bau yang tidak sedap. Proses anaerobik akan menghasilkan senyawa-senyawa berbau tidak sedap, seperti: asam-asam organik (asam asetat, asam butirat, asam valerat, putrescine), amonia, dan H_2S .

FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PROSES PENGOMPOSAN

Setiap organisme pendegradasi bahan organik membutuhkan kondisi lingkungan dan bahan yang berbeda-beda. Apabila kondisinya sesuai maka dekomposer tersebut akan bekerja giat untuk mendekomposisi limbah padat organik. Apabila kondisinya kurang sesuai atau tidak sesuai maka organisme tersebut akan dorman, pindah ke tempat lain, atau bahkan mati. Menciptakan kondisi yang optimum untuk proses pengomposan sangat menentukan keberhasilan proses pengomposan itu sendiri.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan, antara lain:

1. Rasio C/N

Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan 30 : 1 hingga 40 : 1. Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein. Pada rasio C/N di antara 30 sampai 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat.

Umumnya, masalah utama pengomposan adalah pada rasio C/N yang tinggi, terutama jika bahan utamanya mengandung kadar kayu tinggi (sisa gergajian kayu, ranting, ampas tebu, dan sebagainya). Untuk menurunkan rasio C/N diperlukan perlakuan khusus, misalnya menambahkan mikroorganisme selulolitik atau kotoran hewan karena kotoran hewan mengandung banyak senyawa nitrogen.

2. Ukuran Partikel

Aktivitas mikroba berada di antara permukaan area dan udara. Permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut.

3. Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Aerasi

secara alami akan terjadi pada saat suhu meningkat, menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila aerasi terhambat maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan kompos.

4. Porositas

Porositas adalah ruang di antara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplai oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dijenuhi oleh air maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu.

5. Kelembapan

Kelembapan memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik jika bahan organik tersebut larut di dalam air. Kisaran kelembapan optimum untuk metabolisme mikroba adalah 40– 60%, apabila kelembapan di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembapan 15%. Jika kelembapan di atas 60%, hara akan tercuci, volume udara berkurang sehingga aktivitas mikroba menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap.

6. Temperatur

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Ada hubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi temperatur akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Temperatur dengan kisaran 30–60 °C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Suhu yang lebih tinggi dari 60 °C akan membunuh sebagian mikroba dan hanya mikroba termofilik saja yang akan hidup. Suhu tinggi juga akan membunuh mikroba-mikroba patogen tanaman dan benih-benih gulma.

7. pH

Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH yang lebar. pH optimum proses pengomposan adalah 6,5–7,5, pH kotoran ternak adalah 6,8–7,4. Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan tersebut. Sebagai contoh, proses pelepasan asam, secara temporer atau lokal, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral (Tabel 3).

Tabel 3. Kondisi optimal untuk mempercepat proses pengomposan
table 3. optimal conditions to accelerate the composting process

Kondisi	Kondisi yang bisa diterima	Kondisi ideal
Rasio C/N	20-40	25-35
Kelembapan	40-65%	45-62% berat
Konsentrasi oksigen tersedia	> 5%	> 10%
Ukuran partikel	1 inchi	bervariasi
Bulk Density	1000 lbs/cu yd	1000 lbs/cu yd
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
Suhu	43-66 °C	54-60 °C

Sumber: Ryak (1992) *cited in wikipedia*
Source: Ryak (1992) cited in wikipedia

8. Kandungan Hara

Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan.

9. Kandungan Bahan Berbahaya

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Ni, dan Cr adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat akan mengalami imobilisasi selama proses pengomposan.

10. Lama Pengomposan

Lama waktu pengomposan tergantung pada karakteristik bahan yang dikomposkan, metode pengomposan yang dipergunakan dengan atau tanpa penambahan aktivator pengomposan. Secara alami pengomposan akan berlangsung dalam waktu beberapa minggu sampai 2 tahun hingga kompos tersebut benar-benar matang.

TEKNIK MEMPERCEPAT PROSES PENGOMPOSAN

Pengomposan dapat dipercepat dengan beberapa cara/teknik. Secara umum teknik untuk mempercepat proses pengomposan dapat dikelompokkan menjadi tiga:

- Memanipulasi kondisi/faktor-faktor yang berpengaruh pada proses pengomposan.
- Menambahkan organisme yang dapat mempercepat proses pengomposan: mikroba pendegradasi bahan organik dan vermikompos (cacing).
- Menggabungkan teknik pertama dan kedua.

Manipulasi Kondisi Pengomposan

Teknik ini banyak dilakukan di awal perkembangan teknologi pengomposan. Kondisi atau faktor-faktor pengomposan dibuat seoptimum mungkin. Sebagai contoh, rasio C/N yang optimum adalah 25-35. Untuk membuat kondisi ini bahan-bahan yang mengandung rasio C/N tinggi dicampur dengan bahan yang mengandung rasio C/N rendah, seperti kotoran ternak. Ukuran bahan yang besar-besar dicacah sehingga ukurannya cukup kecil dan ideal

untuk proses pengomposan. Bahan yang terlalu kering diberi tambahan air atau bahan yang terlalu basah dikeringkan terlebih dahulu sebelum proses pengomposan. Demikian pula untuk faktor-faktor lainnya.

Penggunaan Pengaktif (Aktivator) Pengomposan

Teknik yang lebih maju adalah dengan memanfaatkan organisme yang dapat mempercepat proses pengomposan. Organisme yang sudah banyak dimanfaatkan misalnya cacing tanah. Proses pengomposannya disebut vermikompos dan kompos yang dihasilkan dikenal dengan sebutan kascing. Organisme lain yang banyak dipergunakan adalah mikroba, baik bakteri, aktinomisetes, maupun jamur (Tabel 1). Saat ini di pasaran banyak sekali beredar pengaktif pengomposan, misalnya Marros Bio-Activa, Green Phoskko (GP-1), Promi, OrgaDec, SuperDec, ActiComp, EM4, Stardec, Starbio, BioPos, dan lain-lain.

Promi, OrgaDec, SuperDec, dan ActiComp adalah hasil penelitian Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia (BPBPI) dan saat ini telah banyak dimanfaatkan oleh masyarakat. Sementara Marros Bio-Activa dikembangkan oleh para peneliti mikroba tanah yang tergabung dalam sebuah perusahaan swasta. Pengaktif pengomposan ini menggunakan mikroba-mikroba terpilih yang memiliki kemampuan tinggi dalam mendegradasi limbah-limbah padat organik, yaitu *Trichoderma pseudokoningii*, *Cytopaga* sp., *Trichoderma harzianum*, *Pholyota* sp., *Agrailly* sp., dan FPP (fungi pelapuk putih). Mikroba ini bekerja aktif pada suhu tinggi (termofilik). Aktivator yang dikembangkan oleh BPBPI tidak memerlukan tambahan bahan-bahan lain dan tanpa pengadukan secara berkala. Namun, kompos perlu ditutup/sungkup untuk mempertahankan suhu dan kelembapan agar proses pengomposan berjalan optimal dan cepat. Pengomposan dapat dipercepat hingga 2 minggu untuk bahan-bahan lunak/mudah hingga 2 bulan untuk bahan-bahan keras/sulit dikomposkan.

Manipulasi Kondisi dan Penambahan Pengaktif Pengomposan

Teknik pengomposan yang saat ini banyak dikembangkan masyarakat adalah dengan menggabungkan kedua teknik di atas. Kondisi pengomposan dibuat seoptimal mungkin, kemudian didukung dengan penambahan pengaktif pengomposan.

PROSES PEMBUATAN KOMPOS KULIT BUAH KAKAO

Alat dan Bahan yang Dibutuhkan

Alat yang digunakan antara lain: sabit/parang, bak/drum untuk tempat air, ember untuk menyimpan pengaktif, kayu sebagai pengaduk, gembor untuk menyemprot, sekop, dan cangkul/garpu. Bahan yang digunakan adalah limbah kulit buah kakao. Adapun dosis aktivator yang digunakan adalah 1 kg promi untuk 1 ton setiap bahan.

Metode Pelaksanaan

Cara pembuatan kompos limbah kulit kakao hampir sama dengan cara pengomposan menggunakan bahan lain, berikut ini prosedur kerja dalam pembuatan kompos limbah kulit kakao:

- Masukan air kedalam bak/drum. Volume air yang diperlukan kurang lebih 200 l untuk setiap 1 m³ bahan.
- Masukan larutan mikroba kedalam ember sesuai dosis yang diperlukan dan aduk hingga tercampur rata.
- Siapkan lubang parit 40x40x40 cm disesuaikan dengan kondisi setempat.
- Masukan sampah berupa ranting-ranting dan daun kakao lapis demi lapis kedalam parit yang telah disiapkan di antara tanaman kakao.
- Siramkan larutan mikroba pada setiap lapisnya
- Padatkan setiap lapis sampah tersebut dengan cara di injak-injak.
- Setelah penuh dan padat, tutup lubang dengan tanah kemudian di injak-injak sampai padat.
- Lubang yang telah ditutup tanah diinjak sampai rata dan padat.

Pengamatan Proses Pengomposan

Setelah diinkubasi selama 21-30 hari, amati tumpukan sampah tersebut.

Proses pengomposan berhasil baik jika:

- Terjadi penurunan tinggi tumpukan sampah.
- Jika dipegang terasa panas.
- Tidak berbau menyengat.
- Tidak kering.
- Sampah sudah melunak.

Lakukan tindakan berikut jika:

- Apabila tumpukan terasa panas dan sampah kering maka tambahkan air secukupnya.
- Apabila berbau menyengat dan sampah terlalu basah tancapkan bambu yang sudah dilubangi untuk menambah aerasi.
- Jika diperlukan lakukan pembalikan.

Menentukan Kematangan Kompos

Menurut Isroi (2007), untuk mengetahui tingkat kematangan kompos dapat dilakukan dengan uji di laboratorium ataupun pengamatan sederhana di lapangan. Berikut ini disampaikan beberapa cara sederhana untuk mengetahui tingkat kematangan kompos:

a. Penyusutan Bahan Baku

Terjadi penyusutan volume/bobot kompos seiring dengan kematangan kompos. Besarnya penyusutan tergantung pada karakteristik bahan mentah dan tingkat kematangan kompos. Penyusutan berkisar antara 20–40%. Apabila penyusutannya masih kecil/sedikit, kemungkinan proses pengomposan belum selesai dan kompos belum matang.

b. Warna Kompos

Warna kompos yang sudah matang adalah coklat kehitam-hitaman. Apabila kompos masih berwarna hijau atau warnanya mirip dengan bahan mentahnya berarti kompos tersebut belum matang. Selama proses pengomposan pada permukaan kompos seringkali juga terlihat miselium jamur yang berwarna putih.

c. Struktur Bahan Baku

Kompos yang telah matang akan terasa lunak ketika dihancurkan. Bentuk kompos mungkin masih menyerupai bahan asalnya, tetapi ketika diremas akan mudah hancur.

d. Bau

Kompos yang sudah matang berbau seperti tanah dan bau bahan bakunya sudah berubah, meskipun kompos dari sampah kota. Apabila kompos tercium bau yang tidak sedap, berarti terjadi fermentasi anaerob dan menghasilkan senyawa-senyawa yang mungkin berbahaya bagi tanaman. Jika kompos masih berbau seperti bahan mentahnya berarti kompos masih belum matang.

e. Suhu

Suhu kompos yang sudah matang mendekati dengan suhu awal pengomposan. Suhu kompos yang masih tinggi, atau di atas 50 °C, berarti proses pengomposan masih berlangsung aktif dan kompos belum cukup matang.

Pengemasan Kompos

Kompos yang sudah matang segera dikemas, kompos tersebut dikemas menggunakan karung dengan berat 25 kg tiap karung, setelah pengemasan selesai kompos siap untuk dijual atau langsung diaplikasikan pada tanaman.

KOMPOS KULIT BUAH KAKAO

Spesifikasi SNI 19-7030-2004 merupakan standar kualitas kompos di Indonesia, di dalam standard ini dimuat batas-batas maksimum atau minimum sifat-sifat fisik atau kimiawi kompos. Termasuk di dalamnya adalah batas maksimum kandungan logam berat. Standar ini penting terutama untuk kompos-kompos yang akan dijual ke pasaran. Standar ini menjadi salah satu jaminan bahwa kompos yang dijual benar-benar merupakan kompos yang telah siap diaplikasikan dan tidak berbahaya bagi tanaman, manusia, maupun lingkungan (BSN, 2004).

Tabel 4. Perbandingan sifat kimia kompos kulit buah kakao dari hasil penelitian dan SNI 19-7030-2004
Table 4. The comparison of chemical properties of cocoa pods husk compost obtained from the research and SNI 19-7030-2004

Parameter	Goenadi & Away (2004)	Rubiyo (2009)	SNI 19-7030-2004	
			Minimum	Maksimum
pH	5,400	7,50	6,80	7,49
N-Total (%)	1,300	1,54	0,40	-
C-organik (%)	33,710	26,37	9,80	32,00
C/N Rasio	25,900	17,12	10,00	20,00
P ₂ O ₅ (%)	0,186	0,57	0,10	-
K ₂ O (%)	5,500	1,10	0,20	-

Berdasarkan hasil penelitian Goenadi & Away (2007) serta Rubiyo (2009), sifat kimia dari kompos berbahan baku kulit buah kakao sebagian besar sifat komposnya memenuhi spesifikasi SNI 19-7030-2004 (Tabel 4), sebagian besar sifat kimia kompos tersebut memenuhi spesifikasi SNI 19-7030-2004. Meskipun dari hasil penelitian Goenadi & Away (2004) ada parameter yang belum memenuhi syarat seperti nilai pH dan C/N-rasio, tetapi nilai tersebut dapat memperbaiki dengan menambah waktu proses pengomposan. Nilai tersebut dapat diperbaiki dengan menambah waktu proses pengomposan sehingga kompos yang diperoleh telah betul-betul matang. Jika nilai C/N-rasio > 20 proses dekomposisinya masih berlangsung dan kompos belum matang sehingga masih diperlukan waktu lagi untuk menjadi matang (Scott, 2010; Sinaga, Sutrisno, & Budisulistiorini, 2010; Indriani, 2011; Chalimatus, Latifah, & Mahatmanti, 2013).

Hasil penelitian Rosniawaty *et al.* (2005) mendapatkan pupuk kompos yang diolah dari limbah kulit buah kakao berpengaruh secara signifikan pada pertumbuhan bibit kakao. Selain itu berpengaruh baik terhadap tanaman kakao dewasa dan dapat meningkatkan produksi tanaman kakao (Ojeniyi, 2006; Wahyudi *et al.*, 2008; Ogunlade, Agbeniyi, & Oluyole, 2010; Agbeniyi, Oluyole, & Ogunlade, 2011). Secara spesifik Agbeniyi *et al.* (2011) melaporkan bahwa pemanfaatan kompos berbahan baku kulit buah kakao terhadap pemupukan tanaman kakao dewasa, dapat meningkatkan pendapatan petani kakao di Nigeria sebanyak 96,25% dibandingkan tanpa pemanfaatan kompos tersebut, melalui peningkatan produksi dan penekanan anggaran biaya pemupukan. Berdasarkan hal tersebut maka pupuk kompos yang diolah dari limbah kulit buah kakao mempunyai mutu yang cukup baik.

Pembuatan kompos dapat dilakukan oleh petani secara mandiri karena relatif mudah dan bahan bakunya melimpah sehingga perlu dioptimalkan pendayagunaan potensi yang ada di sekitar lingkungan petani tersebut secara berkelanjutan.

PENUTUP

Kompos berbahan baku kulit buah kakao mempunyai mutu yang baik karena sudah memenuhi syarat spesifikasi kompos SNI 19-7030-2004, dan dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap pertumbuhan bibit maupun tanaman kakao dewasa.

Pemanfaatan kompos berbahan baku kulit

buah kakao sebagai pupuk kompos pada tanaman kakao dapat meningkatkan nilai tambah pendapatan petani kakao. Pengolahan limbah kulit buah kakao menjadi kompos mempunyai dampak yang positif bagi kebersihan lingkungan kebun sehingga dapat mengurangi penyebaran hama penyakit tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Adejobi, K.B., Famaye, A.O., Akanbi, O.S.O., Nduka, A.B., & Adeniyi, D.O. (2013). Potential of cocoa pod husk ash as fertilizer and liming material on nutrient uptake and growth performance of cocoa. *Research Journal of Agriculture and Environmental Management*, 2(9), 243-251.
- Agbeniyi, S.O., Oluyole, K.A., & Ogunlade, M.O. (2011). Impact of cocoa pod husk fertilizer on cocoa production in Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2(2), 113-116.
- Agyente-Badu, K., & Oddoye, E.C.K. (2005). Uses of cocoa by-products. *Proceedings of 24th Biennial Conference of Ghana Science Association* (pp. 115-127). Legon: University of Ghana.
- Ajayi, C.A., Awodun, M.A., & Ojeniyi, S.O. (2007). Comparative effect of cocoa pod husk ash and NPK fertilizer on soil and root nutrient content and growth of kola seedlings. *Int. J. Soil Sci.*, 2(2), 148-153.
- Belsack, A., Komes, D., Horzic, D., Ganic, K.K., & Karlovic, D. (2009). Comparative study of commercially available cocoa products in terms of their bioactive composition. *Food Research International*, 42, 707-716.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). *Standar Nasional Indonesia 19-7030-2004: Spesifikasi kompos dari sampah organik domestik*. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional. Retrieved from <http://sisni.bsn.go.id/>
- Chalimatus, H., Latifah & Mahatmanti, F.W. (2013). Efektifitas jamur *Trichoderma harzianum* dalam pengomposan limbah sludge pabrik kertas. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 3(3), 224-229.

- Chandrasekaran, M. (2012). *Valorization of food processing by-products* (p. 808). New West: CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Crawford, J.H. (2003). Composting of agricultural waste. In Paul N, Cheremisinoff & R. P. Ouellette (Eds). *Biotechnology Applications and Research* (pp. 68-77).
- Darmono, & Panji, T. (1999). Penyediaan kompos kulit buah kakao bebas *Phytophthora palmivora*. *Warta Penelitian Perkebunan*, 1(1), 33-38.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2010). *Pedoman umum pelaksanaan kegiatan pengembangan pertanian terpadu tanaman kakao-ternak tahun 2010* (p. 34). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Produksi, luas areal dan produktivitas perkebunan di Indonesia*. Jakarta Direktorat Jenderal Perkebunan. Retrieved from <http://ditjenbun.deptan.go.id/>.
- Engelstat, O.P. (1997). *Teknologi dan penggunaan pupuk*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Fajar, U., Sukadar, Hartutik, W., Priyanto, D., Munier, F.F., Ardianhar, A., & Herman. (2004). *Pengembangan sistem usahatani integrasi kakao-kambing-hijauan pakan ternak di Kab. Donggala*. Laporan Akhir Kerjasama Lembaga Riset Perkebunan Indonesia, Puslitbang Peternakan, Puslitbang Tanah dan Agroklimat dan BPTP Sulawesi Tengah. Jakarta : Badan Litbang Pertanian.
- Goenadi, D.H., & Away, Y. (2004). *Orgadek, aktivator pengomposan*. Bogor: Pengembangan Hasil Penelitian Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan.
- Indriani, Y.H. (2014). *Membuat kompos secara kilat* (p. 56). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Isroi. (2007). *Pengomposan limbah kakao*. Materi Pelatihan TOT Budidaya Kopi dan Kakao. Jember : Pusat Penelitian Kopi dan Kakao.
- Las, I. & Setyorini, D. (2010). Kondisi lahan, teknologi, arah, dan pengembangan pupuk majemuk NPK dan pupuk organik. *Prosiding Semnas Peranan Pupuk NPK dan Organik dalam Meningkatkan Produksi dan Swasembada Beras Berkelanjutan* (pp. 47-57). Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Lembaga Penelitian Universitas Padjadjaran.
- Marcel, B.K.G., Andre, K.B., Theodore, D., & Seraphin, K.C. (2014). Waste and by-products of cocoa in breeding: Research synthesis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 1(1), 9-19.
- Murbandon. (2006). *Manfaat bahan organik bagi tanaman*. Bogor: Pusat Penelitian Biologi, LIPI.
- Muslim, Muyassir, & Alvisyahrin, T. (2012). Kelembapan limbah kakao dan takarannya terhadap kualitas kompos dengan sistem pembenaman. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 1(1), 86-93.
- Ogunlade, M.O., Agbeniyi, S.O., & Oluyole, K.A. (2010). An assement of the perception of farmers on cocoa pod husk fertilizers in Cross River state Nigeria. *ARPV Journal of Agricultural and Biological Science*, 5(4), 1-8.
- Ojeniyi, S.O. (2006). Potency of cocoa pod husk as fertilizer-research communication. *Cocoa Mirror*, 1(1), 35-37.
- Priyanto, D. (2006). *Potensi limbah kulit kakao sebagai peluang integrasi dengan usaha ternak kambing di Provinsi Lampung*. Bogor: Balai Penelitian Ternak.
- Rosniawaty, S., Dewi, I.R., & Suherman, C. (2005). *Pemanfaatan limbah kulit buah kakao sebagai kompos pada pertumbuhan bibit kakao kultivar upper amazone hybrid*. Bandung: Lembaga Penelitian Universitas Padjadjaran.
- Rubiyo. (2009). *Kajian sistem usahatani kakao di Provinsi Bali*. Laporan Akhir Penelitian Tahun 2009. Sukabumi: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Rynk, R. (1992). A classic in on-farm composting. In *On-Farm Composting Handbook* (p. 186). Ithaca, New York: Northeast Regional Agricultural Engineering Service Pub. No. 54. Cooperative Extension Service.
- Scott, N. (2010). *How to make and use compost, The ultimate guide* (p. 200). Cambridge: UIT Cambridge Ltd.
- Simamora, S., & Gohong, S. (2006). *Meningkatkan kualitas kompos*. Jakarta: Agromedia.
- Sinaga, A., Sutrisno, E., & Budisulistiorini, S.H. (2010). Perencanaan pengomposan sebagai alternatif pengolahan sampah organik (Studi Kasus: TPA Putri Cempo-Mojosongo). *Jurnal Presipitasi*, 1(1), 3-22.
- Sisworo, W.H. (2006). *Swasembada pangan dan pertanian berkelanjutan. Tantangan abad 21: Pendekatan ilmu tanah, tanaman dan pemanfaatan iptek nuklir*. Jakarta: Badan Tenaga Nuklir Nasional.
- Stoffella, P.J., & Kahn, B.A. (2004). *Compost utilization in horticultural cropping system*. 414p. Washington D.C : Lewis Publishers.
- Subowo, G. (2002). Strategi efisiensi penggunaan bahan organik untuk kesuburan dan produktivitas tanah melalui pemberdayaan sumberdaya hayati tanah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 4(12), 13-26.
- Suriawiria, U. (2002). *Pupuk organik kompos dari sampah, bioteknologi agroindustri*. Bandung: Humaniora Utama Press.

-
-
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., & Havlin, J.L.. (1993). *Soil fertility and fertilizer*. Fifth Edition. New York: Mc Millan Publishing Company. University Press.
- Wahyudi, T., Panggabean, T.R., & Pujiyanto. (2008). *Panduan kakao lengkap, manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir* (p. 364). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Watson, R.R., Preedy, V.R., & Zibadi, S. (2012). *Chocolate in health and nutrition* (p. 541). New York: Humana Press brand of Springer.
- Wikipedia. (2014). *Kompos*. Retrieved from <https://id.wikipedia.org/wiki/Kompos>.
- Wulan, S.N. (2001). Kemungkinan pemanfaatan limbah kulit buah kakao sebagai sumber zat pewarna (β -karoten). *Jurnal Teknologi Pertanian*, 2(2): 22-29. .
- Young, A.M. (2007). *The chocolate tree: A natural history of cacao* (p. 209). Revised & Expanded Edition. Florida: The University Press of Florida.

FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KANDUNGAN POLIFENOL PADA BIJI DAN PRODUK BERBASIS KAKAO

FACTORS AFFECTING THE POLYPHENOL CONTENTS IN COCOA BEANS AND COCOA-BASED PRODUCTS

Edi Wardiana

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

ediwardiana@yahoo.com

ABSTRAK

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman neotropik tahunan yang memiliki manfaat penting, baik sebagai produk pangan maupun produk kesehatan. Khusus untuk produk kesehatan, biji dari tanaman kakao memiliki kandungan senyawa polifenol yang jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan tanaman penghasil polifenol lainnya, termasuk teh dan anggur. Kandungan polifenol pada biji kakao dapat mencapai 10% dari bobot keringnya. Salah satu sub-klas polifenol yang memegang peranan penting bagi kesehatan manusia adalah flavonoid yang berfungsi sebagai antioksidan, antiradikal, antimikrobal, antiproliferasi, antimutagenik, dan antikarsinogenik. Kandungan polifenol akan dipengaruhi oleh berbagai aktivitas dan aktor yang terlibat pada setiap rantai nilai produksi cokelat, mulai dari periode pra panen (*on-farm*) sampai pasca panen dan pengolahan (*off-farm*). Tulisan ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis berbagai faktor yang dapat mempengaruhi kandungan senyawa polifenol pada biji kakao dan produk akhir yang dihasilkannya. Pada periode pra panen, faktor yang mempengaruhi kandungan polifenol biji kakao adalah genetik (genotipe/varietas/klon) berinteraksi dengan faktor lingkungan biofisik maupun agronomis (budidaya). Selanjutnya pada periode pasca panen, interaksi terjadi antar komponen faktor pasca panen dan pengolahan yang meliputi proses penyimpanan buah, fermentasi, pengeringan, serta penyangraian biji. Komponen-komponen faktor pasca panen dan pengolahan memiliki "pengaruh yang berlawanan" untuk dua orientasi produk yang berbeda (produk pangan atau kesehatan). Semakin tinggi intensitas pengolahan, semakin menurun kandungan polifenol, tetapi citarasa semakin meningkat. Oleh karena itu, diperlukan suatu keseimbangan antara "kesehatan dan citarasa" melalui kombinasi perlakuan pada komponen-komponen pasca panen dan pengolahan dengan tujuan memproduksi cokelat yang dapat diterima secara baik oleh pasar.

Kata kunci: Kakao, polifenol, genetik dan lingkungan, pasca panen, pengolahan

ABSTRACT

Cocoa (*Theobroma cacao* L.) is a perennial neotropical plant that has important benefits, either as food or health products. Particularly for the purpose as health products, cocoa beans contain polyphenol compounds that are much higher compared to the other crops which also produce polyphenols including tea and grape. The content of polyphenols in cocoa beans can reach about 10% of their dry weight, and flavonoid which are a subclass of polyphenols have an important role for human health as an antioxidant, antiradical, antimicrobial, antiproliferative, antimutagenic, and anticarcinogenic. Polyphenol content is influenced by various activities and considered as an agent that involved in the value chain of chocolate production, starting from pre-harvest period (*on-farm*) to post-harvest and processing (*off-farm*) periods. This papers aimed to identify and analyze several important factors affecting the polyphenol content in cocoa beans and cocoa-based products. At the pre-harvest periods, the genetic factors (genotypes/varieties/clones) interacts with the biophysical environment as well as agronomic factors (cultivation) in influencing the polyphenols content of cacao beans. Furthermore, at the post-harvest periods, the interaction occurs among the various components of post-harvest and processing factors such as pods storage, fermentation, drying, and roasting of cacao beans. The components of post-harvest and processing factors has "an opposite effect" for two different products orientation (foods or healths product). In which, the higher intensity of processing will make the polyphenols content decreased, but the flavor will increase. Therefore, we need a balance between "health and flavor" through a combination of treatments on the components of post-harvest and processing to produce chocolate which can be received well by the market.

Keywords: Cocoa, polyphenol, genetic and environment, post-harvest, processing

PENDAHULUAN

"Cokelat" yang sekarang banyak ditemukan di pasaran adalah salah satu bentuk produk pangan yang diperoleh dari hasil pengolahan derivat biji kakao. Pada awalnya, cokelat merupakan salah satu jenis pangan mewah dan yang biasa mengkonsumsinya terbatas hanya pada orang-orang dari "golongan atas". Namun demikian, sejak akhir abad ke-19, cokelat mulai populer dan berkembang hampir ke seluruh dunia sehingga dapat dinikmati

oleh banyak orang (Badrie, Bekele, Sikora, & Sikora 2014). Bahan-bahan penyusun cokelat terdiri dari kombinasi campuran pasta kakao (*chocolate liquor*), gula, lemak kakao, dan beberapa jenis bahan tambahan untuk penambah citarasa (Kelishadi, 2005). Di pasaran, terdapat beberapa jenis cokelat, di antaranya adalah (1) cokelat pahit (*bitter chocolate*) yang terbuat dari pasta kakao dengan sedikit gula; (2) cokelat susu (*milk chocolate*) yang dibuat dari campuran pasta kakao, lemak kakao, gula, dan susu bubuk dalam jumlah substansial; dan (3) cokelat

putih (*white chocolate*) yang terbuat dari campuran lemak kakao, gula, dan susu bubuk (Rizza, Liang, McMohan, & Harrison, 2000). Sebagai sumber bahan pangan berupa cokelat, daging biji (kotiledon) kakao mengandung 32-39% air, 2-3% selulosa, 4-6% pati, 4-6% pentosans, 2-3% sukrosa, 30-32% lemak, 8-10% protein, 2-3% theobromin, 1% kafein, 1% asam, dan 5-6% polifenol, sedangkan pulpa mengandung 82-87% air, 10-13% gula, 2-3% pentosans, 1-2% asam sitrat, dan 8-10% garam (Lopez & Dimick, 1995).

Di samping sebagai bahan dasar untuk produk pangan, kakao berfungsi juga sebagai bahan dasar untuk produk kesehatan. Perhatian publik terhadap fungsi kakao sebagai bahan untuk produk kesehatan bukan merupakan hal yang baru, tetapi telah dimulai sejak abad ke-16 sampai sekarang. Di Benua Eropa telah banyak dipublikasi hasil penelitian yang mengungkap tentang peranan kakao sebagai bahan dasar produk pangan yang sekaligus menyehatkan (Dillinger *et al.*, 2000). Jumlah publikasinya di jurnal-jurnal biomedis cenderung meningkat mulai dari tahun 1985, dan pada tahun 2010 telah mencapai sekitar 400 publikasi (Visioli, Bernardini, Poli, & Paolett, 2012).

Aktivitas farmakologi yang paling banyak diteliti adalah kandungan polifenol, dan salah satu sub-klasnya adalah "flavonoid" yang berfungsi sebagai antioksidan alami dan telah dipercaya memiliki efek dalam mencegah dan mengurangi risiko penyakit jantung dan kanker (Corti, Flammer, Hollenberg, & Lüscher, 2009; Colombo, Pinorin-Godly, & Conti, 2012; Visioli *et al.*, 2012; Martin, Goya, & Ramos, 2013; Ranneh, Ali, & Esa, 2013; Khan *et al.*, 2014). Flavanol merupakan salah satu jenis senyawa dari kelompok flavonoid yang tersusun dari beberapa molekul fenol (polifenol) (Bernaert, Blondeel, Allegaert, & Lohmueller, 2012).

Kakao sebagai bahan dasar untuk produk pangan dan kesehatan, tentunya memerlukan genotipe/varietas/klon, lingkungan tumbuh, teknik budidaya, dan pasca panen yang spesifik agar kedua manfaat itu dapat dicapai dengan baik. Selanjutnya, dalam proses industrialisasi kakao menjadi produk akhir yang siap untuk dipasarkan, sarat dengan penggunaan berbagai jenis bahan kimia serta perlakuan suhu tinggi yang dapat berpengaruh terhadap kuantitas dan kualitas polifenol yang diperlukan untuk tujuan kesehatan. Berbagai aktivitas dan "aktor/pemain" yang ada pada setiap rantai nilai produksi cokelat akan berkontribusi terhadap naik-turunnya kandungan polifenol pada biji kakao maupun pada produk akhir yang akan dihasilkan. Penelusuran terhadap aktivitas-aktivitas tersebut menjadi penting untuk dilakukan, seperti yang telah dilakukan oleh Saltini, Akkerman, & Frosch (2013) terhadap aspek-aspek kualitas dan aroma pada biji kakao dan pada beragam produk akhir yang dihasilkan dari biji kakao.

Sejalan dengan pernyataan-pernyataan di atas maka tulisan ini bertujuan mengidentifikasi dan menganalisis berbagai faktor yang mempengaruhi kandungan senyawa polifenol pada biji kakao dan pada produk yang terbuat dari biji kakao. Pada bagian awal, disampaikan hal-hal yang berkaitan

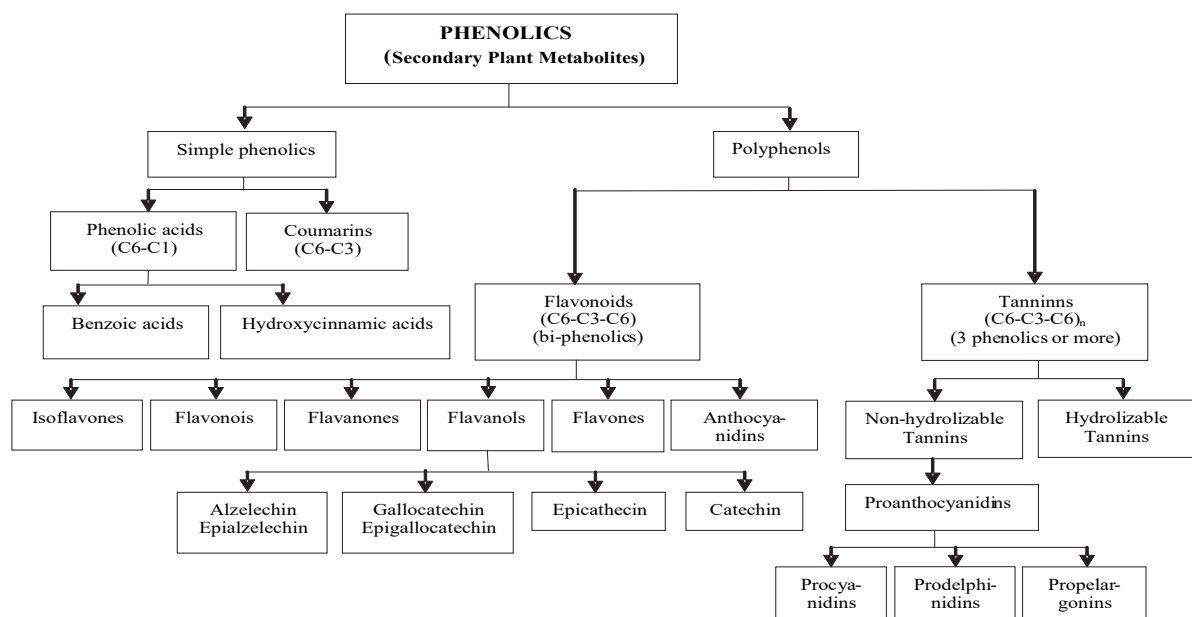
dengan senyawa polifenol yang terdapat pada biji kakao yang merupakan bahan dasar untuk produk kesehatan. Selanjutnya, pada bagian isi disampaikan analisis faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kandungan polifenol, baik yang ada pada biji kakao maupun pada produk yang dihasilkannya. Identifikasi faktor dibagi ke dalam dua bagian, yaitu kondisi-kondisi pada periode sebelum panen (pra panen) dan periode setelah panen (pasca panen dan pengolahan). Di bagian akhir, sebagai penutup, disampaikan intisari atau ringkasan dari pembahasan-pembahasan yang telah dikemukakan sebelumnya, serta implikasi yang dapat diperoleh bagi kepentingan penelitian dan pengembangannya di masa yang akan datang.

SENYAWA POLIFENOL PADA KAKAO

Struktur Kimia dan Senyawa Turunannya

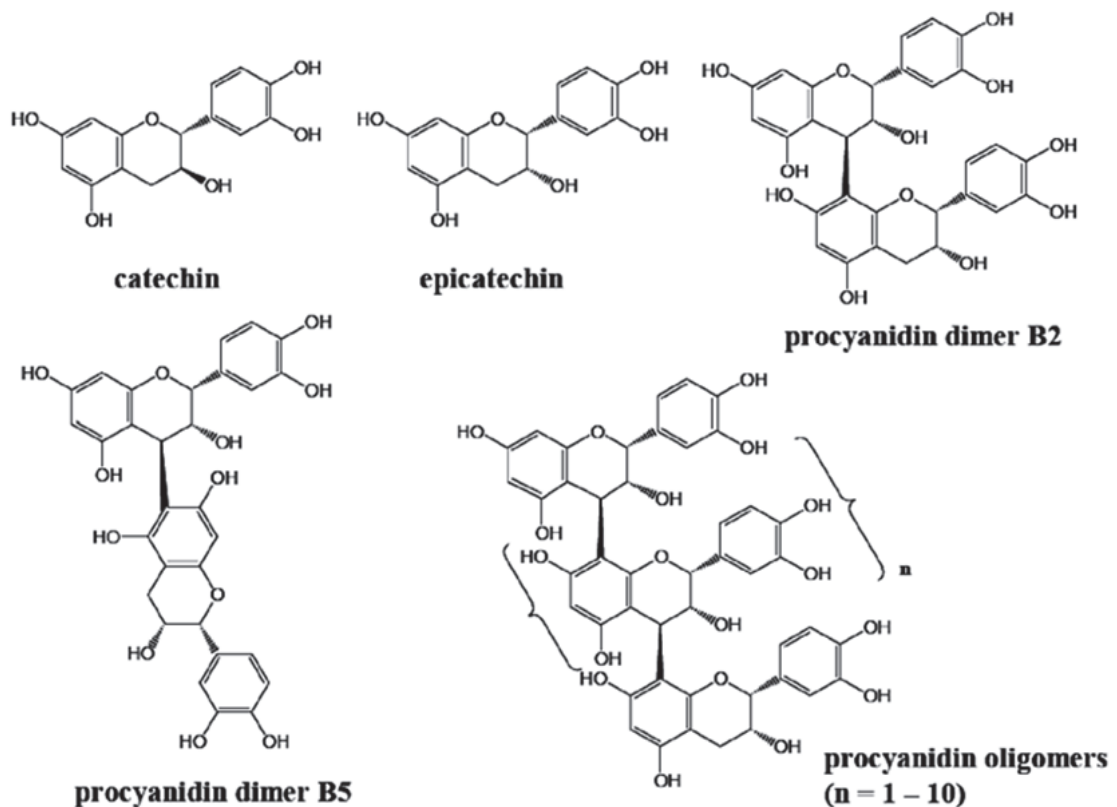
Berdasarkan struktur kimianya, senyawa polifenol merupakan gabungan dari beberapa senyawa fenol yang banyak ditemukan pada berbagai jenis tanaman, dan "flavonoid" merupakan salah satu sub-klasnya yang memiliki peranan paling penting bagi kesehatan dibandingkan senyawa lainnya (Wollgast, 2004; Robbins, Kwik-Urbe, Hammerstone, & Schmitz, 2006). Pada Gambar 1, diperlihatkan skema klasifikasi polifenol berdasarkan pada banyaknya jumlah sub-unit fenol yang menyusunnya serta berdasarkan pada hierarki monomer dan polimer flavonoid. Selanjutnya, berdasarkan pada perbedaan dari struktur cincin C-heterosiklik pada senyawa tersebut maka flavonoid terbagi ke dalam beberapa jenis di antaranya adalah isoflavones, flavonoids, flavanone, flavanols, flavones, dan anthocyanidin. Dari keenam jenis tersebut, flavanols dinilai memiliki potensi yang paling penting dalam hal pencegahan penyakit kardiovaskular (penyakit jantung) (Robbins *et al.*, 2006).

Kakao mengandung bermacam-macam senyawa polifenol (Counet, Ouwerx, Rosoux, & Collin, 2004) yang tersimpan dalam sel-sel pigmen kotiledon (Wollgast, 2004). Jumlah polifenol pada biji kakao mencapai sekitar 6-8% (Zumbe, 1998), bahkan dapat mencapai 10% dari bobot keringnya (Rusconi dan Conti, 2010; Badrie *et al.*, 2014). Beberapa senyawa polifenol yang ditemukan pada biji kakao di antaranya adalah (1) asam hydroxybenzoat (*gallic, siringic, protocatechic, vanillic acid*); (2) asam hydroxycinnamic (*caffeic, ferulic, p-coumaric, phloretic acids, clovamide, dideoxyclovamide*); (3) flavanols (*quercetin*); (4) flavones (*luteolin, apigenin*); (5) flavanones (*naringenin*); dan (6) flavanols (*catechin, epicatechin, procyanidins/ oligomers and polymers*) (Counet *et al.*, 2004). Dari sejumlah itu, ternyata "flavanols" ditemukan dalam jumlah yang paling tinggi pada biji kakao bila dibandingkan jenis flavonoid lainnya (Bernaert *et al.*, 2012). Senyawa flavanol monomerik lebih dikenal dengan senyawa catechin dan epicatechin, sedangkan senyawa flavanol oligomerik lebih dikenal dengan procyanidin. Susunan kimia senyawa-senyawa tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Skema klasifikasi polifenol berdasarkan jumlah sub-unit fenol dan hierarki monomer serta polimer senyawa flavonoid (Sumber: Robbins *et al.*, 2006)

Figure 1. Classification scheme of polyphenol according to the number of phenol subunits and the hierarchy of common flavonoid monomers and polymers (Source: Robbins *et al.*, 2006)



Gambar 2. Flavanol yang banyak ditemukan pada kakao (Sumber: Wollgast, 2004)

Figure 2. Major flavanols found in cocoa (Source: Wollgast, 2004)

Polifenol pada kakao dan produk turunannya dapat dianalisis dengan berbagai metode seperti: *thin-layer chromatography* (TLC), *capillary electrophoresis* (CE), *high-performance liquid chromatography* (HPLC), *ultraviolet* (UV), *photo-diode array* (DAD), *mass spectrometry* (MS), *tandem mass spectrometry* (LC-MS-MS), dan *nuclear magnetic resonance* (NMR) (Rabenda *et al.*, 2003; Caligiani, Acquotti, Cirlini, & Pall, 2010).

Manfaat dan Fungsinya

Senyawa polifenol pada kakao dan coklat telah banyak diteliti mengandung berbagai komponen bioaktif yang sangat bermanfaat bagi kesehatan manusia karena memiliki sifat antioksidan, antiradikal, dan antikarsinogenik (Wollgast & Anklam, 2000a; Ren, Qiao, Wang, Zhu, & Zhang, 2003), antimikroba sehingga dapat menghambat patogen pada makanan (Osawa *et al.*, 1990; Ferrazzano, Amato, Ingenito, De Natale, & Pollio, 2009), antiproliferasi dan antimutagenik (Andujar, Recio, Giner, & Rios, 2012), dapat menghambat terjadinya oksidasi senyawa kolesterol berkerapatan rendah (LDL) pada sel endotelial (Pearson, Schmitz, Lazarus, & Keen, 2004; Corti *et al.*, 2009), dapat meningkatkan kolesterol berkerapatan tinggi (HDL), dan dapat menurunkan kandungan trigliserida (Vinson, Proch, & Bose, 2006).

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Redovnikovic *et al.* (2009) dengan menggunakan dua metode pengukuran antioksidan yang berbeda, yaitu ORAC (*oxygen radical antioxidant capacity*/kapasitas

antioksidan radikal oksigen) dan DPPH (*1,1'-diphenyl-2-picrylhydrazyl*), menunjukkan kandungan total polifenol pada kakao berhubungan secara positif dengan aktivitas antioksidan pada kedua metode tersebut. Hasil penelitian tersebut sejalan dengan hasil penelitian lainnya yang telah dilakukan oleh Velioglu, Mazza, Gao, & Oomah (1998); Yang, Lin, & Mau (2002); Nagai, Reiji, Hachiro, & Nobutaka (2003); Counet *et al.* (2004); Ninfali, Mea, Giorgini, Rocchi, & Bacchiocca (2005); Miller *et al.* (2006); Arlorio *et al.* (2008); dan Othman *et al.* (2010). Tetapi, terdapat penelitian lain yang hasilnya berbeda, yaitu total senyawa fenol pada kakao tidak berhubungan secara positif dengan aktivitas antioksidan, baik yang diekstrak dengan air maupun etanol (Othman, Ismail, Ghani, & Adenan, 2007). Perbedaan hasil ini diduga karena pengaruh dari perbedaan metode analisis di dalam menguji aktivitas antioksidan, dan metode yang digunakan oleh Othman *et al.* (2007) adalah metode *β -carotene Bleaching Method* yang dikembangkan oleh Velioglu *et al.* (1998). Hal yang sama terjadi pada hasil penelitian yang menguji kapasitas antioksidan pada pulpa kakao dengan dua metode berbeda, yaitu ORAC dan CAA (*cellular antioxidant assay*), dan hasilnya menunjukkan hal yang berlawanan. Hasil yang berlawanan ini diduga karena pada metode ORAC mengabaikan proses serapan dan metabolisme senyawa fenolik bila dibandingkan dengan metode CAA (Endraiyani, 2011).

Tabel 1. Produk pangan yang mengandung antioksidan tinggi
Table 1. Food products contained high antioxidants

No.	Jenis produk pangan	Kapasitas antioksidan radikal oksigen (ORAC) (unit per 100 g)
1.	Cokelat gelap (<i>dark chocolate</i>)	13.120
2.	Cokelat susu (<i>milk chocolate</i>)	6.740
3.	Buah prune	5.770
4.	Raisin	2.830
5.	Buah blueberry	2.400
6.	Buah blackberry	2.036
7.	Buah kale	1.778
8.	Buah strawberry	1.540
9.	Sayur bayam	1.260
10.	Buah raspberry	1.220
11.	Buah brussel sprout	980
12.	Buah plum	949
13.	Buah alfalfa	930
14.	Brokoli	890
15.	Buah jeruk	750
16.	Buah anggur merah	739
17.	Cabai merah	710
18.	Buah chery	570
19.	Bawang merah	450
20.	Jagung	400
21.	Eggplant	390

Sumber: Kelishadi (2005)

Source: Kelishadi (2005)

Adanya perbedaan hasil ini memberikan implikasi tersendiri bagi proses penelitian dan pengembangan ke depan, bahwa terbuka peluang yang cukup lebar untuk terus menerus melakukan penelitian dan pengembangan sampai diperolehnya suatu hasil yang dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah dan dapat diterima secara baik oleh sebagian besar para pemangku kepentingan (*stakeholder*) di bidang komoditas kakao.

Meningkatnya perhatian para konsumen terhadap kakao dan atau terhadap produk pangan yang dibuat dari kakao tidak hanya terbatas karena adanya kandungan kimia yang baik untuk kesehatan manusia, tetapi juga dikarenakan jumlah kandungannya jauh lebih tinggi dibandingkan jenis produk pangan lainnya. Cokelat gelap (*dark chocolate*) memiliki Kapasitas Antioksidan Radikal Oksigen (ORAC) sebesar 2-30 kali lipat bila dibandingkan produk pangan lainnya (Tabel 1). Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa kakao memiliki fitokimia fenolik dan kapasitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan teh dan anggur (Lee, Kim, Lee, & Lee, 2003).

FAKTOR-FAKTOR YANG BERPENGARUH TERHADAP KANDUNGAN POLIFENOL

Periode Sebelum Panen (Pra panen)

Dalam ilmu pemuliaan tanaman, penampilan fenotipik suatu karakter tanaman dipengaruhi oleh perbedaan faktor genetik, lingkungan, dan interaksi genetik dengan lingkungan. Faktor lingkungan didefinisikan sebagai keseluruhan faktor di luar faktor genetik. Ekspresi suatu karakter tanaman yang stabil pada kondisi lingkungan yang beragam mengindikasikan karakter tersebut dominan dipengaruhi oleh faktor genetik, dan sebaliknya apabila tidak stabil mengindikasikan bahwa faktor lingkungan lebih dominan pengaruhnya. Kandungan flavonoid pada biji kakao

dan pada produk yang dihasilkan dari biji kakao (misal: cokelat) sangat bervariasi karena interaksi berbagai faktor. Pada periode sebelum panen (pra panen), interaksi faktor genetik dengan faktor agronomis dan atau faktor lingkungan biofisik akan menjadi faktor penentunya (Colombo *et al.*, 2012). Penelusuran literatur yang menganalisis tentang pengaruh berbagai faktor terhadap kandungan polifenol dan atau senyawa turunannya pada biji kakao maupun pada produk yang dihasilkannya disajikan pada Lampiran 1.

Hasil Pengujian antar Genotipe

Beberapa hasil penelitian menunjukkan adanya variasi kandungan polifenol antar spesies dan atau genotipe/varietas/klon kakao yang diuji (Martini, Figueira, Lenci, & Tavares, 2008; Dadzie *et al.*, 2014). Spesies *T. cacao* memiliki kandungan polifenol jauh lebih tinggi dibandingkan spesies-spesies lainnya, sedangkan kakao jenis Forastero dengan warna biji violet gelap memiliki kandungan polifenol lebih tinggi (hampir dua kali lipat) dibandingkan jenis lain yang tidak diketahui namanya (Tabel 2). Hasil ini sejalan dengan penelitian yang telah dilakukan Efraim, Tucci, Pezoa-Garcia, Haddad, & Eberlin (2006). Hasil penelitian lainnya menunjukkan perbedaan kandungan polifenol dari beberapa genotipe kakao terseleksi di daerah Ghana. Hasil penelitian yang dilakukan pada periode 2009-2012 menunjukkan genotipe GU 255 dan IMC 47 memiliki konsentrasi polifenol paling tinggi, sedangkan genotipe T 79/501 yang terendah. Selanjutnya pada periode 2010-2012 dengan menggunakan genotipe yang berbeda, menunjukkan genotipe ICS 1 dan ICS 43 memiliki konsentrasi polifenol lebih tinggi, sedangkan genotipe Amaz 15, genotipe MO 20, dan genotipe VENC 4-4 lebih rendah dibandingkan genotipe-genotipe lainnya (Tabel 3 dan 4).

Tabel 2. Kandungan polifenol pada beberapa spesies kakao
Table 2. Polyphenols content on several species of cocoa

Species kakao	Kandungan polifenol (mg/g)
<i>T. cacao</i> jenis Forastero (warna biji violet gelap)	132,7 ± 7,5
<i>T. cacao</i> (jenis tidak diketahui)	79,9 ± 6,1
<i>T. subinatum</i>	55,2 ± 2,8
<i>T. obovatum</i>	51,0 ± 5,0
<i>T. grandiflorum</i>	42,7 ± 2,3
<i>T. microcarpum</i>	26,8 ± 1,1
<i>T. bicolor</i>	5,0 ± 1,2
<i>T. speciosum</i>	3,2 ± 0,5

Sumber: Martini *et al.* (2008)

Source: Martini *et al.* (2008)

Tabel 3. Konsentrasi polifenol dan kandungan lemak beberapa genotipe kakao, 2009-2012
 Table 3. Concentration of polyphenol and fat content on several cacao genotypes, 2009-2012

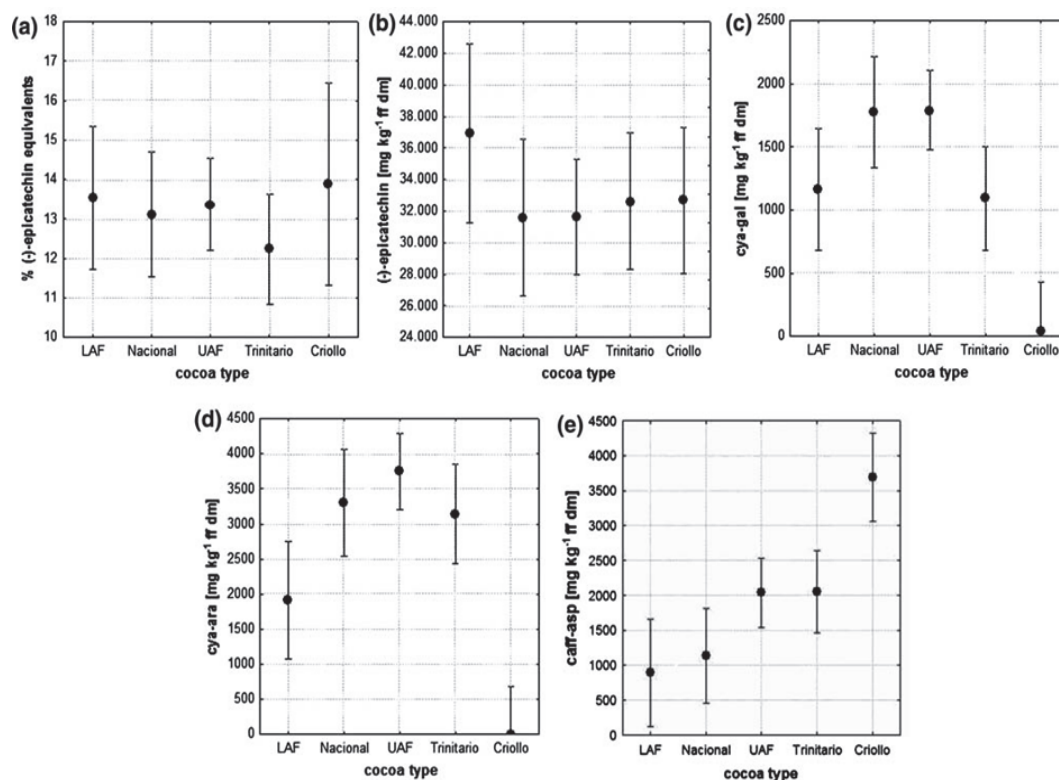
Genotipe kakao	Konsentrasi polifenol (mg/g)	Kandungan lemak (%)
EET 59	116,4	50,5
GU 255	160,1	52,5
IFC 5	123,0	52,3
IMC 47	155,7	43,5
Man 15-2	132,0	56,2
MOCO	126,7	52,7
PA 107	142,3	53,9
SCA 6	121,4	55,6
T 79/501	101,2	53,7
LSD (0,05)	8,0	5,0
KK (%)	3,1	4,3

Sumber: Dadzie *et al.* (2014)
 Source: Dadzie *et al.* (2014)

Tabel 4. Konsentrasi polifenol dan kandungan lemak beberapa genotipe kakao, 2010-2012
 Table 4. Concentration of polyphenol and fat content on several cacao genotypes, 2010-2012

Genotipe kakao	Konsentrasi polifenol (mg/g)	Kandungan lemak (%)
Amaz 15	69,3	51,4
ICS 1	151,0	56,0
ICS 43	141,8	48,9
MO 20	82,2	50,8
UF 676	101,8	51,8
VENC 4-4	89,2	43,1
LSD (0,05)	7,0	4,3
KK (%)	3,3	3,6

Sumber: Dadzie *et al.* (2014)
 Source: Dadzie *et al.* (2014)



Gambar 3. Kandungan flavanol pada biji kakao jenis Criollo, Forastero, dan Trinitario (Sumber: Elwers *et al.*, 2009)
 Figure 3. Flavanols content in cocoa beans of Criollo, Forastero, and Trinitario types (Source: Elwers *et al.*, 2009)

Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Elwers, Zambrano, Rohsius, & Lieberei (2009) pada biji kakao dari jenis Criollo, Forastero, dan Trinitario menunjukkan hasil yang sebagian berbeda dengan hasil penelitian yang telah dikemukakan sebelumnya. Kandungan flavanol (dalam hal ini epicatechin) pada ketiga jenis kakao yang diuji menunjukkan hasil tidak berbeda nyata (Gambar 3a dan 3b). Sementara itu, kandungan flavanol lainnya (dalam hal ini anthocyanin) pada jenis Criollo nyata lebih rendah bila dibandingkan jenis Forastero dan Trinitario (Gambar 3c dan 3d). Tidak adanya perbedaan kandungan epicatechin antar jenis kakao, juga diperoleh dari hasil penelitian Graziani de Farinas, Ortiz de Bertoreli, & Parra (2003).

Berdasarkan pada pembahasan-pembahasan yang telah dikemukakan di atas, tentang pengaruh genotipe terhadap kandungan polifenol kakao, ternyata memberikan hasil yang tidak konsisten antara satu penelitian dengan penelitian lainnya. Hal seperti ini memberikan indikasi bahwa faktor genetik tidak dapat berdiri sendiri, tetapi sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan lainnya. Hal ini sejalan dengan pendapat yang menyatakan bahwa kandungan polifenol biji kakao dan produk-produk yang dihasilkan dari biji kakao dipengaruhi oleh faktor perbedaan varietas, kondisi pertumbuhan, dan proses pengolahan (Nazaruddin, Osman, Mamot, Wahid, & Aini, 2006; Niemenak, Rohsius, Elwers, Ndoumou, & Lieberei, 2006; Bernaert *et al.*, 2012). Pernyataan tersebut lebih diperkuat lagi melalui hasil pengujian beberapa jenis kakao di bawah kondisi lingkungan yang lebih terkendali (minimalisasi faktor lingkungan), dan hasilnya tidak memperlihatkan perbedaan kandungan senyawa fenol antar jenis yang diuji (Jonfia-Essien, West, Alderson, & Tucker, 2008).

Genetik dan Lingkungan (Biotik dan Agonomis)

Pembuktian kemungkinan adanya pengaruh interaksi antara faktor genetik dengan lingkungannya terhadap kandungan polifenol pada

kakao dapat dilihat dari hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan contoh (sampel) dari berbagai asal geografis (negara) seperti yang telah dilakukan oleh Kim & Keency (1984); Caligani, Cirlini, Palia, Ravaglia, & Arlorio (2007); Tomas-Barberan *et al.* (2007); Arlorio *et al.*, (2008); Redovnikovic *et al.* (2009); Chin, Miller, Payne, Hurst, & Stuart (2013); Hii, Law, Suzannah, Misnawi, & Cloke (2013); serta Yap, Ouffoue, Okpekon, & Kouakou (2013) (Tabel 5 sampai 10).

Sampel kakao yang diambil dari berbagai negara untuk bahan penelitian akan sangat bervariasi sebagai akibat dari proses interaksi berbagai faktor, di antaranya faktor genetik (genotipe/varietas/klon), kondisi lingkungan tempat tumbuh (biotik), agonomis, perbedaan umur dan kesehatan tanaman, serta kondisi sosial dan ekonomi petani atau negara yang bersangkutan. Konsekuensi dari interaksi berbagai faktor tersebut akan mengakibatkan keberagaman dalam kualitas maupun kuantitas senyawa polifenol yang menjadi bahan kajiannya. Wollgast & Anklam (2000a) mengemukakan kandungan polifenol pada kakao sangat dipengaruhi oleh asal geografis (negara). Tabel 5 sampai 10 memperlihatkan variasi kandungan polifenol pada biji kakao yang diperoleh dari asal geografis yang berbeda.

Berdasarkan Tabel 5 dan 6 maka dapat diketahui bahwa dengan jenis kakao yang sama tetapi diperoleh dari asal geografis (negara) yang berbeda menghasilkan kandungan polifenol yang relatif berbeda. Dalam hal ini, faktor lingkungan untuk setiap negara memberikan pengaruh cukup nyata terhadap kandungan polifenol yang diperoleh sehingga karakter tersebut dipengaruhi oleh interaksi antara genotipe dengan lingkungan. Secara umum, bila dibandingkan antar jenis yang digunakan ternyata jenis Criollo memperlihatkan kandungan polifenol total relatif rendah dibandingkan jenis lainnya. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian lainnya yang telah dilakukan oleh Elwers *et al.* (2009).

Tabel 5. Kandungan polifenol total pada biji kakao dari sembilan asal geografis/negara
Table 5. Total polyphenols content in cocoa beans derived from nine geographical origins/countries

Asal geografis/negara	Jenis	Kandungan polifenol total (mgGAE/g)
Pantai Gading	Forstero	81,50
Kolumbia	Amazon	81,40
Guinea Ecuatorial	Amazon Forastero	72,40
Ekuador	Amazon hybrid	84,20
Venezuela	Trinitario	64,30
Peru	Criollo	50,00
Republik Dominika	Criollo	40,00
Malaysia *	Tidak diketahui	71,42–82,68
Kamerun *	Tidak diketahui	86,60–143,60

Sumber: Tomas-Barberan *et al.* (2007); * Hii *et al.* (2013)

Source: Tomas-Barberan *et al.* (2007); * Hii *et al.* (2013)

Tabel 6. Kandungan polifenol total pada biji kakao kering tanpa fermentasi yang diperoleh dari asal geografis/negara dan jenis yang berbeda

Table 6. Total polyphenol content in dried cocoa beans without fermentation obtained from different geographical origins/countries and different types

Asal geografis/negara	Jenis	Kandungan polifenol total (mgGAE/100g)
Pantai Gading	Forastero	8,15 b
Kolumbia	Amazon	8,14 b
Guinea Ecuatorial	Amazon Forastero	7,24 c
Ekuador	Amazon-Trinitario-Canelo	8,42 a
	Amazon Hybrid (Clone CCN51)	
Venezuela	Trinitario	6,43 d
Peru	Criollo	5,00 e
Republik Dominika	Criollo	4,00 e

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% (Sumber: Tomas-Barberan *et al.*, 2007)

Notes : Numbers followed by same letters are not significantly different at 5% levels (Source: Tomas-Barberan *et al.*, 2007)

Tabel 7. Total polifenol, epicatechin, catechin, galocatechin, dan epigallocatechin pasta kakao dari enam asal geografis/negara

Table 7. Total of polyphenol, epicatechin, catechin, galocatechin, and epigallocatechin in cacao liquors derived from six geographical origin/country

Asal gegografis/ Negara	Total polifenol (mg/g DCL)	Epicatechin (mg/g DCL)	Catechin (mg/g DCL)	Galocatechin (mg/g DCL)	Epigallocatechin (mg/g DCL)
Ekuador	8,14 b	0,59 a	0,02 d	0,40 a	0,40 ab
Ghana	4,01 d	0,16 c	0,18 c	(ta)	0,15 c
Madagaskar	12,65 a	0,40 bc	0,09 c	0,19 b	0,42 a
Meksiko	8,37 b	0,55 ab	0,11 c	0,09 c	(ta)
Sao Tome	4,92 c	0,26 c	0,34 b	0,06 c	0,34 b
Venezuela	5,19 c	0,52 ab	0,42 a	(ta)	(ta)

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji HSD 5%; (ta) = tidak tersedia data (Sumber: Redovnikovic *et al.*, 2009)

Notes : Numbers followed by same letters in each column are not significantly different according to HSD test at 5% level; (ta) = not available (Source: Redovnikovic *et al.*, 2009)

Tabel 7 memperlihatkan kandungan total polifenol dan empat senyawa flavanol (epicatechin, catechin, galocatechin, dan epigallocatechin) pada pasta kakao yang diperoleh dari enam negara penghasil kakao. Total polifenol tertinggi dimiliki oleh pasta kakao yang berasal dari Madagaskar (12,65 mg/g DCL), sedangkan yang terendah dimiliki oleh pasta kakao dari Ghana (4,01 mg/g DCL). Kandungan epicatechin, catechin, galocatechin, dan epigallocatechin terdapat juga variasi untuk keenam negara penghasil kakao.

Kandungan epicatechin biji kakao yang berasal dari Samoa dan Kosta Rika ternyata cukup tinggi (masing-masing 10,64 dan 16,52 mg/g), sementara Venezuela, Trinidad, Ghana, Nigeria, dan Jamaica dapat dikegorikan rendah, sedangkan Pantai Gading, Brasil, dan Ekuador dapat dikategorikan sedang (Tabel 8). Sementara itu, hasil penelitian lain menunjukkan kandungan epicatechin biji kakao dari Ekuador dan Ghana justru termasuk ke dalam kategori tinggi, yaitu masing-masing 5,71 dan 4,05

mg/g, sedangkan negara lainnya jauh di bawah Ekuador dan Ghana (Tabel 9).

Untuk kawasan Asia, sampel kakao dari daerah Hainan (China) memiliki kandungan polifenol total paling tinggi diikuti oleh sampel dari Indonesia dan Papua New Guinea. Kedua sampel yang disebut terakhir diperoleh dari biji yang tidak dilakukan fermentasi (Gu *et al.*, 2013). Hasil penelitian lain menunjukkan sampel biji kakao yang diperoleh dari daerah Sulawesi (Indonesia) memiliki kapasitas antioksidan paling tinggi diikuti sampel dari Malaysia, Ghana, dan Pantai Gading. Sampel biji kakao dari Indonesia tidak dilakukan fermentasi, sementara dari daerah lainnya merupakan hasil fermentasi (Othman *et al.*, 2010). Hal yang sama terjadi pada hasil penelitian lainnya yang menunjukkan variasi kandungan polifenol pada beberapa sampel kakao hibrida yang diperoleh dari berbagai daerah pertanaman kakao di Pantai Gading (Yapo *et al.*, 2013).

Tabel 8. Konsentrasi epicatechin biji kakao dari berbagai asal geografis/negara

Table 8. Concentration of epicatechin in cacao beans obtained from various geographic origins/countries

Asal geografis/ Negara	Konsentrasi epicatechin (mg/g)
Pantai Gading	6,22
Venezuela	3,62
Samoa	10,64
Trinidad	4,68
Brasil	8,23
Ghana	4,52
Nigeria	4,68
Kosta Rika	16,52
Ekuador	8,08
Jamaika	2,66

Sumber: Kim & Keency (1984)

Source : Kim & Keency (1984)

Tabel 9. Kandungan epicatechin dan catechin biji kakao dan produk kakao yang diperoleh dari asal geografis/negara

Table 9. Epicatechin and catechin content in cacao beans and related products obtained from different geographic origins/countries

Asal geografis (negara)/ Jenis produk	Kandungan epicatechin (mg/g)	Kandungan catechin (mg/g)
Ekuador (biji)	5,71	0,23
Ekuador (nib)	2,11	1,30
Ekuador (pasta)	3,83	1,92
Ghana (biji)	4,05	0,15
Ghana (nib)	0,87	0,41
Ghana (pasta)	0,93	0,52
Trinidad (biji)	1,24	0,08
Trinidad (nib)	0,55	0,28
Trinidad (pasta)	0,65	0,38
Cokelat	1,35	0,67

Keterangan : Biji merupakan campuran dari biji warna cokelat, violet, dan biru keabu-abuan; cokelat merupakan campuran dari pasta yang diperoleh dari Ekuador, Ghana, dan Trinidad (Sumber: Caligani *et al.*, 2007)

Notes : Beans are a blend of brown, violet, and blue-gray beans; chocolate were obtained from a blend of cocoa paste that obtained from Equador, Ghana, and Trinidad (Source: Caligani *et al.*, 2007)

Adanya variasi serta tidak konsistennya hasil-hasil penelitian tentang kandungan polifenol pada biji kakao yang diperoleh dari berbagai negara memberikan indikasi adanya pengaruh faktor lain, di luar faktor genetik, yang dapat berkontribusi terhadap kandungan senyawa tersebut. Dengan kata lain, kandungan polifenol pada biji kakao sangat dipengaruhi oleh interaksi faktor genetik dengan faktor lingkungan biofisik maupun agronomis.

Implikasi yang dapat diperoleh dari uraian tersebut adalah bahwa setiap negara penghasil kakao, termasuk Indonesia, tidak harus menggunakan jenis yang sama dengan negara lain apabila menginginkan tingginya kandungan polifenol pada biji kakao. Masing-masing negara tentunya memiliki kondisi lingkungan tempat tumbuh dan praktek budidaya yang berbeda sehingga memerlukan genotipe/varietas/klon berbeda pula untuk menghasilkan kandungan polifenol yang diinginkan. Sebagai contoh, kandungan senyawa fenol dari biji kakao asal Sulawesi (Indonesia) yang diekstrak dengan air ternyata tidak berbeda dengan

biji kakao dari Malaysia, demikian juga yang diekstrak dengan etanol ternyata tidak berbeda dengan biji kakao dari Ghana (Othman *et al.*, 2007), walaupun ketiga negara tersebut tidak sepenuhnya menggunakan jenis kakao yang sama. Implikasi lain adalah terbukanya peluang cukup besar untuk mendapatkan suatu informasi teknologi melalui kegiatan penelitian dan pengembangan tentang lingkungan biofisik maupun agronomis yang dapat meningkatkan kandungan polifenol pada biji kakao.

Periode Setelah Panen (Pasca panen dan Pengolahan)

Kandungan polifenol pada kakao di samping dipengaruhi oleh faktor genetik serta lingkungan biofisik dan agronomis, juga dipengaruhi oleh faktor pasca panen dan pengolahan yang meliputi proses penyimpanan buah (pod), fermentasi, pengeringan, dan proses penyangraian, serta proses-proses industrialisasi lain untuk menjadi produk akhir yang siap dipasarkan.

Tabel 10. Kandungan fenolik kakao (ekivalen catechin dalam g/100g bobot kering bubuk kakao) dari asal geografis/negara yang berbeda

Table 10. Phenolic content (expressed as catechin equivalents in g/100 g of dry weight powder) from different geographical origins/countries

Contoh dari asal geografis/ Negara	Tidak disangrai	Disangrai
Ghana	1,423 ± 0,080 b	0,644 ± 0,019 d
Arribia	1,716 ± 0,014 a	1,156 ± 0,179 c
Pantai Gading	1,500 ± 0,001 b	0,927 ± 0,016 cd

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%

(Sumber: Arlorio *et al.*, 2008)

Notes : Numbers followed by same letters are not significantly different at 5% level

(Source: Arlorio *et al.*, 2008)

Tabel 11. Aktivitas antioksidan contoh kakao dari asal geografis/negara yang berbeda

Table 11. Antioxidant activity of cocoa samples obtained from different geographical origins/countries

Asal geografis/ negara	Ekstrak metanol (µg/ml)		Bobot kering bubuk (mg/ml)	
	Tidak disangrai	Disangrai	Tidak disangrai	Disangrai
Ghana	30,100 ± 2,417 a	34,761 ± 2,018 a	0,394 ± 0,031 a	0,626 ± 0,036 b
Arribia	14,986 ± 1,348 c	26,546 ± 2,107 b	0,111 ± 0,025 e	0,216 ± 0,020 d
Pantai Gading	20,748 ± 3,566 c	27,008 ± 2,507 b	0,152 ± 0,014 e	0,290 ± 0,023 c

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5%;

(Sumber: Arlorio *et al.*, 2008)

Notes : Numbers followed by same letters are not significantly different at 5% level;

(Source: Arlorio *et al.*, 2008)

Genetik dan Lingkungan (Pasca panen dan Pengolahan)

Biji kakao yang diperoleh dari asal geografis (negara) berbeda tidak harus melakukan proses pengolahan yang berbeda pula untuk menghasilkan kandungan polifenol yang diinginkan, karena kedua faktor ini bersifat *independen*. Hasil penelitian menunjukkan tidak terjadi interaksi nyata antara perlakuan asal negara dengan suhu penyangraian terhadap kandungan fenol dan kapasitas antioksidan. Kandungan fenol biji kakao yang berasal dari Arribia nyata lebih tinggi dibandingkan dari negara Ghana dan Pantai Gading, dan hasilnya konsisten untuk biji yang disangrai maupun tidak disangrai (Tabel 10), sedangkan untuk kapasitas antioksidan, biji kakao asal Ghana nyata lebih tinggi dibandingkan asal negara Arribia dan Pantai Gading, dan hasilnya pun konsisten untuk biji disangrai maupun tidak disangrai (Tabel 11).

Apabila diasumsikan bahwa setiap negara itu memiliki perbedaan dalam hal genotipe/varietas/klon kakao yang ditanamnya maka dapat dikatakan tidak terdapat interaksi antara faktor genetik dengan komponen faktor lingkungan pengolahan, dalam hal ini proses penyangraian biji. Konsep interaksi ini berlawanan dengan konsep interaksi antara genotipe dengan lingkungan biofisik dan agronomis yang telah dikemukakan sebelumnya.

Penyimpanan Buah dan Fermentasi Biji

Salah satu kegiatan pasca panen kakao sebelum dilakukan fermentasi di antaranya adalah kegiatan penyimpanan buah (pod). Hasil penelitian menunjukkan penyimpanan pod dapat berpengaruh terhadap penurunan kandungan polifenol dan tingkat keasaman. Selama proses penyimpanan, terjadi penurunan volume pulpa yang dapat mendukung terhadap meningkatnya proses oksidasi dan polimerisasi o-diphenols. Proses oksidasi berlangsung mulai hari ke-14 sampai hari ke-21 penyimpanan (Nazaruddin, Seng, Hassan, & Said, 2006).

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa perlakuan penyimpanan buah berinteraksi dengan perlakuan lamanya fermentasi yang dapat mengakibatkan terjadinya penurunan kandungan polifenol pada biji. Kandungan polifenol biji kakao menurun secara bertahap (<10%) sebagai akibat dari proses fermentasi yang dilakukan selama enam hari setelah pod kakao disimpan selama tujuh hari (Afoakwa, Quao, Takrama, Budu, & Saalia, 2012). Hasil analisis regresi antara kandungan total polifenol, o-diphenol, dan anthocyanin dengan waktu fermentasi biji dan lamanya penyimpanan pod serta interaksi dari keduanya disajikan pada Tabel 12. Berdasarkan pada tabel tersebut dapat diketahui bahwa semakin lama proses penyimpanan buah dan waktu fermentasi biji maka semakin menurun kandungan total polifenol dan o-diphenol biji kakao, sedangkan untuk kadar anthocyanin hanya dipengaruhi oleh lamanya waktu fermentasi.

Tabel 12. Koefisien regresi dan nilai R^2 terkoreksi pada model untuk kandungan polyphenols total, o-diphenol dan anthocyanin total pada biji kakao

Table 12. Regression coefficients and their adjusted R^2 values in the models of total polyphenols, o-diphenol and anthocyanin content in cocoa beans

Variabel	Koefisien regresi		
	Polifenol total	o-diphenol	anthocyanin
Konstanta	177,81700	24,25000	17,01080
x_1	-1,19370 *	-0,00958 *	-0,17877
x_2	-0,80280 *	-0,09981	-5,14831*
x_1^2	0,02140	0,00438 *	0,00497
x_2^2	0,00420 *	0,00054 *	0,53679
x_1x_2	-0,01820 *	-0,00380 *	-0,00964
R^2	0,851	0,855	0,963

Keterangan : * nyata pada taraf 5%; x_1 = periode penyimpanan pod; x_2 = waktu fermentasi (Sumber: Afoakwa *et al.*, 2012)

Notes : * significant at 5% level; x_1 = pod storage; x_2 = fermentation time (Source: Afoakwa *et al.*, 2012)

Hasil penelitian pengaruh fermentasi menunjukkan bahwa kandungan polifenol serta aktivitas antibakteri dan antioksidan pada biji kakao yang tidak difermentasi nyata lebih tinggi dibandingkan yang difermentasi (Prayoga, Murwani, & Anwar, 2013), karena pada proses fermentasi kandungan polifenol banyak berkurang melalui proses oksidasi, polimerisasi, dan pengikatan oleh protein (Nazaruddin *et al.*, 2006). Secara normal, proses fermentasi biji kakao memerlukan waktu 5 sampai 7 hari, dan terdapat dua tahapan proses, yaitu fermentasi eksternal dan internal. Fermentasi eksternal adalah proses katabolisme gula oleh mikroorganisme, sedangkan fermentasi internal meliputi proses-proses perubahan biokimia dalam kotiledon biji. Selama proses fermentasi, senyawa polifenol menyebar ke luar dari sel penyimpanannya

dan kemudian mengalami oksidasi membentuk senyawa bermolekul tinggi (Bernaert *et al.*, 2012).

Tabel 13 memperlihatkan kandungan epicatechin, catechin, flavanol, dan kapasitas antioksidan dari biji kakao yang difermentasi nyata lebih rendah dibandingkan tidak difermentasi (Aikpokpodion & Dongo, 2010; Chin *et al.*, 2013; Prayoga *et al.*, 2013). Kapasitas antioksidan mulai menurun dari 96% menjadi 79% mulai hari ke-1 sampai ke-6 fermentasi (Aikpokpodion & Dongo, 2010). Proses penurunan kandungan polifenol terjadi secara bertahap dan kelihatan menurun tajam mulai jam ke-48 sampai ke-96 (hari ke-2 dan ke-3) (Tabel 14). Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Bernaert *et al.* (2012), bahwa selama 2 sampai 3 hari fermentasi biji kakao maka kandungan epicatechin mulai berkurang secara nyata.

Tabel 13. Kapasitas antioksidan (KARO) dan kandungan flavanol biji kakao dari Pantai Gading dan Lavado dengan teknik pengolahan yang berbeda

Table 13. Antioxidant capacity (ORAC) and flavanol content in cacao beans derived from Ivory Coast based on different processing technic

Sampel biji kakao	Kapasitas antoksidan /KARO ($\mu\text{mol TE/g}$)	Kandungan epicatechin (mg/g)	Kandungan catechin (mg/g)	Kandungan flavanol DP1-10 (mg/g)	Total flavanol (mg/g)
- Asal Lavado, dibersihkan, dan tidak difermentasi	737 $\pm$ 32	6,53 $\pm$ 0,25	0,17 $\pm$ 0,02	37,18 $\pm$ 0,38	8,67 $\pm$ 1,15
- Asal Pantai Gading dan difermentasi	420 $\pm$ 44	1,53 $\pm$ 0,06	0,09 $\pm$ 0,00	10,18 $\pm$ 0,09	14,33 $\pm$ 0,58

Sumber: Chin *et al.* (2013)

Source: Chin *et al.* (2013)

Tabel 14. Kandungan procyanidin berdasarkan lamanya proses fermentasi

Table 14. Procyanidin content based on periods of fermentation process

Lamanya fermentasi (jam)	Kandungan procyanidin ($\mu\text{g/g}$)
0	60.753
24	57.252
48	58.165
96	27.910
120	22.974

Sumber: Kealey *et al.* (1998)

Source : Kealey *et al.* (1998)

Tabel 15. Pengaruh suhu penyangraian terhadap kandungan pentamer dan procyanidin
 Table 15. Effect of roasting temperature on pentamer and procyanidin content

Suhu	Suhu produk	Kandungan pentamer dari bobot total ($\mu\text{g/g}$)	Kandungan procyanidin total dari bobot total ($\mu\text{g/g}$)
127 °C penyangraian nib Pasta akhir	119 °C, SBI* 82-95 °C	1.953 1.943	26.418 23.710
159 °C penyangraian nib Pasta akhir	142 °C, SBI 59-92 °C	810 727	21.234 16.826
181 °C penyangraian nib Pasta akhir	162 °C, SBI 59-83 °C	425 408	12.786 11.656

Keterangan: * Suhu biji internal (Sumber: Kealey *et al.*, 1998)

Notes : * Internal bean temperature (Source: Kealey *et al.*, 1998)

Pengeringan dan Penyangraian Biji

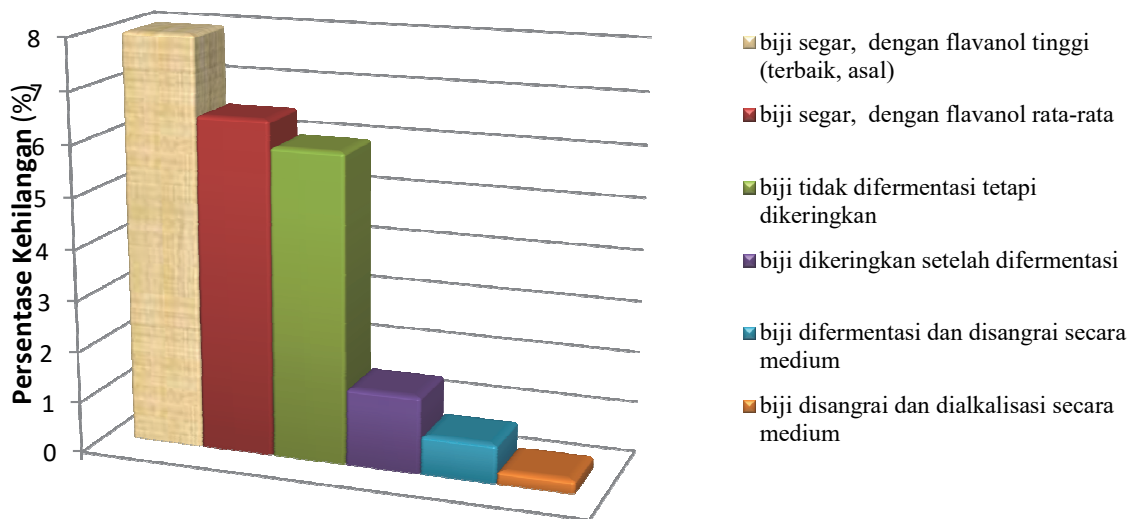
Setelah dilakukan fermentasi, maka selanjutnya dilakukan proses pengeringan dan penyortiran. Pengeringan dilakukan dengan tujuan untuk menurunkan kadar air sampai sekitar 6-7% sehingga aman dalam transportasinya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lamanya proses pengeringan biji berpengaruh nyata terhadap kandungan polifenol (dalam hal ini procyanidin) dan aktivitas antiradikal (Di Mattia *et al.*, 2013). Semakin lama proses pengeringan maka proses perombakan senyawa-senyawa kimia yang terkandung dalam biji akan semakin tinggi dan cepat. Kondisi seperti ini dapat menurunkan kandungan procyanidin serta menurunkan aktivitas antiradikalnya.

Dampak dari proses pengeringan hampir identik dengan proses penyangraian (*roasting*), hanya perbedaannya pada proses penyangraian memerlukan suhu lebih tinggi. Proses penyangraian sangat berpengaruh terhadap penurunan kandungan polifenol karena dalam proses ini membutuhkan suhu tinggi yang mengakibatkan terjadinya proses perombakan dan penguraian senyawa polifenol. Kandungan pentamer dan procyanidin berkurang secara tajam sejalan dengan semakin tingginya suhu penyangraian (Tabel 15). Kandungan procyanidin dan kapasitas antioksidan biji kakao yang dilakukan penyangraian nyata lebih rendah dibandingkan tidak disangrai (Arlorio *et al.*, 2008). Proses penyangraian dan proses debaktersasi merupakan proses penting dan utama yang dapat mempengaruhi stabilitas komponen kimia

dari biji kakao karena pada proses tersebut memerlukan suhu tinggi, dan reaksi-reaksi kimia seperti reaksi oksidasi berlangsung dengan intensitas lebih tinggi dan lebih cepat (Bernaert *et al.*, 2012).

Berdasarkan pada uraian-uraian di atas, maka secara umum dapat disimpulkan bahwa proses pasca panen dan pengolahan biji kakao yang meliputi penyimpanan buah, fermentasi, pengeringan, dan penyangraian biji berpengaruh terhadap menurunnya kandungan polifenol pada biji kakao. Selanjutnya, proses industrialisasi biji kakao berpengaruh juga terhadap menurunnya kandungan polifenol pada produk akhir yang dihasilkan. Wollgast & Anklam (2000b) mengemukakan bahwa proses industrialisasi biji kakao menjadi produk akhir berupa cokelat yang siap untuk dipasarkan berdampak terhadap menurunnya kandungan dan komposisi kimia, termasuk di dalamnya polifenol pada produk yang dihasilkan.

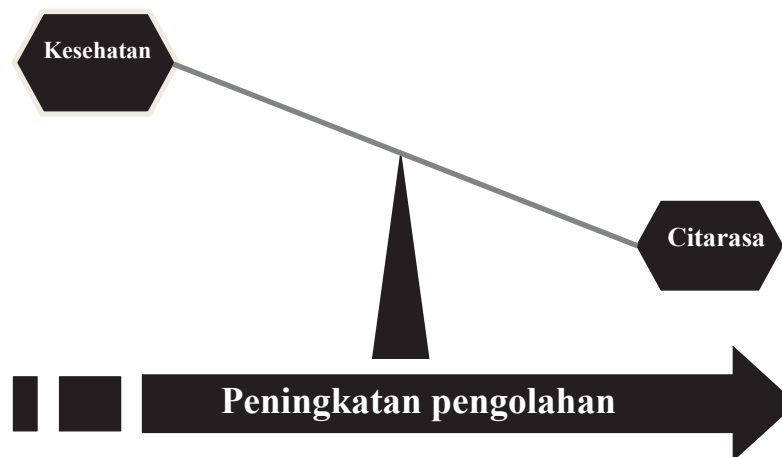
Gambar 4 memperlihatkan cukup tajamnya penurunan kandungan senyawa flavanol (dapat mencapai 50%) sebagai akibat dari proses pengolahan (Bernaert *et al.*, 2012), bahkan menurut Rusconi & Conti (2000) proses industrialisasi biji kakao dapat menurunkan kandungan polifenol dari 100 menjadi 40%. Hal yang sama dikemukakan juga oleh Thomas-Barberan *et al.* (2012), bahwa kandungan polifenol total biji kakao sangat bervariasi sebagai akibat dari kombinasi perlakuan pada proses pengolahan yang meliputi fermentasi, pengeringan, dan penyangraian.



Gambar 4. Flavanol potensial dan kehilangan flavanol selama proses pengolahan konvensional
(Sumber: Bernaert *et al.*, 2012)

Figure 4. The potential flavanols and the loss of flavanols during conventional processing
(Source: Bernaert *et al.*, 2012)

Mengembalikan keseimbangan?



Gambar 5. Visualisasi keseimbangan antara citarasa dan kesehatan pada kakao
(Sumber: Bernaert *et al.*, 2012)

Figure 5. Visualization of balance between flavor and health in cocoa
(Source: Bernaert *et al.*, 2012)

Apabila produk yang dihasilkan ditujukan hanya untuk keperluan pangan (bukan kesehatan) maka terjadi kondisi yang sebaliknya, bahwa proses pengolahan (fermentasi dan penyangraian) biji kakao sangat diperlukan karena kedua proses tersebut berpengaruh positif terhadap peningkatan aroma (*flavor*) dan citarasa (*taste*) dari produk coklat yang akan dihasilkan (Afoakwa, Paterson, Fowler, & Ryan, 2008; Misnawi, 2008). Oleh karena itu, apabila produk yang akan dihasilkan ditujukan untuk produk pangan sekaligus produk kesehatan maka dibutuhkan proses pasca panen dan pengolahan yang spesifik agar mutu

citarasa dan kandungan polifenol tetap dapat dipertahankan dengan baik.

Berdasarkan pada uraian-uraian tersebut maka diperlukan suatu kombinasi perlakuan yang tepat dari berbagai komponen yang ada, mulai dari komponen di tingkat hulu sampai tingkat hilir, dengan tujuan untuk mempertahankan kandungan polifenol pada biji kakao dan atau pada produk berbasis kakao. Sejalan dengan itu, Wollgast & Anklam (2000b) mengemukakan walaupun secara umum proses pasca panen dan pengolahan berdampak terhadap menurunnya kandungan polifenol, tetapi perlu

ditemukan suatu metode variasi atau kombinasi dari berbagai faktor yang dinilai berpengaruh (misal: variasi atau kombinasi antara waktu dengan suhu dalam proses penyangraian). Melalui perlakuan kombinasi tersebut maka masih memungkinkan untuk dapat mempertahankan semaksimal mungkin kandungan polifenol pada biji kakao maupun pada produk yang dihasilkan dari biji kakao.

Sebuah visualisasi yang disajikan pada Gambar 5 mengindikasikan pentingnya ditemukan suatu metode kombinasi dari berbagai komponen perlakuan, mulai dari komponen pra panen, pasca panen, dan sampai komponen pengolahan hasil. Kombinasi yang tepat dari berbagai komponen tersebut akan menghasilkan suatu keseimbangan antara "citarasa *vs* kesehatan" pada produk yang akan dihasilkan. Colombo *et al.* (2012) mengemukakan bahwa akhir-akhir ini banyak ditemukan berbagai jenis produk "cokelat gelap" dengan kandungan flavonoid tinggi yang tersedia di pasaran. Cokelat-cokelat tersebut diproduksi dengan proses pengendalian yang lebih baik mulai dari proses seleksi biji, fermentasi, serta dengan perlakuan pengurangan suhu dan alkalisasi dalam proses pengolahannya. Melalui proses pengendalian yang lebih baik maka kandungan flavonoid pada produk akhir yang dihasilkan masih dapat dipertahankan hingga 70%.

PENUTUP

Peran kakao yang berhubungan dengan masalah kesehatan tidak terlepas dari telah ditemukannya kandungan senyawa polifenol yang terdapat dalam biji kakao dengan jumlah bisa mencapai 10% dari bobot keringnya. Kapasitas Antioksidan Radikal Oksigen (ORAC) senyawa polifenol yang terkandung pada "cokelat gelap" ternyata jauh lebih tinggi, hingga mencapai 2-30 kali lipatnya, bila dibandingkan produk pangan lainnya sebagai penghasil polifenol, termasuk teh dan anggur. Manfaat polifenol pada biji kakao sangat tinggi karena memiliki sifat atau aktivitas antioksidan, antiradikal, antimikrobal, antiproliferasi, antimutagenik, dan antikarsinogenik. Manfaat lainnya adalah dapat menghambat terjadinya oksidasi senyawa kolesterol berkerapatan rendah (LDL) pada sel endothelial, dapat meningkatkan kolesterol berkerapatan tinggi (HDL), dan dapat menurunkan kandungan trigliserida.

Kandungan polifenol pada biji maupun produk yang dihasilkan dari biji kakao sangat dipengaruhi oleh interaksi faktor genetik dengan lingkungannya. Pada periode sebelum panen (pra panen), kandungan polifenol dipengaruhi oleh interaksi faktor genetik (genotipe/varietas/klon) dengan faktor lingkungan biofisik maupun agronomis (budidaya). Selanjutnya pada periode setelah panen, antar komponen faktor pasca panen dan pengolahan yang meliputi proses penyimpanan buah, fermentasi, pengeringan, dan penyangraian biji kakao saling berinteraksi antara satu dengan yang lain dalam mempengaruhi tinggi-rendahnya kandungan

polifenol.

Pada proses industrialisasi untuk menghasilkan beragam produk berbasis kakao, di satu sisi sarat dengan penggunaan bahan-bahan kimia dan perlakuan suhu tinggi yang akan berdampak terhadap menurunnya kandungan polifenol. Namun di sisi lainnya, proses industrialisasi yang dimaksud sangat diperlukan untuk menghasilkan produk pangan berbasis kakao yang memiliki aroma dan citarasa yang baik serta diminati oleh konsumen. Komponen-komponen perlakuan pasca panen, pengolahan, dan proses industrialisasi untuk tujuan menghasilkan produk pangan dan kesehatan sesuai dengan yang diinginkan pasar menunjukkan "pengaruh yang berlawanan". Oleh karena itu, diperlukan suatu kombinasi yang tepat dari komponen-komponen yang ada sehingga terjadi suatu keseimbangan untuk menghasilkan suatu produk yang dapat diterima secara baik oleh sebagian besar pasar yang memerlukannya.

Implikasi yang dapat diperoleh adalah terbukanya peluang cukup besar bagi kegiatan penelitian dan pengembangan kakao secara terintegrasi dari berbagai bidang keilmuan dengan tujuan mendapatkan informasi teknologi tentang lingkungan biofisik maupun agronomis untuk meningkatkan kandungan polifenol pada biji kakao. Sebagai contoh, Yapo *et al.* (2013) menganjurkan untuk penelitian ke depan hendaknya salah satunya diarahkan pada pengujian hubungan antara kualitas tanah (kandungan mineral) dengan kandungan polifenol dan antioksidan pada biji kakao melalui kajian analisis tanah.

Tujuan lainnya dari suatu proses penelitian dan pengembangan yang direncanakan di antaranya adalah mendapatkan suatu metode yang tepat, di satu sisi diperlukan untuk dapat mempertahankan kandungan senyawa polifenol setinggi mungkin, dan di sisi lainnya untuk dapat meningkatkan aroma dan citarasa terhadap produk akhir yang akan dihasilkan. Sejalan dengan itu, Saltini *et al.* (2013) menganjurkan untuk penelitian ke depan hendaknya diarahkan pada pengujian berbagai parameter produksi untuk menghasilkan suatu produk cokelat dengan kandungan polifenol tinggi seperti yang telah dilakukan oleh Tomas-Barberan *et al.* (2007) dengan mengkombinasikan berbagai perlakuan pada proses fermentasi, pengeringan, dan penyangraian biji. Demikian juga halnya dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Afoakwa *et al.* (2012) dalam mengkombinasikan berbagai perlakuan lamanya periode penyimpanan buah (pod) dengan lamanya fermentasi biji.

DAFTAR PUSTAKA

- Afoakwa, E.O., Paterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 48(9), 840-857. doi: 10.1080/1040839070171 9272.

- Afoakwa, E.O., Quao, J., Takrama, F.S. Budu, A.S. & Saalia, F.K. (2012). Changes in total polyphenols, o-dipheol and anthocyanin concentrations during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *Internat. Food Res. J.* 19(3), 1071-1077.
- Aikpokpodion, P.E., & Dongo, L.N. (2010). Effects of fermentation intensity on polyphenols and antioxidant capacity of cocoa beans. *Int. J. Sustain. Crop Prod*, 5(4), 66-70.
- Andujar, I., Recio, M. C., Giner, R. M., & Rios J. L. (2012). Cocoa polyphenols and their potential benefits for human health. Review Article. *Oxid. Med. and Cell. Long.*, volume 2012, 23p. Article ID 906252. doi: 10.1155/2012/90625.
- Arlorio, M., Locateli, M., Travagila, F., Coisson, J.D., Del Grosso, E., Minassi, ...Martelli, A. (2008). Roasting impact on the contents of clovamide (*N-caffeoyl-L- DOPA*) and antioxidant activity of cocoa beans (*Theobroma cacao* L.). *Food Chem*, 106, 967-975.
- Badrie, N., Bekele, F., Sikora, E., & Sikora, M. (2014). Cocoa agronomy, quality, nutritional, and health aspects. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 55, 620-659. doi: 10.1080/10408398.2012.669428.
- Bernaert, H., Blondeel, L., Allegaert, L., & Lohmueller, T. (2012). Industrial treatment of cocoa in chocolate production: Health implication. In Paoletti *et al.* (Eds). *Chocolate and health* (pp. 17-34). Italia: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-88-470-2038-2.
- Caligani, A., Cirlini, M., Palia, G., Rgavlia, R., & Arlorio, M. (2007). GC-MS detection of chiral marker in coco beans of different quality and geographic origin. *Chirality*, 19, 329-334.
- Caligiani, A., Acquotti, D., Carlini, M., & Palla, G. (2010). N HMR study of fermented cocoa (*Theobroma cacao* L.) beans. *J. Agric. Food Che*, 58, 12105-12111.
- Chin, E., Miller, K.B., Payne, M.J., Hurst, W.J., & Stuart D.A. (2013). Comparison of antioxidant activity and flavanol content of cacao beans processed by modern and traditional Mesoamerican methods. *Heritage Science*, 1(9).
- Colombo, M.L., Pinorin-Godly, M.T., & Conti, A. (2012). Botany and pharmacognosy of the cacao tree. In Paoletti *et al.* (Eds). *Chocolate and Health* (pp. 41-62). Italia: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-88-470-2038-2.
- Corti, R., Flammer, A.J., Hollenberg, N.K., & Lüscher, T.F. (2009). Cocoa and cardiovascular health. Contemporary Reviews in Cardiovascular Medicine. *Circulation*, 119, 1433-1441. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.827022.
- Counet, C., Ouwerx, C., Rosoux, D., & Collin, S. (2004). Relationship between procyanidin and flavor content of cocoa liquors from different origins. *J. of Agric. and Food Chem*, 52(20), 6243-6349. doi: 10.1021/jf040105b.
- Dadzie, A.M., Opoku, S.Y., Ofori, A., Lowor, S., Takrama, J.F., Padi, F.K., & Yeboah, J. (2014). Evaluation of major chemical components in beans of some selected international cocoa clones in Ghana. *J. of Agric. Sci. & Tech*, B 4, 200-208.
- Dillinger, T.L., Barriga, P., Escarcega, S., Jimenez, M., Lowe, D.S., & Grivetti, L.E. (2000). Food of the Gods: cure for humanity?. A cultural history of the medicinal and ritual use of chocolate. *J. Nutr.*, 130, 2057S-2072S.
- Di Mattia, C., Martuscelli, M., Sacchetti, G., Scheirlinck, I., Beheydt, B., Mastrocola, D. & Pittia, P. (2013). Effect of fermentation and drying on procyanidins, antiradical activity and reducing properties of cocoa beans. *Food Bioprocess Technol.*, 6, 3420-3432. doi: 10.1007/s11947-012-1028-x.
- Efraim, P., Tucci, M.L., Pezoa-Garcia, N.H., Haddad, R., & Eberlin, M. (2006). Teores de compostos fenolicos de sementes de cacaueiro de diferentes genotipos. *Braz. J. Food Technol*, 9(4), 229-236.
- Elwers, S., Zambrano, A., Rohsius, C., & Lieberei, R. (2009). Differences between the content of phenolic compounds in Criollo, Forastero and Trinitario cocoa seed (*Theobroma cacao* L.) *Eur. Food. Res. Technol.* 12p. Springer-Verlag. doi: 10.1007/s00217-009-1132-y.
- Endraiyan, V. (2011). *Total phenolics and antioxidant capacity of cocoa pulp: Processing and storage study*. (Thesis The Graduate School - New Brunswick Rutgers, The State University of New Jersey).
- Ferrazzano, G.F., Amato, I., Ingenito, A., De Natale, A., & Pollio, A. (2009). Anti-cariogenic effects of polyphenol from stimulant beverages (cocoa, coffee, tea). *Fitoterapia*, 80, 255-262.
- Graziani de Farinas, L., Ortiz de Bertorelli, L., & Parra, P. (2003). Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de cumboto, Aragua. *Agron. Tropic*, 53(2), 133-144.
- Gu, F., L. Tan, H, Wu, H., Fang, Y., Xu, F., Chu, Z., & Wang, Q. (2013). Comparison of cocoa beans from China, Indonesia, and Papua New Guinea. *Food*, 2, 183-197.
- Hii, C.L., Law, C.L., Suzannah, S., Misnawi, & Cloke, M. (2013). Polyphenol in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Asian J. of Food and-Ag-Ind*, 2(4), 702-722.

- Jonfia-Essien, W.A., West, G., Alderson, P.G., & Tucker, F. (2008). Phenolic content and antioxidant capacity of hybrid variety coco beans. *Food Chem.*, 108, 1155-1159.
- Kealey, K.S., Snyder, R.M., Romanczyk, L.J., Geyer, H.M., Myers, M.E., Withcare, E.J., ...Schmitz, H.H. (1998). Cocoa components, edible products having enhanced polyphenol content, method of making some and medina uses. *Patent Cooperation Treaty (PCT) WO 98/09533*, Mars Incorporated, USA.
- Kelishadi, R.M.D. (2005). "Cacao to cocoa to chocolate" : healthy food?. *ARYA J*, 1(1), 28-34.
- Khan, N., Khymenets, O., Urpi-Sardà, M., Tulipani, T., Garcia-Aloy, M., Monagas, M., ...Andres-Lacueva, C. (2014). Cocoa polyphenols and inflammatory markers of cardiovascular disease. *Nutrients*, 6, 844-880. doi: 10.3390/nu6020844.
- Kim, H. & Kenncy, P.G. (1984). (-)Epicatechin content in fermented and unfermented cocoa beans. *J. of Food Sci.*, 49, 1090-1092.
- Lee, K.W., Kim, Y.J., Lee, H.J., & Lee, C.Y. (2003). Cocoa has more phenolic phytochemical and a higher antioxidant capacity than tea and wine. *J. of Agric. Food Chem.*, 51, 7292-7295.
- Lopez, A.S. & Dimick, P.S. (1995). Cocoa fermentation. In Rehm, H.J. & Reed, G.D. (Eds.). *Biotechnology*. 2nd ed (pp. 5620-5667). Weinheim: CVH.
- Martin, M.A., Goya, L., & Ramos, S. (2013). *Potential for preventive effects of cocoa and cocoa polyphenols in cancer* (p. 66). Department of Metabolism and Nutrition, Institute of Food Science and Technology and Nutrition (ICTAN-CSIC), José Antonio Novais 10, Ciudad Universitaria, 28040, Madrid, Spain.
- Martini, M.H., Figueira, A., Lenci, C.G., & Tavares, B.D.Q. (2008). Polyphenol cells and their interrelation with cotyledon cells in seven species of *Theobroma* (Sterculiaceae). *Revista Brasil. Bot*, 31(3), 425-431.
- Miller, K.B., Stuart, D.A., Smith, N.L., Lee, C.Y., Mchale, N.L., Flanagan, J.A., ...Jeffrey, H.W. (2006). Antioxidant activity and polyphenol and procyanidin contents of selected commercially available cocoa-containing and chocolate products in the United States. *J. of Agric. and Food Chem*, 54, 4062-4068.
- Misnawi (2008). Physico-chemical changes during cocoa fermentation and key enzymes involved. *Review Penelitian Kopi dan Kakao*, 24(1), 47-64.
- Nagai, T., Reiji, I., Hachiro, I., & Nobutaka, S. (2003). Preparation and antioxidant properties of water extract of propolis. *Food Chem*, 80, 29-33.
- Nazaruddin, R., Osman, H., Mamot, S., Wahid, S., & Aini, N. (2006). Influence of roasting conditions and volatile plavor of roasted Malaysian cocoa beans. *J. of Food Process. And Preser*, 30, 280-298.
- Nazaruddin, R., Seng, L. K., Hassan, O. & Said, M. (2006). Effect of pulp preconditioning on the content of polyphenols in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) during fermentation. *Indust. Crops Prod*, 24, 87-94.
- Niemenak, N., Rohsius, C., Elwers, S., Ndoumou, D.O., & Lieberei, R. (2006). Comparative study of different cocoa (*Theobroma cacao* L.) clones in terms of their phenolics and anthocyanins contents. *J. od Food Compos. and Anal*, 19, 612-619.
- Ninfali, P., Mea, G., Giorgini, S., Rocchi, S., & Bacchiocca, M. (2005). Antioxidant capacity of vegetables, spices and dressings relevant to nutrition. *British J. of Nutr*, 93, 257-266.
- Osawa, K., Matsumoto, T., Mayurama, T., Naito, Y., Okuda, K., & Takozoe, I. (1990). Inhibitory effects of aquos extract of cocoa bean husk on collagenase of *Bacteriodes gingivalis*. *Bull.of Tokyo Dent. Coll*, 31, 125-128.
- Othman, A., Ismail, A., Ghani, N.A., & Adenan, I. (2007). Antioxidant capacity and phenolic content of cocoa beans. *Food Chem*, 100, 1523-1530.
- Othman, A., Jalil, A.M., Weng, K.K., Ismail, A., Ghani, N.A., & Adenan, I. (2010). Epicatechin content and antioxidant capacity of cocoa beans from four different countries. *Afric. J. of Biotech*, 9(7), 1052-1059.
- Pearson, D.A., Schmitz, H.H., Lazarus, S.A., & Keen, C.L. (2001). Inhibition of in vitro low density lipoprotein oxidation by oligomeric procyanidins present in chocolate and cocoas. *Methos Enzymol*, 335, 350-360.
- Prayoga, R.D., Murwani, R., & Anwar, S. (2013). Polyphenol axtracts from low quality cocoa beans: antioxidant, antibacterial and food colouring properties. *Internat. Food Res. J*, 20(6), 3275-3281.
- Rabenda, F.S., Jauregui, O., Casals, I., Andrea-Lacueva, C., Izquierdo-Pulido, M., & Lamuela-Raventos, R. (2003). Liquid chromatography/electrospray ionization tandem mass spectrometric studi of the phenolic compositon of cocoa (*Theobroma cacao* L.). *J. Mass Spectrom*, 38, 35-42.
- Ranneh, Y. Ali, F., & Esa, N.M. (2013). The protective effect of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in colon cancer. *J. of Nutr. & Food Sci*, 3(2), 1-3. doi: 10.4172/2155-9600.1000193.

-
-
- Redovnikovic, I.R., Delonga, K., Mazor, S., Dragoniv-Uzelac, V. Caric, M., & Vorkapic-Furac, J. (2009). Polyphenolic content and composition and antioxidative activity of different cocoa liquors. *Czech J. of Food. Sci*, 27(5), 330-337.
- Ren, W., Qiao, Z., Wang, H., Zhu, L. & Zhang, L. (2003). Flavonoid: Promosing anticancer agents. *Med. Res. Rev*, 23, 519-534.
- Rizza, R.A., Liang, V., McMohan, M., & Harrison, G. (2000). *Encyclopedia of foods: A guide to healthy nutrition*. London: Academic Press.
- Robbins, R.L., Kwik-Urbe, C., Hammerson, J.F., & H.H. Schmitz. (2006). Analysis of flavanols in foods: What methods are required to enable meaningful health recommendation?. *J. Cardiovasc. Pharmacol*, 47, S110-S118.
- Rusconi, M. & Conti, A. (2010). *Theobroma cacao* L. The food of the Gods: A scientific approach beyond myths and claims. *Pharmacol. Res*, 61(1), 5-13.
- Saltini, R., Akkerman, R., & Frosch, S. (2013). Optimizing chocolate production through traceability: A review of the influence of farming practices on cocoa bean quality. *Food Control*, 29, 167-187.
- Tomas-Barberan, F.A., Cienfuegos-Jovellanos, E., Marin, A., Muguerza, B., Gil-izquierdo, A., Cerda, B., ...Espin, J.C. (2007). A new process to develop a cocoa powder with higher flavonoid monomer content and enhanced bioavailability in healthy humans. *J. Agric. Food Chem.*, 55, 3926-3935.
- Velioglu, Y.S., Mazza, G., Gao, L., & Oomah, B.D. (1998). Antioxidant activity and total phenolics in selected fruits, vegetables, and grain products. *J. of Agric. and Food Chem*, 46, 4113-4117.
- Vinson, J.A., Proch, J., & Bose, P. (2006). Chocolate is powerfull ex vivo and in vivo antioxdant, an antiatherosclerotic agent in animal model and significant contributor to antioxidants in European and American diets. *J. of Agric. Food Chem*, 54, 8071-8076.
- Visioli, F., Bernardini, E., Poli, A., & Paoletti, R. (2012). Chocolate and health: A brief review of the evidence. In Paoletti *et al.* (Eds). *Chocolate and Health* (pp. 63-75). Italia: Springer-Verlag. doi: 10.1007/978-88-470-2038-2.
- Wollgast, J. (2004). The contents and effects of polyphenols in chocolate (qualitative and quantitative analyses of polyphenols in hocolate and chocolate raw products as well as evaluation of potential implications of chocolate consumption in human health) (PhD, Justus Liebig University, Giessen).
- Wollgast, J., & Anklam, E. (2000a). Polyphenol in chocolate: is there a contribution to human health?. *Food Res.Int*, 33, 449-459.
- Wollgast, J., & Anklam, E. (2000b). Review on polyphenol in *Theobroma cacao* : Changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Res. Internat*, 33, 423-447.
- Yang, J.H., Lin, C.H., & Mau, J.L. (2002). Antioxidant properties of several commercial mushroom. *Food Chem*, 77, 229-235.
- Yapo, K.D., Ouffoue, S.K., Okpekon, T.A., & Kouakou, T.H. (2013). Soil effect on polyphenol content and antioxidant capacity of new hybrid variety of cocoa from Côte d'Ivoire. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 7(5), 1794-1803.
- Zumbe, A. (1998). Polyphenol in cocoa: Are there health benefits?. British National Formulary. *Nutr. Bull*, 23, 94-112.
-
-

Lampiran 1. Penelusuran literatur tentang pengaruh berbagai faktor terhadap kandungan polifenol dan senyawa turunannya pada kakao
Appendix 1. The effect of various factors on polyphenol content and their derivative compounds in cacao based on published literatures

Pengaruh faktor	Polifenol total	Flavanol	Catechin	Epicatechin	Procyanidin	Gallo-catechin	Epigallo-catechin	Anthocyanin
Periode Pra panen :								
1. Species kakao	Martini <i>et al.</i> (2008).	-	-	-	-	-	-	-
1. Genotype/varietas/ klon/tipe kakao	Griziani de Farias <i>et al.</i> (2008), Efrain <i>et al.</i> (2006), Niemenak <i>et al.</i> (2006), Juulha-Esseen <i>et al.</i> (2008), Martini <i>et al.</i> (2008), Elwers <i>et al.</i> (2008), Dadzie <i>et al.</i> (2014), Wollgast & Anklam (2006), Othman <i>et al.</i> (2007), Thomas-Barberan <i>et al.</i> (2007), Redonnikov <i>et al.</i> (2009), Gu <i>et al.</i> (2013), Hii <i>et al.</i> (2013), Yapo <i>et al.</i> (2013).	-	-	Griziani de Farias <i>et al.</i> (2008), Elwers <i>et al.</i> (2008).	-	-	-	Niemenak <i>et al.</i> (2006), Elwers <i>et al.</i> (2008).
1. Asal geografis/ negara	Kim & Keeney (1984), Caligani <i>et al.</i> (2007), Counet <i>et al.</i> (2004), Redonnikov <i>et al.</i> (2009), Hedonnikov <i>et al.</i> (2009), Othman <i>et al.</i> (2010).	Caligani <i>et al.</i> (2007), Arlorio <i>et al.</i> (2008), Redonnikov <i>et al.</i> (2009), Othman <i>et al.</i> (2010).	Redonnikov <i>et al.</i> (2009), Othman <i>et al.</i> (2010).	Redonnikov <i>et al.</i> (2009), Othman <i>et al.</i> (2010).	Redonnikov <i>et al.</i> (2009), Othman <i>et al.</i> (2010).	Redonnikov <i>et al.</i> (2009), Othman <i>et al.</i> (2010).	Redonnikov <i>et al.</i> (2009), Othman <i>et al.</i> (2010).	-

Lampiran 4. Lanjutan
Appendix 4. *Continued*

Pengaruh faktor	Polifenol total	Flavanol	Catechin	Epicatechin	Procyanidin	Gallocatechin	Epigallocatechin	Anthocyanin
Periode Pasca Panen dan Pengolahan :								
1. Penyimpanan buah	Nazaruddin <i>et al.</i> (2008).	-	Aioakwa <i>et al.</i> (2012).	-	-	-	-	Aioakwa <i>et al.</i> (2012).
1. Fermentasi biji	Tomas-Barberan <i>et al.</i> (2007); Nazaruddin <i>et al.</i> (2008); Aikpokpodion & Dongo (2010); Prayoga <i>et al.</i> (2013).	Bernaert <i>et al.</i> (2012); Chin <i>et al.</i> (2013).	Caligani <i>et al.</i> (2007); Chin <i>et al.</i> (2013).	Bernaert <i>et al.</i> (2012); Chin <i>et al.</i> (2013).	Kealey <i>et al.</i> (1998).	-	-	-
1. Pengeringan biji	Tomas-Barberan <i>et al.</i> (2007); Di Mattia <i>et al.</i> (2013).	Bernaert <i>et al.</i> (2012).	Arlorio <i>et al.</i> (2008); Aioakwa <i>et al.</i> (2012).	-	Kealey <i>et al.</i> (1998).	-	-	Aioakwa <i>et al.</i> (2012).
1. Penyangraian biji:	Wollgast & Anklam (2000b); Tomas-Barberan <i>et al.</i> (2007).	Bernaert <i>et al.</i> (2012).	Bernaert <i>et al.</i> (2012).	-	-	-	-	-
1. Pengolahan akhir (proses industrialisasi)	Rusconi & Conti (2000); Wollgast & Anklam (2000b); Chin <i>et al.</i> (2013).	Bernaert <i>et al.</i> (2012).	-	Kim & Keeney (1984).	-	-	-	-

INOVASI TEKNOLOGI BIOINDUSTRI BERBASIS KAKAO, PISANG, DAN TERNAK KAMBING TERPADU: SEBUAH PELAJARAN DARI KABUPATEN ACEH TIMUR

BIOINDUSTRY INNOVATION TECHNOLOGY BASED ON INTEGRATED COCOA, BANANA AND GOAT: LESSON LEARNED FROM EAST ACEH REGENCY

¹⁾M. Syakir dan ²⁾Yulius Ferry

¹⁾ **PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN**

Jalan Tentara Pelajar No 1A Cimanggu, Bogor 16111

amsyakir.ms@gmail.com

²⁾ **BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR**

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

yulius_ferry@yahoo.com

ABSTRAK

Produktivitas tanaman kakao rakyat masih rendah, penyebabnya antara lain rendahnya populasi, banyaknya tanaman rusak, serangan hama dan penyakit. Hal yang sama juga terjadi pada tanaman pisang, dalam kurun waktu lima tahun terakhir, tanaman pisang diserang oleh penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanacearum* sehingga luas dan produksi tanaman pisang menurun masing-masing 30% dan 35%. Penurunan produksi ini menyebabkan pendapatan petani menjadi makin rendah. Sistem pertanian bioindustri merupakan sistem yang mengoptimalkan semua potensi yang terdapat di lokasi tersebut, tidak terkecuali limbah dari suatu proses budidaya dan pasca panen. Polatanam kakao, pisang, dan ternak tidak hanya mengoptimalkan penggunaan lahan tetapi juga membuka peluang diversifikasi produk, penyediaan pakan ternak, dan penyediaan pupuk organik (kompos). Terdapat peluang untuk meningkatkan pendapatan petani, yaitu dengan diversifikasi pertanaman untuk mempertangguh usahatani perkebunan. Optimalisasi lahan perkebunan kakao dapat ditempuh dengan polatanam kakao dan tanaman pisang. Agar tidak terjadi persaingan diperlukan inovasi teknologi polatanam kakao pisang berbasis pengelolaan tanaman terpadu (PTT). Budidaya tanaman kakao dan tanaman pisang merupakan penerapan teknologi polatanam yang memberikan keuntungan dan meningkatkan daya guna lahan. Tanaman kakao yang rusak direhabilitasi dan tanaman pisang kembali ditanam di dalam baris tanaman kakao, dengan jarak tanam 9 x 9 m. Sebagai penyediaan benih dibangun kebun induk pisang sehat, dan juga ternak untuk mendukung pemanfaatan limbah dari serasah, kulit buah kakao menjadi kompos dan pakan ternak. Penerapan budidaya kakao dan pisang akan mendorong berdirinya kembali industri rumah tangga seperti keripik pisang, pisang sale (di Aceh), pisang goreng, dan industri berbahan baku pisang lainnya yang didukung oleh produksi biji cokelat dan pasta, yang akhirnya meningkatkan pendapatan petani.

Kata kunci: Kakao, pisang, industri rumah tangga, pendapatan petani

ABSTRACT

*Smallholders cocoa productivity remains low that was caused by low population, damaged plants, and pest and disease attacks. As well as banana plantation, in the last five years, many banana plants attacked by disease, caused by the bacterium *Ralstonia solanacearum*, which decreased banana area and production by 30% and 35%. This conditions significantly decreased farmers' income. However, there are opportunities to increase the farmer's income by using bioindustry model, which can optimize all of resources in the area, including farm waste. Crop diversification between cocoa, banana and livestock, not only can optimize land use, but also give opportunities for products diversification to strengthen farming system. On the other hand, it needs technology innovation to manage this model based on integrated crop management (ICM). Optimization of cocoa plantations can be reached by integration cocoa with banana. Cultivation of cocoa and banana are the application of intercropping technology that provide financial benefits and improve land use. Farmers should rehabilitate damaged cocoa crops and plant banana between cocoa rows, with a spacing of 9 mx 9 m. In addition, livestock can use plantation waste as a feed and produce organic fertilizers. Integration of cocoa and banana also will encourage the establishment back home industries such as banana chips, banana sale (in Aceh), fried banana and other industries which is supported by the production of cocoa beans and cocoa powder, which ultimately increases farmer's income.*

Keywords: Cocoa, bananas, home industries, farmers' income

PENDAHULUAN

Perkembangan tanaman kakao di Indonesia dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir meningkat lebih dari dua kali lipat. Pada tahun 2000 luas tanaman kakao baru mencapai 749.917 ha dengan produksi sebesar 421.142 ton, pada tahun 2010 meningkat menjadi 1.650.621 ha dan produksi sebesar 837.918 ton/tahun. Perkebunan kakao tersebut sebagian besar (94,41%) berbentuk

perkebunan rakyat (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2011), yang dicirikan dengan lahan sempit dan tanpa tanaman pelindung. Produktivitas tanaman kakao rakyat cenderung mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2008 produktivitas kakao rakyat sebesar 891 kg/ha/tahun, tahun 2009 turun menjadi 811 kg/ha/tahun, dan pada tahun 2010 turun lagi menjadi 793 kg/ha/tahun. Penurunan produktivitas ini disebabkan oleh beberapa hal antara lain, meningkatnya tanaman

yang rusak dan tua, serta serangan hama dan penyakit. Produktivitas yang rendah dan kepemilikan lahan yang sempit (1,01 ha/KK) menyebabkan pendapatan petani kakao hanya sekitar Rp. 12.814.880/tahun (asumsi harga Rp. 16.000/kg). Pendapatan tersebut sangat rendah jika dibandingkan pendapatan petani hasil sensus pertanian 2013 di sektor perkebunan yang mencapai Rp20.445.000,00 per tahun (Badan Pusat Statistik [BPS], 2014).

Rendahnya pendapatan menyebabkan kemampuan petani untuk memelihara kebun menjadi terbatas sehingga tanaman tidak dipupuk serta tidak dilakukan pengendalian hama dan penyakit dan pemangkasan sesuai anjuran. Petani lebih memilih bekerja di tempat lain untuk menambah pendapatan sehingga kebunnya menjadi terlantar. Dengan demikian, tanaman menjadi rentan terhadap serangan hama dan penyakit seperti, busuk buah kakao (BBK), penggerek buah kakao (PBK), dan *vascular streak dieback* (VSD) sehingga tanaman banyak yang mati dan populasi menjadi berkurang. Kondisi tersebut diperparah dengan rendahnya populasi tanaman kakao. Pada areal pertanaman kakao rakyat, populasi tanaman kakao polikultur hanya mencapai 600 tanaman/ha, sementara itu untuk pertanaman yang monokultur populasinya 800 tanaman/ha. Populasi di atas sangat rendah dibandingkan populasi anjuran sebanyak 1.100 tanaman/ha sehingga berdampak pada rendahnya produktivitas per hektar. Di lain pihak, penyulaman untuk mempertahankan populasi tanaman tidak dilakukan karena tidak tersedianya benih tanaman unggul sehingga sebagian lahan menjadi kosong.

Salah satu upaya peningkatan pendapatan petani kakao adalah melalui optimalisasi pemanfaatan lahan dengan komoditas-komoditas yang bernilai ekonomi dan secara teknis dapat saling mendukung. Tanaman kakao sebagai tanaman utama memiliki sifat memerlukan naungan. Pemanfaatan tanaman penabung yang bernilai ekonomi seperti pisang, khususnya untuk kakao muda merupakan salah satu upaya peningkatan pendapatan petani. Di sisi lain, limbah kebun, baik yang berasal dari gulma maupun hasil pangkasan kakao maupun tanaman penabung merupakan hijauan yang dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak. Limbah ternak berupa kotoran dapat juga dijadikan sebagai pupuk organik bagi tanaman kakao maupun pisang. Komoditas-komoditas tersebut dapat diintegrasikan sehingga tercipta sebuah siklus yang saling mendukung dan menguntungkan secara ekonomi membentuk satu sistem *zero waste* yang merupakan ciri utama dari sistem pertanian bioindustri berkelanjutan.

Pola tanam kakao dewasa dengan tanaman pisang masih mungkin dilakukan dengan beberapa alasan antara lain: (1) populasi tanaman kakao rendah (600 batang/ha), (2) penyebaran penyakit pisang dapat dihindari oleh tanaman kakao, dan (3) kedua tanaman ini tidak menjadi inang penyakit yang sama. Selain itu penanaman secara polikultur lebih menguntungkan karena lebih efisien menggunakan lahan dan adanya diversifikasi produk. Febryano (2010) mengatakan bahwa penanaman kakao +

pisang layak untuk diusahakan, dengan BCR dan IRR masing-masing 1,32 dan 23%. Hasil penelitian Obiri, Bright, McDonald, Angglaere, & Cobbrina (2007); Febryano, Suharjito, & Soedomo (2009); dan Nadeak, Qurniati, & Hidayat (2013) juga menunjukkan bahwa model polatanam tersebut cukup menguntungkan. Polikultur juga dapat mengoptimalkan penggunaan lahan dan waktu dengan memanfaatkan lahan di antara tanaman utama serta petani dapat melakukan kegiatan tambahan di luar pengelolaan tanaman utama. Setiap keluarga petani pekebun dengan 5 orang anggota, masih tersisa 300 HOK (hari orang kerja) setiap tahunnya sehingga tenaga kerja ini dapat dimanfaatkan untuk kegiatan peningkatan manfaat lahan yang dimiliki (Nancy & Supriadi, 2005).

Tanaman kakao dan pisang menghasilkan biomassa cukup banyak. Tanaman kakao melalui pemangkasan wiwilan dan produksi menghasilkan daun yang dapat digunakan sebagai pakan ternak, hal yang sama juga terjadi pada pisang, baik dari kulit buah maupun daun dan batang pisang. Potensi penyediaan pakan ternak tersebut memberikan peluang untuk diintegrasikan dengan ternak kambing. Pemberian pakan ternak kambing dari daun kakao, berpengaruh pada pelaksanaan pangkasan tunas air dan cabang/ranting yang tidak produktif sehingga kanopi tanaman kakao menjadi lebih baik dan setting buah meningkat. Selain itu kotoran kambing menjadi bahan yang dapat memperkaya kompos yang dibuat dari biomassa kakao dan pisang sebagai pupuk organik ke dua tanaman tersebut.

Agar tidak terjadi persaingan di antara tanaman diperlukan inovasi teknologi polatanam kakao pisang berbasis pengelolaan tanaman terpadu (PTT) dan ternak kambing. Tulisan ini menyampaikan beberapa hasil dan gagasan peningkatan produksi kakao dan pisang melalui pendekatan pengelolaan tanaman dan sumber daya terpadu hasil penerapan teknologi Badan Litbang Pertanian di Kabupaten Aceh Timur.

KERAGAAN TEKNOLOGI BUDIDAYA KAKAO, PISANG, DAN KAMBING DI KABUPATEN ACEH TIMUR

Tanaman kakao di Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam berkembang sangat pesat. Pada tahun 2002 luas areal kakao 42.960 ha, sepuluh tahun kemudian menjadi 86.195 ha (Ditjenbun, 2012). Peningkatan luas areal di Kabupaten Aceh Timur jauh lebih tinggi. Jika pada tahun 2002, luas areal kakao hanya mencapai 2.752 ha, pada tahun 2012, jumlah tersebut mencapai 12.667 ha, atau meningkat hampir 4 kali lipat. Pesatnya perkembangan luas areal tanaman kakao di Aceh Timur sejalan dengan dicanangkannya gerakan nasional tanaman kakao. Pengembangan tanaman kakao ini memberikan manfaat besar bagi perekonomian masyarakat.

Perkembangan teknik budidaya tanaman kakao meliputi, pengelolaan pohon pelindung, pembuatan rorak, pemupukan dan sambung samping sudah cukup dikenal di Kabupaten Aceh Timur. Namun, teknologi tersebut pada umumnya baru sekedar diketahui oleh petani, tetapi belum

dilaksanakan sebagai mestinya. Penanaman dan pemeliharaan tanaman pelindung belum terlaksanakan dengan baik, jarak tanam belum teratur, pemangkasan belum dilakukan, dan tanaman tumbuh tanpa perawatan. Tanaman kakao ditanam bercampur dengan tanaman lain seperti, durian, rambutan, pisang, dan tanaman tahunan lainnya. Tanaman-tanaman tersebut dianggap telah berfungsi sebagai tanaman pelindung yang memadai untuk pertumbuhan tanaman kakao, padahal naungan yang ditimbulkannya tidak merata karena jarak tanam tidak teratur.

Teknologi sambung samping telah dilakukan petani dengan menggunakan entres berasal dari tanaman yang terpilih, yang dicirikan oleh produksi tinggi, sehat, dan tumbuh dengan baik, dan entres yang berasal dari klon unggul lainnya seperti Sulawesi 1, 2, dan Minahasa. Pengadaan klon-klon ini difasilitasi oleh penyuluh pertanian lapangan. Namun keberhasilan sambung samping tersebut tidak diikuti oleh pemeliharaan yang baik, pemangkasan untuk memberi kesempatan kepada tunas sambung samping tumbuh dengan baik belum dilakukan sehingga pertumbuhannya belum optimal dan sering tidak berkembang atau mati.

Pembuatan rorak-rorak untuk pengomposan serasah-serasah tanaman dan penyimpanan air sudah didiseminasikan, tetapi tidak berlanjut, setelah rorak tersebut penuh, rorak tidak dibuat kembali sehingga serasah dan kulit buah kakao kembali berserakan di lahan, yang menyebabkan lahan menjadi sangat lembab. Rorak juga dapat mengurangi serangan hama penggerek buah karena larva yang terdapat dalam kulit buah akan mati bersamaan dengan dibenamkannya kulit buah kakao ke dalam rorak (Siregar, Riyadi, & Nuraeni, 1994).

Demikian juga dengan teknologi pemangkasan belum dilakukan dengan baik sehingga pertumbuhan cabang dan ranting tanaman kakao tidak teratur, tanaman menjadi lebih tinggi, lebih rimbun, dan intersepsi cahaya yang sampai ke batang dan permukaan tanah sangat rendah. Hal ini terjadi disebabkan oleh pemahaman bahwa pemangkasan menyebabkan banyaknya bunga dan buah yang terbuang bersamaan dengan terbuangnya ranting yang dipangkas, dan akan mengurangi produksi. Padahal dugaan tersebut tidak benar karena menurut Soedarsono (1997) buah yang berkualitas terdapat pada batang utama, dan cabang utama, sedangkan yang tumbuh diranting bobot buahnya akan lebih rendah.

Pemupukan sudah dilakukan petani, walaupun belum sesuai dengan teknik budidaya yang sebenarnya. Jenis pupuk yang digunakan umumnya pupuk fosfat alam yang banyak terdapat di lokasi dan harganya lebih murah. Penggunaan pupuk kandang atau kompos belum dilakukan karena pupuk organik sulit diperoleh. Di daerah ini ternak hewan umumnya tidak dikandangkan.

Di Kabupaten Aceh Timur, lahan yang kosong pada pertanaman kakao umumnya ditanami dengan tanaman pisang. Hal ini dilakukan karena tradisi setempat, bahwa fungsi tanaman pisang

secara tradisi sangat penting sebagai pembungkus makanan, sayur, dan makanan tradisional lainnya, yang harus ada pada acara-acara penting di masyarakat. Selain itu, pisang merupakan bahan baku untuk industri rumah tangga seperti pisang sale dan keripik pisang. Industri pisang sale di Kabupaten Aceh Timur merupakan industri rumah tangga yang sudah banyak berkembang karena banyak rumah tangga dan tenaga kerja yang terlibat pada industri ini, terutama di Kecamatan Lhok Nibung, Pante Bidari dan Simpang Ulim. Industri pisang sale di daerah ini menggunakan bahan baku dari buah pisang oak. Buah pisang tersebut kurang disukai apabila dikonsumsi dalam bentuk segar, dan yang diolah dalam bentuk buah tidak segar atau 10 hari setelah dipanen sehingga tidak berkompetisi dengan kebutuhan lain. Produksi pisang sale di daerah ini mencapai 20 ton per hari, berasal dari banyak pengrajin. Pemasaran produk ini dilakukan di toko-toko makanan yang banyak terdapat di pasar setempat, bahkan pemasarannya sampai ke Kota Medan.

Pada lima tahun terakhir industri rakyat ini mulai berkurang dan telah banyak yang menutup usahanya karena langkanya bahan baku pisang. Kelangkaan ini disebabkan tanaman pisang terserang oleh penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanacearum* (Susanna, 2011). Penyakit ini sangat mudah menyebar melalui air, penggunaan alat yang tidak steril dan hewan ternak. Gejala serangan mulai terlihat satu per satu daunnya layu dan akhirnya tanaman mati. Penyakit ini oleh petani disebut penyakit darah karena apabila batang pisang dipotong akan mengeluarkan cairan yang berwarna merah darah. Luas serangan penyakit sudah mencapai 200 ha, luasan yang telah mempengaruhi penyediaan bahan baku industri pisang sale dan mengancam keberlanjutan industri rumah tangga. Salah satu pencegahan penyakit ini adalah menanam pisang secara polatanam sehingga jarak antar rumpun tanaman pisang lebih jauh. Penyakit ini tidak hanya menyerang tanaman pisang di Aceh Timur, tetapi juga di Sumatera Utara, Sumatera Barat, Sulawesi, dan daerah lainnya.

Budidaya ternak kambing di Kabupaten Aceh Timur belum banyak berkembang sehingga pemanfaatan limbah kebun belum optimal. Pola budidaya kambing yang selama ini dilakukan adalah tidak dikandangkan sehingga kotoran kambing juga belum dapat dimanfaatkan dengan baik. Introduksi teknologi sangat diperlukan karena potensi yang dimiliki masih sangat besar.

POTENSI, PELUANG, DAN TANTANGAN

Potensi

Potensi tanaman kakao di daerah Kabupaten Aceh Timur cukup tinggi karena sebagian besar telah menggunakan varietas/klon unggul, dan pertanaman kakao di daerah ini berada pada wilayah yang sesuai baik iklim maupun jenis tanahnya. Produktivitas tanaman masih berpotensi untuk ditingkatkan melalui rehabilitasi tanaman rusak. Selain itu lahan untuk pengembangan penanaman

kakao di Kabupaten Aceh Timur cukup tersedia, seperti di Kecamatan Peunaron, Simpang Ulim, Pante Bidari, dan lainnya. Baik melalui ekstensifikasi, intensifikasi, dan pengelolaan tanaman terpadu dengan tanaman tahunan lainnya seperti tanaman kelapa, karet, pala, pisang, dan lainnya.

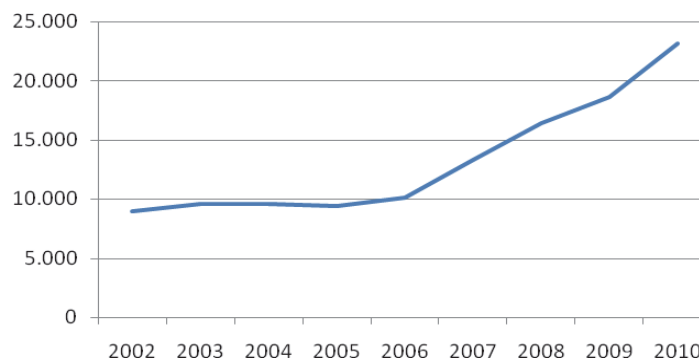
Tanaman pisang juga sangat berpotensi dikembangkan di Kabupaten Aceh Timur karena selain tersedianya lahan, pisang merupakan tanaman tradisional di daerah ini. Hampir semua petani menanam pisang. Jenis pisang yang banyak ditanam di daerah ini adalah pisang kepok, barangan, dan pisang siem (oak). Pisang oak adalah salah satu jenis pisang yang kurang disukai jika dikonsumsi dalam bentuk segar. Pisang ini dikonsumsi setelah diolah menjadi pisang sale, sama dengan pisang kepok yang diolah menjadi pisang goreng atau keripik, sedangkan jenis pisang barangan lebih sering dikonsumsi dalam bentuk segar sebagai pisang meja. Buah pisang ini ukurannya lebih kecil dari pisang ambon, berwarna kuning, dan rasanya manis. Buah pisang ini dipasarkan tidak hanya di pasar lokal, tetapi sampai ke pasar di Medan dan Jakarta. Kebutuhan akan pisang semakin meningkat sehubungan dengan membaiknya pendapatan penduduk kota. Pisang sale produksi Aceh Timur sudah sangat terkenal oleh masyarakat Aceh, sering dijadikan oleh-oleh khas dari daerah ini. Potensi lainnya pada tanaman pisang adalah banyaknya pengrajin pengolahan pisang sale

yang telah berpengalaman lama dalam industri rumah tangga pisang sale.

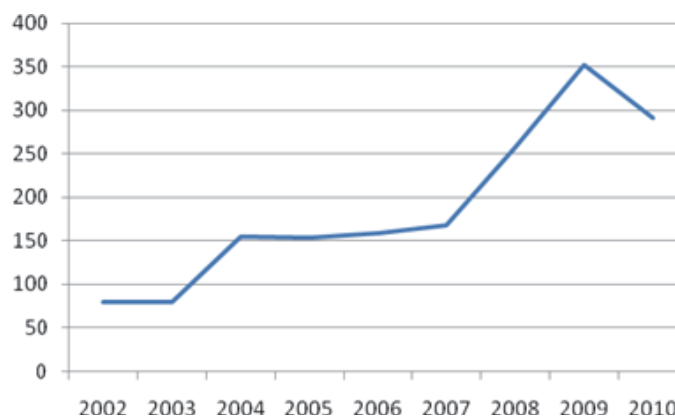
Letak Kabupaten Aceh Timur sangat strategis, berada di pantai Timur Sumatera, berbatasan dengan selat Malaka, dekat dengan Singapura, Malaysia, Thailand, dan India, sebagai negara tujuan ekspor, sebelah selatan berbatasan dengan Provinsi Sumatera Utara, Medan (Sumatera Utara) dengan industri pengolahan kakao mulai berkembang, sebelah Utara dengan Kabupaten Aceh Utara dan sebelah Barat dengan Kabupaten Aceh Tenggara.

Peluang

Harga biji kakao baik di pasar dalam negeri maupun dunia terus mengalami peningkatan, rata-rata 21,30% per tahun untuk harga di pasar domestik dan 33,07% untuk harga dunia. Peningkatan yang cukup tinggi untuk harga biji kakao di dalam negeri terjadi dimulai dari tahun 2006, sedangkan di pasar dunia lonjakan harga yang tinggi terjadi pada tahun 2008. Harga biji kakao di pasar domestik apabila dibandingkan dengan harga biji kakao di pasar dunia masih terdapat kesenjangan yang cukup besar, kecuali pada tahun 2002 dan 2003, harga biji kakao domestik lebih tinggi dibandingkan harga biji kakao di pasar dunia (Ditjenbun, 2012). Pada tahun 2004 sampai 2010 harga biji kakao di pasar domestik hanya mencapai 48-72% dari harga di pasar dunia (Gambar 3 dan 4).



Gambar 3. Perkembangan harga biji kakao di pasar domestik (Rp/kg) (Sumber: Ditjenbun, 2012)
Figure 3. Price of cocoa beans in the domestic market (Rp/kg) (Source: Ditjenbun, 2012)



Gambar 4. Perkembangan harga biji kakao di pasar dunia (US\$/ton) (Sumber: Ditjenbun, 2012)
Figure 4. Price of cocoa in world market (Source: Ditjenbun, 2012)

Secara nasional konsumsi dalam negeri juga mengalami peningkatan, sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk mengutamakan kebutuhan industri cokelat dalam negeri, pada tahun 2000 tingkat konsumsi masyarakat baru mencapai 0,016 kg/kapita/tahun, meningkat menjadi 0,3 kg/kapita/tahun pada tahun 2010. Peningkatan konsumsi dalam rentang waktu sepuluh tahun tersebut hampir dua puluh kali lipat. Namun, tingkat konsumsi tersebut masih jauh lebih rendah dibandingkan Malaysia dan Singapura yang masing-masing mencapai 1 kg/kapita/tahun serta Swiss yang mencapai 15 kg/kapita/tahun. Kondisi tersebut menunjukkan masih terdapat peluang untuk meningkatkan konsumsi dalam negeri lebih tinggi lagi, yaitu mencampur cokelat pada industri makanan tradisional seperti pada dodol, serabi, keripik pisang, pisang sale, dan lain sebagainya.

Adanya kesenjangan harga yang besar antara harga di pasar domestik dengan harga di pasar dunia dan meningkatnya kebutuhan dalam negeri terhadap biji kakao hal ini merupakan peluang yang cukup penting dalam mengembangkan tanaman kakao di Kabupaten Aceh Timur. Selain itu pembangunan industri-industri rumah tangga berbahan baku biji kakao juga akan berkembang sebagai bahan pencampur industri makanan tradisional.

Untuk tanaman pisang, pengembangan tanaman ini peluangnya juga cukup besar karena selain disebabkan oleh makin meningkatnya konsumsi masyarakat akan buah segar, juga teknologi pengolahan pisang semakin maju. Pada tahun 2010 konsumsi buah pisang segar baru mencapai 4,32 kg/kapita/tahun, pada tahun 2013 meningkat menjadi 5,68 kg/kapita/tahun. Demikian juga industri berbahan baku pisang, industri tepung pisang juga mengalami kemajuan yang cukup besar bersamaan dengan meningkatnya industri tepung lainnya seperti tepung singkong, tepung beras, tepung nanas, dan lain sebagainya. Hal ini dapat meningkatkan industri rumah tangga berbahan baku pisang, dengan bermacam-macam bentuk produk. Lahan pengembangan selain dapat menggunakan lahan-lahan yang terlantar juga dapat dipadukan dengan tanaman tahunan lainnya.

Banyaknya manfaat pisang bagi kesehatan juga akan meningkatkan konsumsi pisang di dalam negeri. Buah pisang mengandung (68%) air, (25%) gula, (2%) protein, (1%) lemak dan minyak, (1%) serat selulosa, juga mengandung pati dan asam tanin, vitamin A (300 IU per seratus gram), vitamin B dengan berbagai jenis: B1, B2, B6, dan B12 (100 mg per seratus gram), persentase yang cukup dari vitamin D, dan sedikit vitamin Z. Pisang juga mengandung kalsium (100 mg per seratus gram), fosfor, besi, sodium, kalium (potassium), magnesium, dan seng (Satuhu & Supriadi, 2008).

Peluang pengembangan kambing yang terintegrasi dengan tanaman kakao dan pisang juga masih sangat besar. Kambing sebagai salah satu jenis ternak ruminansia penghasil daging diharapkan dapat mensubstitusi kebutuhan daging yang masih banyak diimpor. Makka (2004) menyebutkan bahwa

ternak kambing memiliki keunggulan dibanding ternak lainnya seperti kemampuan beradaptasi terhadap berbagai macam kondisi lingkungan yang ekstrim serta ketersediaan pakan. Selain itu, kebutuhan modal untuk ternak kambing juga jauh lebih kecil dibandingkan ternak ruminansia besar seperti sapi dan kerbau. Ditinjau dari sisi ketersediaan pakan, peluang pengembangan kakao yang terintegrasi dengan kambing juga masih sangat besar. Priyanto (2008) menyebutkan bahwa perkebunan kakao memiliki daya dukung cukup besar terhadap usaha ternak kambing. Hal tersebut ditunjukkan oleh setiap hektar kebun kakao akan mampu memenuhi pakan 6,05 ekor kambing hanya dari kulit buah kakao. Ketersediaan pakan tersebut belum dihitung dari gulma maupun hasil pangkasan kakao dan pohon penaung yang dapat digunakan sebagai pakan kakao. Dari uraian tersebut dapat diketahui bahwa peluang pengembangan ternak kambing yang terintegrasi dengan kakao masih sangat besar.

Tantangan

Tantangan dalam pengembangan kakao dimasa datang adalah bagaimana usaha untuk meningkatkan produktivitas dan mutu (Kasumadati, Sutardi, & Kartika, 2002). Peningkatan produktivitas dan mutu berhubungan dengan penggunaan varietas atau klon unggul, pengendalian hama penyakit dan penerapan teknologi budidaya, pasca panen dan pengolahan hasil.

Untuk memenuhi kebutuhan benih unggul, telah dilakukan penyediaan benih melalui teknologi perbanyakan bahan tanaman somatik embriogenesis (Pancaningtyas, 2013). Teknologi ini terbukti bahwa penyediaan benih kakao bermutu dapat memenuhi kebutuhan benih dalam jumlah yang banyak seperti pada gerakan nasional kakao (gernas kakao) di hampir seluruh wilayah Indonesia. Perbanyakan konvensional seperti perbanyakan dengan biji atau melalui vegetatif dengan entres yang unggul masih digunakan. Cara ini dapat menyediakan benih untuk kebutuhan di daerah, dan petani dapat memenuhi kebutuhan benih kakao secara mandiri, dengan mutu yang terjamin karena secara genetik sama dengan induknya.

Serangan penyakit VSD, BBK, dan hama PBK belum dapat diatasi dengan baik. Serangan hama dan penyakit ini dapat menurunkan produksi sampai 50%-100% (Iswanto & Winarno, 1999). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan agensia hayati efektif untuk menanggulangi penyakit dan hama tanaman kakao (Sulistiyowati, Juminanto, Mufrihati, & Wahab, 2002), namun aplikasi di lapangan belum menunjukkan hasil optimal.

Tantangan dalam mengembangkan tanaman pisang saat ini adalah serangan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanacearum* dan *Fusarium* sp. yang sangat mematikan. Penyebaran penyakit ini sangat cepat terutama melalui air, dan alat yang digunakan (Soeseno, Mugiastuti, Ahmad, & Witjahsono, 2012). Serangan penyakit ini telah memusnahkan hampir 70% pertanaman pisang di Aceh Timur sehingga tanaman pisang hanya

dijadikan tanaman pekarangan dengan pemeliharaan yang minimal. Tantangan lain yang tidak kalah penting adalah dikonversinya tanaman baik kakao maupun pisang ke tanaman lain yang lebih menguntungkan, seperti kelapa sawit.

Sementara itu, tantangan bagi agribisnis kambing di Indonesia adalah konsumen belum menempatkan sumber protein dari daging kambing sama dengan sumber protein lainnya seperti daging sapi. Preferensi konsumen tersebut masih merupakan tantangan sekaligus bagi setiap pelaku yang terlibat dalam agribisnis kambing.

INOVASI TEKNOLOGI PENINGKATAN PRODUKSI

Tanaman Kakao

Teknologi budidaya tanaman kakao TM (tanaman menghasilkan) sangat berbeda dengan teknologi budidaya tanaman kakao TBM (tanaman belum menghasilkan). Teknologi budidaya tanaman kakao TM lebih diarahkan untuk mempertahankan produksi tinggi dan bentuk habitus tanaman tetap rendah dengan kelembaban yang sesuai dan kehilangan hasil seminimal mungkin. Teknologi budidaya tanaman kakao TM antara lain, pemupukan, pengendalian hama /penyakit, pangkas produksi, panen sering, rehabilitasi tanaman rusak dan tidak produktif.

1. Pemupukan

Setiap panen biji kakao kering sebanyak 1.000 kg/ha/tahun, bersamaan dengan itu unsur hara yang ikut terbawa dari dalam tanah sebanyak 346 kg Nitrogen; 6,3 kg P_2O_5 ; 72,6 kg K_2O ; 6,8 kg Mg; dan 8,6 kg Ca (Pujianto & Prawoto, 2008). Jumlah hara yang terkuras tersebut belum termasuk unsur hara yang terbawa pada waktu pemangkasan dan gugurnya daun. Pada daerah yang mempunyai curah hujan lebih tinggi dan kandungan bahan organik rendah, unsur hara yang diberikan mengalami pencucian ke lapisan bawah tanah sehingga dosis pupuk yang diberikan dan waktu pemberian harus memperhitungkan pencucian unsur hara tersebut.

Pemupukan tanaman kakao ditentukan oleh produksi, kandungan hara tanah, dan kandungan hara dalam daun. Makin tinggi produksi dan makin rendah kandungan hara tanah, dosis pupuk yang diberikan akan lebih tinggi. Demikian juga dengan kandungan hara dalam daun yang lebih tinggi, pada kandungan hara dalam tanah rendah, dosis pupuk yang diberikan juga akan lebih tinggi.

Gejala kekurangan unsur hara pada tanaman kakao terlihat pada daun. Kekurangan unsur N menyebabkan daun berwarna kuning,

tumbuh kerdil, dan ukuran daun kecil. Kekurangan unsur P pada daun terlihat warna daun hijau gelap, persentase buah jadi rendah dan gugurnya buah berumur muda, sedangkan kekurangan unsur K menyebabkan daun berwarna kuning, kuning daun tersebut dimulai dari pinggir daun, umur daun pendek, dan banyaknya daun yang gugur. Tanaman yang kekurangan unsur hara pertumbuhannya terhambat, produktivitas rendah serta mudah diserang hama dan penyakit.

Jenis pupuk yang diberikan untuk tanaman kakao, dapat berupa pupuk tunggal seperti Urea, SP36 dan Kalium, dan berupa pupuk majemuk seperti NPK. Dosis pemberian pupuk pada tanaman kakao TM tergantung dari hasil analisis tanah dan daun, namun secara umum dapat digunakan dosis pupuk seperti terlihat pada Tabel 1.

Saat ini telah tersedia pupuk hayati yang dapat menghemat pemakaian pupuk anorganik, meningkatkan kemampuan tanaman untuk mengadsorpsi unsur hara, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan. Beberapa pupuk hayati tersebut antara lain: mikoriza, bakteri penambat P, K, dan N. Mikoriza adalah jamur yang berasosiasi simbiotik dengan akar tanaman membentuk daerah serapan yang lebih luas dan lebih mampu memasuki ruang pori yang lebih kecil sehingga meningkatkan kemampuan tanaman untuk menyerap unsur hara, lebih toleran terhadap keracunan logam, serangan penyakit khususnya patogen akar dan kekeringan (Priyanto, 2008; Pattimahu, 2004). Pada pemupukan NPK, pemberian mikoriza dapat mengefisienkan pemupukan (Baon & Wibawa, 2000; Gandry, Diem, & Dommergues, 1982). Pemberian mikoriza dapat menghindari penurunan kesehatan tanaman akibat adanya input bahan kimia (Hindersah & Simarta, 2004).

Laporan tentang peranan mikoriza bagi tanaman kopi sudah banyak. Tanaman kopi yang bermikoriza mampu bertahan hidup pada kondisi lahan yang marginal (Goenadi, 1994; Setiadi, 2002). Wibawa & Baon (1990) melaporkan bahwa pertumbuhan bibit kopi yang diinokulasi mikoriza pada medium dengan sumber P yang sulit larut lebih baik dibandingkan yang tidak diinokulasi. Selain itu, inokulum mampu meningkatkan persentase tanaman hidup setelah pemindahan di lapangan (Sieverding & Toro, 1986). Teknologi pengembangbiakan mikoriza juga semakin berkembang, bahan pembawa inokulum tidak harus menggunakan zeolit yang tidak tersedia di semua lokasi, tetapi juga dapat menggunakan bahan organik seperti abu sekam dan kompos enceng gondok (Nurbaiti, Herdiyanto, & Mulyani, 2009), kompos enceng gondok dan kiambang (Ferry, Towaha, & Sasmita, 2013),

Tabel 1. Dosis pemupukan kakao tanaman menghasilkan (TM)
Table 1. Fertilizer doses for young cacao plants

Jenis pupuk	Dosis per pohon/tahun (g)	Dosis per ha/tahun (kg)
SP 32	280	310
Urea	180	200
KCl	170	190

Sumber/*source*: Susanto (2012)

Pemupukan dilakukan 2 kali setahun dengan dosis seperti dilihat pada Tabel 1. Pupuk diberikan pada awal dan akhir musim hujan dengan cara membuat parit melingkar pada jarak selebar tajuk dari pohon tanaman kakao. Pupuk ditabur dalam parit tersebut dan kemudian ditutup dengan tanah. Penaburan pupuk dilakukan sekaligus untuk ketiga jenis pupuk, setelah dicampur secara merata sesuai dengan dosis yang digunakan. Jenis pupuk yang diberikan dapat berupa pupuk majemuk atau pupuk tunggal yang dicampur merata. Apabila menggunakan pupuk tunggal pencampuran harus merata dan segera ditaburkan ke dalam parit pupuk pada piringan. Oleh sebab itu, perhitungan pencampuran harus tepat agar tidak ada pupuk yang rusak dan terbuang.

Tanaman kakao dapat berbuah terus menerus apabila unsur hara yang diperlukan cukup tersedia. Tanaman yang baik terlihat dari komposisi buah yang terdapat pada pohon, yaitu pada tanaman tersebut terdapat hampir semua fase umur buah.

2. Pengendalian hama dan penyakit

Kehilangan produksi akibat serangan hama dan penyakit pada tanaman kakao cukup besar. Akibat serangan hama PBK, penyakit BBK, dan VSD, masing-masing mencapai 30%, 30%, dan 10%. Serangan hama dan penyakit utama berbeda-beda disetiap daerah, penyakit BBK di Sulawesi bukan merupakan penyakit penting, sedangkan hama PBK dan penyakit VSD menjadi hama dan penyakit yang sangat merugikan petani kakao. Berbeda dengan yang terjadi di Sumatera, penyakit BBK dapat menyebabkan kehilangan hasil sampai 100%.

Beberapa penyebab serangan penyakit tersebut antara lain, lemahnya kondisi tanaman akibat tidak dipupuk, pemangkasan yang tidak teratur sehingga kelembaban tinggi, sanitasi yang kurang, dan panen yang tidak teratur. Berdasarkan penyebab tersebut di atas maka pengendalian hama dan penyakit pada tanaman kakao dapat dilakukan secara terpadu meliputi: teknologi budidaya, mekanis, serta penggunaan bahan kimia, dan biopestisida.

Hasil penelitian Sastrosiswojo (1999) menyatakan bahwa pemupukan yang berimbang dapat mengurangi serangan penyakit busuk buah kakao disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides*. Pemupukan ekstra dengan meningkatkan dosis pupuk K dapat meningkatkan ketahanan tanaman kakao terhadap serangan penyakit kanker batang oleh *Phytophthora* sp. Sementara itu, panen yang lebih sering merupakan usaha memperpendek kesempatan hama penyakit

untuk menyebar dan berkembang. Sanitasi juga merupakan cara untuk menekan populasi dan memutus siklus hidup serangga hama dan penyakit. Selain itu, pemangkasan cabang sekunder dan ranting merupakan cara efektif untuk menanggulangi penyakit VSD. Penggunaan varietas unggul yang tahan terhadap hama dan penyakit dengan produktivitas yang tinggi juga merupakan salah satu cara penting (Santoso, Prawoto, & Sudarsianto, 2013).

Tanaman sela baik ditanam di antara tanaman kakao maupun dipinggir lahan dapat berpengaruh terhadap serangan hama dan penyakit. Tanaman sela yang mempunyai jenis hama dan penyakit yang sama tidak disarankan untuk ditanam. Jenis tanaman sela yang dapat ditanam adalah yang berfungsi sebagai perangkap atau mengusir serangga hama. Tanaman serai wangi sebagai tanaman sela di antara tanaman kakao dapat mengurangi serangan hama penggerek buah kakao dan penggerek cabang tanaman kakao.

Pengendalian hama dan penyakit secara biologis dapat dilakukan dengan pemanfaatan musuh alami. Predator yang paling berperan menekan populasi hama penggerek buah kakao adalah semut yang memangsa hama pada stadium pupa sampai 41%. Selain itu, penggunaan *Trichoderma* sp. juga efektif menekan serangan penyakit BBK yang disebabkan oleh *Phytophthora* sp. Pengendalian hama dan penyakit secara kimia dapat dilakukan dengan penggunaan insektisida dan feromon seks.

3. Rehabilitasi tanaman rusak/tidak produktif

Jumlah tanaman kakao petani yang rusak mencapai 45% sehingga tanaman yang masih cukup baik hanya tersisa 600 batang/ha. Tanaman yang rusak dengan kondisi batang utamanya masih segar dapat dilakukan rehabilitasi melalui sambung samping. Rehabilitasi akan menghasilkan tanaman yang lebih muda, cepat berbuah, dan klonnya dapat disesuaikan dengan keinginan. Kegiatan rehabilitasi dapat dibagi 2 tahap, yaitu penyiapan tanaman sumber entres dan tahap melakukan sambung samping untuk semua tanaman yang akan direhabilitasi.

Sumber entres yang digunakan berasal dari tanaman dengan klon yang jelas, terdapat beberapa klon kakao unggul yang kompatibel dengan tanaman kakao rakyat. Kompatibilitas menjadi penting karena tanaman kakao rakyat berasal dari biji hasil *open pollination* beberapa klon unggul yang terdapat pada kebun induk yang ditanam secara poliklonal sehingga pertanaman kakao rakyat akan beragam. Tjahyana *et al.* (2013) melaporkan bahwa klon yang

sesuai untuk digunakan sebagai entres pada sambung samping kakao rakyat adalah klon TSH 908, TSH 858, dan Sca 12. Setek entres sebagai batang atas berasal dari tanaman yang telah disiapkan, klonnya jelas, produktivitas dan mutu hasilnya tinggi. Dapat juga berasal dari klon yang didatangkan dari luar yang sesuai dikembangkan di daerah tersebut. Akhir dari sambung samping ini terbentuknya tanaman kakao yang lebih muda dengan produksi lebih tinggi karena berasal dari klon unggul.

4. Pemangkasan

Tanaman kakao cenderung memproduksi cabang, ranting, dan wiwil yang lebih banyak, pemangkasan yang tidak rutin menyebabkan habitus tanaman kakao menjadi tidak seimbang, tanaman menjadi tinggi, dan daun menjadi rimbun yang menyebabkan lahan menjadi lebih lembab. Selain itu pertumbuhan tanaman kakao lebih mengarah kepada pertumbuhan vegetatif, produksi menjadi rendah, dapat memicu terjadinya serangan penyakit busuk buah dan VSD sehingga produksi semakin menurun. Pemangkasan bertujuan mengembalikan bentuk habitus tanaman kembali seimbang, dan tidak terlalu tinggi. Pemangkasan dilakukan dengan memotong ranting yang terlalu rimbun, saling tumpang tindih, sangat menaungi, sakit, kering, menggantung, cabang balik dan tunas ortotrop, kemudian dilanjutkan dengan cabang sekunder dan cabang utama.

5. Sanitasi

Pembersihan kebun adalah kegiatan membebaskan kebun dari gulma dan tanaman pengganggu. Pembersihan kebun dilakukan dengan penyiangan dan pembongkaran tanaman pengganggu. Penyiangan dilakukan secara manual tidak menggunakan herbisida karena serasah gulma ini akan digunakan untuk pakan hijauan ternak, sedangkan untuk tanaman pengganggu harus dibongkar dengan cangkul. Pembersihan areal diutamakan pada piringan, yaitu areal keliling batang tanaman kakao selebar tajuk dari pangkal batang. Pembersihan pada piringan juga dilakukan sewaktu melakukan pembuatan lubang pupuk.

6. Pembuatan rorak dan drainase

Rorak dibuat untuk menempatkan sisa-sisa bahan organik seperti serasah, bekas pangkasan dan buah-buah busuk, rorak dapat dibuat berukuran 2 x 1 x 0,4 m atau lebih. Rorak berfungsi juga sebagai tempat pengomposan dan penyimpanan air. Rorak yang sudah penuh ditutup dengan tanah agar pengomposan berlangsung baik, selanjutnya dibuat rorak yang baru. Setelah pengomposan sempurna di dalam rorak, kompos yang dihasilkan dibongkar dan digunakan untuk memupuk tanaman kakao. Rorak yang sudah kosong diisi kembali dengan serasah bahan organik.

Sebagai penyimpan air, rorak dapat menampung air yang tergenang di lahan penanaman kakao, melalui aliran drainase yang dibuat. Air ini akan tersimpan dan dimanfaatkan oleh tanaman

secara berlahan-lahan pada musim kemarau, dengan demikian tanaman kakao tidak mengalami kekeringan. Pada tanaman kakao di bawah tegakan kelapa pembuatan rorak dapat memutus akar kelapa yang tumbuh tumpang tindih dengan perakaran kakao sehingga pembuatan rorak dapat mengurangi persaingan kedua tanaman tersebut dalam memanfaatkan air dan unsur hara.

7. Penggunaan biofertilizer

Penggunaan pupuk hayati seperti jamur mikoriza, bakteri pengurai P, dan bakteri penambat N dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik pada pemupukan tanaman kakao. Pemberian pupuk hayati dengan dosis 100 g/tanaman/tahun, dengan populasi spora 150 spora/100 g bahan pembawa efektif mempengaruhi pertumbuhan tanaman kakao.

Pengelolaan Tanaman Pisang di Antara Kakao

Teknologi budidaya tanaman pisang di antara tanaman kakao pada kondisi berjangkitnya serangan bakteri dan fusarium dimulai dari kegiatan eradikasi, pembersihan lahan, pembuatan lubang tanam, penanaman, pemupukan dan pemeliharaan.

1. Eradikasi

Eradikasi yaitu pemusnahan tanaman pisang yang terserang. Pemusnahan dilakukan dengan membongkar rumpun tanaman pisang, dicincang dan kemudian membenamkannya ke dalam tanah. Eradikasi dilakukan agar tidak tersisa spora-spora dari jamur penyakit yang dapat berkembang kembali. Tanah bekas penanaman pisang yang terserang penyakit dibereskan untuk beberapa waktu agar sumber penyakit tersebut benar-benar habis. Eradikasi dilakukan pada seluruh tanaman pisang termasuk tanaman pisang yang dipanen.

2. Penggunaan spesies pisang tanpa jantung

Tanaman pisang tanpa jantung adalah jenis pisang oak (siam) yang kelopak jantungnya terbuka secara serentak sehingga tidak jantung pisang yang tergantung di ujung tandan. Pisang jenis ini tidak mudah terserang oleh penyakit layu pisang yang penyebarannya melalui serangga dengan menyerang jantung pisang.

3. Pembangunan kebun induk pisang sehat

Pembangunan kebun induk pisang menjadi penting tidak hanya menyediakan kebutuhan benih untuk pengembangan tetapi juga menjamin mutu dan jenisnya. Pemeliharaan kebun induk pisang sehat dilakukan lebih intensif dibandingkan pohon induk yang terdapat di lapangan, dan letaknya juga harus terisolasi dengan pertanaman pisang lainnya.

Teknologi Pemeliharaan Ternak Kambing

Pemeliharaan ternak meliputi pembuatan kandang, pakan, dan kesehatan ternak.

1. Pembuatan kandang

Letak kandang kambing tidak jauh dari areal

pertanaman kakao dan pisang, dan mudah dijangkau. Kandang berbentuk panggung dengan tinggi 0,75 m dari permukaan tanah, ukuran kandang lebar 2 m dan panjang 6 m, sesuai untuk kapasitas kambing 10 ekor. Pada kandang tersedia tempat pakan ternak yang mempermudah pemberian pakan dan ternak memakannya, sedangkan lantai dari reng kayu yang disusun lebih jarang agar kotoran ternak dapat jatuh ke bawah kandang. Agar kandang lebih sehat, letak kandang memanjang arah Utara-Selatan.

2. Pakan ternak

Sebagai sumber pakan ternak digunakan bahan hijauan dan bahan yang dapat diolah menjadi konsentrat. Tersedia beberapa jenis pakan hijauan daun yang dapat dijadikan pakan ternak antara lain: pangkasan daun kakao, pangkasan *gliricidia*, daun pisang, kulit pisang, dan rumput hijauan, sedangkan yang dapat dijadikan konsentrat antara lain tepung dari kulit buah kakao dan dedak.

a. Daun Pangkasan Tanaman Kakao

Pada populasi 600 tanaman/ha akan dihasilkan daun kakao yang dapat digunakan sebagai pakan ternak kambing 4,08 ton/tahun, jumlah ini dapat memenuhi kebutuhan pakan ternak 17 ekor/tahun. Pakan ternak ini diduga mengandung keloid yang kurang baik untuk ternak kambing, oleh sebab itu agar dapat dikonsumsi perlu perlayuan terlebih dahulu sebelum dimakan ternak.

b. Daun Tanaman *Gliricidia*

Daun pemangkasan tanaman pelindung *gliricidia* juga merupakan pakan ternak yang cukup baik, kebutuhan pakan seekor kambing dapat dipenuhi oleh 180 batang *gliricidia* /tahun sehingga untuk 10 ekor kambing dapat dipenuhi oleh 1800 batang *gliricidia* /tahun atau lebih kurang 2 ha pertanaman kakao. Untuk mendapatkan persediaan pakan ternak dari tanaman *gliricidia*, tanaman ini perlu dipelihara dengan teratur, yaitu dilakukan pemangkasan yang baik, selain daunnya untuk ternak juga sebagai pemeliharaan tanaman. Daun *gliricidia* sebelum diberikan kepada ternak, terlebih

dahulu dilayukan agar tannin dan keloid yang dikandungnya berkurang dan tidak menimbulkan efek negatif kepada ternak.

c. Kulit Pisang

Pengolahan pisang baik dijadikan keripik maupun pisang sale akan mendapat hasil samping kulit pisang segar. Bersamaan dengan mengolah setiap ton keripik dan pisang sale juga dihasilkan kulit pisang sebanyak 1,3 ton kulit pisang. Jumlah kulit pisang ini dapat memenuhi kebutuhan pakan tambahan ternak sebanyak 8 ekor.

d. Daun Pisang

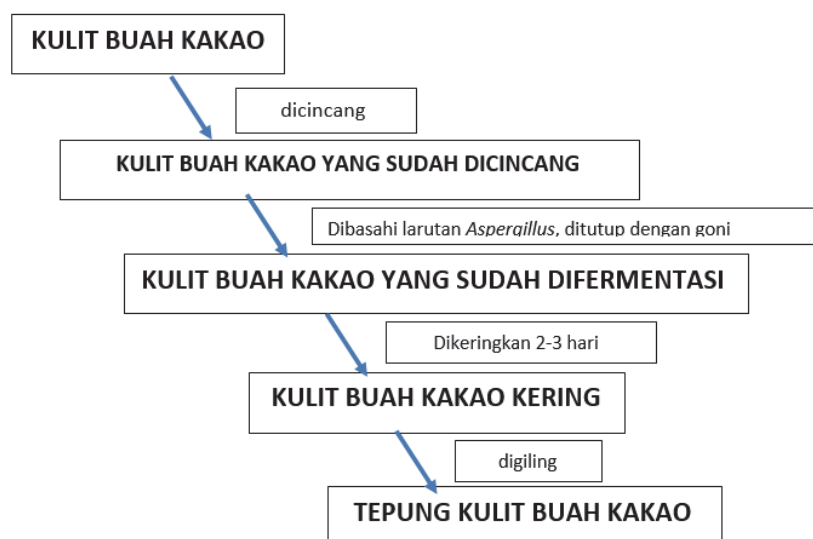
Daun pisang salah satu hijauan yang dapat dijadikan pakan ternak kambing, setiap batang pisang dapat menghasilkan sehelai daun pisang setiap bulan. Jika setiap rumpun pisang terdiri dari 3-4 batang dan tiap hektar terdapat 120 rumpun maka setiap hektar pertanaman pisang dan kakao diperoleh 5.760 helai daun pisang, ini merupakan jumlah yang cukup untuk menambah pakan hijauan ternak kambing.

e. Serasah Gulma

Di areal pertanaman kakao terdapat banyak tanaman liar yang dapat digunakan untuk pakan hijauan ternak kambing, seperti rumput hijau, rumput alang-alang, kacang-kacangan dan sebagainya. Untuk mempertahankan keberadaan hijauan liar ini, pengendalian gulma di areal tanaman kakao dilakukan secara manual, tidak dilakukan dengan menggunakan herbisida.

f. Kulit Buah Kakao

Potensi kulit buah kakao menjadi pakan ternak sangat besar. Setiap 1 ton biji kering kakao yang dihasilkan, bersamaan dengan itu juga dihasilkan 2,2 ton kulit buah kakao. Kulit buah kakao menjadi pakan ternak memerlukan fermentasi terlebih dahulu, fermentasi bertujuan untuk: (a) meningkatkan kandungan protein, (b) menurunkan kandungan serat kasar, dan (c) menurunkan kandungan tannin. Bagan proses pengolahan kulit buah kakao menjadi pakan ternak sebagai berikut:



Gambar 5. Skema proses pengolahan kulit buah kakao (Sumber: Goenadi & Pronowo, 2007; Guntoro, 2008)
Figure 5. The scheme of cocoa pod husk processing (Source: Goenadi & Pronowo, 2007; Guntoro, 2008)

3. Kesehatan ternak

Ternak kambing sangat rawan terhadap serangan penyakit, oleh sebab itu pencegahan dilakukan terus-menerus secara berkala. Setiap sebulan dilakukan suntikan pencegahan (imunisasi), vitamin, dan sebagainya. Kandang harus bersih, kotoran ternak yang dihasilkan langsung dimasukkan dalam bak pengompos.

ARAH DAN STRATEGI PENGEMBANGAN

Teknologi budidaya kakao, pisang, dan kambing terpadu perlu diarahkan pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Pemanfaatan lahan di antara tanaman kakao yang mati dan menjadikan tanaman pisang sebagai tanaman pelindung permanen.
2. Meningkatkan pemeliharaan kakao dan mengurangi serangan penyakit pisang melalui penanaman di antara kakao.
3. Pengembangan produk berbahan baku buah pisang dan kakao dengan teknologi perbaikan.
4. Pemanfaatan pangkasan kakao, kulit kakao, pangkasan tanaman pelindung, kulit pisang dan biomassa lainnya untuk pakan ternak.
5. Pemanfaatan limbah tanaman kakao, tanaman pelindung, tanaman pisang, dan kotoran ternak untuk pupuk organik.

Sementara itu, strategi yang diperlukan dalam mempercepat implementasi inovasi teknologi budidaya kakao dan pisang terpadu meliputi:

1. Pembentukan kawasan-kawasan budidaya kakao dan pisang terpadu dalam satu kesatuan budidaya seluas 20 ha.
2. Pembentukan gabungan kelompok tani berdasarkan kawasan-kawasan tersebut.
3. Diseminasi, sosialisasi, dan pelatihan petani untuk menyatukan pemikiran dan rencana kegiatan.
4. Membentuk unit pengolahan hasil dan sampai kepada produk yang lebih hilir serta pemasaran.

PENUTUP

Budidaya tanaman kakao dan pisang terpadu dapat memberikan beberapa keuntungan, antara lain: (1) meningkatkan produktivitas tanaman kakao dan mengembangkan tanaman pisang yang bebas dari serangan penyakit; (2) kembali menyediakan bahan baku untuk meningkatkan industri rumah tangga yang mulai mengalami kekurangan pasokan; (3) meningkatkan pemanfaatan lahan, pangkasan tanaman kakao dan pisang untuk ternak, dan memproduksi pupuk organik secara mandiri; (4) lebih menjamin pendapatan petani, apabila salah satu dari tanaman dan ternak yang diusahakan mengalami penurunan harga atau produksi; dan (5) berwawasan lingkungan karena menggunakan bahan organik.

Budidaya tanaman pisang dan kakao terpadu dapat dilakukan melalui: (1) sosialisasi dari inovasi budidaya kakao dan pisang terpadu kepada petani dan pemerintah daerah setempat; (2)

membentuk kawasan-kawasan budidaya tanaman kakao dan pisang terpadu di daerah sentra tanaman kakao dan sentra tanaman pisang seperti di Aceh, Lampung dan Sulawesi; (3) memperkuat kelembagaan petani untuk mengembangkan agroindustri berbahan baku kakao dan pisang.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik. (2014). *Angka tetap sensus pertanian 2013: Rata-rata pendapatan per rumah tangga pertanian menurut sumber pendapatan utama dan sumber pendapatan/penerimaan selama setahun yang lalu (000 Rp)*. Retrieved from <http://st2013.bps.go.id/dev2/index.php/site/tabel?search-tabel=Rata-rata+Pendapatan+Per+Rumah+Tangga+Pertanian+Menurut+Sumber+Pendapatan+Utama+dan+Sumber+Pendapatan%2FPenerimaan+Selama+Setahun+yang+Lalu+%28000+Rp%29&tid=73&search-wilayah=Indonesia&wid=0000000000&lang=id>.
- Baon, J.B., & Wibawa. (2000). Pertumbuhan tanaman kopi muda yang diinokulasi jamur mikoriza arbuskular dan produksi awalnya. *Pelita Perkebunan*, 16, 132-141.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2012). Statistik perkebunan Indonesia 2002-2010: Kakao (p. 52). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Febryano, I. G. (2010). Agroforestri kakao di lahan hutan negara dan lahan milik. *Jurnal Perenial*, 4(1), 41-47.
- Febryano, I.G., Suharijito, D., & Soedomo, S. (2009). Pengambilan keputusan pemilihan jenis tanaman sela dan polatanam di lahan negara dan lahan milik: Studi kasus di Desa Sungai Langka, Kecamatan Gedong Tatan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Forum Pascasarjana*, 3(2), 129-143.
- Ferry, Y., Towaha, J., & Sasmita, R.R.K. (2013). Pemanfaatan kompos tanaman air sebagai pembawa inokulum mikoriza pada budidaya lada perdu di lahan bekas tambang timah. *Jurnal Littri*, 19(1), 15-22.
- Gandry, F., Diem, H.G., & Dommergues, Y.R. (1982). Effect of inoculation with *Glomus mosseae* on nitrogen fixation by field grown soybeans. *Plant and Soil*, 68, 321-329.
- Goenadi, D.H. (1994). Peluang aplikasi mikroba dalam menunjang pengelolaan tanah perkebunan. *Bul. Biotek Perkebunan*, 1(1), 17-22.
- Goenadi, D. H., & Pranowo, A. A. (2007). *Kulit buah kakao sebagai pakan ternak. Paper presented at Seminar dan Ekspose Sistem Integrasi Tanaman Pangan dan Ternak*. Bogor, 22-23 Mei 2007.

- Guntoro, S. (2008). *Membuat pakan ternak dari limbah perkebunan* (p. 76). Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- Hindersah, R., & Simarta, T. (2004). Potensi rizobakteri azotobacter dalam meningkatkan kesehatan tanah. *J. Natur Indonesia*, 5(2), 127-133.
- Iswanto, A., & Yunianto, D. (1987). Pengaruh ukuran bakal biji dan serbuk sari terhadap bentuk dan berat biji kakao. *Pelita Perkebunan*, 3, 185-188.
- Iswanto, A., & Winarno. (1999). Cacao breeding at RIEC Jember and the role of planting material resistant to VSD and black pod. In P. J. Keane & C. A. J. Putter (Eds). *Cacao Pest and Disease Management in Southeast Asia and Australia* (pp. 163-169). *FAI Plant Production and Protection Paper No. 112*.
- Kasumadati, W., Sutardi, & Kartika, B. (2002). Kajian penggunaan sebagai metode pengeringan dan jenis mutu biji kakao lindak terhadap sifat-sifat kimia bubuk kakao. *Gama Sains IV*, 2, 102-111.
- Makka, D. (2004). Tantangan dan peluang pengembangan agribisnis kambing ditinjau dari aspek pewilayahan sentra produksi ternak. *Prosiding Lokakarya Nasional Kambing Potong: Kebutuhan Inovasi Teknologi Mendukung Agribisnis Kambing yang Berdaya Saing*. Bogor, 6 Agustus 2004. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.
- Nadeak, N., Qurniati, R., & Hidayat, W. (2013). Analisis finansial polatanam agroforestry di Desa Pesawaran Indah, Kecamatan Padang Cermin, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*, 1(1), 65-74.
- Nancy, C., & Supriadi, M. (2005). Karakterisasi sosial ekonomi peremajaan dan pengembangan karet rakyat partisipatif di Kabupaten Ogan Komering Ulu, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Karet*, 23(2), 87-113.
- Nurbaity, R., Herdiyanto, D., & Mulyani, O. (2009). Pemanfaatan bahan organik pembawa inokulum fungi mikoriza arbuskula. *Jurnal Biologi*, XIII(1), 7-11.
- Obiri, B.D., Bright, G.A., Mcdonald, M.A., Angglaere, L.C.N., & Cobbrina, J. (2007). Financial analysis of shaded cocoa in Ghana. *Agroforestry System*. 71, 139-149.
- Pancaningtyas, S. (2013). Evaluasi kuantitas dan hiperhidrisitas embrio somatik kakao pada kultur padat, kultur cair, dan subkultur beruntun. *Pelita Perkebunan*, 29(1), 10-19.
- Pattimahu, D. V. (2004). *Restorasi lahan kritis pasca tambang sesuai kaidah ekologi* (p. 18). Makalah Mata Kuliah Falsafah Sains. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.
- Priyanto, D. (2008). Model usahatani integrasi kakao kambing dalam upaya peningkatan pendapatan petani. *Wartazoa*, 18(1), 46-56.
- Pujianto, & Prawoto, A. (2004). Konservasi hara di perkebunan kakao. *Prosiding Simposium Kakao* (pp. 131-147). Jogjakarta, 4-5 Oktober 2004.
- Sastrosiswojo, S. (1999). Program pengendalian hama terpadu pada tanaman kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 15(3), 264-273.
- Setiadi, Y. (2002). Peranan mikoriza arbuskula dalam rehabilitasi lahan kritis di Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza*. Bandung, 23 April 2001. Asosiasi Mikoriza Cabang Jawa Barat.
- Siregar, T. H. S., Riyadi, S., & Nuraeni. (1994). *Budidaya, pengolahan, dan pemasaran coklat* (p. 170). Seri Pertanian – Lxxxv/278/88. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Soedarsono. (1997). Pengaruh jumlah cabang dan cabang primer terhadap pertumbuhan dan produksi kakao. *Pelita Perkebunan*, 13(1), 8-16.
- Soeseno, L., Mugiastuti, E., Ahmad, F., & Witjahsono. (2012). Diagnosis lima penyakit utama karena jamur pada 100 kultivar pisang. *J. HPT*, 12(1), 36-45.
- Sulistiyowati, E., Juminanto, Y. Dj., Mufrihati, E., & Wahab A. (2002). Keefektifan jamur *Paecilomyces fumosoroseus* untuk mengendalikan penggerek buah kakao (*Conopomorpha crameana*). *Pelita Perkebunan*, 18(3), 120-128.
- Susanna. (2011). Pemanfaatan bakteri antagonis sebagai agen biokontrol penyakit layu (*Fusarium oxysporum* sp.) pada tanaman pisang. *Posren In Jurnal*, 2 (2).
- Susanto. 2012. *Budidaya Tanaman Kakao (Theobroma cacao L.)*. Gresik: Himpunan Mahasiswa Agroteknologi, Universitas Muhammadiyah.
- Tjahyana, B. E. (2013). *Penelitian sambung samping beberapa klon kakao dan pemupukan pada kakao rakyat*. Laporan Tengah Tahun 2013 (p. 11) Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Wibawa, A., & Baon, J.B. (1990). Pengaruh mikoriza ber-VA dan sumber fosfat terhadap pertumbuhan kopi. *Prosiding Simposium Kopi* (pp. 216-218). Surabaya, 20-21 November 1990.

DIVERSIFIKASI PRODUK KAKAO SEBAGAI BAHAN BAKU BIOFARMAKA

DIVERSIFICATION OF COCOA PRODUCT AS RAW MATERIALS OF BIOPHARMACA

Juniaty Towaha

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

juniaty_tmunir@yahoo.com

ABSTRAK

Secara umum struktur anatomis buah kakao terdiri dari empat bagian, yaitu kulit buah (pod) sebanyak 73,7%, pulpa 10,1%, plasenta 2,0%, dan biji 14,2%. Komponen kimia yang terdapat dalam buah kakao di antaranya adalah lemak kakao, polifenol, theobromin, kafein, pektin, dan kompleks lignin karbohidrat. Lemak kakao umumnya digunakan dalam kosmetika sebagai emolien. Polifenol kakao mempunyai aktivitas antioksidan, antimikroba, immunomodulator, efek kemopreventif untuk pencegahan penyakit jantung koroner dan kanker. Theobromin memiliki efek diuretik, stimulan otot jantung dan relaksasi otot halus dan vasodilator. Kafein dapat dimanfaatkan dalam pengobatan jantung, stimulan pernafasan dan juga sebagai peluruh air seni. Pektin dapat dimanfaatkan untuk mencegah hiperlipidemia dan kanker usus, di samping merupakan salah satu bahan baku yang cukup luas dimanfaatkan dalam bidang farmasi sebagai bahan pensuspensi, adsorben, bahan pembentuk gel dalam sediaan tablet, emulsi, dan suspensi. Lignin karbohidrat kompleks mempunyai aktivitas anti HIV (*human immunodeficiency virus*) dan anti HSV (*herpes simplex virus*). Oleh karena itu, berdasarkan kemampuan aktivitas dari komponen kimia dalam buah kakao tersebut maka dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku sediaan biofarmaka.

Kata kunci: Kakao, diversifikasi produk, biofarmaka

ABSTRACT

In general, anatomical structure of cacao pod consists of four parts including cocoa pod husk (pod) 73.7%, pulp 10.1%, placenta 2.0%, and cocoa beans 14.2%. Chemical components that contained in cocoa pod is cocoa butter, polyphenols, theobromine, pectin and lignin-carbohydrate complex. Cocoa butter are commonly used in cosmetics as an emollient. Cocoa polyphenols has antioxidant activity, antimicrobial, immunomodulator and chemopreventive effect for the prevention of coronary heart disease and cancer. Meanwhile, theobromine has a diuretic effect, cardiac muscle stimulant and smooth muscle relaxant and vasodilator. Caffeine can be used for cardiac treatment, respiratory stimulant and as diuretic. Pectin can be used to prevent hiperlipidemia and colon cancer, as well as one of the raw materials that widely utilized in pharmaceutical field as suspending agents, adsorbents, gel-forming materials in the tablet, emulsions and suspensions. Lignin-carbohydrate complexes has anti-HIV (human immunodeficiency virus) and anti-HSV (herpes simplex virus) activity. Therefore, based on the ability of chemical components activity in cocoa pod, make it possible as raw material for biopharmaca.

Keywords: Cocoa, product diversification, biopharmaca

PENDAHULUAN

Sistem pertanian bioindustri merupakan sistem pertanian yang pada prinsipnya mengelola dan/atau memanfaatkan secara optimal seluruh sumberdaya hayati termasuk biomasa dan/atau limbah organik pertanian, bagi kesejahteraan masyarakat dalam suatu ekosistem secara harmonis (Menteri Pertanian, 2013). Lebih lanjut Simatupang (2014) mengemukakan bahwa pertanian bioindustri berkelanjutan merupakan suatu sistem yang menggabungkan kegiatan pertanian/perkebunan, peternakan, perikanan, kehutanan, dan ilmu lain yang terkait dengan pertanian, yang diharapkan menjadi salah satu solusi bagi peningkatan produktivitas lahan, program pembangunan, dan konservasi lingkungan. Pada sistem ini tidak hanya memanfaatkan lahan untuk sekedar berproduksi tetapi juga menciptakan model alternatif yang dapat memanfaatkan dan mengoptimalkan semua

sumberdaya yang ada sehingga pertanian bioindustri akan menghasilkan produk F4P yaitu *food, feed, fuel, fertilizer*, dan *pharmaca*.

Indonesia merupakan negara produsen kakao ke-3 terbesar di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana, dengan produksi sebesar 13% dari produksi kakao dunia. Adapun produksi Pantai Gading dan Ghana masing-masing adalah 39% dan 19% (International Cocoa Organization [ICCO], 2012). Pada tahun 2012 Indonesia mempunyai luas total perkebunan kakao sebesar 1.774.463 ha dengan produksi biji kakao mencapai 833.310 ton, yang sebagian besar areal pertanamannya (94,2%) merupakan perkebunan rakyat dengan jumlah petani yang terlibat secara langsung sekitar 1.475.353 KK (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2012; Ditjenbun, 2013).

Sehubungan dengan sistem pertanian bioindustri yang menghasilkan produk *pharmaca* maka terdapat sejumlah senyawa fungsional yang

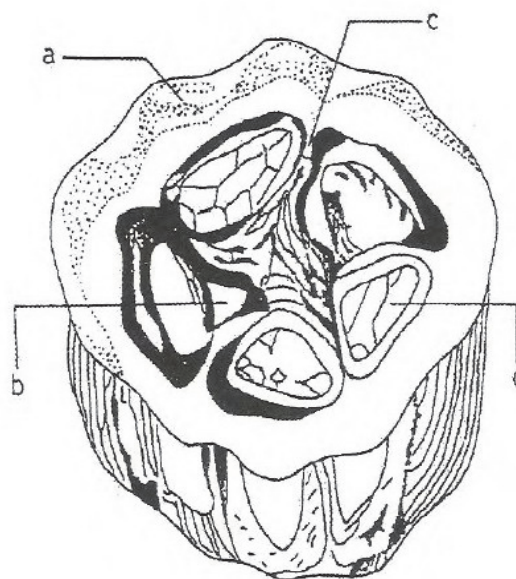
terkandung dalam berbagai bagian buah kakao yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biofarmaka, yaitu lemak kakao, polifenol, theobromin, dan kafein (Wahyudi, Panggabean, & Pujiyanto, 2008; Ristanti & Ramlah, 2010; Swisscontact, 2012). Senyawa fungsional yang terkandung dalam kulit biji kakao adalah polifenol, theobromin, kafein, dan kompleks lignin-karbohidrat (Senanayake & Wijesekera, 1974; Bruna, Eicholz, Rohn, Kroh, & Huyskens-Keil, 2009; Nsor-Atindana, Zhong, Mothibe, Bangoura, & Camel, 2012; Sakagami & Matsuta, 2013). Sementara itu, senyawa fungsional yang terkandung dalam kulit buah kakao adalah polifenol, theobromin, kafein dan pektin (Matsumoto *et al.*, 2004; Srivastava & Malviya, 2011; Papohunda & Afolayan, 2012). Selanjutnya senyawa fungsional yang terkandung dalam pulpa kakao adalah pektin (Sriamomsak, 2013; Niture & Refai, 2013).

Berbagai senyawa fungsional tersebut baru sebagian saja yang telah dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam berbagai industri farmasi, kosmetika, dan minuman kesehatan yang saat ini banyak beredar di pasaran. Oleh karena itu, mengingat selama ini berbagai produk kakao lebih banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri makanan dan minuman maka dalam era pertanian bioindustri, sudah saatnya berbagai senyawa fungsional yang terkandung dalam buah kakao, terutama dalam limbah produksi kakao seperti kulit buah kakao, pulpa, dan kulit biji kakao yang selama ini tidak dimanfaatkan dapat digunakan sebagai produk diversifikasi bahan baku biofarmaka. Selain dapat meningkatkan nilai tambah produk, upaya tersebut juga dapat dilihat sebagai pengurangan limbah usaha pertanian kakao menuju konsep *zero waste*.

POTENSI LIMBAH PENGOLAHAN KAKAO

Secara umum jika dilihat dari struktur anatomisnya buah kakao terdiri dari empat bagian: (a) kulit buah (pod) 73,7%; (b) pulpa 10,1%; (c) plasenta 2,0%; dan (d) biji 14,2% (Young, 2007; Chandrasekaran, 2012; Watson, Preedy, & Zibadi, 2012), seperti yang terlihat pada Gambar 1.

Selain menghasilkan biji, dalam proses pengolahan biji kakao dihasilkan juga produk ikutan berupa limbah, yaitu kulit buah kakao, cairan pulpa, dan kulit biji kakao. Pada proses pengolahan buah kakao akan dihasilkan limbah kulit buah kakao yang sangat melimpah, mengingat bahwa kulit buah merupakan komponen terbesar dari buah, yaitu mencapai porsi 73,7%. Limbah kulit buah kakao yang dihasilkan pada setiap panen akan menimbulkan masalah jika tidak ditangani dengan baik, seperti polusi udara dan potensi akan menjadi sumber hama dan penyakit tanaman berupa jamur, bakteri, dan virus yang dapat menyerang batang, daun, serta buah kakao (Ditjenbun, 2010; Muyassir & Alvisyahrin, 2012).



Gambar 1. Komposisi buah kakao: (a) kulit, (b) pulpa, (c) plasenta, dan (d) biji (Sumber: Young, 2007)

Figure 1. Composition of cacao pod: (a) husk, (b) pulp, (c) placenta, (d) bean (Source: Young, 2007)

Cairan lendir pulpa yang dihasilkan dari pengolahan biji kakao juga cukup melimpah. Dari proses fermentasi 1 ton biji kakao akan menghasilkan $\pm$ 100 liter lendir pulpa yang baunya tidak sedap (Figueira, Janick, & BeMiller, 1993). Menurut Prayascitra, Syafila, & Handayani (2007) cairan limbah pulpa kakao tersebut dapat mencapai 10-15% dari berat biji kakao segar. Cairan pulpa encer ini apabila dibiarkan tanpa pengolahan lebih lanjut dapat menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan tanah dan perairan yang dijadikan tempat pembuangan limbahnya. Selain kulit buah dan pulpa, limbah lainnya adalah kulit biji. Terdapat sekitar 10-12% kulit biji kakao dari keseluruhan berat kering biji kakao yang diolah (Awarikabey, Amponsah, & Woode, 2014).

Besaran nilai limbah pengolahan kakao yang sangat besar tersebut belum dimanfaatkan secara optimal. Walaupun beberapa teknologi telah dikembangkan untuk mengolah limbah tersebut menjadi pakan ternak, kompos, dan produk lain (Alemawor, Victoria, Dzogbegfial, Oddoye & Oldham, 2009; Belsack, Komes, Herzic, Ganic & Karlovic, 2009; Marcel, Andre, Theodore, & Seraphin, 2014), namun masih diperlukan teknologi lainnya agar diperoleh manfaat yang optimal. Teknologi pemanfaatan berbagai senyawa fungsional yang terkandung di dalamnya sebagai bahan baku biofarmaka sangat memungkinkan untuk lebih meningkatkan nilai ekonomis buah kakao secara keseluruhan, mengingat selama ini nilai ekonomis buah kakao hanya terpakai pada biji kakao saja.

SENYAWA-SENYAWA PENTING YANG TERKANDUNG DALAM KAKAO SEBAGAI BAHAN BAKU BIOFARMAKA

Lemak

Lemak merupakan komponen biji kakao yang paling berharga. Lemak kakao atau *cocoa butter* merupakan lemak nabati alami yang mempunyai sifat unik, yaitu tetap cair pada suhu di bawah titik bekunya. Lemak kakao adalah lemak yang diperoleh dari biji kakao (nib) yang difermentasi atau tidak difermentasi dengan cara mekanis menggunakan alat kempa (press) hidrolik atau dengan cara kimiawi menggunakan pelarut organik (Wahyudi *et al.*, 2008).

Lemak kakao mempunyai warna putih kekuningan dan berbau khas cokelat, serta mempunyai tingkat kekerasan yang berbeda pada suhu kamar, tergantung asal dan tempat tumbuh tanamannya. Lemak kakao dari Indonesia, khususnya Sulawesi, memiliki tingkat kekerasan lebih tinggi bila dibandingkan lemak kakao dari negara Ghana dan Pantai Gading. Sifat ini sangat disukai oleh pabrik makanan cokelat karena produk menjadi tidak mudah meleleh saat didistribusikan ke konsumen serta sangat cocok bila dipakai untuk *blending* (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2005).

Lemak kakao merupakan lemak nabati alami yang mempunyai sifat unik, yaitu tetap cair pada suhu di bawah titik bekunya. Lemak ini mempunyai sifat rapuh (*brittle*) pada suhu 25 °C dan tidak larut dalam air, sedikit larut dalam alkohol dingin, angka penyabunan 188-198, dan angka iod 35-40. Lemak kakao larut sempurna dalam alkohol murni panas dan sangat mudah larut dalam kloroform, benzene, dan

petroleum eter (Sri-Mulato, Widyotomo, Misnawi, & Suharyanto, 2005; Beckett, 2008).



Gambar 2. Lemak kakao (Sumber: Beckett, 2008)

Figure 2. Cocoa butter (Source: Beckett, 2008)

Lemak kakao mempunyai sifat penting, yaitu volumenya berkurang pada saat pemadatan yang memungkinkan pencetakan blok-blok produk cokelat menjadi lebih mudah. Berkurangnya volume tergantung pada proses *tempering* saat pengolahan produk cokelat. Pemadatan lemak kakao untuk mencapai volume yang diinginkan dan mendapatkan kristal padat lembut yang stabil tanpa perubahan warna, tergantung pada produksi bentuk polimorfik lemak yang mantap selama pendinginan dan pencetakan. Bentuk polimorfik yang menghasilkan kristal lemak kakao paling stabil adalah bentuk β , mempunyai titik leleh sekitar 34-35 °C (Haryadi & Supriyanto, 2012; Ribeiro *et al.*, 2012).

Menurut Lipp & Anklam (1998) lemak kakao terdiri atas sejumlah trigliserida dari asam-asam lemak yang didominasi oleh asam lemak stearat, palmitat, dan arachidat (Tabel 1). Adapun komposisi trigliserida penyusun lemak kakao tertera pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi asam lemak dalam lemak kakao dari beberapa negara

Table 1. Composition of fatty acid in cocoa butter derived from several countries

Jenis asam lemak	Kandungan (%)					
	Indonesia	Malaysia	Pantai Gading	Ghana	Brazil	Ekuador
Asam lemak jenuh:						
Asam palmitat (16:0)	24,1	24,9	25,8	25,3	25,1	25,6
Asam stearat (18:0)	37,3	37,4	36,9	37,6	33,3	36,0
Asam arachidat (20:0)	34,3	33,5	32,9	32,7	36,5	34,6
Asam behenat (22:0)	2,7	2,6	2,8	2,8	3,5	2,6
Asam lemak tak jenuh:						
Asam oleat (18:1)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
Asam linoleat (18:2)	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0
Asam linolenat (18:3)	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1

Sumber/Source: Lipp & Anklam (1998)

Tabel 2. Komposisi trigliserida penyusun lemak kakao

Table 2. Composition of triglyceride as a constituent of cocoa butter

Jenis trigliserida	Kandungan (%)
Oleodipalmitin (POP)	3,7
Oleopalmitostearin (POS)	57,0
Oleodistearin (SOS)	22,2
Stearodiolein (SOO)	5,8
Palmitodiolein (POO)	7,4
Triolein (OOO)	1,1
Trigliserida jenuh	2,6

Sumber/Source: Lipp & Anklam (1998)

Kandungan Lemak pada Biji Kakao

Kandungan lemak pada biji kakao merupakan salah satu tolak ukur yang menentukan dalam menentukan harga jual biji kakao di pasaran. Kandungan lemak pada biji kakao Indonesia berkisar 49-52% tergantung kepada varietas/kultivarnya (Sri-Mulato *et al.*, 2005; Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [Puslitkoka], 2009; Langkong, Ishak, Bilang, & Muhidong, 2014). Menurut Wahyudi *et al.* (2008) dan Haryadi & Supriyanto (2012) kandungan lemak pada kelompok Forastero lebih tinggi daripada Criollo.

Lemak kakao diperoleh dari biji kakao (nib) dengan cara mekanis menggunakan alat kempa hidrolik atau dengan cara ekstraksi kimiawi menggunakan pelarut organik. Metode ekstraksi lemak dengan pelarut memiliki kelemahan, yaitu larutnya sebagian komponen yang tidak diinginkan dari lemak kakao, seperti fosfolipida. Selain itu diperlukan proses pemisahan kembali antara lemak dan pelarut. Pemisahan ini kadang kala tidak bisa murni dan dapat mengurangi aroma cokelat yang khas. Selain itu, proses pemurnian lemak ini juga membutuhkan biaya yang tinggi. Oleh karena itu, teknik pengepresan mekanis tetap menjadi pilihan. Penggunaan teknik pengepresan dipandang juga jauh lebih praktis dan murah terutama untuk pemakaian oleh industri kecil dan menengah (Sri-Mulato *et al.*, 2005; Setiawan, 2007; Haryadi & Supriyanto, 2012).

Pada metode ekstraksi lemak kakao cara mekanis menggunakan alat kempa hidrolik, lemak kakao dikeluarkan dari nib dengan cara dipress/kempa. Nib kakao yang masih panas dimasukkan ke dalam alat tersebut dengan dinding

silinder diberi lubang-lubang sebagai penyaring. Cairan lemak akan keluar melewati lubang-lubang tersebut, sedang bungkil biji akan tertahan di dalam silinder. Rendemen lemak yang diperoleh dari pengempaan antara lain dipengaruhi oleh suhu, kadar air, ukura partikel, kadar protein biji, tekanan kempa, dan waktu pengempaan (Sri-Mulato *et al.*, 2005; Puslitkoka, 2009). Menurut Puslitkoka (2009) lemak kakao akan relatif mudah dikempa pada suhu 40-45 °C, kadar air <4%, dan ukuran partikel <75 µm. Adapun rendemen yang biasa diperoleh dengan alat kempa hidrolik ini adalah $\pm$ 40% (Setiawan, 2007; Sri-Mulato, Widyotomo, & Purwadaria, 2008).

Lemak Kakao sebagai Bahan Baku Produk Kosmetika

Selain sebagai bahan baku makanan cokelat, lemak kakao dapat dimanfaatkan sebagai bahan obat-obatan, kosmetika, dan sabun (Wahyudi *et al.* 2008; Rosniati, 2013; Suprapti, 2013). Di samping itu, lemak kakao dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan krim wajah, sabun mandi padat maupun cair, *skin lotion* (krim pelembab kulit), pelembab bibir pada lipstick (Wahyudi *et al.*, 2008; Swisscontact, 2012; Suprapti, 2013). Dalam industri kosmetik, lemak kakao berfungsi sebagai: (1) sumber vitamin E yang mempunyai banyak manfaat untuk kulit, (2) pelembut dan melembabkan kulit, (3) penangkal radikal bebas karena mengandung tocopherol dan polifenol sebagai antioksidan, (4) penunda terjadinya keriput, pelindung kulit dari polusi dan menjadikan kulit bercahaya serta awet muda, dan (5) pencegah dan mengurangi terjadinya *stretch mark* bagi ibu hamil (Beckett, 2008; Swisscontact, 2012).

Tabel 3. Kandungan kimia pada biji kakao segar

Table 3. Chemical composition in fresh cocoa beans

Komponen kimia	Kandungan (%)
Air	32-39
Lemak	30-32
Protein	8-10
Polifenol	12-18
Pati	4-6
Pentosan	4-6
Selulosa	2-3
Sukrosa	2-3
Theobromin	1,2-3,9
Kafein	0,5-0,9
Asam organik	1

Sumber/ Source: Smit (2014), Afoakwa, Quao, Takrama, Budu, & Saalia (2012); Fenglin *et al.* (2013)

Tabel 4. Jenis polifenol yang terkandung pada biji kakao

Table 4. Polyphenol types in cocoa beans

Gugus polifenol			
Proanthocyanidin	Flavan-3 ol	Anthocyanidin	Flavonol glycoside
1. Procyanidin B1	1. (-)-Epicatechin	1. Cyanidin-3- α -L-arabinosid	1. Quercetin-3-O- α -D-arabinosid
2. Procyanidin B2	2. (+)-Catethin	2. Cyanidin-3- β -D-galaktosid	2. Quercetin-3-O- β -D-glucopuranosid
3. Procyanidin B3	3. (+)-Gallocatechin		
4. Procyanidin B4	4. (-)-Epigallocatechin		
5. Procyanidin B5			
6. Procyanidin C1			
7. Procyanidin D			

Sumber/ Source: Wollgast & Anklam (2000); Jalil & Ismail (2008); Jonfia-Essien, West, Alderson & Tucker (2008)

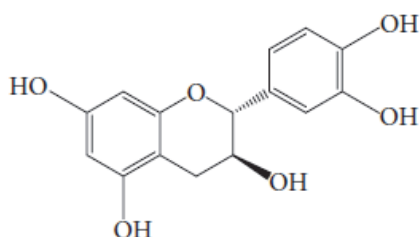
Penggunaan lemak kakao dalam formulasi kosmetika *skin lotion*, berkaitan dengan sifat lemaknya yang dapat melindungi kulit dari efek ultraviolet dan mudah terdispersi ke dalam kulit (Loppies & Ramlah, 2010). Menurut Ristanti & Ramlah (2010) sediaan lotion memiliki beberapa sifat, yaitu: (1) sumber pelembab bagi kulit, (2) memberi lapisan minyak yang hampir sama dengan sabun, (3) membuat tangan dan kulit badan menjadi lembut tanpa terasa berminyak, dan (4) mudah dioleskan.

Polifenol

Kandungan Polifenol pada Biji dan Kulit Buah

Komponen kimia utama yang terkandung pada biji kakao segar yang belum diolah dapat dilihat pada Tabel 3, kandungan senyawa polifenol sekitar 12-18% (Cooper *et al.*, 2007; Meng, Jalil & Ismail, 2009; Afoakwa *et al.* 2012; Ackar *et al.*, 2013), yang terdiri dari gugus polifenol utama, yaitu flavan-3-ol/flavanol, anthocyanidin, dan proanthocyanidin (Engler & Engler, 2004; Andreas-Lacueva *et al.*, 2008; Hii, Law, Suzannah, Misnawi, & Cloke, 2009; Chin, Miller, Payne, Hurst, & Stuart, 2013). Adapun jenis polifenol selengkapnya yang terkandung pada biji kakao tertera pada Tabel 4. Pada Gambar 3 memperlihatkan struktur molekul (+)-catechin yang merupakan gugus polifenol flavan-3-ol, dan pada Gambar 4 merupakan Struktur molekul anthocyanidin.

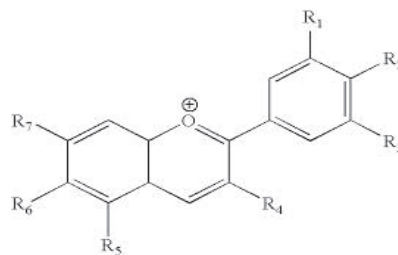
Kowalska & Sidorcuk (2007) serta Meng *et al.* (2009) menyatakan kandungan senyawa polifenol pada biji kakao akan bervariasi tergantung kepada tingkat kematangan buah, varietas/kultivar, dan lingkungan tempat tumbuh. Kandungan senyawa polifenol pada kultivar Forastero dan Trinitario lebih tinggi bila dibandingkan kultivar Criollo (Wollgast, 2004; Hii *et al.*, 2009; Saltini, Akkerman, & Frosch, 2013). Mengingat bahwa selama proses fermentasi terjadi pengurangan senyawa polifenol sebanyak $\pm$ 53% (Misnawi, 2003; Aikpokpodion & Dongo, 2010), maka kandungan polifenol pada biji kakao yang telah difermentasi berkisar 5,6-8,5%.



Gambar 3. Struktur molekul (+)-catechin (Sumber: Ackar *et al.*, 2013)

Figure 3. Molecular structure of (+)-catechin (Source: Ackar *et al.*, 2013)

Selain pada biji kakao, kandungan senyawa polifenol juga ditemukan pada kulit buah kakao. Matsumoto *et al.* (2004) dalam penelitiannya mendapatkan kandungan total polifenol pada kulit buah kakao adalah 12,6% yang terdiri dari polifenol polimer epikatekin.



Gambar 4. Struktur molekul Anthocyanidin (Sumber: Wollgast & Anklam, 2000)

Figure 4. Molecular structure of Anthocyanidin (Source: Wollgast & Anklam, 2000)

Senyawa polifenol dapat diekstraksi dari kulit buah kakao, biji kakao maupun kulit biji kakao dengan menggunakan larutan campuran aseton-air (7:3) (Sartini, Djide, & Duma 2012) atau dengan larutan etanol 96% (Mulyatni, Budiani, & Taniwiryo, 2012).

Polifenol Sebagai Antioksidan dan Berbagai Produk Kesehatan

Senyawa polifenol merupakan senyawa kimia yang mempunyai sifat antioksidan, sifat ini sangat penting dalam peranannya untuk menyehatkan tubuh manusia (Jalil & Ismail, 2008; Nestle Research Centers, 2010; Crozier *et al.*, 2011). Hasil penelitian Miller *et al.* (2006), Gu, House, Wu, Ou, & Prior (2006), Redovnikovic *et al.* (2009), dan Chin *et al.* (2013) mendapatkan kapasitas antioksidan pada biji kakao maupun berbagai produk cokelat mempunyai korelasi positif dengan jumlah total polifenol maupun gugus fenol flavan-3 ol dan proanthocyanidin yang dikandungnya.

Hasil beberapa penelitian mendapatkan biji kakao yang diolah menjadi produk olahan kakao seperti cokelat maupun minuman cokelat merupakan sumber antioksidan dalam bentuk senyawa katekin, epikatekin, procianidin, dan bentuk senyawa polifenol lainnya (Kelishadi, 2005; Fraga, 2005; Vinson *et al.*, 2006). Vicioli, Borsami, & Galli, (2000) menyatakan senyawa antioksidan mempunyai kemampuan untuk mengurangi sejumlah gugus radikal bebas dalam tubuh manusia dan menyediakan pertahanan terhadap serangan spesies oksigen yang reaktif (*reactive oxygen species/ROS*). Radikal bebas merupakan molekul tidak stabil sebagai hasil dari proses metabolisme tubuh dan faktor eksternal seperti asap rokok, hasil penyinaran ultra violet, zat kimiawi dalam makanan dan polutan lain. Sebenarnya antioksidan ada secara alami di dalam tubuh, namun jumlahnya sedikit dan terus menurun seiring bertambahnya usia, oleh karena itu tubuh perlu tambahan antioksidan dari asupan makanan.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa dengan mengkonsumsi antioksidan dapat mengurangi peluang munculnya penyakit degeneratif dan memperlambat penuaan. Antioksidan tersebut akan merangsang respon imun tubuh sehingga mampu menghancurkan radikal bebas, mempertahankan kelenturan pembuluh darah, dan mempertahankan besarnya jaringan otak. Dengan

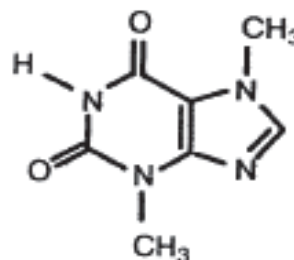
mengonsumsi zat antioksidan tersebut berarti melindungi sel-sel maupun jaringan tubuh dari serangan radikal bebas (Vinson *et al.*, 2006; Latif, 2013).

Hii *et al.* (2009), Belscak *et al.* (2009) dan Shini, Rao, Sumathi & Gunalan (2010) menyatakan biji kakao mempunyai kandungan polifenol berikut aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan teh hijau, anggur merah maupun blueberry. Kandungan senyawa polifenol yang tinggi maka produk kakao maupun produk turunannya berupa coklat sangat berkontribusi untuk menyehatkan tubuh karena mempunyai peran sebagai antioksidan, anti kanker, anti diabetes, anti hipertensi, anti inflamasi, menghilangkan stres, mencegah karies gigi, memperbaiki kemampuan kognitif, meningkatkan resistensi terhadap hemolisis, menyehatkan jantung, dan sebagai aprodisiak (Kelishadi, 2005; Afoakwa, 2008; Nestle Research Centers, 2010; Watson *et al.*, 2012; Ackar *et al.*, 2013; Latif, 2013; Ranneh, Ali & Esa, 2013; Scholey & Owen, 2013).

Theobromin

Senyawa theobromin (C₇H₈N₄O₂) atau 3,7-dimethylxanthine (Gambar 5) merupakan senyawa derivat metilxantin berupa zat kristal putih yang pahit (Andrei, 2011). Theobromine adalah senyawa alkaloid bersifat stimulan ringan yang dapat menstimulasi sel saraf kita sehingga menimbulkan perasaan bersemangat dan segar. Selain sebagai stimulan, theobromin juga dipercaya memiliki *mood elevating effects*, senyawa ini dapat mendorong tubuh mengeluarkan senyawa lain yang dapat menimbulkan perasaan nyaman dan secara ringan mengurangi stress sehingga banyak orang yang

mengonsumsi coklat untuk mendapatkan efek ini (Andrei, 2011).



Gambar 5. Struktur molekul senyawa theobromin (Sumber: Andrei, 2011)

Figure 5. Molecular structure of Theobromine (Source: Andrei, 2011)

Kandungan Theobromin pada Kulit Buah, Biji, dan Kulit Biji

Kulit buah kakao mengandung senyawa theobromin sebanyak 0,17-0,22% (Adamafio, Ayombil, & Tano-Debrah, 2011; Papohunda & Afolayan, 2012). Adapun kandungan theobromin pada biji kakao adalah 1,2-3,9% (Smit, 2011). Selanjutnya Adeyina *et al.* (2010) menyatakan pada kulit biji kakao terkandung theobromin sebanyak 0,60-1,50%. Senanayake & Wijesekera (1971) melaporkan bahwa kelompok Forastero mempunyai kandungan theobromin yang lebih tinggi daripada Criollo (Tabel 5). Senyawa theobromin dapat diekstraksi dari kulit buah kakao, biji kakao maupun kulit biji kakao dengan menggunakan larutan campuran aseton air (7 : 3) (Sartini *et al.*, 2012) atau larutan etanol 96% (Mulyatni *et al.*, 2012).

Tabel 5. Kandungan theobromin pada biji dan kulit biji kakao

Table 5. Theobromine contents in cocoa bean and husk

Umur buah (bulan)	Kandungan theobromin (%)			
	Forastero		Criollo	
	Biji (nib)	Kulit biji	Biji (nib)	Kulit biji
4,5	1,64	0,20	1,87	0,37
5	2,67	0,44	2,03	0,40
5,5	2,71	0,72	2,23	0,56

Sumber/Source: Senanayake & Wijesekera (1971)

Tabel 6. Kandungan kafein pada biji dan kulit biji kakao

Table 6. Caffeine contents in cocoa bean and husk

Umur buah (bulan)	Kandungan kafein (%)			
	Forastero		Criollo	
	Biji (nib)	Kulit biji	Biji (nib)	Kulit biji
4,5	0,15	0,30	0,32	0,30
5	0,27	0,23	0,33	0,23
5,5	0,84	0,56	0,55	0,47

Sumber/Source: Senanayake & Wijesekera (1971)

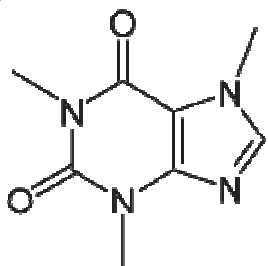
Theobromin sebagai bahan baku berbagai produk farmasi

Senyawa theobromin mempunyai aktivitas yang sama dengan senyawa kafein, tetapi lebih lemah daripada kafein. Walaupun demikian, senyawa theobromin mempunyai kelebihan dibanding kafein, yaitu senyawa ini tidak mempengaruhi sistem syaraf pusat. Senyawa theobromin mempunyai sifat diuretik, stimulan otot jantung dan relaksasi otot halus atau otot-otot bronkus dan vasodilatator sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku sediaan obat batuk. Theobromin beraksi dengan cara memblokir aktifitas saraf sensorik yang akan menghentikan batuk (Mitchell *et al.*, 2012).

Theobromin juga dapat menghambat akumulasi trigliserida sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku anti selulit atau anti obesitas dalam bentuk tunggal atau dicampur dengan senyawa polifenol (Sartini *et al.*, 2012). Selanjutnya Syafira, Permatasari, & Wardani (2012), Amaechi, Porteous, Ramalingam & Mensinkai (2013) dan Amaechi, Mathews & Mensinkai (2014) melaporkan bahwa senyawa theobromin mempunyai kemampuan untuk meningkatkan kekerasan permukaan email gigi sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku produk farmasi pencegahan karies gigi.

Kafein

Kafein ($C_8H_{10}N_4O_2$) dengan nama sistematik 1,3,7 trimetil 2,6 dioksimapurin (Gambar 6) merupakan salah satu senyawa alkaloid penting yang terkandung dalam biji kakao. Senyawa kafein merupakan senyawa kimia hasil metilasi xanthin dengan bentuk dasar heterosiklis yang memiliki sifat farmakologi sehingga kafein dikenal juga dengan nama 1,3,7 trimetil xanthin. Kafein dalam kondisi zat murni merupakan serbuk berwarna putih berbentuk kristal prisma heksagonal, dan merupakan senyawa yang tidak berbau serta berasa pahit (Bealer, 2010; Hussin, 2010).



Gambar 6. Struktur molekul senyawa kafein
(Sumber: Bealer, 2010)

Figure 6. *Molecular structure of caffeine compounds* (Source: Bealer, 2010)

Kandungan Kafein pada Kulit Buah, Biji, dan Kulit Biji

Kulit buah kakao mengandung senyawa kafein sebesar 0,182% (Adamafio *et al.*, 2014; Papohunda & Afolayan, 2012). Adapun pada biji kakao (nib) dan kulit biji kakao mengandung senyawa kafein masing-masing 0,55-0,84% dan 0,47-0,56%, varietas Forastero mempunyai kandungan kafein lebih tinggi daripada Criollo (Senanayake & Wijesekera, 1971), seperti yang tertera pada Tabel 6.

Senyawa kafein dapat diekstraksi dari kulit buah kakao, biji kakao maupun kulit biji kakao dengan menggunakan larutan asam asetat 69% pada temperatur 100 °C (Widyotomo, 2012) atau dapat menggunakan pelarut etil asetat 10% pada temperatur 60 °C (Hussin, 2010).

Kafein sebagai Bahan Baku Berbagai Produk Farmasi

Kebanyakan produksi kafein bertujuan memenuhi kebutuhan industri minuman suplemen, mengingat bahwa kafein dipercaya dapat mempengaruhi kinerja dan keadaan mental dengan mengurangi efek kantuk (Jennifer, 2008). Akan tetapi mengingat bahwa kafein tersebut mempunyai daya kerja sebagai stimulan sistem syaraf pusat, dan otot jantung, serta meningkatkan aliran darah melalui arteri koroner, relaksasi otot polos bronki, dan aktif sebagai diuretika maka dalam bidang farmasi, kafein biasanya digunakan untuk pengobatan jantung, stimulant pernapasan dan peluruh kencing (Bealer, 2010).

Kafein meningkatkan kinerja dan hasil kerja otot, merangsang pusat pernapasan, meningkatkan kecepatan, dan kedalaman napas. Daya kerja sebagai diuretika dari kafein, didapat dengan beberapa cara seperti meningkatkan aliran darah dalam ginjal dan kecepatan filtrasi glomerulus. Namun, mekanisme tersebut merupakan akibat pengurangan reabsorpsi tubuler normal (& Lorst, 2011).

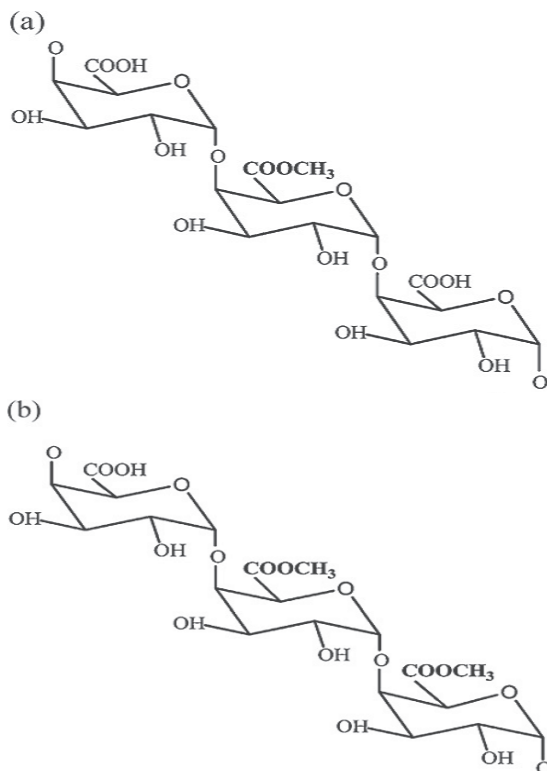
Pektin

Niture & Refai (2013) serta Sriamomsak (2013) menyatakan senyawa pektin merupakan golongan polimer heterosakarida yang diperoleh dari dinding sel tumbuhan darat dengan penyusun utama senyawa polimer asam D-galakturonat yang terikat dengan α -1,4-glikosidik (Gambar 7). Asam galakturonat memiliki gugus karboksil yang dapat saling berikatan dengan ion Mg^{2+} atau Ca^{2+} sehingga berkas-berkas polimer berlekatan satu sama lain sehingga menyebabkan rasa lengket. Tanpa kehadiran kedua ion ini, pektin larut dalam air. Garam-garam Mg-pektin atau Ca-pektin dapat membentuk gel, karena ikatan itu berstruktur amorf (tak berbentuk pasti) yang dapat mengembang bila molekul air terjebak di antara ruang-ruang (Sriamomsak, 2013).

Menurut Sriamomsak (2013) berdasarkan kadar metoksilnya dibedakan 2 jenis pektin yaitu pektin yang mempunyai kadar metoksil tinggi (7-9%) dan pektin yang mempunyai kadar metoksil rendah (3-6%). Kadar metoksil pektin memiliki peranan penting dalam menentukan sifat fungsional larutan pektin, dapat mempengaruhi struktur, dan tekstur dari gel pektin.

Dalam SNI-02-2101-1979 (Badan Standarisasi Nasional, 1979) disebutkan bahwa pektin merupakan zat berbentuk serbuk kasar hingga halus yang berwarna putih kekuningan, tidak berbau, dan memiliki rasa seperti lendir. Sriamomsak (2013) menyebutkan pektin kering yang telah dimurnikan berupa kristal berwarna putih dengan kelarutan yang berbeda-beda sesuai dengan

kandungan metoksilnya. Pektin yang mempunyai kadar metoksil tinggi larut dalam air dingin, sedangkan pektin bermetoksil rendah larut dalam alkali dan asam oksalat. Kelarutan pektin dalam air ditentukan oleh jumlah gugus metoksil, distribusinya, dan bobot molekulnya. Secara umum, kelarutan akan meningkat dengan menurunnya bobot molekul dan meningkatnya gugus metil ester. Namun pH, suhu, jenis pektin, garam, dan zat organik seperti gula juga mempengaruhi kelarutan pektin.



Gambar 7. Struktur molekul senyawa pektin: (a) pektin dengan kadar metoksil rendah dan (b) pektin dengan kadar metoksil tinggi (Sumber: Sriamomsak, 2013)

Figure 7. Molecular structure of pectine compounds: (a) pectine with low level of methoxyl and (b) pectine with high level of methoxyl (Source: Sriamomsak, 2013)

Sifat penting pektin adalah kemampuannya membentuk gel. Pektin metoksil tinggi membentuk gel dengan gula dan asam, yaitu konsentrasi gula 58-75% dan pH 2,8-3,5. Pembentukan gel terjadi melalui ikatan hidrogen di antara gugus karboksil bebas dan di antara gugus hidroksil. Pektin bermetoksil rendah tidak mampu membentuk gel dengan asam dan gula tetapi membentuk gel dengan keterlibatan ion-ion kalsium (Farobie, 2006). Mekanismenya adalah hubungan yang terjadi antara molekul pektin yang berdekatan dengan kation divalen membentuk struktur tiga dimensi melalui pembentukan garam dengan gugus karboksil pektin.

Kandungan Pektin pada Pulpa dan Kulit Buah

Menurut Anvoh, Zoro-Bi & Gnakri (2009) dan Oddoye, Agyente-Baddu, & Akoto (2013) lendir

pulpa kakao mengandung senyawa pektin dengan kisaran 5,0-6,9%. Adapun kandungan pektin pada kulit buah kakao adalah 7,5-12,6% (Vriesmann, Ambonib, & Oliveira, 2011; Vriesmann, Teofilo, & Petkowicz, 2012; Chan & Choo, 2013). Melalui proses ekstraksi dengan larutan amonium oksalat (1:10) dengan pH 4,6 pada suhu 85 °C serta pengendapan dengan isopropil alkohol, pulpa, dan kulit buah kakao dapat menghasilkan bubuk pektin yang berwarna putih (Ramli & Asmawati, 2011). Isopropil alkohol dipilih karena beberapa penelitian menyatakan larutan pengendap pektin tersebut yang paling efektif dan efisien. Untuk mengendapkan pektin, larutan isopropil alkohol juga tidak memerlukan bantuan senyawa lain sehingga pektin yang terendapkan merupakan endapan pektin murni yang harganya jauh lebih tinggi jika dibandingkan pektin yang terikat sebagai garam, misalnya Pektin-Al dan Pektin-Ca (International Pectin Producers Association, 2010). Watson *et al.* (2012) mengemukakan senyawa pektin dari pulpa dan kulit buah kakao mempunyai mutu setara dengan pektin dari jeruk maupun apel yang beredar di pasaran.

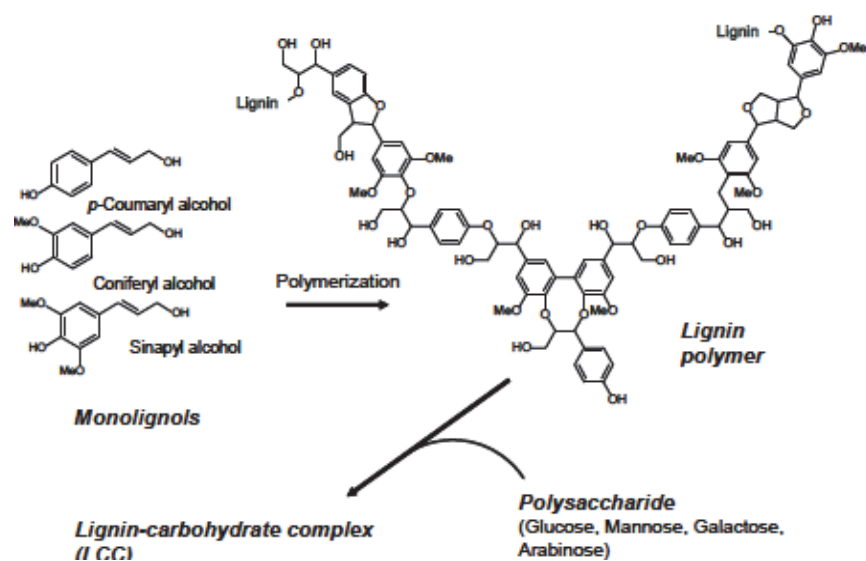
Pektin Sebagai Bahan Baku Berbagai Produk Farmasi

Selama ini senyawa pektin banyak dimanfaatkan pada industri pangan sebagai bahan perekat dan *stabilizer* (agar tidak terbentuk endapan) untuk jus buah dan minuman dari susu atau pengental (*gelling agent*) pada selai dan jeli (Yapo & Koffi, 2013). Begitupun sebagai pengisi komponen permen dan sumber serat dalam makanan (Adomako, 2006; Josbi, Parmar & Rana, 2014).

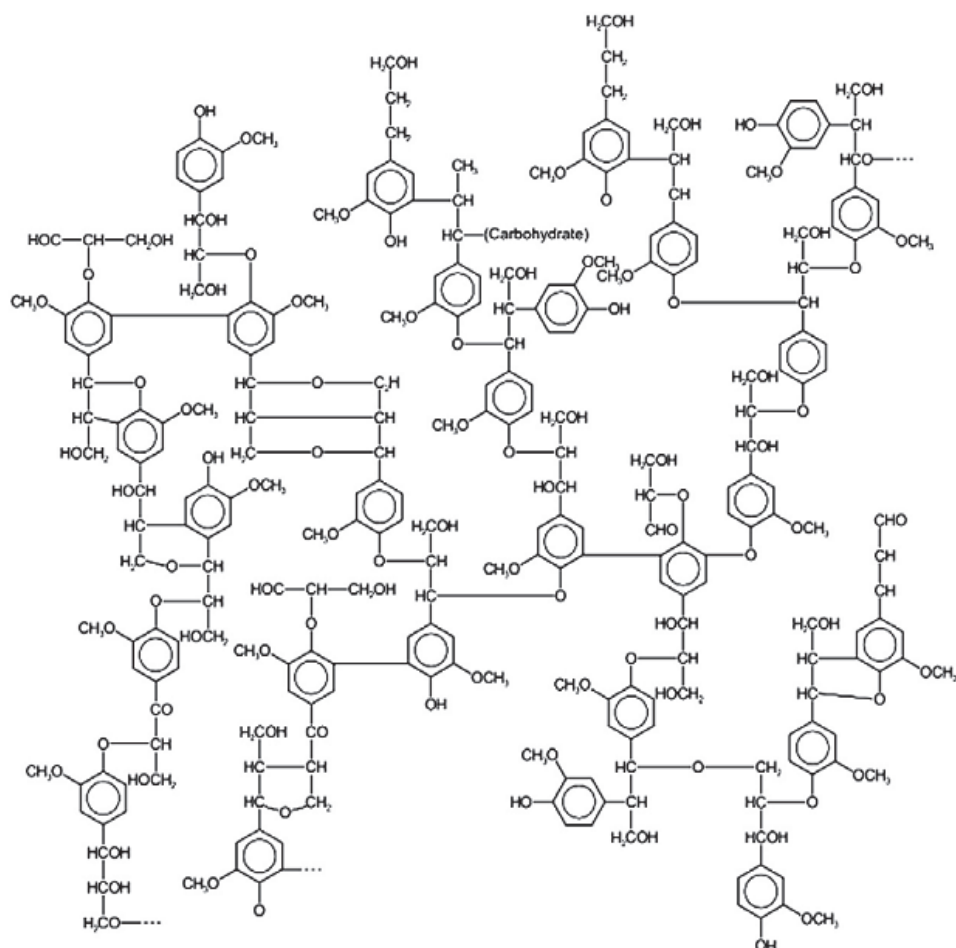
Saat ini pemanfaatan senyawa pektin tambah meluas, yaitu sebagai bahan baku berbagai produk farmasi antara lain sebagai bahan suspensi, adsorben, emulsi serta bahan pembentuk gel dalam sediaan tablet (Srivastava & Malviya, 2011; Sartini *et al.*, 2012). Pektin juga dapat dimanfaatkan untuk sediaan pencuci lambung dan sediaan pelepasan lambat melalui pembentukan kompleks dengan obat (Raj, Rubila, Jayabalan & Ranganathan, 2012). Selanjutnya Sriamomsak (2013) menyatakan senyawa pektin dapat menurunkan kadar kolesterol dalam darah, yaitu dengan mengkonsumsi 6 g pektin/hari sangat efektif menurunkan kadar kolesterol, dalam 2 minggu dapat menurunkan 13% kandungan kolesterol dalam darah. Nitire & Refai (2013) melaporkan senyawa pektin dapat dimanfaatkan untuk mencegah penyakit kanker usus dan hiperlipidemia (kelebihan lemak dalam darah).

Fraksi Kompleks Lignin-Karbohidrat

Sakagami, Kushida, Oizumi, Nakashima & Makino (2010), Yuan, Sun, Xu & Sun (2014), Lopez, Yamamoto & Sakagami (2012), Sakagami & Matsuta (2013) dan Sakagami *et al.* (2013) menyatakan senyawa kompleks lignin-karbohidrat (Lignin-Carbohydrate Complex/LCC) merupakan komponen dinding sel utama yang dibentuk dari polimerisasi dehidrogenasi 3 monolignol yang terdiri dari p-kumaril, koniferil, dan sinapil alkohol (Gambar 8 dan 9).



Gambar 8. Pembentukan senyawa kompleks lignin-karbohidrat pada tanaman (Sumber: Lopez *et al.*, 2012)
 Figure 8. The formation of lignin-carbohydrate complex compounds in plants (Source: Lopez *et al.*, 2012)



Gambar 9. Struktur molekul senyawa kompleks lignin karbohidrat (Sumber: Zhang *et al.*, 2012)
 Figure 9. Molecular structure of lignin-carbohydrate complex compounds (Source: Zhang *et al.*, 2012)

Kandungan Komplek Lignin-Karbohidrat pada Kulit Biji Kakao

Kulit biji kakao mengandung senyawa komplek lignin-karbohidrat $\pm$ 4,8% (Sakagami *et al.*, 2011; Sakagami & Matsuta, 2013). Senyawa ini dapat diekstraksi dari kulit biji kakao dengan larutan NaOH 1%, dilanjutkan fraksinasi menggunakan reaksi pengendapan dengan larutan asam asetat pH 5 dan etanol 50% (Sakagami *et al.*, 2008).

Fraksi Komplek Lignin-Karbohidrat sebagai Bahan Baku Anti HIV

Sakagami *et al.* (2010), Sakagami *et al.* (2011), Zhang *et al.* (2012) dan Saxena, Saxena, Nema, Singh & Gupta (2013) menyatakan senyawa komplek lignin-karbohidrat mempunyai aktivitas anti *human immunodeficiency virus* (HIV). Senyawa ini mempunyai aktivitas anti HIV yang lebih baik daripada senyawa tannin dan flavonoid. Adapun mekanisme aktivitas anti HIV dari senyawa ini adalah meliputi penghambatan adsorpsi HIV dan penetrasinya ke dalam sel serta penghambatan terhadap *reverse transcriptase* dan protease (Sakagami *et al.*, 2010).

Lopez *et al.* (2013) juga menyatakan senyawa komplek lignin-karbohidrat mempunyai aktivitas anti *herpes simplex virus* type 1 (HSV-1). Selanjutnya dilaporkan juga bahwa senyawa komplek lignin-karbohidrat mempunyai aktivitas anti virus influenza dan mempunyai sifat sinergis dengan vitamin C (Sakagami *et al.*, 2008). Adapun Nanbu *et al.* (2013) mengemukakan senyawa komplek lignin-karbohidrat mempunyai aktivitas anti ultra violet sehingga berpotensi sebagai senyawa tabir surya (*sunscreens*) yang sangat berguna untuk bahan baku krim pelindung kulit dari sinar ultra violet.

PENUTUP

Selama ini berbagai produk kakao lebih banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri makanan dan minuman. Sehubungan dengan kemampuan aktivitas dari berbagai senyawa fungsional yang terkandung dalam buah kakao maka pemanfaatan produk diversifikasi kakao sebagai bahan baku biofarmaka sudah saatnya dilakukan.

Pemanfaatan senyawa fungsional buah kakao sebagai bahan baku biofarmaka dapat meningkatkan nilai tambah pendapatan petani kakao, yang pada gilirannya akan mampu mendorong pertumbuhan ekonomi di daerah, meningkatkan penyediaan lapangan kerja, dan mendorong perolehan devisa dari kegiatan ekspor produk biofarmaka.

DAFTAR PUSTAKA

Ackar, D., Landic, K.V., Valek, M., Subaric, D., Milicevic, B., Babic, J., & Nedic, H. (2013). Cocoa polyphenols: Can we consider cocoa and chocolate as potential functional food. *Journal of Chemistry*, 13, 289-296.

Adamafio, N.A., Ayombil, F., & Tano-Debrah, K. (2011). Microbial detheobromination of cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk. *Asian Journal of Biochemistry*, 6(2), 200-207.

Adomako, D.K. (2006). *Project on Pilot Plants to Process Cocoa By-Products*. Summary Report on a Pilot Project in Ghana. ICCO, London, United Kingdom. Retrieved from <http://www.icco.org/>.

Adeyina, A.O., Apata, D.F., Annonu, A.A., Olatunde, O.A., Alli, O.L., & Okupke, K.M. (2011). Performance and physiological response of weaner rabbits fed hot water treated cocoa beans shell base diet. *Research Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 5, 53-57.

Afoakwa, E.O. (2008). Cocoa and chocolate consumption: Are there aphrodisiac and other benefits for human health?. *South African Journal of Clinical Nutrition*, 21(3), 107-113.

Afoakwa, E.O., Quao, J., Takrama, F.S., Budu, A.S., & Saalia, F.K. (2012). Changes in total polyphenols, o-diphenols and anthocyanin concentration during fermentation of pulp pre-conditional cocoa (*Theobroma cacao* L.). *International Food Research Journal*, 19(3), 1071-1077.

Aikpokpodion, P.E., & Dongo, L.N. (2010). Effects of fermentation intensity polyphenols and antioxidant capacity of cocoa beans. *International Journal of Sustainable Crop Production*, 5(4), 66-70.

Alemawor, F., Victoria, F., Dzogbegial, P., Oddoye, E.O.K. & Oldham, J.H. (2009). Effect of *Pleurotus ostreatus* fermentation on cocoa pod husk composition influence of fermentation period and Mn²⁺ supplementation on the fermentation process. *African Journal of Biotechnology*, 8(9), 1950-1956.

Amaechi, B.T., Porteous, N., Ramalingam, K., & Mensinkai, P.K. (2013). Remineralization of artificial enamel lesions by theobromine. *Caries Research*, 47, 399-405.

Amaechi, B.T., Mathews, S.M., & Mensinkai, P.K. (2014). Effect of theobromine-containing toothpaste on dentin tubule occlusion in situ. *Clinical Oral Investigations*, 9(1), 71-77.

Andrei, K. (2011). *Solubility and Physical Stability Improvement of Natural Xanthine Derivates*. (Master Thesis Division of Pharmaceutical Technology, University of Helsinki).

Andres-Lacueva, C., Monagas, M., Khan, N., Izquierdo-Pulido, M., Urpi-Sarda, M., Permanyer, J., & Lamuela-Raventos, R.M. (2008). Flavanol and flavonol contents of cocoa powder product: Influence of the manufacturing process. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 3111-3117.

- Anvoh, K.Y.B., Zoro-Bi, A., & Gnakri, D. (2009). Production and characterization of juice from mucilage of cocoa beans and its transformation into marmalade. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(2), 129-133.
- Awarikabey, E., Amponsah, I.K., & Woode, M.J. (2014). The value of the cocoa bean shell and the effect of various processing methods on the phyto-constituents and antioxidant activity of the nib and shell. *J. Nat. Prod. Plant Resou*, 4(3), 58-64.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2005). *Prospek dan arah pengembangan agribisnis kakao indonesia*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Bealer, B.K. (2010). *The miracle of caffeine : Manfaat tak terduga kafein berdasarkan penelitian mutahir* (p. 309). Jakarta: PT. Mizan Publika.
- Beckett, S.T. (2008). *The science of chocolate*. 2nd Edition (p. 240). Cambridge, United Kingdom: The Royal Society of Chemistry, Thomas Graham House.
- Belsack, A., Komes, D., Horzic, D., Ganic, K.K., & Karlovic, D. (2009). Comparative study of commercially available cocoa products in terms of their bioactive composition. *Food Research International*, 42, 707-716.
- Bruna, C., Eicholz, I., Rohn, S., Kroh, L.W., & Huyskens-Keil, S. (2009). Bioactive compounds and antioxidant activity of cocoa hulls from different origins. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 83, 9-13.
- Badan Standarisasi Nasional. (1979). *SNI-02-2101-1979: Pektin*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Chan, S.Y., & Choo, W.S. (2013). Effect of extraction conditions on the yield and chemicals properties of pectin from cocoa husks. *Food Chemistry*, 141, 3752-3758.
- Chandrasekaran, M. (2012). *Valorization of Food Processing By-products* (p. 808). Parkway NW: CRC press, Taylor and Francis Group.
- Chin, E., Miller, K.B., Payne, M.J., Hurst, W.J., & Stuart, D.A. (2013). Comparison of antioxidant activity and flavanol content of cocoa beans processed by modern and traditional Mesoamerican methods. *Heritage Science*, 1, 1-7.
- Cooper, K.A., Campos-Gimenez, E., Alvarez, D.J., Nagy, K., Donovan, J.L., & Williamson, G. (2007). Rapid reversed phase ultra-performance liquid chromatography analysis of the major cocoa polyphenols and inter-relationships of their concentrations in chocolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 2841-2847.
- Crozier, S.J., Preston, A.G., Hurst, J.W., Payne, M.J., Mann, J., Hainly, L., & Miller, D.L. (2014). Cocoa seeds are a "Super Fruit": A comparative analysis of various fruit powders and products. *Chemistry Central Journal*, 5, 1-6.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2010). *Pedoman umum pelaksanaan kegiatan pengembangan pertanian terpadu tanaman kakao-ternak tahun 2010* (p. 34). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2012). *Pedoman teknis penanganan pascapanen kakao* (p. 20). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Produksi, luas areal dan produktivitas perkebunan di Indonesia*. Retrieved from <http://ditjenbun.deptan.go.id/>
- Engler, M.B. & Engler, M.M. (2004). The vasculoprotective effects of flavonoid-rich cocoa and chocolate. *Nutrition Research*, 24, 695-706.
- Fapohunda, S.O., & Afolayan, A. (2012). Fermentation of cocoa beans and antimicrobial potentials of the pod husk phytochemicals. *Journal of Physiology and Pharmacology Advances*, 3(3), 158-164.
- Farobie, O. (2006). *Pembuatan dan pencirian pektin asetat*. (Skripsi S4 Departemen Kimia, FMIPA Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Fenglin, G. Lehe, T., Huasong, W., Yiming, F., Fei, X., Zhong, C., & Qinghuang, W. (2013). Comparison of cocoa beans from China, Indonesia and Papua New Guinea. *Foods*, 2, 183-197.
- Figueira, A., Janick, J., & BeMiller, J.N. (1993). New products from *Theobroma cacao*: Seed pulp and pod gum. In J. Janick & J.E. Simon (Eds.). *New crops* (pp. 475-478). New York: Wiley.
- Fraga, C.G. (2005). Cocoa, diabetes and hypertension: should we eat more chocolate. *American Journal of Clinical Nutrition*, 81, 541-542.
- Gu, L., House, S.E., Wu, X., Ou, B., & Prior, R.L. (2006). Procyanidin and catechin contents and antioxidant capacity of cocoa and chocolate products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), 4057-4061.
- Haryadi, & Supriyanto (2012). *Teknologi coklat*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Hii, C.L., Law, C.L., Suzannah, S., Misnawi & Cloke, M. (2009). Polyphenols in cocoa (*Theobroma cacao* L.). *Asian Journal of Food and Agro-Industry*, 4(4), 702-722.

- Hussin, N.B. (2010). *Batch extraction of caffeine from cocoa MCBC-1*. (Thesis of the Degree of Bachelor of Chemical Engineering Faculty of Chemical & Natural Resources Engineering, Universiti Malaysia Pahang).
- International Cocoa Organization. (2012). International Cocoa Organization Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, XXXVIII (4), Cocoa year 2011/2012. Retrieved from <http://www.icco.org/>.
- International Pectin Producers Association (2010). *Pectin and its application*. <http://www.ippa.com>.
- Jalil, A.M.M., & Ismail, A. (2008). Polyphenols in cocoa and cocoa product: Is there a link between antioxidant properties and health?. *Molecule*, 13, 2190-2219.
- Jennifer, R. (2008). Caffeine consumption, sleep and effect in the natural environment of depressed youth and healthy controls. *Journal of Pediatric Psychology*, 33(4), 358-367.
- Jonfia-Essien, W.A., West, G., Alderson, P.G., & Tucker, G. (2008). Phenolic content and antioxidant capacity of hybrid variety cocoa beans. *Food Chemistry*, 108, 1155-1159.
- Josbi, V.K., Parmar, M., & Rana, N. (2014). Purification and characterization of pectinase produced from apple pomace and evaluation of its efficiency in fruit juice extraction and clarification. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 2(2), 189-197.
- Kelishadi, R. (2005). Cacao to cocoa to chocolate: healthy food?. *ARYA Journal*, 1(1), 28-34.
- Kowalska, J., & Sidorczuk, A. (2007). Analysis of the effect of technological processing on changes antioxidant properties of cocoa processed Products. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57(2A), 95-99.
- Latif, R. (2013). Chocolate/cocoa and human health: A review. *The Journal of Medicine*, 71(2), 63-68.
- Langkong, J., Ishak, E., Bilang, M., & Muhidong, J. (2014). *Pemetaan lemak dari biji kakao di Sulawesi Selatan*. Makassar: Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin.
- Lipp, M. & Anklam, E. (1998). Review of cocoa butter and alternative fats for use in chocolate – Part A. Compositional data. *Food Chemistry*, 6(24), 73-97.
- Lopez, B.S.C., Yamamoto, M., & Sakagami, H. (2012). Treatment of herpes simplex virus with lignin-carbohydrate complex tablet, an alternative therapeutic formula. In P. Arbuthnot (Ed.). *Antiviral drugs-aspects of clinical use and recent advances* (pp. 174-192). Rijeka, Croatia: InTech Publishers.
- Loppies, J.E., & Ramlah, S. (2010). Keawetan skin lotion hasil formulasi lemak kakao dan pengawet paraben. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 5(1), 63-70.
- Marcel, B.K.G., Andre, K.B., Theodore, D., & Seraphin, K.C. (2011). Waste and by-products of cocoa in breeding: Research synthesis. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 1(1), 9-19.
- Matsumoto, M., Tsuji, M., Okuda, J., Sasaki, H., Nakano, K., Osawa, K., Shimura, S., & Ooshima, T. (2004). Inhibitory effects of cacao bean husk extract on plaque formation in vitro and in vivo. *European Journal of Oral Sciences*, 112, 249-252.
- Meng, C.C., Jalil, A.M.M., & Ismail, A. (2009). Phenolic and theobromine contents of commercial dark, milk and white chocolates on the Malaysian market. *Molecules*, 14, 200-209.
- Menteri Pertanian. (2013). *Strategi induk pembangunan pertanian 2013-2045*. Disampaikan pada Sidang Kabinet Terbatas di Jakarta, April 2013.
- Miller, K.B., Stuart, D.A., Smith, N.L., Lee, C.Y., McHale, N.L., Flanagan, J.A., Ou, B., & Hurst, W.J. (2006). Antioxidant activity and polyphenols and procyanidin contents of selected commercially available cocoa-containing and chocolate product in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(11), 4062-4068.
- Misnawi. (2003). *Influences of cocoa polyphenols and enzyme reaction on the flavor development of unfermented and under-fermented cocoa beans* (Thesis of Doctor of Philosophy Universiti Putra, Malaysia).
- Mitchell, E.S., Slettenaar, M., Meer, N.V.D., Transler, C., Jans, L., Quadt, F., & Berry, M. (2012). Differential contributions of theobromine and caffeine on mood, psychomotor performance and blood pressure. *Physiology and Behavior*, 104, 816-822.
- Mulyatni, A.S., Budiani, A., & Taniwiryo, D. (2012). Aktivitas antibakteri ekstrak kulit buah kakao terhadap *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*. *Menara Perkebunan*, 80(2), 77-84.
- Muslim, M., & Alvisyahrin, T. (2012). Kelembaban limbah kakao dan takarannya terhadap kualitas kompos dengan sistem pembenaman. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 1(1), 86-93.
- Nanbu, T., Shimada, J., Kobayashi, M., Hirano, K., Koh, T., Machino, M., ...Sakagami, H. (2013). Anti-UV activity of lignin-carbohydrate complex and related compounds. *In Vivo*, 27(1), 133-139.

- Nestle Research Centers. (2010). *Focus on: Polyphenols in chocolate*. Nestle Research Centers.
- Niture, S.K., & Refai, L. (2013). Plant pectin: A potential source for cancer suppression. *American Journal of Pharmacology and Technology*, 8(1), 9-19.
- Nsor-Atindana, J., Zhong, F., Mothibe, K.B., Bangoura, M.L., & Camel, N. (2012). Quantification of total polyphenolic content and antimicrobial activity of cocoa beans shells. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11(7), 574-579.
- Oddoye, E.O.K., Agyente-Badu, C.K., & Akoto, E.G. (2013). Cocoa and its by-products: Identification and utilization. *Nutrition and Health*, 7, 23-37.
- Prayascitra, A., Syafila, M., & Handajani, M. (2007). Influence of N2 supply in optimizing the acetic acid formation resulting from cacao pulp waste recovery (Case study: cacao plantation in Cipatat updeling). Bandung: Civil and Environmental Faculty, ITB.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia . (2009). *Pengolahan kakao sekunder* (p. 4). Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Raj, A.A.S., Rubila, S., Jayabatan, R., & Ranganathan, T.V. (2012). A review on pectin: Chemistry due to general properties of pectin and its pharmaceutical uses. *Open Acces Scientific Reports*, 1, 1-4.
- Ranneh, Y., Ali, F., & Esa, N.M. (2013). The protective effect of cocoa (*Theobroma cacao* L.) in colon cancer. *Journal of Nutrition and Food Science* 3(2), 190-193.
- Ramli, N., & Asmawati. (2011). Effect of ammonium oxalate and acetic acid at several extraction time and pH on some physicochemical properties of pectin from cocoa husk. *African Journal of Food Science*, 5(15), 790-798.
- Redovnikovic, I.R., Delonga, K., Mazor, S., Dragovic-Uzelac, V., Caric, M., & Vorkapic-Furac, J. (2009). Polyphenolic content and composition and antioxidative activity of different cocoa liquors. *Czech Journal of Food Sciences*, 27(5), 330-337.
- Ristanti, E., & Ramlah, S. (2010). Formulasi hand and body lotion dari lemak kakao. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan* 5(2), 92-97.
- Ribeiro, A.P.B., Claro daSilva, R., Gioielli, L.A., Goncalves, M.I.D.A., Grimaldi, R., Goncalves, L.A.G., & Kieckbusch, T.G. (2012). Physico-chemical properties of Brazilian cocoa butter and industrial blends. Part I-Chemical composition, solid fat content and consistency. *Grasas Y Aceites*, 63(1), 79-88.
- Rosniati. (2013). Pemanfaatan buah kakao untuk pembuatan produk-produk hilir: Tinjauan atas hasil-hasil riset Balai Besar Industri Hasil Perkebunan. Makalah Seminar Nasional Teknologi Industri Kakao dan Hasil Perkebunan Lainnya. Swiss Bell Hotel Makassar, 27 November 2014.
- Sakagami, H., Satoh, K., Fukamachi, H., Ikarashi, T., Shimizu, A., Yano, ...& Osawa, K. (2008). Anti-HIV and vitamin C-synergized radical scavenging activity of cacao husk lignin fractions. *In Vivo*, 22, 327-332.
- Sakagami, H., Kushida, T., Oizumi, T., Nakashima, H., & Makino, T. (2010). Distribution of lignin-carbohydrate complex in plant kingdom and its functionality as alternative medicine. *Pharmacology & Therapeutics*, 128, 91-105.
- Sakagami, H., Kawano, M., Thei, M.M., Hashimoto, K., Satoh, K., Kanamoto, T., ...& Sakura, K. (2014). Anti-HIV and immunomodulation activities of cacao mass lignin-carbohydrate complex. *In Vivo*, 25, 229-236.
- Sakagami, H., & Matsuta, T. (2013). Biological activity of cacao husk and mass lignin-carbohydrate complexes (p. 247-259). In Watson, R.R., Preedy, V.R., & Zibadi, S. (Eds.). *Chocolate in health and nutrition*. London: Humana Press Brand of Springer.
- Sakagami, H., Ohkushi, E., Amano, S., Satoh, K., Kanamoto, T., Terakubo, ...& Fukuda, T. (2013). Efficient utilization of plant resources by alkaline extraction. *Alternative and Integrative Medicine*, 2(7), 1-7.
- Saltini, R., Akkerman, R., & Frosch, S. (2013). Optimizing chocolate production through traceability a review of influence of farming practices on cocoa bean quality. *Food Control*, 29, 167-187.
- Sartini, M., Djide, N., & Duma, N. (2012). Pemanfaatan limbah kulit kakao sebagai sumber bahan aktif untuk sediaan farmasi. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 7(2), 69-73.
- Saxena, M., Saxena, J., Nema, R., Singh, D., & Gupta, A. (2013). Phytochemistry of medical plants. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(6), 168-182.
- Scholey, A., & Owen, L. (2013). Effects of chocolate on cognitive function and mood: A systematic review. *Nutrition Review*, 71(10), 665-681.
- Senanayake, U.M., & Wijesekera, R.O.B. (1971). Theobromine Effects of chocolate on cognitive function and mood: A systematic review. *Nutrition Review*, 71(10), 665-681.
- Setiawan, A. (2007). Penentuan Kondisi Pengempaan Lemak Kakao Secara Mekanik. (Skripsi S1 Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor, Bogor).

- Simatupang, P. (2014). *Sekilas tentang konsep sistem pertanian bioindustri berkelanjutan*. Bahan diskusi pada kunjungan kerja Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, serta Staf Ahli Menteri Pertanian ke KP. Pakuwon, Sukabumi dan KP. Manoko, Lembang, 23-24 Januari 2014.
- Smit, H.J. (2014). Methylxanthines and pharmacology of cocoa. In Bertil B. Fredholm (Eds). *Methylxanthines* (pp. 201-234). Heidelberg Berlin: Springer.
- Snel, J., & Lorist, M.M. (2011). Effect of caffeine on sleep and cognition. *Progress in Brain Research*, 190, 105-117.
- Sriamomsak, P. (2013). Chemistry of pectin and its pharmaceutical uses: A review. *Silpakon University International Journal*, 7(10), 665-681.
- Srivastava, P., & Malviya, R. (2014). Sources of pectin, extraction and its application in pharmaceutical industry – an overview. *Indian Journal of Products and Resources*, 2(1), 10-18.
- Sri-Mulato, Widyotomo, S., Misnawi & Suharyanto, S. (2005). *Petunjuk teknis pengolahan produk primer dan sekunder kakao*. Jember: Puslitkoka.
- Sri-Mulato, Widyotomo, S., & Purwadaria, H.K. (2008). Kinerja alat kempa hidrolik sistem terputus untuk proses ekstraksi lemak kakao. *Pelita Perkebunan*, 24(1), 62-79.
- Subhashini, R., Rao, U.S.M., Sumathi, P., & Gunalan, G. (2010). A comparative phytochemical analysis of cocoa and green tea. *Indian Journal of Science and Technology*, 3(2), 188-196.
- Suprapti, A. (2013). Aplikasi pasta coklat pada pembuatan makanan kesehatan dan lemak kakao pada pembuatan handbody lotion. Makalah Seminar Nasional Teknologi Industri Kakao dan Hasil Perkebunan Lainnya. Swiss Bell Hotel Makassar, 27 November 2013.
- Swisscontact. (2012). *Cokelat kakao cocoa* (p. 10). Retrieved from <http://www.swisscontact.com>.
- Syafira, G., Permatasari, N., & Wardani, N. (2012). Theobromine effect on enamel surface microhardness: In vitro. *Journal of Dentistry Indonesia*, 19(2), 32-36.
- Vicioli, F., Borsami, L., & Galli, C. (2000). Diet and prevention of coronary heart disease: The potential role of phytochemicals. *Cardiovascular Research*, 43(3), 419-423.
- Vinson, J.A., Proch, J., Bose, P., Muchler, S., Taffera, P., Shuta, ... Agbor, G.A. (2006). Chocolate is a powerful ex vivo and in vivo antioxidant an antiatherosclerotic agent in a animal model and a significant contributor to antioxidants in the European and American diets. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 8071-8076.
- Vriesmann, L.C., Ambonib, R.D.D.C., & Oliveira, C.L.D. (2014). Cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.): Composition and hot-water-soluble pectins. *Industrial Crops and Products*, 34, 1173-1181.
- Vriesmann, L.C., Teofilo, R.F., & Petkowicz, C.L.D. (2012). Extraction and characterization of pectin from cocoa pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. *LWT Food Science and Technology*, 40, 108-116.
- Wahyudi, T., Panggabean, T.R., & Pujianto. (2008). *Panduan kakao lengkap, manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir* (p. 364). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Watson, R.R., Preedy, V.R., & Zibadi, S. (2012). *Chocolate in health and nutrition* (p. 541). London: Humana Press Brand of Springer.
- Widyotomo, S. (2012). Optimasi suhu dan konsentrasi pelarut dalam dekafeinasi biji kopi menggunakan *Response Surface Methodology*. *Pelita Perkebunan*, 28(3), 184-200.
- Wollgast, J. (2004). *The contents and effects of polyphenols in chocolate* (Disertation for Obtaining The Degree of Doctor of The Faculty of Agricultural and Nutritional Sciences, Home Economics and Environmental Management at The University of Gieben, Germany).
- Wollgast, J., & Anklam, E. (2000). Review of polyhenols in *Theobroma cacao*: Changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33, 423-447.
- Yapo, B.M., & Koffi, K.L. (2013). Extraction and charactrization of gelling and emulsifying pectin fraction from cacao pod husk. *Journal of Food and Nutrition Research*, 1(4), 46-51.
- Young, A.M. (2007). *The chocolate tree: A natural history of cacao* (p. 209). Revised & Expanded Edition. Florida: The University Press of Florida.
- Yuan, T.Q., Sun, S.N., Xu, F., & Sun, R.C. (2011). Characterization of lignin structures and lignin-carbohydrate complex (LCC) linkages by quantitative ¹³C and 2D HSQC NMR spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.* 59(19), 10604-10614.
- Zhang, X., Yang, L.M., Liu, G.M., Liu, Y.J., Zheng, C.B., Lu, ...Zheng, Y.T. (2012). Potent anti-HIV activities and mechanisms of a pine cone extract from *Pinus yunnanensis*. *Molecules*, 17, 6916-6929.

PENINGKATAN NILAI TAMBAH PADA KAWASAN *AGROTECHNO PARK* BERBASIS KAKAO DI BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR, SUKABUMI

INCREASING VALUE ADDED AT COCOA-BASED AGROTECHNO PARK IN INDUSTRIAL AND BEVERAGES CROPS RESEARCH INSTITUTE, SUKABUMI

Tajul Iflah, Elsera Br Tarigan, dan Dibyo Pranowo

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

t_iefilah@yahoo.com

ABSTRAK

Agrotechno park merupakan suatu kawasan yang menyediakan sistem pertanian yang terintegrasi dari hulu sampai hilir. Sistem tersebut bersifat bebas limbah (*zero waste*) dengan menerapkan prinsip *biorefinery*, yaitu mengurangi, memanfaatkan kembali dan mendaur ulang (*reduce, reuse, dan recycle*) sehingga terjadi penciptaan nilai tambah pada setiap proses. Kawasan perkebunan kakao dapat dijadikan sebagai *agrotechno park* karena buah kakao dapat dimanfaatkan secara optimal dan memiliki keterkaitan di setiap tahapan prosesnya. Pemanfaatan buah kakao tidak hanya sebatas untuk mendapatkan biji kakao kering yang digunakan dalam proses pengolahan cokelat, akan tetapi kulit buah dan kulit ari dari buah kakao juga bisa dimanfaatkan secara optimal untuk menghasilkan produk yang memiliki nilai jual. Selain itu limbah budidaya seperti ranting-ranting daun pangkasan dan tanaman peneduh dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak maupun pupuk organik. Kebun Percobaan Pakuwon merupakan salah satu kebun percobaan di Balittri, memiliki lahan yang sesuai untuk dikembangkan sebagai kawasan *agrotechno park* yang terintegrasi. Diharapkan *agrotechno park* yang dikembangkan di Balittri tidak hanya sebagai sarana diseminasi inovasi teknologi tetapi juga dapat dijadikan sebagai salah satu model sistem pertanian masa depan bagi perkebunan kakao dalam upaya untuk meningkatkan nilai tambah dan pendapatan petani serta ramah lingkungan.

Kata kunci: *Agrotechno park*, biji kakao kering, buah kakao, kulit ari

ABSTRACT

Agrotechnopark is an area that presents an integrated farming system from upstream to downstream. The system is free of waste by implementing the principle of biorefinery, which means to reduce, reuse and recycle. Cocoa plantations area can be used as agrotechnopark. Every part of cocoa plants and products can be used optimally and have linkage in every stage of the process. The utilization of cocoa are not only limited to get dry cocoa beans that are used in chocolate processing, but also the pod and shell itself can be used optimally to produce marketable products. In addition, the cultivation of waste such as the pruning branches of leaves and plant shade can be used as animal feed or organic fertilizer. Pakuwon experimental station which is one of the experimental station at IBCRI has a suitable land to be developed as an integrated agrotechnopark based on cocoa. Agrotechno park that developed at IBCRI not only as dissemination of technological innovation tools, but also can be used as one of a model system for future cocoa farming in order to increase the value added, farmer's income as well as environmental friendly.

Keywords: *Agrotechno park, dried cocoa beans, cocoa pods, cocoa shell*

PENDAHULUAN

Sebagai salah satu negara penghasil kakao terbesar ketiga di dunia, produksi kakao Indonesia memiliki pangsa sebesar 10,74%, masih di bawah Ghana (21,46%) dan Pantai Gading (36,29%) (International Cocoa Organization [ICCO], 2014). Posisi tersebut menempatkan kakao sebagai salah satu komoditas perkebunan yang peranannya cukup besar bagi perekonomian nasional, khususnya sebagai penyedia lapangan pekerjaan, sumber pendapatan petani dan penyumbang devisa negara. Selain itu kakao juga berperan penting dalam mendorong pengembangan wilayah. Dengan pentingnya peran kakao tersebut, maka pengembangannya perlu mendapat perhatian serius. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah pengembangan *agrotechno park* (ATP) berbasis kakao.

ATP merupakan suatu kawasan yang menyediakan sistem pertanian terintegrasi dari hulu sampai hilir. Sistem tersebut bersifat bebas limbah (*zero waste*) dengan menerapkan prinsip *biorefinery*, yaitu mengurangi, memanfaatkan kembali dan mendaur ulang (*reduce, reuse, dan recycle*) dengan prinsip LEISA (*low external input sustainable agriculture*) serta menggabungkan kegiatan di beberapa bidang, seperti: pertanian/perkebunan, peternakan, perikanan, kehutanan, dan bidang ilmu lainnya yang terkait. Kondisi tersebut diharapkan dapat menjadi salah satu solusi bagi peningkatan produktivitas lahan, program pembangunan dan konservasi lingkungan sehingga sistem ini tidak hanya memanfaatkan lahan produksi, tetapi juga menciptakan model alternatif yang dapat memanfaatkan dan mengoptimalkan semua sumberdaya yang ada sehingga F4P yaitu *food, feed,*

fuel, fertilizer, dan pharmaca dapat dihasilkan dalam suatu kawasan yang disebut *agrotechno park*.

Kawasan ATP merupakan salah satu model perwujudan dari sistem pertanian bioindustri berkelanjutan yang memiliki konsep dasar mengintegrasikan aspek lingkungan dengan sosial ekonomi masyarakat pertanian dengan mempertahankan ekosistem alami lahan pertanian sehat, melestarikan kualitas lingkungan, dan sumber daya alam. Sistem ini juga harus dapat memenuhi kriteria keuntungan ekonomi, keuntungan sosial, dan konservasi lingkungan secara berkelanjutan. Transformasi pertanian pada tataran praktis dilaksanakan dengan sistem pertanian bioindustri berkelanjutan pada tingkat makro melalui sistem rantai nilai terpadu. Sistem ini berlandaskan pada pemanfaatan berulang zat hara seperti integrasi tanaman-ternak-ikan. Sistem ini akan menjadi sistem pertanian masa depan karena akan meningkatkan nilai tambah dan ramah lingkungan (Kementerian Pertanian, 2013).

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) merupakan salah satu balai penelitian di bawah Kementerian Pertanian yang mendapatkan mandat penelitian komoditas perkebunan salah satunya adalah tanaman kakao. Sebagai institusi penelitian, Balittri memiliki peluang yang besar untuk mengembangkan kawasan *agrotechno park* sebagai sarana diseminasi hasil penelitian serta menjadikannya sebagai miniatur agribisnis kakao mengingat tersedianya fasilitas pendukung, seperti: lahan dengan lokasi yang strategis, sumber daya yang handal, dan infrastruktur lainnya. Salah satu lahan yang dapat dikembangkan menjadi kawasan ATP adalah Kebun Percobaan (KP) Pakuwon dengan luas lahan mencapai 159,6 ha. Pengembangan kebun percobaan menjadi ATP ini diharapkan dapat dijadikan salah satu contoh bagi perkebunan-perkebunan milik rakyat yang ada sehingga kakao di Indonesia bisa ditingkatkan nilai tambahnya baik dengan penganekaragaman produksi secara vertikal dan horizontal.

AGROTECHNO PARK BERBASIS KAKAO

ATP mengemban misi mempercepat alih teknologi, layak secara teknis, ekonomi, dan sosial, serta ramah lingkungan. Selain itu, ATP merupakan suatu kawasan percontohan pertanian terpadu berbasis teknologi untuk peningkatan produktivitas, efisiensi, dan nilai tambah produk (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia [LIPI], 2014). Dengan demikian ATP merupakan suatu kawasan yang di dalamnya terdapat beragam kegiatan yang menerapkan teknologi dari berbagai disiplin ilmu untuk memanfaatkan sumber daya yang tersedia sehingga prinsip *zero waste* dapat tercapai. Selain itu, ATP dapat dijadikan sebagai media penyebaran informasi, pengenalan dan penerapan ilmu dan teknologi, media komunikasi, dan juga sebagai wahana komersialisasi hasil iptek. Menurut LIPI (2014), ATP memiliki tujuan mengembangkan model pertanian terpadu bersiklus biologi sesuai potensi dan kondisi daerah, serta menggunakan model

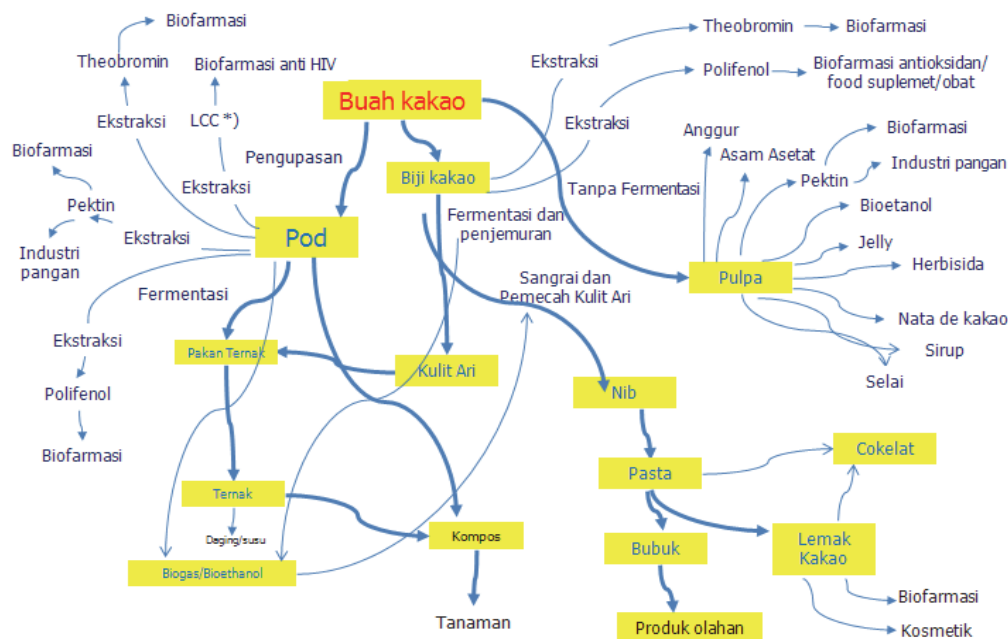
pertanian terpadu (*biocyclofarming*) yang memiliki keunggulan sumber penghasilan beragam dan nilai tambah hasil pertanian meningkat. Strategi pengembangan ATP ditempuh melalui keterpaduan, yakni mengintegrasikan beragam usaha tani dan industri hulu-hilir dalam suatu usaha tani terpadu bersiklus biologi.

Keunikan ATP terletak pada keanekaragaman tanaman (*biodiversity*) dan unsur-unsurnya yang saling terkait serta tidak terkonsentrasi hanya pada satu jenis tanaman saja. Praktek tingkat sederhana dari kawasan ini adalah terciptanya integrasi ternak-tanaman sebagai biosiklus terpadu. Pada tahap selanjutnya, menghasilkan sumber energi yang akan digunakan dalam lingkup kawasan tersebut yang merupakan suatu keharusan. Menurut Mulato, Suharyanto, & Firmanto (2012), sistem integrasi tanaman-ternak yang diterapkan dalam ATP digunakan sebagai sumber bahan baku, kemudian diolah menjadi berbagai jenis produk yang memiliki nilai tambah. Seluruh sumber daya yang tersedia dalam kawasan ini dikelola secara tertutup (*closed-loop*), keluaran dari suatu proses akan menjadi sumber masukan untuk proses berikutnya.

Dalam ATP berbasis kakao, selain kakao sebagai tanaman utama terdapat juga tanaman lainnya, yaitu tanaman sela dan tanaman penayang. Selain sebagai tanaman sela dan penayang, tanaman tersebut memberikan fungsi tambahan lainnya, yaitu sebagai tanaman yang memiliki sifat pestisida nabati sehingga dapat meminimalisasi serangan hama tanaman kakao, dan juga sebagai tanaman yang dapat menghasilkan pendapatan dalam waktu yang lebih singkat selama tanaman kakao belum dapat menghasilkan. Bahkan ranting dan daun pangkasan dari tanaman ini juga dapat digunakan sebagai kompos alami untuk tanaman utama atau lebih lanjut juga dapat digunakan sebagai bahan dalam pembuatan pakan ternak.

Selama tanaman kakao belum menghasilkan, sumber pendapatan petani dapat berasal dari tanaman sela ataupun penayang. Tanaman kakao merupakan komoditas utama, sedangkan tanaman lainnya seperti kelapa, lamtoro, ataupun lada yang digunakan sebagai tanaman penayang serta ternak dapat berfungsi sebagai komponen pelengkap. Melalui pola seperti ini akan dapat melindungi petani dari ancaman kegagalan panen kakao atau risiko fluktuasi harga yang sulit dikendalikan (Mulato *et al.*, 2012).

Pada saat tanaman kakao telah menghasilkan maka sistem integrasi tanaman-ternak mulai berjalan sesuai dengan konsepnya, yaitu melalui pemanfaatan seluruh bagian dari buah kakao sehingga tujuan *zero waste* dapat dicapai. Agar ATP dapat berjalan dengan optimal maka keberlangsungan sistem ini harus terus menerus dijaga sehingga bahan baku pengolahan antara satu produk ke produk yang lainnya tidak terputus. Hal ini penting mengingat setiap produk yang dihasilkan memiliki keterkaitan antara satu dengan yang lain.



Gambar 1. Pohon industri kakao pada kawasan *agrotechno park*
 Figure 1. Family tree of cocoa at *agrotechno park*'s area

KERAGAAN *AGROTECHNO PARK* BERBASIS KAKAO DI KP. PAKUWON

Kawasan ATP yang dikembangkan di KP Pakuwon, Balittri, tidak hanya dalam lingkup sistem integrasi tanaman-ternak tetapi juga penghasil sumber energi yang dapat digunakan sebagai bahan bakar dalam proses pengolahan. Di dalam sistem ATP, produk-produk yang dihasilkan dari tanaman kakao ini saling memiliki keterkaitan satu sama lain selama proses pengolahan berlangsung (Gambar 1).

Balitri telah memiliki sarana dan fasilitas yang dapat digunakan untuk mewujudkan pengembangan dan pertumbuhan kawasan ATP sebagai inkubator agribisnis kakao. Sarana dan fasilitas tersebut tidak hanya untuk tanaman kakao dari hulu hingga hilir, tetapi juga untuk tanaman sela seperti serai wangi yang semuanya berada dalam suatu kawasan yang diharapkan dapat saling berintegrasi antara satu dengan lainnya. Adapun fasilitas yang telah dimiliki Balitri untuk mendukung pengembangan kawasan ATP berbasis komoditas kakao adalah kebun produksi kakao, pengolahan, pengelolaan ternak, unit Pengolahan pupuk dan pakan ternak, dan unit diversifikasi produk.

Kebun Produksi Kakao

Kebun Percobaan (KP) Pakuwon merupakan salah satu KP lingkup Balittri yang sedang dikembangkan sebagai model kawasan ATP dengan kakao sebagai basis komoditas. Hal tersebut tidak terlepas dari ketersediaan inovasi teknologi kakao yang sudah cukup banyak dan siap diaplikasikan di kawasan tersebut mulai dari hulu hingga hilir. KP. Pakuwon memiliki lahan seluas 154,6 ha dengan ketinggian tempat 450 m dpl, tipe iklim B1

(Oldeman), dan jenis tanah latosol sehingga sangat sesuai untuk tanaman kakao. Siregar, Riyadi, & Nuraeni (2010) mengatakan lingkungan alami tanaman kakao adalah hutan tropis dimana curah hujan, temperatur, dan sinar matahari menjadi bagian dari faktor iklim yang menentukan. Selain itu faktor fisik dan kimia tanah juga memegang peranan yang erat kaitannya dengan daya tembus dan kemampuan akar menyerap hara. Wilayah di Indonesia yang berada pada 5° LU-10° LS masih sesuai untuk penanaman kakao jika tidak lebih tinggi dari 800 m dpl.

Pada tahun 2014, kebun produksi kakao yang terdapat di KP. Pakuwon seluas 8 ha. Luas penanaman kakao akan terus dikembangkan hingga mencapai 25 ha. Perencanaan penanaman kakao hingga mencapai 25 ha ini dilakukan dengan pertimbangan efektivitas dan efisiensi untuk memenuhi unsur kelayakan pengembangan kawasan *agrotechno park* baik secara sosial maupun ekonomi. Selain itu, model kawasan ini juga diharapkan dapat menjadi sarana diseminasi untuk peningkatan produktivitas dan mutu kakao yang dapat seiring sejalan sehingga dapat mendukung upaya mewujudkan Indonesia sebagai produsen terbesar di dunia.

Fasilitas Pengolahan

Di KP. Pakuwon selain terdapat area untuk penanaman kakao, juga terdapat fasilitas pendukung sebagai tempat kegiatan pengolahan berbagai produk berbasis kakao. Untuk proses primer yang merupakan proses pengolahan buah kakao menjadi biji kakao kering dilakukan di bangunan yang terpisah dengan proses pengolahan sekunder, yaitu

pengolahan biji kakao kering menjadi cokelat dan bubuk kakao.

Pada bangunan yang diperuntukkan untuk pengolahan primer terdapat mesin pengupas kulit buah kakao, mesin pemisah pulp kakao, bak-bak fermentasi, dan bak tempat pencucian. Sementara pada bagian luar dari bangunan ini tersedia lantai jemur untuk pengeringan biji kakao setelah fermentasi. Biji kakao yang telah kering ini dimasukkan ke dalam kontainer kemudian disimpan di ruang penyimpanan.. Proses pengolahan dilakukan terhadap biji kakao kering atau *nib* dengan sistem *first in first out* (FIFO). *First in first out* (FIFO) merupakan sistem penyimpanan dimana barang yang pertama kali masuk gudang akan digunakan

pertama kali untuk produksi sehingga siklus keluar masuk barang dapat diketahui dengan jelas. Metode ini mempunyai beberapa kelebihan di antaranya: keluar dan masuk barang dapat diketahui dengan jelas dan umum digunakan di perusahaan, baik dalam praktek maupun secara teori, sehingga kualitas barang yang akan dijual dan siklus barang terjaga (Rahman & Bagio, 2013).

Biji kakao yang terlebih dahulu disimpan di gudang penyimpanan, akan diolah lebih dahulu menjadi produk cokelat di tempat pengolahan sekunder. Tempat proses pengolahan sekunder atau yang disebut dengan *cocoa processing room* dikondisikan dalam keadaan higienis.



Gambar 2. Mesin pengolahan cokelat dan bubuk kakao yang terdapat di *cocoa processing room*: (a) mesin pemasta kasar, (b) mesin pengempa lemak, (c) mesin *refiner*, (d) mesin *conching*, (e) mesin *tempering*, (f) mesin penghalus bubuk kakao, (g) mesin pengayak bubuk kakao, dan (h) mesin pengemasan *sachet*

Figure 2. Chocolate and cocoa powder processing machine in the *cocoa processing room*: (a) *cocoa liquor/mass machine*, (b) *cocoa butter pressing machine*, (c) *refining machine*, (d) *conching machine*, (e) *tempering machine*, (f) *cocoa powder milling*, (g) *cocoa sieving machine*, and (h) *packaging machine for sachet*



Gambar 3. Kandang ternak yang ada di KP. Pakuwon
Figure 3. Livestock pens at KP. Pakuwon

Pada ruang pengolahan kakao (*cocoa processing room*) terdapat berbagai jenis mesin yang digunakan untuk mengolah biji kakao kering menjadi cokelat dan bubuk kakao termasuk proses pengemasan (Gambar 2). Mesin pengolahan cokelat memproduksi hampir setiap hari secara terus menerus untuk meminimalisir kehilangan di setiap tahapan proses. Selain itu, pada proses pengolahan produk pangan, higienitas merupakan suatu hal yang mutlak. Untuk itu, upaya-upaya untuk menjaga setiap proses dan produk yang dihasilkan harus dilakukan dengan menerapkan prinsip dasar sanitasi. Prinsip dasar sanitasi meliputi dua hal, yaitu membersihkan dan sanitasi. Membersihkan yaitu menghilangkan mikroba yang berasal dari sisa makanan dan tanah yang mungkin menjadi media yang baik bagi pertumbuhan mikroba. Sanitasi merupakan langkah menggunakan zat kimia dan atau metode fisika untuk menghilangkan sebagian besar mikroba yang tertinggal pada permukaan alat dan mesin pengolahan makanan. Sanitasi tidak hanya memperhatikan kondisi kebersihan permukaan peralatan yang kontak langsung dengan pangan akan tetapi termasuk perlengkapan pengolahan, sarung tangan dan pakaian kerja. Oleh karena itu fasilitas cuci tangan, sanitasi tangan pekerja dan kebersihan toilet yang digunakan juga termasuk sebagai faktor yang mempengaruhi keamanan pangan selama pengolahan berlangsung (Winarno & Surono, 2002).

Pengelolaan Ternak

Syarat suatu kawasan pertanian terpadu adalah adanya sistem rantai nilai terpadu dimana suatu sub sistem dapat berintegrasi dengan sub sistem lainnya, salah satunya adalah ternak. Di kawasan ATP Balittri telah terdapat ternak sapi dan domba. Pemeliharaan ternak dilakukan untuk memanfaatkan limbah kebun, baik yang berasal dari gulma maupun hasil pangkasan tanaman kakao dan

penaung sebagai pakan ternak. Hasil produksi ternak kambing dan sapi, baik berupa karkas maupun daging merupakan nilai tambah bagi kawasan ATP secara keseluruhan. Di lain pihak, kotoran ternak yang dianggap sebagai limbah dapat digunakan sebagai mikroba pengurai kulit buah kakao untuk menghasilkan biogas selain dimanfaatkan sebagai pupuk organik.

Unit Pengolahan Pupuk dan Pakan Ternak

Kulit buah kakao dan kulit ari biji kakao kering selama ini dianggap sebagai limbah dari proses pengolahan utama yang menghasilkan cokelat. Padahal kulit buah kakao dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan campuran pakan ternak sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan kawasan secara keseluruhan. Selain kulit buah dan kulit ari kakao, pupuk dan campuran pakan ternak juga dapat dihasilkan dari ranting-ranting daun dari tanaman sela dan tanaman penaung di sekitar tanaman kakao.

Untuk menghasilkan pupuk dan pakan ternak, unit pengolahan pupuk dan pakan ternak di kawasan ATP telah memiliki mesin pencacah kasar dan halus untuk mengecilkan ukuran kulit buah kakao serta bak dekomposisi yang digunakan untuk proses pengolahan pupuk. Pupuk yang dihasilkan dapat langsung digunakan dengan dosis pemakaian tertentu pada tanaman. Untuk pakan ternak, masih harus dicampurkan dengan bahan-bahan lain agar mencukupi kebutuhan nutrisi ternak.

Unit Diversifikasi Produk

Buah kakao yang dipanen dari KP. Pakuwon tidak selalu diolah untuk menghasilkan biji kakao kering. Buah kakao yang dipanen dari kebun induk digunakan untuk menghasilkan benih. Untuk menghasilkan benih kakao, terlebih dahulu biji kakao segar dipisahkan dari pulpnya dengan menggunakan mesin *depulper*.



Gambar 4. Unit penyulingan serai wangi
Figure 4. Citronella distillation units

Pulpa yang diperoleh ini bisa digunakan untuk menghasilkan *nata de cacao* dengan penambahan starter mikroba hingga terbentuk lembaran-lembaran nata. Selain pemanfaatan untuk pembuatan nata, pulpa ini juga diolah menjadi selai dan sirup dengan penambahan gula, sedangkan limbahnya yang berupa kulit buah kakao selain diolah menjadi pupuk dan campuran pakan ternak, juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan utama untuk menghasilkan biogas. Kulit buah kakao yang diperoleh dari pengupasan buah kakao di ruang pengolahan primer dikumpulkan untuk kemudian diproses di instalasi pengolahan biogas.

Unit pengolahan biogas berada di area terpisah. Unit ini tidak hanya menghasilkan biogas tetapi juga dapat menghasilkan produk-produk energi lainnya seperti biodiesel, bioetanol, dan briket. Di area ini juga sekaligus dilengkapi dengan laboratorium mini yang berfungsi untuk menguji dan menganalisis produk yang dihasilkan di unit pengolahan ini.

Selain pengolahan limbah/hasil samping dari buah kakao, unit diversifikasi juga mencakup unit penyulingan serai wangi. Serai wangi merupakan salah satu tanaman sela dari pertanaman kakao yang terdapat dalam jumlah cukup besar di kawasan KP. Pakuwon (Gambar 4).

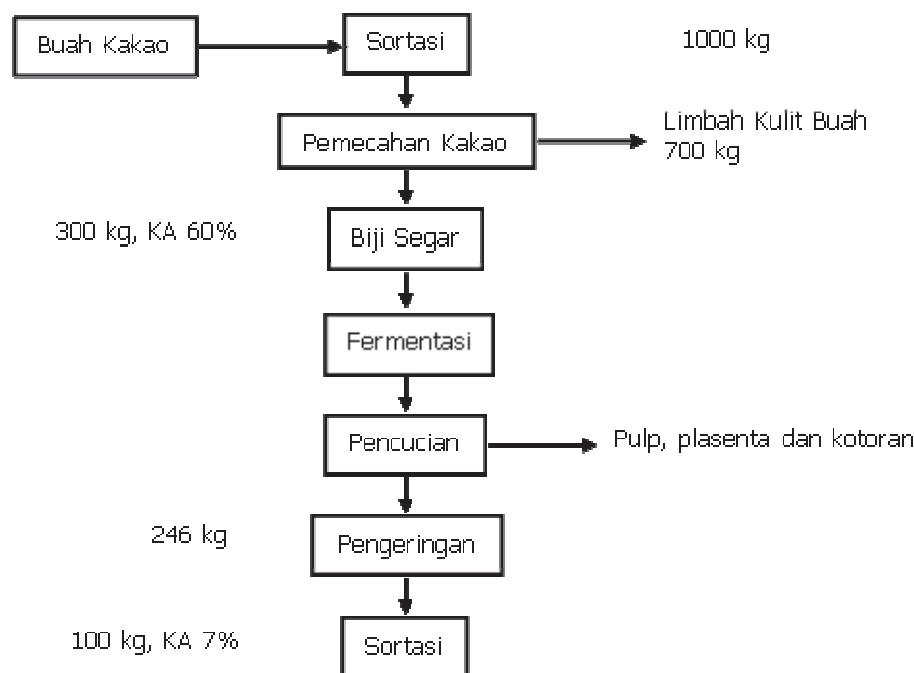
Minyak serai wangi hasil dari penyulingan selain dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam

industri parfum dan kosmetika juga dapat digunakan sebagai pestisida nabati untuk tanaman kakao karena mengandung *citronella*, *geraniol*, *geranyl acetat* dan *citronella acetat* yang aromanya tidak disenangi oleh hama (Sukamto, Djazuli, & Suheryadi, 2014). Hasil penelitian Nurmansyah (2014) menunjukkan keefektifan serai wangi terhadap hama pengisap buah kakao *Helopeltis antonii* sebesar 73,33% dengan dosis 0,1 ml/tabung pada saat 5 hari setelah aplikasi.

INDUSTRI BERBASIS KAKAO

Cokelat merupakan salah satu produk olahan dari kakao yang paling terkenal dan diminati oleh setiap kalangan sehingga sebagian besar produksi buah kakao digunakan dalam industri pengolahan cokelat. Padahal masih banyak produk-produk lainnya yang dapat dihasilkan dari buah kakao tersebut.

Buah kakao segar terdiri dari kulit buah/*pod* sebesar 73,73%, plasenta 2,0% dan biji 24,2%. Buah kakao segar yang dipanen sebanyak 1.000 kg dapat menghasilkan 100 kg biji kakao kering. Biji kakao kering yang diperoleh ini melalui tahapan proses pengolahan primer yang panjang, banyak mengalami kehilangan bobot selama proses berlangsung (Gambar 5).



Gambar 5. Tahapan proses pengolahan primer biji kakao dan kehilangan susut di setiap prosesnya
 Figure 5. The primary stage of cocoa beans processing and its losses in every stage of processing

Biji kering yang diperoleh dapat dijadikan sebagai bahan utama dalam industri makanan (*food*) dan obat-obatan (*pharmaca*). *Pod* kakao yang merupakan limbah dari proses pengolahan kakao primer masih bisa digunakan sebagai bahan utama untuk memperoleh *feed*, *fuel*, dan *fertilizer*. Dengan demikian dapat dikatakan semua bagian dari *pod* kakao ini dapat dimanfaatkan secara optimal sehingga dapat menghasilkan beranekaragam produk olahan.

Djarmiko, Surapto, Sukardi, & Rahardja (1989) mengatakan beberapa penelitian tentang pemanfaatan *pod* kakao telah banyak dihasilkan, antara lain sebagai media pertumbuhan jamur, sumber pektin, pupuk, campuran pakan ternak secara langsung dan silase pakan ternak. Alternatif lain pemanfaatan *pod* kakao adalah sebagai bahan dasar pembuatan biogas.

Pengolahan Biji Kakao Kering

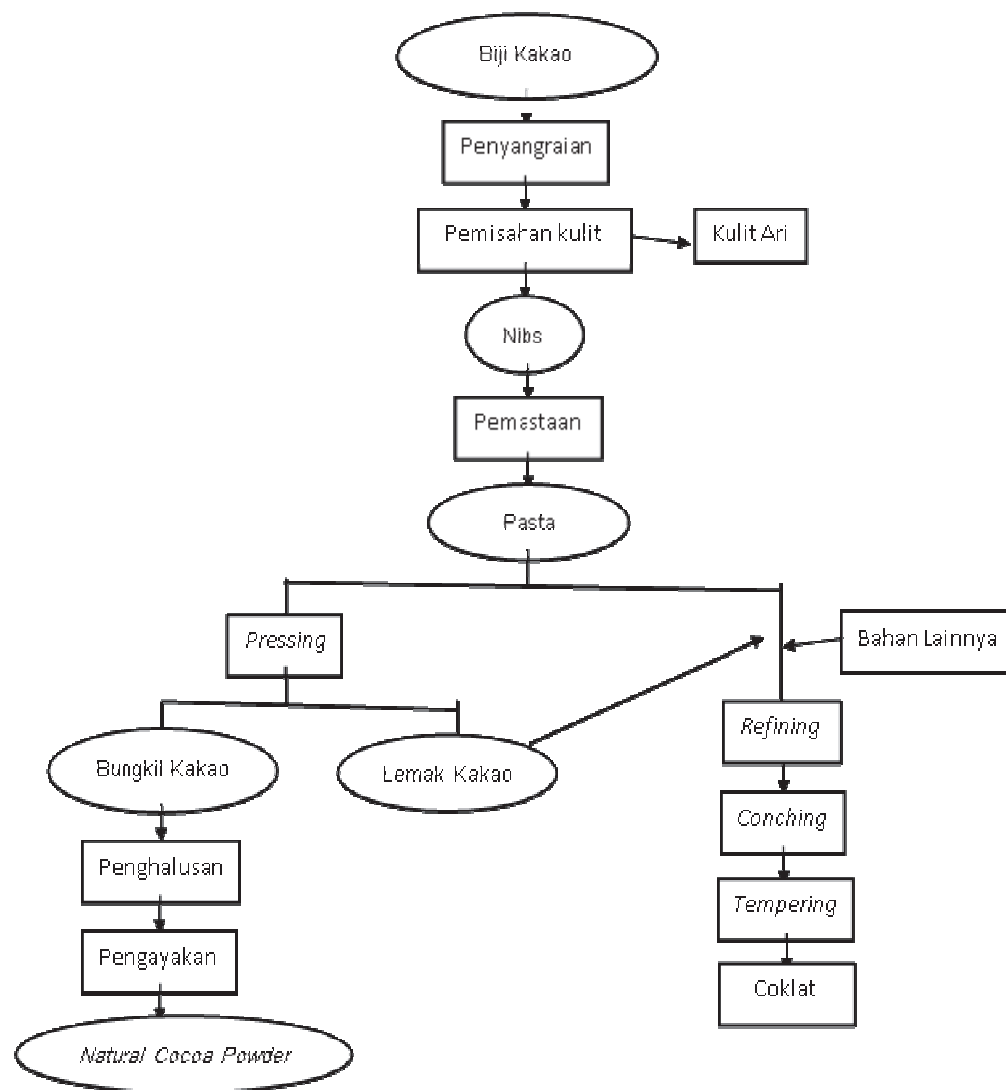
Biji kakao kering yang diperoleh dari proses pengolahan primer di kawasan ATP diolah menjadi produk akhir berupa bubuk kakao dan cokelat. Selama proses pengolahan untuk mendapatkan produk akhir berlangsung, juga dihasilkan produk antara berupa pasta dan lemak kakao yang akan dijadikan sebagai bahan baku utama dalam pembuatan cokelat.

Aini (2011) mengemukakan bahwa produk cokelat dihasilkan melalui tahapan dan proses yang relatif panjang. Biji kakao yang sudah difermentasi selanjutnya melalui beberapa tahap pengolahan, antara lain tahap pengeringan, pembersihan, penyangraian, pemecahan, pemisahan antara lembaga dan kulit biji serta tahap penggilangan. Proses-proses tersebut

menghasilkan *cocoa mass/cocoa liquor*. Proses pengolahan biji kakao kering di Balitri menghasilkan cokelat dan bubuk kakao (Gambar 6).

Pada tahap awal biji kakao kering disangrai untuk meningkatkan rasa, aroma dan warna; memudahkan proses pelepasan kulit ari dari biji dan mengurangi kadar air. Biji kakao yang telah disangrai tersebut kemudian dipisahkan kulit arinya dengan menggunakan *buller* sehingga diperoleh nib. Selanjutnya tahap pemastaan yang bertujuan memperbesar luas permukaan kakao sehingga pada tahap pengempaan akan dihasilkan ekstrak kakao dalam jumlah yang besar. Pasta yang diperoleh ini dijadikan sebagai bahan baku dalam proses pengolahan cokelat dan bubuk kakao.

Untuk memperoleh bubuk kakao, pasta tersebut terlebih dahulu dikempa untuk memisahkan lemaknya. Bubuk kakao yang diperoleh ini bisa digunakan sebagai bahan baku dalam industri pangan dan minuman turunan cokelat. Bubuk kakao tersebut biasa dipakai untuk minuman dan campuran *cake* serta *cookies*. Pemilihan bubuk kakao harus dilakukan dengan cermat untuk menghasilkan produk pangan yang stabil serta sesuai dengan karakteristik yang diinginkan. Bubuk kakao yang berkualitas tinggi diperoleh apabila sekitar 97,5% lolos pada ayakan dengan ukuran 75 µm, mudah mengalir pada saat dituang dan tidak mudah menggumpal (Aini, 2011). Kehalusan pada bubuk kakao akan berpengaruh terhadap *mouthfeel* produk sehingga membuat produk tidak berpasir.



Gambar 6. Tahapan proses pengolahan biji kakao kering menjadi coklat dan bubuk kakao
 Figure 6. The processing stage of dried cocoa beans into chocolate and cocoa powder

Lemak kakao dan pasta kakao yang diperoleh dari proses sebelumnya serta dengan penambahan bahan-bahan lainnya seperti susu, gula halus, dan lesitin dapat digunakan dalam proses pengolahan coklat. Variasi dan kombinasi bahan-bahan utama dalam pembuatan coklat ini akan menghasilkan beraneka ragam produk olahan coklat. Banyaknya jumlah lemak yang ditambahkan dibandingkan dengan bahan lainnya dapat menyebabkan produk akhir dari coklat mudah meleleh. Perbedaan komposisi lemak dengan bahan-bahan tambahan lainnya ini yang menghasilkan beraneka jenis coklat sesuai keinginan konsumen. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa lemak kakao merupakan hal yang terpenting dalam proses pengolahan coklat. Adapun produk olahan pangan berbasis kakao yang terdapat di kawasan ATP Balittri adalah coklat dan bubuk kakao (Gambar 7).

Lemak kakao berpengaruh terhadap mutu rasa (*mouth feel attributes*), *flavor*, tekstur, kenampakan dan sifat kimia lainnya seperti titik leleh. Transisi coklat dari bentuk padat menjadi cair disebut meleleh dengan titik leleh coklat 33,8 °C (DeMan, 1999). Lemak kakao merupakan lemak terbaik untuk produk coklat, tetapi akan mengakibatkan titik leleh coklat menjadi rendah dan harga yang mahal. Semakin tinggi lemak kakao maka produk coklat yang dihasilkan akan semakin enak tetapi semakin cepat meleleh. Rendahnya titik leleh lemak kakao ini akan menghambat proses distribusi coklat yang tinggi di negara-negara iklim tropis. Titik leleh lemak ditentukan oleh komposisi asam lemak dan *triasil gliserol* (Aronhime & Garti, 1988). Lemak kakao kaya akan asam lemak tak jenuh, sedangkan asam lemak jenuh sangat berperan meningkatkan titik leleh (Misnawi, 2008).



Gambar 7. Produk cokelat dan bubuk kakao yang telah diproduksi di Balittri
Figure 7. Chocolate and cocoa powder that produce on IIBCRI

Lemak kakao yang diperoleh dari hasil pengempaan pasta tidak hanya dapat dimanfaatkan dalam industri pengolahan pangan tetapi juga bisa digunakan dalam industri kosmetika (bahan baku dalam pembuatan sabun, sampo, kosmetika dan lain sebagainya) serta dalam industri biofarmasi karena mengandung asam lemak tidak jenuh sehingga dapat mengurangi kadar lemak dalam darah.

Kailaku (2014) mengatakan lemak kakao juga umum dimanfaatkan dalam pembuatan sabun. Lemak kakao berwarna kuning gading atau putih kekuningan dan memiliki aroma khas cokelat. Walaupun harganya cukup mahal, lemak kakao disukai karena memiliki manfaat yang bagus sebagai pelembab dan melembutkan kulit, serta mengandung vitamin E, tokoferol dan polifenol sebagai antioksidan. Lemak kakao juga dapat membantu mengeraskan sabun dan menunda proses ketengikan. Untuk menghasilkan sabun, lemak direaksikan dengan basa campuran NaOH dan KOH. Penggunaan NaOH saja akan menghasilkan sabun yang terlalu basa (pH tinggi) sehingga berpotensi iritasi pada kulit, sedangkan bila hanya menggunakan KOH akan menghasilkan sabun yang terlalu lunak.

Pengolahan Kulit Buah Kakao

Siregar *et al.* (2010) mengatakan kulit buah kakao dapat dimanfaatkan sebagai campuran bahan makanan ternak, karena mempunyai kandungan protein sebesar 20,4%. Di samping itu, kulit buah kakao juga dapat meningkatkan jumlah hara apabila ditanamkan ke dalam tanah. Kulit buah kakao merupakan limbah perkebunan kakao yang sangat potensial dan mempunyai nilai produktif yang bisa dikembangkan bahkan di tingkat petani. Kulit buah kakao merupakan limbah lignoselulosa yang mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa sehingga sesuai sebagai bahan baku dalam pengolahan produk yang bernilai ekonomi seperti pektin dan biogas.

Pektin adalah suatu komponen serat yang terdapat pada lapisan lamella tengah dan dinding sel primer pada tanaman (Sirotek, Slovakova, Kopečný, & Marounek, 2004). Menurut Hoejgaard (2004), pektin merupakan asam poligalakturonat yang

mengandung metil ester. Pektin merupakan bahan pangan fungsional bernilai tinggi yang berguna secara luas dalam pembentukan gel dan bahan penstabil pada sari buah, bahan pembuatan *jelly*, selai dan *marmalade* (Willat, Knox, & Mikkelsen, 2006). Konsentrasi pektin berpengaruh terhadap pembentukan gel dengan tingkat kekenyalan dan kekuatan tertentu (Chang & Miyamoto, 2006). Pektin secara luas berguna sebagai bahan tekstur dan pengental dalam makanan (Goycoolea & Cardenas, 2003).

Nilai ekonomi yang dimiliki pektin cukup tinggi. Harga eceran tepung pektin berkisar antara Rp200.000-Rp300.000 per kg. Pada tahun 2000 Indonesia mengimpor pektin sebanyak 75.193 kg dengan nilai sebesar US\$ 663.119 dan terjadi peningkatan pada tahun 2004 sebanyak 114.149 kg dengan nilai sebesar US\$ 851.721 (BPS, 2001 *cited in* Budiyanto & Yulianingsih, 2008). Dengan harga jual tersebut menjadikan teknologi pengolahan pektin dari *pod* kakao bisa dikembangkan. Pektin yang dihasilkan ini dapat digunakan di berbagai industri pangan ataupun industri biofarmasi sebagai bahan pengikat ataupun pengisi dalam proses pembuatan obat-obatan ataupun serum.

Pod kakao juga bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan biogas dengan berbagai keuntungan, seperti: sanitasi lingkungan yang lebih baik, serta menghasilkan energi yang bersih dan murah yang dapat digunakan untuk berbagai keperluan termasuk untuk proses pengolahan cokelat. Selain itu residu yang dihasilkan dari proses pembuatan biogas ini dapat digunakan sebagai pupuk yang lebih baik nilainya jika dibandingkan dengan *pod* kakao segar yang ditimbun (Rohim, 1991).

Prihandini & Purwanto (2007) menyebutkan bahan dari sisa proses biogas yang berupa cairan kental (*sludge*) dapat dijadikan sebagai pupuk organik. *Sludge* biogas mengandung rasio C/N sekitar 15 apabila proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme secara anaerob sudah melewati *hidrolic retention time*/HRT. C/N dari *sludge* biogas disertai dengan kandungan unsur makro dan mikro layaknya pupuk kandang menyebabkan *sludge* biogas dapat dimanfaatkan untuk pemupukan.

Suatu kawasan pertanian terpadu antara peternakan dan perkebunan pasti menghasilkan limbah, di samping hasil utamanya. Limbah ternak yang meliputi limbah padat dan limbah cair seperti feses, urin, sisa makanan, embrio, kulit telur, lemak, darah, bulu, kuku, tulang, tanduk, dan isi rumen tersebut dapat digunakan sebagai mikroba pengurai dalam proses memperoleh biogas. Hal ini sesuai dengan pernyataan Luo & Angelidaki (2012) bahwa pemanfaatan hasil samping produk peternakan dan perkebunan salah satunya adalah sebagai biogas. Biogas merupakan kombinasi dari beberapa macam gas yang mudah terbakar. Biogas dihasilkan akibat proses digesti yang dilakukan mikroorganisme antara lain bakteri metanogenesis terhadap bahan organik. Biogas lebih ringan 20% dari udara dan temperatur untuk mengaktifkannya sekitar 650-750 °C. Biogas tidak berbau dan tidak berwarna, nyala apinya jernih dan berwarna biru sama seperti gas propan.

Pada prinsipnya teknologi biogas berupa teknologi yang memanfaatkan fermentasi bahan organik oleh bakteri anaerob yang menghasilkan gas metana. Gas metana yang dihasilkan kemudian dapat dibakar sehingga dapat menghasilkan panas.

Bangunan utama dari instalasi biogas adalah *digester*, yang berfungsi untuk menampung gas metan hasil perombakan bahan organik oleh bakteri. Jenis digester yang paling banyak digunakan adalah model *continuous feeding* dimana pengisian bahan organiknya dilakukan secara kontinyu setiap hari. Lokasi yang akan dibangun sebaiknya dekat dengan kandang sehingga kotoran ternak dapat langsung disalurkan ke dalam digester. Satu m³ biogas setara dengan: 0,46 kg LPG, 0,62 liter minyak tanah, 0,52 liter minyak solar, 0,80 liter bensin atau 3,50 kg kayu bakar (Simamora, Salundik, Wahyuni, & Surajudin, 2006).

Rohim (1994) telah memanfaatkan pod kakao untuk menghasilkan biogas dengan menggunakan bantuan kotoran sapi segar sebagai mikroba pengurai. Efisiensi produksi biogas tertinggi diperoleh pada kadar substrat sebesar 2,50%, yaitu sebesar 94,86%. Satu ton pod kakao segar menghasilkan 90.845 m³ biogas yang setara dengan $\pm$ 63,34 kg minyak tanah atau 5000-10000 watt arus listrik selama 7 jam, atau 90.845 Hp tenaga gerak selama 2 jam.

Tabel 1. Komposisi kimiawi kulit biji kakao dan nib
Table 1. The chemical composition of cacao shell and nib

Komponen	Kulit biji (%)	Nib (%)
Air	3,80	2,10
Lemak	3,40	54,70
Abu	8,10	2,70
Nitrogen		
- nitrogen total	2,80	2,20
- nitrogen protein	2,10	1,30
- theobromin	1,30	1,40
- protein	-	-
- kafein	0,10	0,07
Karbohidrat		
- glukosa	0,10	0,10
- sukrosa	-	-
- pati	-	6,10
- pektin	8,00	4,10
- serat kasar	18,60	2,10
- selulosa	13,70	1,90
- pentosan	7,10	1,20
- mucilage/gum	9,00	1,80
Tannin		
- asam tanin	1,30	2,00
- kakao <i>purple/</i> kakao <i>brown</i>	2,00	4,20
Asam organik		
- asetat	0,10	0,10
- sitrat	0,70	-
- oksalat	0,30	0,30

Sumber: Minifie (1984)

Source: Minifie (1984)

Pengolahan Kulit Ari Biji Kakao

Kulit ari biji kakao merupakan salah satu hasil samping dari kakao yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak. Kulit ari diperoleh dari proses pengelupasan biji kakao untuk menghasilkan nib. Kandungan kimia yang terkandung dalam kulit ari dan nib kakao dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari data yang tersajikan di Tabel 1 dapat dilihat bahwa kulit ari kakao tidak hanya mengandung serat tinggi tetapi juga mengandung nutrisi lengkap sehingga sangat sesuai untuk dijadikan sebagai pakan ternak. Di Balittri telah dihasilkan pakan ternak dari kulit ari kakao berupa *Feed from Cocoa* yang dikenal dengan nama Fedco dan *Feed from Trichoderma and Cocoa* yang disebut dengan Petrico.

Fedco dan Petrico ini dijadikan sebagai campuran pakan ternak bagi sapi dan domba yang berada di kawasan ATP Balittri. Kotoran yang dihasilkan ternak tersebut kembali digunakan sebagai mikroba pengurai yang digunakan pada proses pembuatan biogas, sementara biogas yang dihasilkan dapat digunakan dalam proses pengolahan biji kakao kering, yaitu pada saat pengeringan mekanis ataupun pada saat penyangraian.

PENUTUP

Kawasan *agrotechno park* berbasis kakao di Balittri berpeluang untuk dikembangkan karena memiliki beberapa keunggulan diantaranya: lahan dengan lokasi yang strategis, sumber daya yang handal dan infrastruktur pendukung lainnya sehingga fungsinya sebagai suatu kawasan penerapan teknologi inovatif tepat guna berbasis nilai tambah nir limbah atau konsep *zero waste* dapat tercapai. Hal ini dianggap penting karena kawasan *agrotechno park* berbasis kakao ini dapat dijadikan sebagai kawasan percontohan bagi perkebunan rakyat sehingga dapat meningkatkan nilai tambah bagi perkebunan kakao serta peningkatan pendapatan petani dari produk-produk yang dihasilkan dan berpeluang cukup besar untuk dijadikan sebagai objek wisata agro unggulan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, N. (2011). Lebih dekat dengan cokelat. *Kulinologi Indonesia*, III(02). Retrieved from www.kulinologi.biz.
- Anugerah, P.R. (2014). Agar bio industri zero waste. *Majalah Sains Indonesia Februari* vol. 26. Retrieved from <http://www.litbang.pertanian.go.id/artikel/one/332/>.
- Aronhime, J. C., & Garti, N. (1988). *Solidification and polymorphism in cocoa butter & the blooming problem crystallization and polymorphism of fat and fatty acids*. New York: Mercel dekker, Inc.
- Budiyanto, A., & Yulianingsih. (2008). Pengaruh suhu dan waktu ekstraksi terhadap karakter pektin dari ampas jeruk siam (*Citrus nobilis* L.). *J. pascapanen*, 5(2), 37-44.
- Chang, K.C., & Miyamoto, A. (2006). Gelling characteristics of pectin from sunflower head residues. *Food Science*, 57, 1435-1438. doi: 10.1111/j.1365-2621.1992.tb06877.x.
- DeMan, J. M. (1999). *Principles of food chemistry*, (3rd ed). Gaithersburg: Aspen Publishers Inc.
- Djatmiko, B., Surapto, H., Sukardi, & Rahardja, S. (1989). *Studi kelayakan pemanfaatan pod cacao sebagai bahan baku silase di PTP XXIII*. Kerjasama PTP XXIII, Surabaya dengan Laboratorium Pengawasan Mutu Fateta IPB, Bogor.
- Goycoolea, F.M., & Cardenas, A. (2003). Pectins from *Opuntia* spp.: A short review. *J. PACD*, 17-29.
- Hoejgaard, S. (2004). Pektin chemistry, functionality, and applications. Retrieved from <http://www.cpkelco.com/Ptalk/ptalk.htm>.
- International Cocoa Organization. (2014). International Cocoa Organization Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics, Vol. XL, No. 4, Cocoa year 2013/2014 (Published: 28-11-2014). http://www.icco.org/about-us/international-cocoa-agreements/cat_view/30-related-documents/46-statistics-production.html.
- Kailaku, S.I. (2014). Teknologi pengolahan sabun transparan skala rumah tangga. *Warta penelitian dan pengembangan pertanian*.
- Kementerian Pertanian. (2013). *Strategi induk pembangunan pertanian 2013-2045. Presented at Sidang Kabinet Terbatas di Jakarta, April 2013*.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. (2014). Identifikasi pengembangan kawasan berbasis teknologi. Retrieved from <http://regionalinvestmet.com/newsipid/userfiles/ppi/IDENTIFIKASI%20PENGEMBANGAN%20KAWASAN%20BERBASIS%20TEKNOLOGI%20TAHUN%202014.pdf>.
- Lou, G., & Angelidaki, I. (2012). Integrated biogas upgrading and hydrogen utilization in an anaerobic reactor containing enriched hydrogenotrophic methanogenic culture. *Biotechnology and bioengineering*. doi: 10.1002/bit.24557.
- Minifie, B.W. (1984). Chocolate, cocoa and confectionary. Science and Technology, 2nd edition. London: VA Churcil 104.
- Misnawi. (2008). Physico-chemical changes during cocoa fermentation and key enzymes involved. *Review Penelitian Kopi dan Kakao*, 24(1), 47-64.

-
-
- Mulato, S., Suharyanto, E., & Firmanto, H. (2012). *Kawasan tekno-agro pengembangan produk berbasis kopi dan kakao*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Nurmansyah. (2011). Efektivitas serai wangi terhadap hama pengisap buah kakao *Helopeltis antonii*. *Bul. Littro.*, 22(2), (205-24).
- Prihandini, P.W., & Purwanto, T. (2007). *Petunjuk teknis pembuatan kompos berbahan kotoran sapi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Balitbangtan-Deptan.
- Rahman, F., & Bagio, T.H. (2013). *Sistem informasi inventory dengan menggunakan metode first in first out (FIFO)*. Retrieved from <http://ejournal.narotama.ac.id/files/04203119%20FAISAL%20RAHMAN%20M.pdf>.
- Rohim, A. (1994). *Pengaruh kadar substrat pada perombakan pod kakao secara anaerobik untuk pembentukan biogas* (Skripsi, Fateta-IPB, Bogor).
- Rubiyo. (2012). Strategi peningkatan produktivitas kakao dengan bahan tanam unggul. *Infotek Perkebunan*, 4(10).
- Simamora, S., Salundik, S., Wahyuni., & Surajudin. (2006). *Membuat biogas pengganti bahan bakar minyak dan gas dari kotoran ternak*. Agromedia Pustaka.
- Siregar, T.H.S., Riyadi, S., & Nuraeni, L. (2010). *Budidaya cokelat*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sirotek, K., Slovakova, L., Kopečný, J., & Marounek, M. (2004). Fermentation of pectin and glucose, and activity of pectin degrading enzymes in the rabbit caecal bacterium *Bacteroides caccae*. *Letters in Applied Microbiology*, 38, 327–332.
- Sukamto, Djazuli, M., & Suheryadi, D. (2011). Seraiwangi (*Cymbopogon nardus* L) sebagai penghasil minyak atsiri, tanaman konservasi dan pakan ternak. In *Prosiding Seminar Inovasi Perkebunan*. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Retrieved from http://perkebunan.litbang.deptan.go.id/wpcontent/uploads/2012/04/perkebunan_prosdENIP11_MP_Sukamto2.pdf.
- Willat, W.G.T., Knox, J.P., & Mikkelsen, J.D. (2006). Pectin : new insights into on old polymer are starting to gel. *Trends in Food Science and Technology*, 17, 97–1004.
- Winarno, F.G., & Surono. (2002). *GMP cara pengolahan pangan yang baik*. Jakarta: M-Brio Press.

MANAJEMEN PROTEKSI TANAMAN DAN LINGKUNGAN

TEKNOLOGI PENGENDALIAN RAMAH LINGKUNGAN PENGGEREK BUAH KAKAO (*Conopomorpha cramerella* Snell.)

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY TECHNOLOGY CONTROL OF COCOA POD BORERS (*Conopomorpha cramerella* Snell.)

Samsudin

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

samsudin.afaqih@gmail.com

ABSTRAK

Penggerek buah kakao (PBK) *Conopomorpha cramerella* (Snellen) merupakan hama utama pada tanaman kakao di Indonesia. Persentase serangan hama ini rata-rata dapat mencapai lebih dari 90%, yang mengakibatkan kehilangan hasil mencapai 64,9%–82,2%. Serangan hama ini sangat khas dan sulit dideteksi karena imago betina meletakkan telur pada buah kakao yang masih muda dan gejala baru terlihat pada saat buah siap dipanen. Telur diletakkan pada permukaan buah kakao, kemudian menetas dan larva instar ke-1 menggerek kulit buah masuk ke dalam buah. Larva hidup di dalam buah sehingga sulit untuk dikendalikan. Upaya pengendalian hama ini harus dilakukan secara terpadu berbasis pemahaman terhadap bioekologi dan teknologi budidaya kakao yang baik. Pengendalian terpadu PBK meliputi: penanaman atau sambung samping dengan klon tahan PBK, pemupukan berimbang, pemangkasan secara periodik, pemanenan, sanitasi kebun, penjarangan buah muda, memelihara semut hitam, penyemprotan dengan pestisida nabati, dan penggunaan jamur entomopatogen.

Kata kunci: Kakao, bioekologi, *Conopomorpha cramerella*, PBK, pengendalian terpadu

ABSTRACT

Cocoa pod borer (CPB) Conopomorpha cramerella (Snellen) is one of the major pest of cocoa in Indonesia. The percentage of CPB attacks can reach more than 90%, which resulted in loss of yield at about 64.9% to 82.2%. This pest was very distinctive and difficult to detect due to the imago female lays their eggs on the young cocoa pods and the symptoms will appear when the pods was ready to harvest. The eggs are laid on the surface of cocoa pods husk, which then hatch and the first instar larvae were penetrate into the pods. This larvae live inside the pods that makes difficult to control. This pest control efforts should be integrated based on the understanding of its bioecology and the cocoa cultivation technologies. Integrated control of CPB include: planting or side grafting using resistant clones to CPB, balanced fertilization, pruning periodically, frequent harvesting, field sanitation, young pod sleeving, maintaining of black ants, spraying using botanical pesticides and the use of entomopathogenic fungi.

Keywords: Cocoa, bioecology, *Conopomorpha cramerella*, CPB, integrated control

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas yang mempunyai peran penting dalam perekonomian Indonesia. Pada tahun 2002, Indonesia pernah menempatkan diri sebagai produsen kakao terbesar kedua dunia setelah Pantai Gading, tetapi kemudian tergeser oleh Ghana menjadi urutan ketiga sejak tahun 2003 sampai sekarang. Salah satu penyebab turunnya produksi dan produktivitas kakao nasional disebabkan serangan hama penggerek buah kakao (PBK) *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae) (Goenadi, Baon, Herman, & Purwoto, 2005; Sulistyowati & Wiryadiputra, 2007; Valenzuela, Purung, Roush, & Hamilton, 2014). Rata-rata persentase serangan PBK di sentra produksi kakao nasional mencapai lebih dari 90% (Sulistyowati, Mufrihati, & Wardani, 2007) sehingga menyebabkan kehilangan hasil 64,9%–82,2% (Wardojo, 1980; Goenadi *et al.*, 2005).

Pengendalian hama PBK sangat mahal dan sulit apabila larva telah menyerang buah, sebab sejak

telur menetas menjadi larva langsung masuk dan berkembang di dalam buah kakao (Wardojo, 1980; 1984; Depparaba, 2002). Selama ini petani kakao umumnya menggunakan insektisida kimia sintetis. Hasil penelitian Sulistyowati *et al.* (2007) menunjukkan penggunaan insektisida berbahan aktif ganda sipermetrin dan klorpirifos pada buah kakao dengan panjang < 9 cm mampu mematisasi 56,3%–71,5 % larva dan menekan kehilangan hasil sebesar 75,9%–88,9% dibandingkan kontrol. Akan tetapi telah diketahui bahwa pengendalian dengan menggunakan pestisida kimia sintetis terbukti dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, antara lain: meninggalkan residu pada hasil, pencemaran lingkungan, dan mengakibatkan ketidakseimbangan pada ekosistem di lahan perkebunan.

Upaya pengendalian hama dan penyakit tanaman dalam sistem pertanian bioindustri yang sedang dikembangkan oleh pemerintah saat ini, menuntut untuk memanfaatkan seluruh sumberdaya hayati yang ada dalam suatu ekosistem secara harmonis. Dasar dari sistem pertanian bioindustri tersebut adalah siklus biologi (*biocycling*) untuk

menjaga kelestarian alam. Maka, upaya pengendalian PBK harus dilakukan secara terintegrasi menggunakan beberapa teknologi pengendalian yang ramah lingkungan dengan tetap mempertimbangkan aspek sosial dan ekonomi. Tulisan ini menguraikan tentang bioekologi hama penggerek buah kakao, status teknologi pengendalian hama tersebut yang ramah lingkungan, dan implementasi pengendaliannya secara terpadu.

BIOEKOLOGI PENGGEREK BUAH KAKAO DAN GEJALA KERUSAKANNYA

Bioekologi Penggerek Buah Kakao (PBK)

Hama penggerek buah kakao (PBK) *Conopomorpha cramerella* (Snellen) termasuk dalam ordo Lepidoptera dan famili Gracillariidae yang merupakan serangga berukuran kecil. Serangga dewasa (imago) dari *C. cramerella* berupa ngengat (*moth*) dengan ukuran panjang ± 7 mm dan rentangan sayap 12 mm. Ngengat berwarna cokelat dengan pola zig-zag berwarna putih sepanjang sayap depan. Ukuran antenna lebih panjang dari tubuhnya dan mengarah ke belakang. Imago aktif terbang pada malam hari dan meletakkan telurnya antara pukul 18.00–07.00. Imago akan melakukan kopulasi pada pagi hari sebelum matahari terbit antara pukul 04.00–05.00. Pada siang hari imago bersembunyi pada tempat yang terlindung dari sinar matahari, umumnya pada cabang-cabang horizontal. Imago betina meletakkan telur hanya pada permukaan buah kakao. Lama hidup imago betina rata-rata 7 hari dan setiap betina mampu menghasilkan telur sebanyak 100–200 butir. Umumnya imago betina lebih memilih meletakkan telur pada buah yang berukuran sekitar 11 cm atau berumur 75 hari (Wiryadiputra, 1996; Sulistyowati, Yohanes, & Mufrihati, 2002; Sulistyowati, 2003).

Telur *C. cramerella* berbentuk oval dengan panjang 0,45–0,50 mm, lebar 0,25–0,30 mm, berwarna orange, dan waktu stadium telur antara 2–7 hari

(Sulistyowati & Wiryadiputra, 1997; Sjafaruddin, 1997; Deppraba, 2002). Larva instar pertama berwarna putih transparan dengan panjang ± 1 mm. Larva langsung menggerek ke dalam buah dengan memakan kulit buah, daging buah, dan saluran makanan ke biji (*placenta*). Lama stadium larva 14–18 hari yang terdiri atas 4–6 instar (Ooi *et al.*, 1987), dan pada pertumbuhannya maksimal bisa mencapai panjang 12 mm dengan warna putih sampai hijau muda (Gambar 1). Larva berganti kulit sebanyak 4 kali dalam waktu 14–18 hari di dalam buah kakao (Sjafaruddin, 1997). Dengan demikian, *C. cramerella* dapat menyelesaikan siklus hidupnya di dalam buah sebelum buah dipanen. Bahkan menurut Suparno (2000) setiap buah kakao dapat menunjang kehidupan *C. cramerella* dari satu sampai tiga generasi.

Berdasarkan perhitungan Samsudin (2012) dengan potensi menghasilkan telur setiap serangga betina adalah antara 100–200 butir dan siklus hidup rata-rata 1 bulan per generasi sebagaimana hasil penelitian Wiryadiputra (1996), maka dalam satu tahun secara teoritis akan dihasilkan 1.200–2.400 ekor larva, hanya dari sepasang PBK. Kondisi ini juga didukung oleh faktor tanaman inang yaitu kakao yang berbuah sepanjang musim, sehingga siklus hidup PBK ini akan terus berlanjut di lahan pertanaman kakao. Oleh karena itu, upaya untuk memutus siklus hidup PBK ini, seperti panen sering, sanitasi buah terserang dan pemanfaatan perangkap imago, merupakan teknologi pengendalian yang sangat efektif.

Menjelang berpupa, larva instar akhir akan membuat lubang keluar yang cukup besar dengan diameter sekitar 1 mm pada kulit buah, sehingga mudah untuk dilihat dengan mata telanjang (Gambar 2). Larva yang menjelang menjadi pupa mulai keluar dari buah pada pukul 18.00, puncaknya pada pukul 20.00–22.00, dan tidak ditemukan larva keluar setelah pukul 08.00 pagi (Lim, 1992).



Gambar 1. Larva *C. cramerella* instar akhir yang berukuran kurang dari 1 cm
Figure 1. The late-instar of *C. cramerella* larvae with size less than 1 cm



Gambar 2. Lubang keluar larva instar akhir pada kulit buah kakao
 Figure 2. Hole out of late-instar larvae on the surface of cocoa pods husk

Sebelum menjadi pupa, larva instar akhir akan membuat kokon terlebih dahulu. Pupa biasanya melekat pada buah, daun, serasah kakao, cabang, ranting, kotak atau karung tempat buah, bahkan kendaraan yang digunakan untuk mengangkut hasil panen (Wardojo, 1980; Lim, 1992). Tempat yang lebih disukai untuk pupasi *C. cramerella* adalah daun-daun kering yang terdapat di atas permukaan tanah (68%), buah (26%), batang (5%) serta cabang dan ranting pohon kakao (1%). Kokon dari pupa berbentuk oval berwarna putih kekuningan, pupa berwarna cokelat, lama stadium pupa 5–8 hari (Lim, 1992). Siklus hidup *C. cramerella* memerlukan waktu selama 35–45 hari dari telur sampai menjadi imago. (Hase, 2009)

Selain menyerang tanaman kakao, tanaman yang menjadi inang alternatif dari *C. cramerella* adalah rambutan (*Nephelium lappaceum* L.), mangga (*Mangifera indica* L.), serikaya (*Anona squamosa* L.), belimbing (*Averhoa carambola* L.), duku atau langsung (*Lansium domesticum* L.), nangka (*Artocarpus integra* Merr.), jeruk (*Citrus sinensis* L.) (Zehnter, 1904), kola (*Cola nitida*), nam-nam (*Cynometra cauliflora*) (Roepke, 1917), kasai (*Pometia pinnata*), pulasan (*Nephelium mutabile*) (Ooi, 1986), dan mata kucing (*Nephelium malaiense*) (Depparaba, 2002).

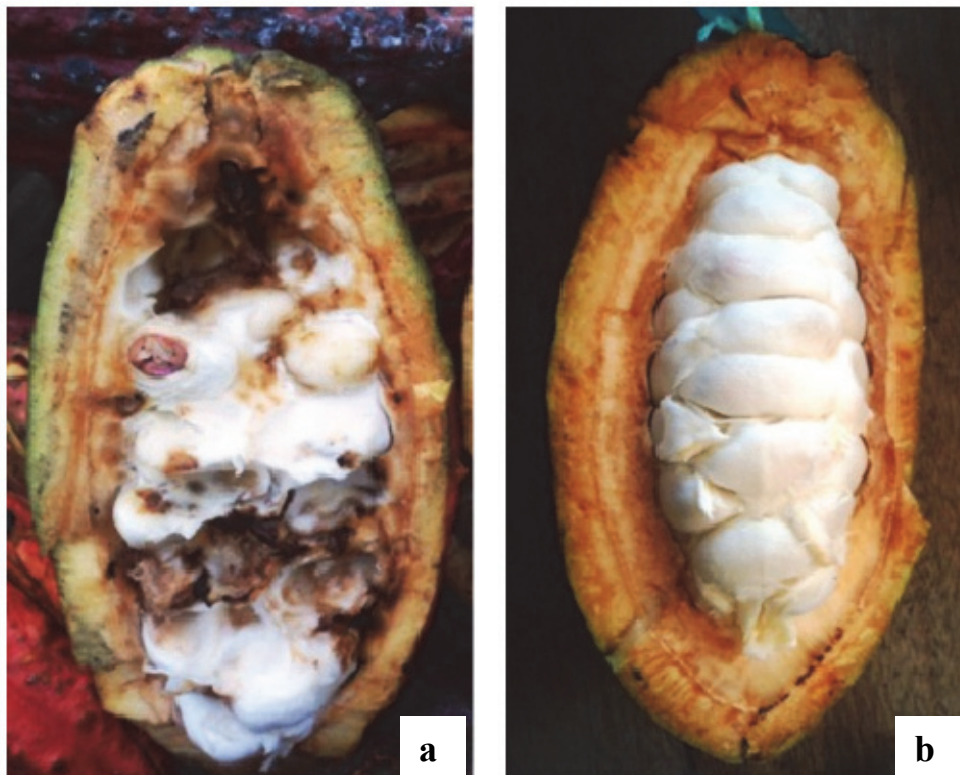
Gejala Kerusakan Akibat Serangan PBK

C. cramerella statusnya akan menjadi hama apabila imago betina meletakkan telur pada buah kakao muda dengan panjang antara 8–15 cm. Menurut pengamatan Wardojo (1994), buah kakao yang berukuran 5–7 cm dan yang sangat muda jarang terserang PBK. Apabila buah dengan ukuran tersebut terserang, umumnya larva akan mati atau tidak berkembang dengan baik. Sebaliknya, jika imago betina meletakkan telurnya pada buah yang

berukuran lebih dari 15 cm atau berumur lebih dari 120 hari, umumnya tidak menimbulkan kerusakan di dalam buah. Hal ini karena pada saat itu buah telah memasuki masa pematangan dan buah sudah dapat dipanen ketika larva belum mencapai biji.

Larva yang baru menetas langsung menggerek buah dan memakan bagian buah yang lunak di antara biji di bawah kulit buah dan saluran makanan ke biji (*placenta*), tetapi tidak memakan biji. Menurut Wardoyo (1994), kerusakan pada pulp mengakibatkan biji saling melekat satu sama lainnya dan ada yang melekat pada dinding buah. Lim (1992) menyatakan bahwa serangan pada buah bagian anterior akan menyebabkan kerusakan lebih serius terhadap perkembangan biji atau bahkan menyebabkan buah membusuk. Hal itu disebabkan karena terjadinya pelukaan pada jaringan translokatori yang dapat memutus aliran makanan yang menuju biji. Tetapi, jika serangan terjadi saat buah dalam proses pematangan dan biji telah terbentuk sempurna, maka serangan larva ini tidak akan mempengaruhi hasil, meskipun tetap dapat mempengaruhi mutu biji (Gambar 3).

Gejala serangan PBK baru akan tampak dari luar setelah buah matang dan siap dipanen. Sulistyowati (1997) menyatakan bahwa buah kakao yang terserang PBK umumnya menunjukkan gejala masak lebih awal, yaitu belang kuning hijau atau kuning jingga (Gambar 4). Buah kakao yang terserang menjadi lebih berat dan bila diguncang tidak terdengar suara ketukan antara biji dengan dinding buah. Hal ini terjadi karena timbulnya lendir dan kotoran pada daging buah dan rusaknya biji-biji di dalam buah.



Gambar 3. (a) Gejala serangan PBK pada buah kakao dan (b) buah sehat
Figure 3. (a) Symptoms of CPB on infected cocoa pods and (b) healthy pod



Gambar 4. (a) Buah terserang PBK dan (b) buah sehat
Figure 4. (a) Cocoa pod attacked by CPB and (b) healthy pod

Metode Pengukuran Serangan Hama PBK

Untuk mengukur tingkat kerusakan dan kehilangan hasil akibat serangan PBK pada buah kakao, dilakukan perhitungan terhadap persentase serangan (PS), intensitas serangan (IS) dan persentase kehilangan hasil (Y). Persentase serangan (PS) menunjukkan kuantitas buah yang terserang PBK diantara total buah yang dipanen, dan dapat dilihat dari gejala luarnya. PS ini dihitung dengan menggunakan rumus:

$$PS = [(a)/(a+b)] \times 100 \%$$

Keterangan :

PS = persentase buah kakao yang terserang PBK

a = jumlah buah kakao terserang PBK

b = jumlah buah kakao sehat

Intensitas serangan (IS) adalah suatu besaran yang menggambarkan tingkat kerusakan buah. Pengukuran intensitas serangan PBK menggunakan 4 kategori berdasarkan banyaknya biji lengket pada setiap buah yang diamati, yaitu sehat, ringan (R), sedang (S), dan berat (B) seperti tercantum dalam Tabel 1. (Sulistyowati *et al* , 2007). Penghitungan intensitas serangan PBK digunakan rumus:

$$IS = [(1R + 3S + 9B)] / AT$$

Keterangan:

IS = intensitas serangan

R = jumlah buah terserang ringan

S = jumlah buah terserang sedang

B = jumlah buah terserang berat

A = nilai pembobot tertinggi

T = jumlah buah diamati

Tabel 1. Kategori tingkat kerusakan buah akibat serangan PBK

Table 1. The categories of pod damage levels caused by CPB disease

Kategori tingkat kerusakan buah	Kriteria biji lengket	Nilai pembobot
Bebas	Semua biji kakao mudah dikeluarkan dari kulit buah, antar biji tidak lengket	0
Ringan	Semua biji dapat dikeluarkan dari kulit, biji tidak terlalu lengket (biji lengket <10%).	1
Sedang	Biji saling lengket tetapi masih dapat dikeluarkan dari kulit buah (biji lengket 10%-50%).	3
Berat	Biji saling lengket dan tidak dapat dikeluarkan dari kulit buah (biji lengket >50%)	9

Sumber: Sulistyowati *et al.* (2007)

Source : Sulistyowati *et al.* (2007)

Persentase kehilangan hasil (Y) pada kakao adalah perbandingan antara jumlah biji kakao yang tidak dapat dipanen dengan jumlah biji total, dinyatakan dalam satuan persen (Sulistyowati & Junianto, 1995). Persentase kehilangan hasil dihitung berdasarkan persamaan intensitas serangan yang dikemukakan oleh Wardani, Winarno & Sulistyowati (1997):

$$Y = -0,0210 + 0,1005 X$$

Keterangan :

Y = kehilangan hasil

X = nilai intensitas serangan PBK

TEKNOLOGI PENGENDALIAN PBK RAMAH LINGKUNGAN

Penggunaan Tanaman Resisten

Pengendalian hama yang hidup dalam jaringan tanaman seperti PBK ini sangat sulit untuk dilakukan. Upaya yang dinilai paling efisien dan ekonomis adalah pengendalian dengan tanaman resisten. Menurut Wiryadiputra (1996) beberapa keuntungan menggunakan varietas resisten dalam pengendalian hama antara lain: (1) mengendalikan populasi hama tetap di bawah ambang kerusakan dalam waktu yang cukup lama, (2) tidak berdampak negatif pada lingkungan, (3) tidak membutuhkan alat dan teknik aplikasi tertentu, dan (4) tidak membutuhkan biaya tambahan lain. Samsudin (2014) menyatakan bahwa keuntungan dari penggunaan tanaman resisten terhadap hama dan penyakit antara lain akan dapat membantu mempertahankan keanekaragaman hayati dan secara teknis kompatibel untuk dikombinasikan dengan hampir semua teknik pengendalian.

Kendala yang dihadapi dalam program pemuliaan ketahanan PBK selama ini adalah adanya keterbatasan sumber materi genetik sifat ketahanan PBK (Susilo, Mangoendidjojo, Witjaksana, Sulistyowati & Mawardi, 2009). Klon kakao tahan PBK selama ini didapatkan melalui eksplorasi dan seleksi buah kakao berdasarkan morfologi dan anatomi buah. Menurut Tjatjo, Baharuddin, & Asrul (2008), umumnya pada kulit buah yang kasar terdapat lebih banyak kerusakan yang ditimbulkan oleh PBK dibandingkan kulit yang halus. Hal itu diduga karena struktur permukaan kulit buah kakao yang halus kurang disukai oleh imago betina untuk meletakkan telur sehingga kurang dipilih untuk oviposisi. Hasil penelitian Limbongan (2012) menunjukkan bahwa karakter morfologis klon harapan tahan PBK antara lain: bentuk buah elips dan oblong, kulit buah tebal dan permukaan halus, konstruksi buah tidak berlekuk, dan apeks buah tumpul. Sedangkan karakter anatomisnya, yaitu volume plasenta besar dan lapisan sklerotik tebal. Tebal rata-rata sklerotik yang tahan PBK antara 0,6–0,9 mm.

Hasil skrining yang dilakukan oleh Susilo, *et al.* (2009) diperoleh 3 klon kakao tahan PBK, yaitu KW 570 (ARDACIAR 10), KW 397 (Na 33), dan KW 566 (Paba/V/84L/4), akan tetapi klon-klon tahan tersebut

mempunyai potensi produksi lebih rendah dibandingkan klon-klon unggul yang telah direkomendasikan seperti KW 162 (PBC 123) dan KW 163 (BR 25). Lebih lanjut Susilo (2012) melaporkan klon KW 514 telah dirilis dengan nama ICCRI 07 dan KW 570 dirilis dengan nama Sulawesi 03 sebagai klon unggul kakao tahan PBK hasil proses pemuliaan selama kurang lebih 12 tahun. Pemanfaatan klon-klon tersebut, selain sebagai pembanding sifat ketahanan PBK juga digunakan sebagai sumber gen ketahanan PBK yang memang masih terbatas ketersediaannya. Teh, Pang, & Ho (2006) melaporkan di Sabah telah dibudidayakan secara komersial klon tahan PBK, yaitu PBC123 dan IMC23.

Program perakitan klon kakao tahan PBK masih terus dilakukan. Isda, Kasim, Mansyurdin, Chaidamsari, & Santoso (2008) telah berhasil mengklon gen penyandi ketahanan terhadap PBK yang berasal dari kulit buah kakao, yaitu gen *proteinase inhibitor* (PIN) yang telah diketahui berperan sebagai penghambat aktivitas protease serangga. Keberhasilan ini telah membuka jalan untuk merakit tanaman kakao transgenik yang tahan terhadap PBK.

Kultur Teknik

Pengendalian kultur teknik atau budidaya adalah teknik pengendalian hama secara tidak langsung melalui tindakan-tindakan kultur teknik yang ada hubungannya dengan produksi tanaman dan menyebabkan lingkungan pertanian kurang sesuai dengan kehidupan, pertumbuhan, perkembangan atau reproduksi hama. Beberapa teknologi budidaya telah terbukti mampu menurunkan serangan PBK, antara lain:

- (1) Metode pengendalian dengan cara panen sering, pemangkasan, sanitasi, dan pemupukan atau dikenal dengan metode PSPSP terbukti efektif mampu mengendalikan hama PBK (Taufik & Koes, 2011) dan berhasil menekan serangan PBK hingga 20%-60% (Bahri & Suntoro, 2002).
- (2) Metode pengendalian dengan sistem pangkas eradikasi (SPE). Meskipun telah terbukti memberikan hasil yang positif, akan tetapi metode ini menyebabkan kehilangan hasil panen cukup besar (Lala, Syukur, & Talanca, 2005).
- (3) Pengendalian dengan pemupukan urea yang dibarengi dengan sanitasi kebun terbukti dapat meningkatkan hasil dari 650 kg/ha menjadi 900 kg/ha. Selain itu juga menurunkan persentase serangan sebesar 34,6% dan kerusakan biji sebesar 38,4% (Lebe, Anshory, & Toana, 2008).
- (4) Metode pengendalian dengan cara meningkatkan ketahanan alami tanaman, misalnya dengan aplikasi silika (Si) dan biokaolin. Menurut Wijaya, Prawoto & Ihromi (2009), intensitas kerusakan PBK berkorelasi negatif dengan peningkatan kadar Si dalam kulit buah, polifenol, kadar lignin, dan tingkat kekerasan kulit buah kakao. Hasil penelitian yang dilakukan Ihromi (2014) menunjukkan konsentrasi Si formulasi tepung sebesar 3% yang disemprotkan langsung ke buah ukuran panjang 8–12 cm dan tajuk dapat menurunkan intensitas serangan PBK sampai

11,1%. Kondisi ini dikarenakan terjadinya peningkatan kandungan Si, polifenol, lignin, dan kekerasan kulit buah. Bahan lain yang terbukti dapat meningkatkan ketahanan kakao adalah biokaolin. Hasil pengujian Kresnawaty, Budiani, Wahab, & Darmono (2010) menunjukkan aplikasi biokaolin dapat meningkatkan hasil panen di perkebunan kakao milik petani.

Fisik dan Mekanik

Pengendalian fisik dan mekanik adalah tindakan langsung atau tidak langsung dengan cara merubah kondisi lingkungan yang dapat menekan populasi hama. Bentuk-bentuk pengendalian fisik dan mekanik antara lain dengan penggunaan suhu tinggi dan rendah, mengurangi kelembaban, menggunakan alat perangkap, membuat penghalang dan penolak, memungut dengan tangan, menggoyang-goyang, mengumpulkan, dan menangkap.

Beberapa teknik pengendalian fisik dan mekanik yang telah dilakukan untuk mengendalikan PBK, antara lain:

- (1) Teknik penyarungan buah muda (*sleeving*). Penyarungan buah kakao terbukti sangat efektif melindungi buah dari serangan PBK. Menurut Mustafa (2005) dibandingkan insektisida Sihalotrin, metode penyarungan buah 15 kali lebih efisien. Metode penyarungan yang dilakukan pada buah dengan ukuran 5-8 cm, efektif menurunkan intensitas serangan, jumlah lubang masuk dan keluar, jumlah biji lengket, dan meningkatkan berat biji (Suwitra, Mamesah, & Ahdar, 2010). Plastik yang digunakan sebaiknya mudah terurai sehingga tidak menjadi cemaran pada lingkungan. Hasil penelitian Sembel, Watung, Shepard, Hammig, & Carner (2011) menunjukkan pengendalian dengan penyarungan buah menggunakan plastik polymer yang mudah terurai (*degradable*) efektif menurunkan serangan PBK. Akan tetapi dalam implementasinya di lapangan, teknik penyarungan ini dinilai tidak praktis dan ekonomis apabila dilakukan pada tanaman kakao yang sudah tua.
- (2) Penggunaan perangkap serangga imago jantan dengan memanfaatkan feromon seks. Penggunaan perangkap ini sekaligus juga digunakan sebagai cara pemantauan populasi PBK di kebun kakao. Pengendalian dengan cara mengumpulkan imago jantan dengan memanfaatkan feromon seks kemudian dimatikan terbukti dapat menurunkan tingkat kerusakan buah kakao (Beevor, Mumford, Shah, Day, & Hall, 1993). Hasil penelitian Sulistyowati (2014) menunjukkan penggunaan perangkap yang mengandung feromon seks dengan kerapatan 24 perangkap/ha dapat mengurangi kehilangan hasil sebesar 75,5% dibandingkan kontrol.

Biologi

Pengendalian biologis atau pengendalian hayati merupakan teknik pengendalian hama dengan menggunakan musuh alami berupa patogen,

parasitoid, dan predator yang dapat menekan populasi hama. Kelebihan pengendalian hayati dibandingkan cara pengendalian yang lain adalah kemampuannya bekerja secara alamiah tanpa campur tangan manusia sehingga lebih efisien. Agensi hayati yang telah terbukti efektif mengendalikan PBK antara lain:

- (1) Jamur patogen serangga, terdiri dari: *Verticillium tricorpus* (Gomies, 2009), *Metarhizium* spp. (Trizelia, Nurbailis, & Ernawati, 2013; Sugianto, Pangestiningih, & Oemry, 2013), dan *Beauveria bassiana* (Mustafa, 2005; Trizelia, Rusli, Syam, Nurbailis, & Sari, 2010; Yulianti, Daud, & Gassa, 2012; Sugianto *et al.*, 2013). *Verticillium tricorpus* dengan konsentrasi 10^4 spora/ml yang diaplikasikan 4 kali dengan selang aplikasi 7 hari, efektif mengendalikan hama PBK di lapangan (Gomies, 2009). Isolat *Metarhizium* spp. yang berasal dari rizosfir dapat mematikan pupa *C. cramerella* sampai 96,7% dan menghambat pembentukan imago (Trizelia *et al.*, 2013) dan perlakuan *M. anisopliae* sebanyak 50 g/l mampu mematikan 90–100% imago PBK di laboratorium (Sugianto *et al.*, 2013). Aplikasi *B. bassiana* pada daun yang digunakan untuk perangkap pupa mampu menginfeksi pupa PBK dan dapat menurunkan populasi PBK di lapangan (Trizelia *et al.*, 2010). Hasil penelitian Yulianti *et al.* (2012) menunjukkan bahwa nilai LC_{50} terhadap telur dan pupa di dalam botol pada konsentrasi *B. bassiana* $1,9 \times 10^8$ spora/ml. Sementara itu, Sugianto *et al.* (2013) melaporkan bahwa perlakuan *B. bassiana* 50 g/l mampu mematikan imago PBK 90–100% di Laboratorium.
- (2) Nematoda patogen serangga, terdiri dari: *Steinernema carpocapsae* (Arifin, 1999; Rosmana, La Daha, Ridayani, Gassa, & Urling, 2009; Rosmana, Shepard, Hebban, & Mustari, 2010) dan *Heterorhabditis* sp. (Samsudin & Indriati, 2013). Menurut Rosmana *et al.* (2009) *S. carpocapsae* dapat persisten pada permukaan kulit buah kakao, baik pada musim hujan ataupun musim kering dan mampu melakukan penetrasi pada lubang masuk PBK secara aktif. Hasil penelitian Rosmana *et al.* (2010) menunjukkan pemanfaatan nematoda *S. carpocapsae* yang dikombinasikan dengan penyarungan buah kakao mampu melindungi buah kakao dari serangan PBK sampai 100%. Demikian pula hasil penelitian Samsudin & Indriati (2013) yang menunjukkan aplikasi *Heterorhabditis* sp. dipadukan dengan penyarungan buah muda, efektif menurunkan serangan PBK dan tingkat kerusakan biji kakao. Sebab menurut Rosmana *et al.* (2010) selubung plastik akan memberikan kelembaban yang lebih tinggi sehingga nematoda dapat hidup lebih lama di permukaan kulit kakao.
- (3) Predator serangga yang telah digunakan sebagai agens pengendali hayati PBK adalah semut hitam *Dolichoderus thoracicus* (Anshary, 2009; Saleh, 2012). Hasil penelitian Anshary (2009) diketahui bahwa semut *D. thoracicus* dapat menekan serangan PBK sampai 8,3%, kerusakan biji menjadi 25,4%, dan persentase penurunan biji

16,2%, dan Saleh (2012) juga menyatakan semut *D. thoracicus* mampu mencegah serangan PBK di lapangan.

Organik

Pengendalian organik atau pengendalian dengan pestisida nabati adalah teknologi pengendalian hama dengan memanfaatkan bahan dari tumbuhan, baik berupa ekstrak, tepung atau minyak. Pestisida nabati yang terbukti efektif untuk mengendalikan PBK antara lain: ekstrak mimba (Willis, Laba, & Rohimatun, 2013), ekstrak buah maja *Crescentia cujete* (Sjam, 2006), minyak cengkeh dan serai wangi (Asaad & Willis, 2012), ekstrak daun bandotan, bawang putih, dan minyak kemiri sunan (Soesanthy & Samsudin, 2013), ekstrak umbi gadung, jeringau, dan brotowali (Nuriadi & Gusnawaty, 2013).

Asaad & Willis (2012) melaporkan beberapa jenis formula pestisida nabati seperti mimba, CEES 50 EC, bio protector-2, bio protector-1, dan asimba 50 EC efektif digunakan dalam pengendalian hama PBK di lapang. Pestisida nabati tersebut mengandung bahan aktif berasal dari minyak atsiri, yaitu minyak cengkeh dan serai wangi. Hasil penelitian Willis *et al.* (2013) juga menyatakan kombinasi Sitronellal 34% + Eugenol 80% + Azadirachtin 0,6% dengan konsentrasi 5 ml/ l mampu mengurangi tingkat kerusakan buah akibat serangan PBK, yang ditunjukkan dengan nilai efikasi sebesar 37% pada serangan ringan; 51,6% pada serangan sedang; dan 65,2% pada serangan berat. Hasil penelitian Soesanthy & Samsudin (2013) menunjukkan ekstrak bandotan-metanol 1% dapat menurunkan tingkat kehilangan hasil panen kakao sebesar 36,1%, ekstrak bawang putih-etanol 1% menurunkan 58,4%, dan minyak kemiri sunan 1% menurunkan sampai 20%. Sementara itu, kombinasi antara ekstrak umbi gadung, jeringau, dan brotowali yang diaplikasikan secara rutin dalam interval 5 hari dapat menekan persentase buah terserang dari 100% menjadi 27,78% dan kerusakan biji dari 91,33% menjadi 11,33% (Nuriadi & Gusnawaty, 2013). Ekstrak buah maja *Crescentia cujete* dapat menurunkan intensitas serangan sampai 20,9% (Sjam, 2006)

IMPLEMENTASI PENGENDALIAN TERPADU PBK

Pengendalian Hama Terpadu (PHT) adalah teknologi pengendalian hama yang didasarkan prinsip ekologis dengan menggunakan berbagai taktik pengendalian yang kompatibel antara satu sama lain sehingga populasi hama dapat dipertahankan di bawah jumlah yang secara ekonomik tidak merugikan serta mempertahankan kesehatan lingkungan dan menguntungkan bagi pihak petani (Oka, 1994). PHT adalah satu cara pendekatan pengendalian hama yang didasarkan pada pertimbangan ekologi dan efisiensi ekonomi dalam rangka pengelolaan agroekosistem yang lebih bertanggungjawab (Untung, 2004).

PBK merupakan hama tanaman kakao yang paling penting saat ini dan memiliki bioekologi yang khas. Hama ini sulit dideteksi keberadaannya dan

sulit dikendalikan karena selama stadium larva berada dalam buah kakao. Mengingat semakin luasnya penyebaran hama PBK dan besarnya kerugian yang ditimbulkannya maka perlu segera diupayakan metode penanggulangan yang efektif dan efisien (Sulistiyowati, 1997). Pengendalian hama ini tidak mungkin hanya mengandalkan satu teknologi pengendalian, tetapi harus dilaksanakan dalam satu paket teknologi pengendalian terpadu (PHT) (Sulistiyowati, 1997; Baharuddin, 2005; Susilo, 2012). Meskipun pengendalian PBK dalam bentuk paket sederhana dengan hanya 4 teknologi saja, yaitu panen sering, pemangkasan, penjarangan buah muda, dan *B. bassiana* sudah efektif dapat mengendalikan PBK di lapangan (Indriati, Samsudin, & Rubiyo, 2013), akan tetapi efektivitasnya belum teruji dapat stabil dalam waktu panjang. Oleh karena itu, teknologi pengendalian PBK harus dilakukan secara terpadu berbasis pada aspek bioekologinya di lapang. Paket PHT kakao tersebut adalah:

- (1) Penanaman atau sambung samping dengan klon ICCRI 07 dan Sulawesi 03 yang terbukti tahan PBK untuk kegiatan peremajaan dan rehabilitasi kebun kakao rakyat di wilayah endemik PBK.
- (2) Melakukan pemupukan berimbang dengan memadukan pupuk kimia dan pupuk organik yang memanfaatkan serasah daun kakao, buah kakao terinfeksi hama dan penyakit, kulit kakao dan limbah perkebunan kakao lainnya.
- (3) Melakukan pemangkasan secara periodik. Hal ini dilakukan mengingat bahwa salah satu kelemahan imago PBK adalah tidak menyukai sinar matahari langsung sehingga bila sering dilakukan pemangkasan yang teratur akan dapat menekan populasi hama. Disamping itu, pemangkasan bentuk pohon kakao dengan membatasi tinggi tajuk tanaman maksimum 3-4 meter akan memudahkan saat pengendalian dan panen.
- (4) Melakukan panen sering pada saat buah masak awal dengan rotasi 1 minggu. Kegiatan panen ini harus segera diikuti dengan pemecahan buah pada hari itu juga, kemudian kulit buah dikumpulkan dan ditanamkan ke dalam tanah serta ditimbun tanah setebal 20 cm. Kegiatan ini akan secara signifikan dapat memutus siklus hidup dari PBK.
- (5) Melakukan sanitasi kebun dengan cara membersihkan areal kebun dari daun-daun kering, tanaman tidak sehat, ranting kering, kulit buah maupun gulma yang berada di sekitar tanaman. Kondisi lingkungan yang bersih ini tidak sesuai dengan lingkungan untuk berkembangnya hama PBK.
- (6) Melakukan penjarangan buah muda berukuran 5-8 cm dengan plastik. Teknik penjarangan buah ini sangat efektif dan efisien apabila dilakukan pada tanaman kakao yang pohonnya masih pendek atau pohon kakao hasil sambung samping. Kantong plastik yang digunakan dapat menggunakan bekas mie instan atau bungkus makanan lainnya. Teknisnya sangat mudah, yaitu dengan cara mengikatkan ujung bagian atas dari kantong plastik pada tangkai buah dan bagian

ujung bawah dari buah dibiarkan tetap terbuka. Dengan penyelubungan buah tersebut, imago betina tidak bisa meletakkan telur pada kulit buah sehingga buah akan terhindar dari serangan PBK.

- (7) Memelihara predator PBK berupa semut hitam (*Dolichoderus thoracicus*). Semut ini juga telah terbukti mampu mengendalikan hama *Helopeltis* spp. Cara yang paling mudah untuk memelihara semut hitam adalah dengan meletakkan sarang semut yang terbuat dari lipatan daun kelapa atau daun kakao, kemudian diberi larutan gula merah.
- (8) Penggunaan jamur entomopatogen seperti *B. bassiana*, *Metarizium* spp. dan *Paecilomyces fumosoroseus* dengan dosis 50-100 g spora/ha, volume semprot 250 l/ha atau 250 l/pohon dengan menggunakan knapsack sprayer pada buah kakao muda dan cabang horizontal dapat melindungi buah dari serangan PBK. Hanya saja upaya penyediaan agens pengendali hayati ini dalam skala besar masih sangat sulit dilakukan.

Implementasi paket PHT tersebut secara teknis di lapangan oleh petani harus disesuaikan dengan pemahaman petani, ketersediaan teknologi, dan melalui pertimbangan ekonomis. Menurut Siswanto & Karmawati (2011), adopsi teknologi PHT diperlukan upaya konkrit melalui diseminasi, bimbingan, pelatihan petani, dan demplot. Di samping itu, menurut Jahuddin (2014) perlu dibangun kelembagaan PHT yang lebih memadai sehingga memungkinkan semua pemangku kepentingan dapat mengambil perannya masing-masing secara bersinergi dan terintegrasi dalam kerangka pemberdayaan petani PHT.

PENUTUP

Hama PBK *C. cramerella* Snell. memiliki bioekologi khas yang sulit dideteksi dan dikendalikan. Kerusakan dan kerugian yang diakibatkan oleh serangan PBK sangat besar dan luas areal serangannya cenderung terus bertambah. Upaya pengendalian PBK harus dilakukan secara terpadu, meliputi: penanaman atau sambung samping dengan klon tahan PBK, pemupukan berimbang, pemangkasan secara periodik, panen sering, sanitasi kebun, penjarangan buah muda, memelihara semut hitam, penyemprotan dengan pestisida nabati, dan penggunaan jamur entomopatogen jika memungkinkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anshary, A. (2009). Penggerek buah kakao, *Conopomorpha cramerella* Snellen (Teknik pengendalian yang ramah lingkungan). *J. Agroland*, 16(4), 258-264.
- Arifin, M. (1999). *Teknik produksi dan pemanfaatan musuh alami dalam pengendalian hama tanaman perkebunan*. Pertemuan Pembahasan Teknis Perlindungan Tanaman, Direktorat Proteksi Tanaman, Direktorat Jenderal Perkebunan (p. 13). Bogor, 26-29 Juli 1999.

- Asaad, M., & Willis, M. (2012). Kajian pestisida nabati yang efektif terhadap hama penggerek buah kakao (PBK) pada tanaman kakao di Sulawesi Selatan. *Suara Perlindungan Tanaman*, 2(2), 24-34.
- Baharudin. (2005). Pengendalian hama penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* Snell. *Bul. Teknologi dan Informasi Pertanian*, 8-14.
- Bahri, A.M.S., & Suntoro. (2002). *Success project in Southeast Sulawesi*. Midterm Review Success Project. Makassar.
- Beevor, P.S., Mumford, J.D., Shah, S., Day, R.K., & Hall, D.R. (1993). Observations on pheromone-baited mass trapping for control of cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella*, in Sabah, East Malaysia. *Crop Protection*, 12(2), 134-140.
- Depparaba, F. (2002). Penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.) dan penanggulangannya. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 21(2), 69-74.
- Goenadi, D.H., Baon, J.B., Herman, & Purwoto, A. (2005). *Prospek dan arah pengembangan agribisnis kakao di Indonesia* (p. 27). Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Gomies, B.E.L.L. (2009). Used of *Verticillium tricorpus* as natural control agenst cocoa fruit borer *Conopomorpha cramerella* in Jayapura, Papua Province. *J. Budidaya Pertanian*, 5, 99-104.
- Hase, B. (2009). *Hama penggerek buah kakao (PBK) dan metoda pengendalian*. Retrieved from <http://www.tanindo.com/abdi12/hal0801.htm>.
- Ihromi, S. (2014). *Induksi ketahanan tanaman kakao terhadap hama penggerek buah kakao (PBK) dengan aplikasi Si formulasi tepung*. Retrieved from <http://hdl.handle.net>.
- Indriati, G., Samsudin, & Rubiyo. (2013). Keefektifan paket teknologi pengendalian penggerek buah kakao di Provinsi Bali. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(1), 65-70.
- Isda, M.N., Kasim, M., Mansyurdin, Chaidamsari, T., & Santoso, D. (2008). Kloning dan karakterisasi gen penyandi inhibitor proteinase dari kulit buah kakao. *Menara Perkebunan*, 76(2), 83-92.
- Jahuddin, R. (2011). Implementasi paradigma baru pengendalian hama terpadu pada tanaman kakao di Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar dan Pertemuan Tahunan XXI PEI, PFI Komda Sulawesi Selatan dan Dinas Perkebunan Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan* (pp. 9 – 15).
- Kresnawaty, I., Budiani, A., Wahab, A., & Darmono, T.W. (2010). Aplikasi biokaolin untuk perlindungan buah kakao dari serangan PBK, *Helopeltis* spp., dan *Phytophthora palmivora*. *Menara Perkebunan*, 78(1), 25-31.
- Lala, F., Syukur, M., & Talanca, A. H. (2005). Kajian kelayakan rakitan teknologi pengendalian penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* Snell di daerah Tidore Kepulauan. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda Sul-Sel* (pp. 178-186).
- Lebe, I., Anshory, A., & Toana, M.H. (2008). Pengaruh pemupukan urea dan sanitasi terhadap intensitas serangan penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracilariidae). *J. Agrisains*, 9(2), 81-88.
- Lim, G.T. (1992). Biology, ecology, and control of cocoa pod borer *Conopomorpha cramerella* (Snellen). In *Cocoa Pest and Disease Management in Southeast Asia and Australia*. *FAO Plant Prod. and Protection*, 12, 85 – 100.
- Limbongan, J. (2012). Karakteristik morfologi dan anatomis klon harapan tahan penggerek buah kakao sebagai sumber bahan tanam. *J. Litbang Pertanian*, 31(1), 14-20.
- Mustafa, B. (2005). Kajian penyarungan buah muda kakao sebagai suatu metode pengendalian penggerek buah kakao (PBK) *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracilariidae). *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda Sul-Sel* (pp. 23-35).
- Nuriadi, & Gusnawaty, H.S. (2013). Kaji tindak pengendalian hama penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) dengan pestisida nabati. *J. Agroteknos*, 3(1), 14-18.
- Oka, N.I. (1994). *Pengendalian hama terpadu dan implementasinya di Indonesia*. Yogyakarta: UGM Press.
- Ooi, P.A.C. (1986). Food plants of *Conopomorpha cramerella* (Snellen). *MAPPs Newsletter*, 10, 5 – 6.
- Ooi, P.A.C., Chan, L.G., Khoo, K.C., Teoh, C.H., Mamat, Md.J., Ho, C.T., & Lim, G.S. (1987). Introduction to the cocoa pod borer. In P.A.C. Ooi, L.G. Chan, Khoo K.C., Teoh C.H., Md.J. Mamat, Ho C.T., & Lim G.S. (Eds). *Management of Cocoa Pod Borer* (pp. 1-6). Kuala Lumpur: The Malaysian Plant Protection Society.
- Roepke, W. (1917). Cacao (translated from onze koloniale Landbouw by P.C. Wessel, H.D. Tjeenk Willink & Zoon, N) In Hille Toxopeus & P.C. Wessel (Eds.). *Cocoa Research in Indonesia 1900 – 1950. Vol. II* (pp. 69 – 74). American Cocoa Research Institute.

- Rosmana, A., La Daha, A. Ridayani, Gassa, A., & Urling, A. (2009). Persistency and penetration of entomopathogenic nematode *Steinernema carpocapsae* on surface of cocoa pod and its infectivity to cocoa pod borer *Conopomorpha cramerella* (Lepidoptera: Gracillariidae). *Agritrop*, 28, 161-168.
- Rosmana, A., Shepard, B.M., Hebbbar, P., & Mustari, A. (2010). Control of cocoa pod borer and *Phytophthora* pod rot using degradable plastic pod sleeves and a nematode *Steinernema carpocapsae*. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 11(2), 41-47.
- Saleh, A. (2012). Studi berbagai jenis sarang permanen untuk mengembangbiakkan semut hitam, *Dolichoderus thoracicus* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae). *J. Entomologi Indonesia*, 9(2), 64-70.
- Samsudin. (2011). Teknologi tanaman perkebunan resisten terhadap hama. *Sirkuler Teknologi Tanaman Rempah dan Industri* (p. 24). Sukabumi: Unit Penerbitan dan Publikasi Balittri.
- Samsudin. (2012). Penggerek buah kakao (PBK), serangga kecil yang merugikan. *Majalah Semi Populer TREE*, 3(1), 3.
- Samsudin, & Indriati, G. (2013). Sinergisme *Heterorhabditis* sp. dengan penyarungan buah dalam mengendalikan penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella*. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(1), 19-26.
- Sembel, D.T., Watung, J., Shepard, M., Hammig, M., & Carner, G.R. (2011). Control of cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella* Snellen on cocoa plantations in North Sulawesi using degradable polymer sleeves. *Eugenia*, 14(2), 102-107.
- Siswanto, & Karmawati, E. (2011). Percepatan adopsi teknologi PHT kakao di Sulawesi Selatan. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Perkebunan* (pp. 148-155).
- Sjafaruddin. (1997). *Pengendalian penggerek buah kakao*. Kendari: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Sjam, S. (2006). Pemanfaatan ekstrak buah maja (Bignoniaceae : *Crescentia cujete*) dengan EM4 terhadap penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae). *Buletin Penelitian*, 9(1), 18-23.
- Soesanthy, F., & Samsudin. (2013). Peranan ekstrak babadotan dan bawang putih, serta minyak kemiri sunan terhadap serangan penggerek buah kakao. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(2), 157-164.
- Sugianto, Y., Pangestiniingsih, Y. & Oemry, S. (2013). Uji efektifitas beberapa entomopatogen pada imago penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae) di laboratorium. *J. online Agroekoteknologi*, 1(4), 1-11.
- Sulistiyowati, E., & Junianto, J.D. (1995). Inventarisasi musuh alami hama penggerek buah kakao (PBK) *Conopomorpha cramerella* Snell. di Provinsi Maluku. *J. Pelita Perkebunan*, 11(2), 76-89.
- Sulistiyowati, E. (1997). Prospek pemanfaatan tanaman tahan dalam pengelolaan hama penggerek buah kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 13(3), 204-212.
- Sulistiyowati, E., Yohanes, D. J., & Mufrihati, E. (2002). *Kajian ekobiologi dan metode pengendalian jasad pengganggu utama untuk mendukung PHT pada tanaman kakao*. Laporan Proyek Penelitian PHT Perkebunan Rakyat TA 2001 (p. 24).
- Sulistiyowati, E. (2003). *Pengendalian hama utama, teknik pengamatan dan pengendaliannya pada tanaman kakao, teknik budidaya dan pengolahan hasil kakao*. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Sulistiyowati, E., & Wiryadiputra, S. (2007). *Integrated pest management of cocoa pod borer in Indonesia*. Paper Presented at USDA-ARS Seminar on 22 February 2007, Beltsville, Maryland.
- Sulistiyowati, E., Mufrihati, E., & Wardani, S. (2007). Potensi insektisida berbahan aktif ganda sipermetrin plus klorpirifos dalam mengendalikan penggerek buah kakao, *Conopomorpha cramerella* Snell. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 23(3), 159-167.
- Sulistiyowati, E. (2014). Effectiveness of sex pheromon in controlling cocoa pod borer, *Conopomorpha cramerella* (Snell.) *J. Pelita Perkebunan*, 30(2), 115-122.
- Suparno, T. (2000). Infestasi penggerek buah kakao ke dalam perkebunan Kerkap, Bengkulu Utara dan Pengendaliannya. *J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 1(1), 11-15.
- Susilo, A.W., Mangoendidjojo, W., Witjaksono, Sulistiyowati, E., & Mawardi, S. (2009). Respons ketahanan beberapa klon kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap hama penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell.) di wilayah Sulawesi Tengah. *Pelita Perkebunan*, 25(3), 161-173.
- Susilo, A.M. (2012). Penemuan klon kakao tahan hama penggerek buah kakao (PBK) di Indonesia. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 24(2), 1-5.

- Suwitra, I.K., Mamesah, D., & Ahdar. (2010). Pengendalian hama penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* dengan metode sarungisasi pada ukuran buah kakao yang berbeda. *Seminar Regional Inovasi Teknologi Pertanian, Mendukung Program Pertanian Propinsi Sulawesi Utara* (pp. 165-174).
- Taufik, M., & Koes F. (2011). Presentase aplikasi metode PSPS untuk mengendalikan hama penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae) oleh petani kakao di Sulawesi Tenggara. *Suara Perlindungan Tanaman*, 1(4), 21-28.
- Teh, C., Pang, J.T., & Ho, C. (2006). Variation of the response of clonal cocoa to attack by cocoa pod borer *Conopomorpha cramerella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Sabah. *Crop Protection*, 25(7), 712-717.
- Tjatjo, A.A., Baharuddin, & Asrul, L. (2008). Keragaman morfologi buah kakao harapan tahan hama penggerek buah kakao di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat. *J. Agrisistem*, 4, 37-43.
- Trizelia, Rusli, R., Syam U., Nurbailis, & Sari, S.P. (2010). *Pemasyarakatan penggunaan cendawan entomopatogen Beauveria bassiana sebagai bioinsektisida untuk pengendalian hama buah kakao di daerah Padang Pariaman*. Kumpulan Artikel Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (pp. 1-8). Padang: Lembaga Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Andalas.
- Trizelia, Nurbailis, & Ernawati, D. (2013). Virulensi berbagai isolat jamur entomopatogen *Metarhizium* spp. terhadap hama penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera: Gracillariidae). *J. HPT Tropika*, 13(2), 151-158.
- Untung, K., (2001). *Pengantar pengelolaan hama terpadu* (p. 273). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Valenzuela, I., Purung, H.B., Roush, R.T., & Hamilton, A.J. (2014). Practical yield loss models for infestation of cocoa with cocoa pod borer moth, *Conopomorpha cramerella* (Snellen). *Crop Protection*, 66, 19-28.
- Wardani, S., Winarno, H., & Sulistyowati, E. (1997). Model pendugaan kehilangan hasil akibat serangan hama penggerek buah kakao. *Pelita Perkebunan*, 13, 33-39.
- Wardojo, S. (1980). The cocoa podborer major hidranceto development. *Indonesian Agricultural Research & Development Journal*, 2, 1-4.
- Wardojo, S. (1984). Strategi penelitian dan pemberantasan penggerek buah coklat. *Menara Perkebunan*, 49(3), 69-74.
- Wardojo, S. (1994). *Strategi pengendalian hama penggerek buah kakao (PBK) di Indonesia. Paper presented at* Gelar Teknologi dan Pertemuan Regional Pengendalian PBK (p. 5). Kabupaten Polmas Sulawesi Selatan, 3- 4 Oktober 1994.
- Wijaya, K.A., Prawoto, A. A., & Ihromi, S. (2009). Induksi ketahanan tanaman kakao terhadap hama penggerek buah kakao dengaaplikasi silika. *J. Pelita Perkebunan*, 25(3), 184-198.
- Willis, M., Laba, I W., & Rohimatun. (2013). Efektifitas insektisida sitronellal, eugenol, dan azadirachtin terhadap hama penggerek buah kakao *Conophomorpha cramerella* (Snell.) *Bul. Littro*, 24(1), 19-25.
- Wiryadiputra, S. (1996). Hama penggerek buah kakao: Kendala utama industri kakao Indonesia dan saran pengelolaannya. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 2(1), 16-23.
- Yulianti, Daud, I.D., & Gassa, A. (2012). Pengujian LC₅₀ *Beauveria bassiana* dari isolat *Ostrinia furnacalis* terhadap mortalitas telur dan pupa penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella*) pada tanaman kakao. Retrieved from <http://www.peipfi-komdasulsel.org/jurnal-perlindungan/>
- Zehntner, L. (1901). Over eenige insectenplsgen bij de cacao cultuur op Java. *De Nieuwe Gids*, 3, 567-572.

PENGENDALIAN *Helopeltis* spp. (HEMIPTERA: MIRIDAE) PADA TANAMAN KAKAO MENDUKUNG PERTANIAN TERPADU RAMAH LINGKUNGAN

THE PEST MANAGEMENT OF Helopeltis spp. (HEMIPTERA: MIRIDAE) IN COCOA TO SUPPORT INTEGRATED AGRICULTURE ENVIRONMENT FRIENDLY

Gusti Indriati, Funny Soesanthy, dan Arlia Dwi Hapsari

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

gindriati@yahoo.com

ABSTRAK

Helopeltis spp. (Hemiptera: Miridae) merupakan salah satu hama utama pada tanaman kakao, dengan potensi kerugian dapat menurunkan produksi buah kakao 50-60%. Gejala buah yang terserang ditandai dengan bercak-bercak berwarna cokelat kehitaman. Serangan pada buah muda dapat menyebabkan layu pentil dan rontok, atau apabila pertumbuhan buah terus berlanjut maka kulit buah akan mengeras dan retak-retak, sehingga menghambat perkembangan biji di dalamnya. Upaya pengendalian populasi organisme pengganggu tanaman (OPT) yang saat ini sedang dikembangkan adalah melalui pengendalian hama terpadu (PHT) dengan menggunakan dua atau lebih teknik pengendalian dalam satu kesatuan untuk mencegah atau mengurangi kerugian secara ekonomi dan kerusakan lingkungan hidup. PHT merupakan bagian dari sistem pertanian terpadu. Pengendalian ramah lingkungan *Helopeltis* spp. mengacu pada konsep PHT, yaitu (1) kultur teknis, dengan penggunaan varietas/klon kakao resisten ICCRI 01-04, RCC 70-74 ; (2) biologi, dengan pemanfaatan musuh alami (predator, parasitoid, dan patogen) seperti semut hitam, semut rangrang, *Beauveria bassiana* dan *Lecanicillium lecanii*; (3) mekanik/fisik, dengan pelapisan atau penyemprotan buah menggunakan biokaolin; dan (4) kimia, dengan penggunaan pestisida nabati seperti seraiwangi, mimba, srikaya, selasih, bawang putih, dan paitan serta penggunaan pestisida sintetik dengan pemilihan jenis, dosis, waktu, dan cara aplikasi yang tepat.

Kata kunci: *Helopeltis* spp., kakao, pengendalian

ABSTRACT

Helopeltis spp. (Hemiptera: Miridae) is one of major pest in cocoa, with potential losses about 50-60% of its productivity. The symptom of infected fruit is characterized by patches of blackish brown. Attack on young fruit can cause early fruit wilt and fall of, or if growth continues, the cocoa pod become hardens and cracks, thus inhibiting the development of seeds inside. The effort to control plant pest population, which is currently being developed, is through the integrated pest management (IPM) by using two or more techniques to prevent or reduce economic losses and environmental damages. IPM is one of integrated agriculture system component. The eco-friendly control of *Helopeltis* spp. refers to IPM concepts, i.e. (1) technical culture, by using resistant varieties/clonnes (ICCRI 01-04, RCC 70-74); (2) biology, by using natural enemies (predator, parasitoid, and pathogen) such as *Dolichoderus thoracicus*, *Oecophylla smaragdina*, *Beauveria bassiana* and *Lecanicillium lecanii* ; (3) mechanics/physics, by covering or spraying pod with biokaolin; and (4) chemical, by using biopesticide such as *Cymbopogon nardus* L., *Azadirachta indica*, *Annona squamosa*, *Occimum basilicum*, *Allium sativum*, and *Tithonia diversifolia*, as well as the use of synthetic insecticide with the right type, dosage, time, and application method.

Keywords: *Helopeltis* spp., cocoa, control

PENDAHULUAN

Sistem Pertanian Terpadu (SPT) adalah sistem pengelolaan yang memadukan komponen-komponen pertanian dalam suatu kesatuan yang utuh, terdiri atas pengelolaan tanaman, nutrisi, organisme pengganggu tanaman, air, dan ternak terpadu (Agus, 2006). Beberapa keuntungan SPT di antaranya: (1) lebih adaptif, (2) ramah lingkungan, (3) hemat energi, (4) keanekaragaman hayati tinggi, (5) lebih resisten, (6) usaha lebih diversifikatif, (7) diversifikasi produk lebih tinggi, (8) meminimalisasi residu senyawa berbahaya, (9) usahatani keberlanjutan, serta (10) serapan tenaga kerja lebih baik dan berkesinambungan (Supangkat, 2009). Pengembangan SPT saat ini masih lambat dan sistemnya belum memenuhi kaidah keterpaduan

karena penerapannya masih parsial atau linear dan masing-masing komponen masih terpisah (Nurcholis & Supangkat, 2014).

Penerapan konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT) sebagai salah satu komponen sistem pertanian merupakan salah satu upaya strategis dalam menciptakan pertanian sehat ramah lingkungan. PHT adalah upaya mengendalikan tingkat populasi organisme pengganggu tanaman (OPT) dengan menggunakan dua atau lebih teknik pengendalian dalam satu kesatuan untuk mencegah atau mengurangi kerugian secara ekonomi dan kerusakan lingkungan hidup. Komponen-komponen teknik pengendalian hama dalam konsep PHT, yaitu (1) kultur teknis menggunakan varietas resisten dan teknik budidaya yang sesuai, (2) biologi dengan memanfaatkan musuh alami, (3) mekanik atau fisik,

dan (4) kimia dengan menggunakan pestisida nabati dan seminimal mungkin pestisida sintetik.

Helopeltis spp. (Hemiptera: Miridae) merupakan salah satu hama pada tanaman kakao. Selain pada tanaman kakao, *Helopeltis* juga menyerang tanaman lainnya seperti teh, kina, kapok, kayu manis, dan jambu mete. Daerah sebaran serangga ini meliputi Afrika, Ceylon, Malaya, Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Papua, Sabah, Papua Nugini, dan Filipina (Sulistyowati, 2008). Pada tanaman kakao, *Helopeltis* spp. menyerang bagian buah, pucuk, dan ranting muda, serangan dapat menurunkan produksi buah kakao 50%-60% (Atmadja, 2003; Sulistyowati, 2008). Di dalam tulisan ini dijelaskan mengenai beberapa teknik pengendalian *Helopeltis* spp. pada tanaman kakao untuk mendukung pertanian terpadu ramah lingkungan.

JENIS-JENIS HAMA *Helopeltis* PADA TANAMAN KAKAO

Helopeltis spp. adalah jenis serangga yang termasuk dalam genus *Helopeltis*. Secara rinci, taksonomi *Helopeltis* spp. sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Kelas	: Insecta
Ordo	: Hemiptera
Famili	: Miridae
Genus	: <i>Helopeltis</i>
Spesies	: <i>Helopeltis</i> spp.

Beberapa spesies *Helopeltis* di Asia, yaitu *H. antonii*, *H. bakeri*, *H. claviger*, *H. theivora*, *H. theobromae*, *H. sulawesi*, dan *H. sumatranus* (Bateman, 2007). Spesies *Helopeltis* yang menyerang tanaman kakao, yaitu *H. antonii*, *H. theivora*, *H. claviger*, *H. schoutedeni*, *H. bergrothi*, *H. sulawesi* (Karmawati *et al.*, 2010; CABI, 2012).

H. antonii Signoret

Tanaman inang selain kakao adalah *Anacardium occidentale* (jambu mete), *Azadirachta indica* (mimba), *Camellia sinensis* (teh), *Muntingia calabura* (CABI, 2012; Stonedahl, 1991). Siklus hidup *H. antonii* bervariasi tergantung jenis tanaman seperti pada tanaman kakao 25,42 hari, *A. indica* 26,52 hari, *Lawsonia alba* 22,81 hari, *Muntingia calabura* 35-38 hari (Srikumar & Bhat, 2013a; Srikumar & Bhat, 2013b). Penyebaran spesies ini adalah di Pulau Andaman, India Selatan, Sri Lanka (Stonedahl, 1991).

H. theivora Waterhouse

Beberapa nama lain dari serangga ini adalah: *H. febriculosa* Bergroth (1889), *H. oryx* Distant (1904), *H. theivora theobromae* Miller (1939), *H. theobromae* Miller (1939). Tanaman inang *H. theivora* adalah *Anacardium occidentale*, *C. sinensis*, *Ceiba petandra*, *Cinchona*, *Bixa orellana* (CABI, 2012), *Acacia mangium*, dan *Eucalyptus* (Nair & Sumardi, 2000). Penyebaran spesies ini di Bangladesh, China

(Guangdong, Hainan), India (Assam, Kerala, Karnataka, Tamil Nadu, Bengal), Indonesia (Jawa, Sumatera), Malaysia (Peninsular, Sabah), Myanmar, Filipina, Singapura, Sri Lanka, Thailand, dan Vietnam.

H. claviger Distant

Spesies ini dilaporkan pertama kali menyerang pertanaman kakao di Papua Nugini pada tahun 1954 kemudian ditemukan pada tanaman kakao di beberapa daerah di Irian Jaya pada tahun 1962 dan tahun 1971 di Sabah, Malaysia (Smith, 1979). Rata-rata panjang tubuh instar ke-1 = 1,55 mm, instar ke-2 = 2,32 mm, instar ke-3 = 3,02 mm, instar ke-4 = 4,95 mm dan instar ke-5 = 5,34 mm, sedangkan imago betina dan jantan masing-masing 5,74 mm dan 4,95 mm (Smith, 1979).

H. schoutedeni Reuter

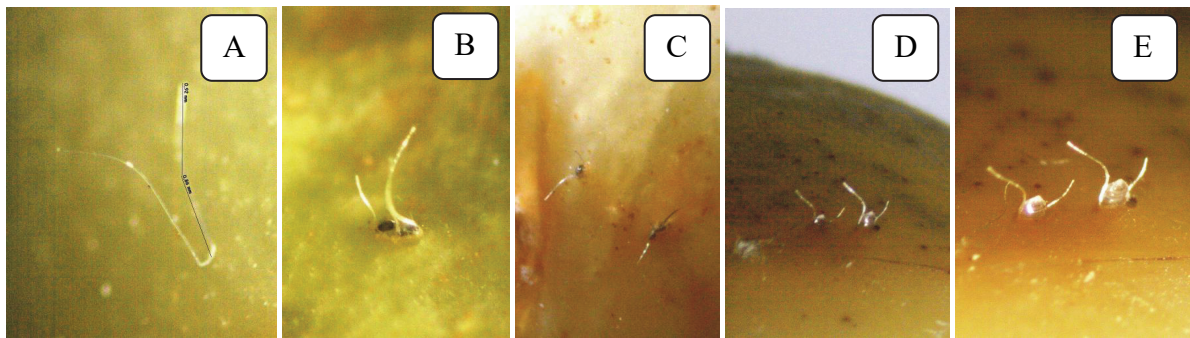
Nama lain dari *H. schoutedeni*, yaitu *H. sanguineus* Poppius (1911), *H. schoutedeni rubra* Ghesqueire (1922), *H. schoutedeni vanderysti* Ghesqueire (1922). Tanaman inang *H. schoutedeni* adalah *A. occidentale*, *C. sinensis*, *Gossypium*, *Mangifera indica*, *Ricinus communis*, *Bixa orellana* (CABI, 2012). Spesies ini menyebar luas di daerah Afrika, yaitu Angola, Burundi, Kamerun, Kongo, Nigeria, Uganda, Tanzania, Rwanda, Zimbabwe, Zambia, Kenya. Siklus hidup spesies ini di laboratorium pada suhu 24,9-33 °C selama 24 hari. Rata-rata panjang tubuh instar ke-1 = 1,5 mm, instar ke-2 = 3,1 mm, instar ke-3 = 5,6 mm, instar ke-4 = 8,2 mm, instar ke-5 = 10,2 mm, imago betina = 12,2 mm, dan imago jantan 11,3 mm (Dwomoh, Afun, & Ackonor, 2008).

H. bergrothi Reuter

Nama lain dari *H. bergrothi*, yaitu *H. bergrothi disciger* Poppius (1910), *H. bergrothi flavescens* Ghesqueire (1922), *H. bergrothi nigripes* Ghesqueire (1922), dan *H. bergrothi rubrinervis* Poppius (1910). Tanaman inang spesies ini adalah *A. occidentale*, *C. sinensis*, *Gossypium*, *Cinchona*, *R. communis*, *Manihot esculenta*, *Psidium guajava*, dan *Ipomoea* (CABI, 2012).

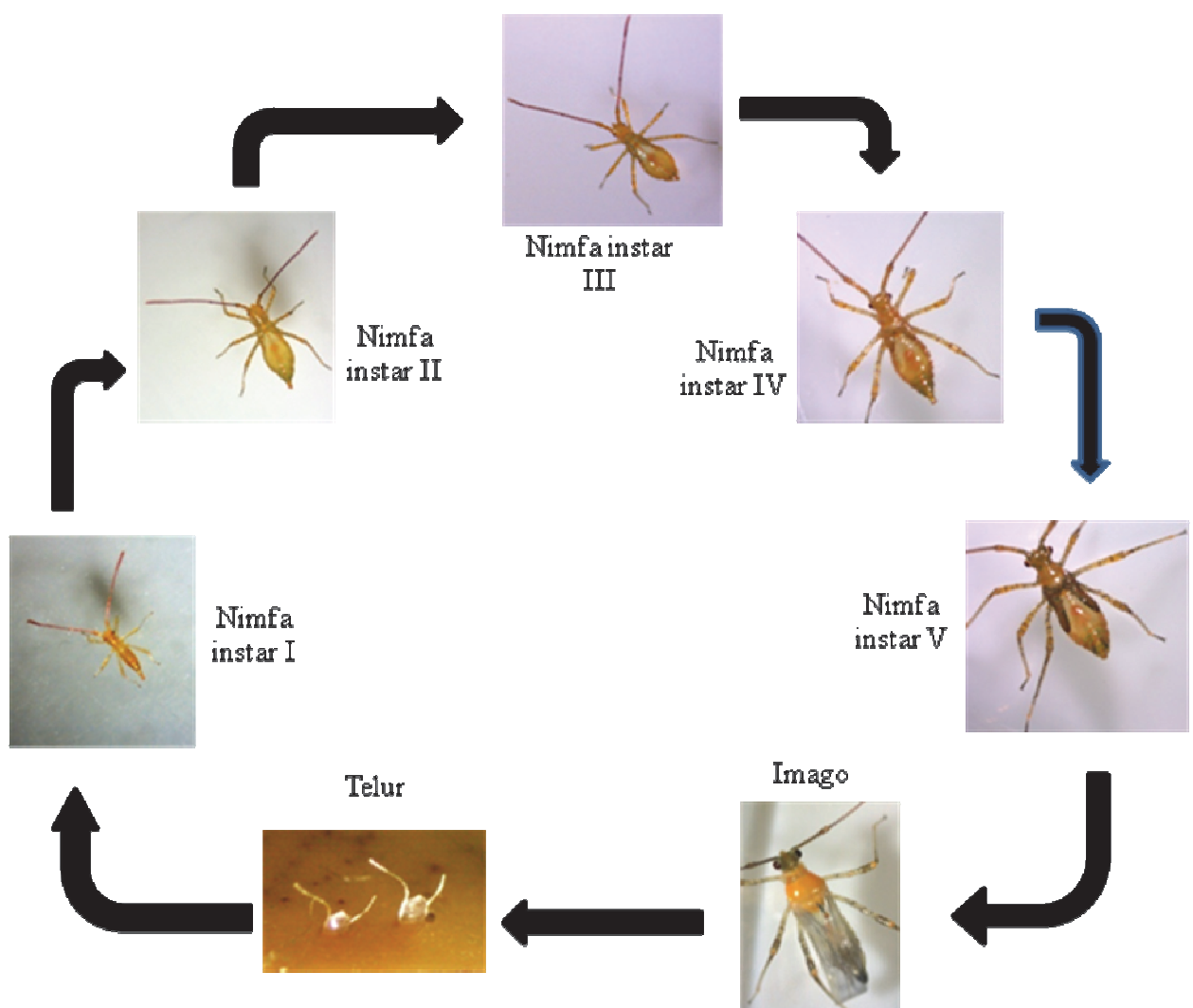
MORFOLOGI DAN BIOLOGI HAMA *Helopeltis* spp.

Telur *Helopeltis* spp. lonjong berwarna putih, diletakkan dalam jaringan tanaman yang lunak seperti pada tangkai buah, kulit buah, tangkai daun muda atau ranting muda, dan buah muda. Ukuran panjang telur bervariasi tergantung spesies, *H. theivora* 1-1,2 mm, *H. schoutedeni* 1,8-2 mm (CABI, 2012). Keberadaan telur ditandai dengan munculnya dua helai seperti benang berwarna putih yang tidak sama panjangnya di permukaan jaringan tanaman (Gambar 1). Stadium telur berlangsung antara 6-7 hari.



Gambar 1. Telur *Helopeltis antonii* pada: (A) 1 hari, (B) 2 hari, (C) 3 hari, (D) 4 hari, dan (E) 5 hari setelah diletakkan pada pakan alternatif (buah mentimun)

Figure 1. The eggs of *Helopeltis antonii*: (A) 1 day, (B) 2 days, (C) 3 days, (D) 4 days, and (E) 5 days after invested on alternative feed (cucumber)



Gambar 2. Siklus hidup *H. antonii*

Figure 2. Life cycle of *H. antonii*

Nimfa terdiri atas lima instar (Gambar 2) dan stadium nimfa dengan kisaran 10-11 hari. Instar pertama berwarna cokelat bening, yang kemudian berubah menjadi cokelat. Untuk nimfa instar kedua, tubuh berwarna cokelat muda, antena

cokelat tua, tonjolan toraks mulai terlihat. Nimfa instar ketiga tubuhnya berwarna cokelat muda, antena cokelat tua, tonjolan pada toraks terlihat jelas dan bakal sayap mulai terlihat. Nimfa instar keempat dan kelima ciri morfologinya sama.

Imago aktif pada pagi dan sore hari. Imago jantan dan betina kawin pada umur dua hari dan nisbah jantan dengan betina yang cenderung menghasilkan lebih banyak telur adalah 2:1 dan 1:2 (Siswanto, Muhamad, Omar, & Karmawati, 2009).

GEJALA SERANGAN DAN TINGKAT KERUSAKAN BUAH

Nimfa (serangga muda) dan imago menyerang pucuk dan buah muda tanaman kakao dengan menusukkan alat mulutnya (stilet) ke jaringan tanaman kemudian mengisap cairan di dalamnya. Stilet membentuk dua saluran, yaitu saluran makanan dan saluran air liur. Ketika stilet melakukan penetrasi ke tanaman inang maka air liur akan dipompa ke bagian tersebut menyebabkan jaringan tanaman menjadi lebih basah sehingga lebih mudah untuk diisap (Wheeler, 2000). Pada kelenjar ludah dan *midgut* *H. theivora* dijumpai enzim amylase, protease, dan lipase. Adanya enzim ini akan membantu merombak jaringan tanaman dan penetrasi stilet serta melawan pertahanan kimia tanaman inang (Sarker & Mukhopadhyay, 2006).

Gejala buah kakao yang terserang *Helopeltis* spp. ditandai dengan bercak-bercak berwarna coklat kehitaman (Gambar 3). Serangan pada buah muda menyebabkan layu pentil dan umumnya buah akan mengering kemudian rontok. Apabila pertumbuhan buah terus berlanjut maka kulit buah akan mengeras dan retak-retak, dan akhirnya terjadi perubahan bentuk buah yang dapat menghambat perkembangan biji di dalamnya (Mahdona, 2009). Apabila serangan terjadi pada pucuk maka akan menyebabkan mati pucuk.



Gambar 3. Gejala serangan *Helopeltis* spp. Pada buah kakao

Figure 3. The symptom of *Helopeltis* spp. attack on cocoa pod

Menurut Sulistyowati (2008), serangan *Helopeltis* spp. dikelompokkan menjadi: (1) kategori ringan, bercak buah <25%; (2) kategori sedang, bercak buah 25-50%; dan (3) kategori berat, bercak buah >50%. Penetapan skor kerusakan buah kakao oleh *Helopeltis* spp. yang dikembangkan oleh Way & Khoo (1989) dalam Wiryadiputra (2007) disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Skoring kerusakan buah kakao akibat serangan *Helopeltis* spp.

Table 1. The scoring of cocoa pod damage caused by *Helopeltis* spp.

Skor	Kondisi buah	Keterangan
0	Sehat	tidak tampak adanya bekas tusukan (bercak) <i>Helopeltis</i> .
1	Rusak ringan	terdapat bekas tusukan <i>Helopeltis</i> dengan luas < 10% dari seluruh permukaan buah.
2	Rusak sedang	terdapat bekas tusukan <i>Helopeltis</i> dengan luas 11-25% dari seluruh permukaan buah
3	Rusak berat	terdapat bekas tusukan <i>Helopeltis</i> dengan luas 26-50% dari seluruh permukaan buah.
4	Rusak sangat berat	<i>Helopeltis</i> dengan luas > 50% dari seluruh permukaan buah.

Kerusakan akibat serangan *Helopeltis* spp. bervariasi tergantung beberapa hal seperti teknik budidaya, metode pengendalian, lokasi, dan iklim (CABI, 2012). Laju perkembangan *Helopeltis* spp. di daerah bersuhu rendah lebih lambat dibandingkan dengan daerah bersuhu tinggi. Demikian juga halnya dengan laju perkembangan nimfa di daerah bersuhu 19,5 °C pada ketinggian tempat 1200 m dpl, lebih lama dibandingkan daerah bersuhu 25 °C pada ketinggian tempat 250 m dpl. Sejalan dengan hal tersebut maka tingkat serangan *Helopeltis* pada perkebunan kakao di dataran rendah umumnya lebih berat karena perkembangan hamanya relatif lebih cepat. Selanjutnya, Ahmed (2012) mengemukakan penutupan awan berpengaruh terhadap serangan *Helopeltis* spp. Pada penutupan awan yang rendah menyebabkan serangan *Helopeltis* spp. juga rendah, pada periode bulan Mei sampai Juli terjadi peningkatan dan mulai menurun setelah bulan Juli (Gambar 4).

METODE PENGENDALIAN

Pengendalian populasi hama *Helopeltis* spp. pada tanaman kakao dilakukan melalui konsep PHT, dengan memadukan dua atau lebih teknik pengendalian yang dikembangkan dalam satu kesatuan, yaitu:

Secara Kultur Teknis

Varietas Resisten

Varietas kakao yang tahan hama *Helopeltis* spp. dan berproduksi tinggi menjadi langkah pertama dalam melakukan strategi pengendalian.

Varietas tahan selain murah juga ramah lingkungan sehingga dalam usahatani kakao lebih efisien. Beberapa varietas unggul tahan *Helopeltis*, yaitu ICCRI 01 (Menteri Pertanian, 2005a), ICCRI 02 (Menteri Pertanian, 2005b), ICCRI 03 (Menteri Pertanian, 2006a), ICCRI 04 (Menteri Pertanian, 2006b), dan RCC 70-71 (Menteri Pertanian, 2013).

2. Teknik Budidaya

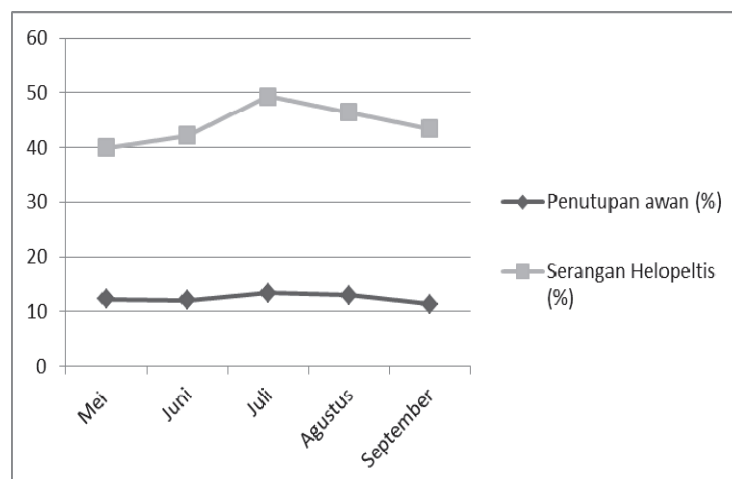
Beberapa teknik budidaya dapat mengurangi kerusakan akibat *Helopeltis* spp., yaitu pemangkasan dan sanitasi kebun. Pemangkasan dengan membuang tunas air (wiwilan) di sekitar cabang-cabang utama setiap dua minggu, dapat mengurangi populasi *Helopeltis* karena tunas air merupakan salah satu tempat peletakan telur *Helopeltis*.

Kebun yang kotor mendukung perkembangan hama ini karena banyak gulma yang menjadi inang alternatifnya sehingga perlu dilakukan pembersihan gulma di sekitar pertanaman kakao. Beberapa gulma yang dilaporkan menjadi inang *Helopeltis* spp. disajikan pada Tabel 2.

Secara Biologi

Pengendalian secara biologi dilakukan dengan menggunakan musuh alami yang menyerang *Helopeltis* spp., seperti predator, parasitoid, dan patogen serangga (*entomopathogen*). Barthakur (2011) melaporkan beberapa musuh alami golongan predator yang berperan sebagai pengendali *Helopeltis* spp. adalah *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae), *Mallada* sp. (Neuroptera: Chrysopidae), dan *Oxyopes* sp. (Arachnida: Oxyopidae).

Berdasarkan hasil penelitian Karmawati *et al.* (1999) dalam Atmadja (2012) di Wonogiri telah ditemukan beberapa jenis predator *H. antonii*, yaitu *Coccinella* sp., semut hitam (*Dolichoderus thoracicus*) dan semut merah (*Oecophylla smaragdina*). Namun, populasi semut hitam dan semut rangrang lebih dominan. Keefektifan predator dalam mengendalikan *H. antonii* membutuhkan waktu sekitar dua tahun. Semut hitam (*Dolichoderus thoracicus*) dan semut merah (*Oecophylla smaragdina*) mengganggu imago *Helopeltis* spp. pada permukaan buah menyebabkan *Helopeltis* tidak bisa meletakkan telur atau mengisap buah karena diserang oleh semut tersebut.



Gambar 4. Pengaruh penutupan awan terhadap serangan *Helopeltis* spp.
Figure 4. The effect of cloud cover on the attack of *Helopeltis* spp.

Tabel 2. Beberapa jenis gulma yang menjadi inang alternatif *Helopeltis* spp.
Table 2. Several types of weeds used as alternate host of *Helopeltis* spp.

Famili	Jenis tumbuhan	Nama umum
Asteraceae	<i>Mikania micrantha</i>	Sembung rambat (Jawa)
	<i>Mikania cordata</i>	Capituheur (Jawa Barat), Semprotan
	<i>Chromolaena odorata</i>	Kirinyuh, Rumput Minjangan, Semak bunga putih
	<i>Bidens biternata</i>	Ajeran, Hareuga (Jawa Barat), Ambong-ambong
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	Telekan, Saliara, Tembelekan, Tahi ayam
Melastomataceae	<i>Melastoma malabethricum</i>	-
Oxalidaceae	<i>Oxalis acetosella</i>	-

Sumber: Mamun & Ahmed (2011); Debnath & Rudrapal (2011); Gogoi *et al.* (2012); Fitriana *et al.* (2012)
Source: Mamun & Ahmed (2011); Debnath & Rudrapal (2011); Gogoi *et al.* (2012); Fitriana *et al.* (2012)

Hasil penelitian Wiryadiputra (2007) menunjukkan pemapanan semut hitam dengan menggunakan sarang daun kelapa yang dikombinasikan dengan inokulasi kutu putih (*Cataenococcus hispidus*) menggunakan sayatan kulit buah kakao cukup berhasil dan dapat menekan serangan dan populasi *Helopeltis* secara efektif pada periode empat bulan setelah pemapanan, terutama pada tanaman kakao dengan penanang kelapa.

Pengendalian secara hayati *H. antonii* pada tanaman kakao dengan menggunakan semut hitam cukup prospektif, terutama jenis *D. thoracicus*. Predator tersebut pernah diteliti pada tahun 1904 di perkebunan Silowuk Sawangan dan tahun 1938 di Kediri. Hasil penelitian menunjukkan tingkat serangan *H. antonii* pada buah kakao yang sering dikunjungi semut hitam lebih rendah dari pada yang tidak dikunjungi semut. Namun, jenis semut ini tidak dapat bersaing dengan jenis lainnya pada habitat baru. Oleh karena itu, sebelum diintroduksi, lokasi baru perlu dibebaskan dari jenis semut lain.

Selain dengan semut hitam, pengendalian hama secara biologi dapat juga dilakukan dengan menggunakan semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*) yang berwarna merah coklat. Untuk menghadirkan semut rangrang dapat dilakukan dengan menempatkan atau memindahkan koloni semut rangrang dari tempat lain atau dengan menaruh bangkai binatang pada pohon untuk menarik semut rangrang.

Peran predator dalam mengendalikan *H. antonii* telah diteliti di beberapa negara. Di Malaysia, jenis semut yang dominan adalah *Dolichoderus thoracicus*, sedangkan di Australia adalah semut rangrang (*Oecophylla smaragdina*). Di India, selain jenis semut, musuh alami yang banyak ditemukan di lapang adalah parasitoid *Telenomus* sp. dan *Chaetricha*.

Pengendalian dengan memanfaatkan parasitoid telur *Helopeltis* spp., yaitu *Erythenemus helopeltidis* dan parasitoid nimfa *Leiophron* (Euphorus). Bhat & Srikumar (2013) melaporkan parasitoid telur *H. theivora* pada tanaman kakao adalah *Telenomus* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae) dengan parasitisasi 3,2% dan *Chaetostricha* sp. parasitisasi 0,8% (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Pengendalian hayati dengan memanfaatkan musuh alami golongan patogen, yaitu *Beauveria bassiana* dan *Lecanicillium lecanii*. Penggunaan *B. bassiana* dosis 25-50 gram spora per hektar menyebabkan kematian *Helopeltis* spp. pada 2-5 hari setelah aplikasi (Siswanto & Karmawati, 2012). Hasil penelitian Sudarmadji & Gunawan (1994) melaporkan penggunaan suspensi spora *B. bassiana* menyebabkan mortalitas pada imago *H. antonii* lebih tinggi dibandingkan nimfa, LC_{50} imago $1,4 \times 10^8$ spora/ml dan LC_{50} nimfa $6,4 \times 10^8$ spora/ml. Kerapatan konidia 10^6 spora/ml *L. lecanii* menyebabkan mortalitas nimfa instar ke-3 *Helopeltis* spp. sebesar 96,2% (Anggarawati, 2014) dan pada kerapatan 10^9 konidia/ml menyebabkan telur gagal menetas sebesar 70% (Solikha, 2013).

Mekanisme jamur entomopatogen yang menyebabkan kematian serangga karena terjadinya

kontak antara konidia dengan permukaan integumen serangga sehingga bisa berkecambah. Konidia yang telah berkecambah membentuk tabung kecambah lalu menembus integumen serangga untuk Mekanisme jamur entomopatogen yang menyebabkan kematian serangga karena terjadinya kontak antara konidia dengan permukaan integumen serangga sehingga konidia bisa berkecambah. Konidia yang telah berkecambah membentuk tabung kecambah lalu menembus integumen serangga untuk terus masuk ke dalam hemocoel. Di dalam hemocoel, jamur membentuk tubuh hifa selanjutnya ikut beredar dalam hemolimfa dan membentuk hifa sekunder untuk menyerang jaringan lainnya.

Secara Mekanik atau Fisik

Pengendalian *H. antonii* secara mekanik dapat dilakukan dengan menangkap serangga menggunakan alat bantu berupa bambu yang diberi perekat (getah) pada ujungnya. Namun, pengendalian tersebut kurang efektif karena membutuhkan tenaga kerja yang relatif banyak dan hasilnya kurang memuaskan.

Penyelubungan buah dengan kantong plastik dapat dilakukan pada buah yang berukuran 8-12 cm dan salah satu ujung lainnya dibiarkan terbuka. Buah yang diselubungi dengan kantong plastik akan terhindar dari serangan *H. antonii*. Namun berbagai permasalahan yang teridentifikasi setelah beberapa tahun teknologi ini diintroduksi kepada petani, antara lain:

- a. Harga plastik yang terus mengalami kenaikan
- b. Secara teknik sulit dilakukan karena membutuhkan waktu yang lama dan tenaga kerja yang banyak karena dilakukan pada masing-masing buah
- c. Penyelubungan menyebabkan permukaan buah lembab sehingga mudah terinfeksi *Phytophthora palmivora*, penyebab penyakit busuk buah, salah satu penyakit terpenting pada tanaman kakao
- d. Jika digunakan dalam waktu yang lama dapat menimbulkan pencemaran lingkungan dalam bentuk timbunan plastik yang tidak mudah terdegradasi.

Berdasarkan pada permasalahan-permasalahan di atas maka saat ini dikembangkan bentuk perlindungan mekanik lain dengan menggunakan lapisan mineral kaolin yang diperkaya dengan mikroba entomopatogenik. Pada mulanya, pelapisan kaolin hanya ditujukan untuk perlindungan buah pasca panen, yaitu menggantikan penggunaan lapisan lilin yang diketahui kurang ramah terhadap lingkungan. Namun belakangan dapat dibuktikan bahwa penggunaan kaolin efektif untuk perlindungan buah selama masa pertumbuhan dan perlindungan tanaman baik dari serangan hama maupun penyakit.

Lapisan kaolin dan jejaring jamur entomopatogen di atas permukaan buah atau daun disebut sebagai lapisan biokaolin atau film biokaolin. Film biokaolin diharapkan dapat berfungsi ganda, yaitu sebagai penghalang mekanik dan pengendali biologis. Hasil penelitian Kresnawaty Budiani, Wahab, & Darmono, (2010) menunjukkan bahwa aplikasi penyemprotan biokaolin setiap dua minggu

memberikan perlindungan terbaik dari serangan *Helopeltis* spp.

Secara Kimia

1. Pestisida Nabati

Pestisida nabati merupakan senyawa kimia yang berasal dari tumbuhan yang digunakan untuk mengendalikan OPT. Pestisida nabati merupakan hasil ekstraksi bagian tumbuhan, baik dari daun, bunga, buah, biji, atau akar. Biasanya bagian tumbuhan tersebut mengandung senyawa atau metabolit sekunder dan memiliki sifat racun terhadap hama dan penyakit tertentu. Saat ini senyawa sekunder yang berasal dari tanaman telah banyak dikaji potensinya sebagai bahan baku pestisida nabati. Pengkajian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat toksisitas, daya tolak, daya tarik, daya hambat makan, dan daya hambat reproduksi hama. Selain itu, pengembangan insektisida nabati juga perlu memperhitungkan ketersediaan dan kemudahan mendapatkan bahan baku, proses pembuatan, dan analisis biaya sehingga dapat bersaing dengan insektisida sintetis di pasaran.

Pemanfaatan insektisida nabati untuk pengendalian OPT mempunyai kelebihan dibandingkan insektisida sintetis terutama dari segi keamanannya. Insektisida nabati terbuat dari bahan alami/nabati sehingga mudah terurai (*bio-degradable*) dan relatif tidak berbahaya bagi kehidupan. Namun disisi lain, sifat mudah terurai juga merupakan kelemahan bagi insektisida nabati sehingga aplikasi harus dilakukan berulang kali. Untuk mengatasi sifat insektisida nabati yang mudah terkikis oleh faktor iklim dan cuaca, salah satu cara yang disarankan adalah dengan penambahan bahan perekat nabati seperti *Sapindus rarak* pada formula yang diaplikasikan (Kardinan & Suriati, 2012).

Pengendalian dengan memanfaatkan insektisida nabati antara lain seraiwangi, minyak biji mimba, ekstrak biji srikaya, minyak selasih dan limbah tembakau. Darwis & Atmadja (2010) melaporkan penggunaan insektisida nabati seraiwangi pada konsentrasi 1,6% dan 3,2% dapat menyebabkan mortalitas *H. theivora* sebesar 60% dan 83,33%. Selain itu penggunaan ekstrak biji dan daun mimba (*A. indica*) serta ekstrak biji srikaya (*Annona squamosa*) terhadap mortalitas dan perkembangan *Helopeltis* cenderung menghambat aktivitas makan dan menurunkan keperidian (Wiryadiputra & Atmawinata, 1989). Pengujian lapang penggunaan pestisida nabati tanaman mimba, suren, kipait dan kacang babi pada teh dan vanili dapat menurunkan serangan *Helopeltis* 40-60%.

Minyak selasih (*Occimum basilicum*) efektif terhadap *H. antonii* dengan tingkat kematian mencapai 83,33% pada 6 hari setelah aplikasi (Atmadja & Suriati, 2009). Selain itu, dapat juga digunakan tembakau yang menghasilkan bahan aktif nikotin. Bahan aktif yang berperan dalam mengendalikan serangga hama adalah senyawa nikotin dan turunannya antara lain alkaloid nikotin, nikotin sulfat, dan senyawa nikotin lainnya. Senyawa ini bekerja sebagai racun kontak, racun perut, dan

fumigan. Senyawa nikotin efektif dalam mengendalikan serangga golongan apids dan serangga berbadan lunak lainnya. Kandungan senyawa nikotin paling tinggi terdapat pada bagian ranting dan tulang daun.

Hasil penelitian lainnya tentang pemanfaatan pestisida nabati minyak seraiwangi (*Cymbopogon nardus* L.) untuk menurunkan populasi hama pengisap buah *H. antonii* pada kakao menunjukkan penyemprotan dengan interval aplikasi 1x1 minggu dapat menekan populasi nimfa dan imago tertinggi dibandingkan waktu aplikasi 1x2 minggu dan 1x3 minggu dengan tingkat penekanan pada minggu ke 4 sebesar 87,37% nimfa dan 64,86% imago (Nurmansyah *et al.*, 2010). Di samping itu, hasil penelitian tentang pengaruh ekstrak kulit kayu Angsana terhadap tingkat konsumsi *H. theivora* menunjukkan ekstrak kulit kayu Angsana pada konsentrasi 5% dapat digunakan sebagai zat anti-makan bagi *H. theivora* (Maulidiyah *et al.*, 2013). Hasil penelitian Sulistyowati *et al.* (2014) melaporkan ekstrak bawang putih (*Allium sativum*), serai (*Cymbopogon nardus*), dan paitan (*Tithonia diversifolia*) pada konsentrasi 5% menyebabkan mortalitas *H. antonii* pada tanaman kakao di lapangan berturut-turut 65,8%; 65,0%; dan 63,8%.

Pemanfaatan insektisida nabati sebagai agens perlindungan tanaman dalam PHT harus mengacu pada prinsip-prinsip PHT. Insektisida nabati lebih baik digunakan dalam bentuk campuran, sedangkan insektisida yang berbeda hendaknya digunakan secara berselang-seling. Di samping itu, penggunaan insektisida nabati hendaknya dipadukan dengan musuh alami apabila bahan insektisida nabati tersebut dinilai kompatibel, dan sedapat mungkin memanfaatkan secara langsung tumbuhan-tumbuhan yang ada di sekitar kebun petani sebagai bahan insektisida nabati (Dadang & Priyono, 2008).

Beberapa tumbuhan yang telah diteliti dan menunjukkan efektivitasnya terhadap *Helopeltis* spp. dalam skala laboratorium, selanjutnya perlu dilakukan pengujian skala lapangan untuk mengetahui efektivitas dan keamanannya terhadap serangga berguna (parasitoid, predator, polinator) dan arthropoda tanah. Selain itu bahan insektisida nabati yang efektif pada pengujian di laboratorium belum tentu menunjukkan efektivitas yang sama setelah diaplikasikan di lapangan. Beberapa faktor yang berpengaruh terhadap efektivitas insektisida nabati jika diaplikasikan di lapangan di antaranya suhu.

2. Pestisida Sintetik

Pengendalian dengan insektisida sintetis dilaksanakan secara bijaksana dengan memperhatikan alat aplikasi, jenis, hama, dosis/konsentrasi, cara, dan waktu aplikasi yang tepat. Hingga saat ini ketergantungan terhadap penggunaan insektisida sintetis masih sangat tinggi karena lebih praktis, hasil lebih cepat diketahui, lebih efisien baik dari segi waktu maupun ekonomi, dan karena teknik pengendalian dengan metode lainnya relatif tidak tersedia.

Penggunaan insektisida sintetik ini antara lain telah dilaporkan bahwa bahan aktif kuinalfos+sipermetrin 0,625 L/ha, tiametoksam 0,125 kg/ha, dan lamda-sihalotrin 0,5 L/ha efektif terhadap *H. antonii* pada tanaman teh di Bangladesh dengan efektivitas sekitar 86% (Chowdhury, Ahmed, Mamun, & Paul, 2013). Demikian juga halnya dengan penyemprotan 0,003% lambda cyhalothrin dan 0,01% triazhopos efektif terhadap *H. antonii* (Jalgaonkar, Gawankar, Bendale, & Patil, 2009).

Dampak negatif pengendalian hama dengan insektisida kimia sintetik secara terus-menerus dapat menyebabkan resistensi dan resurgensi hama, munculnya hama sekunder, serta meracuni makhluk hidup bukan sasaran dan lingkungan. Hasil penelitian Roy, Mukhopadhyay, & Gurusubramanian (2011) melaporkan *H. theivora* dari perkebunan teh di daerah Kalchini, Bengali Barat, India telah resisten terhadap 11 jenis insektisida sintetik dari 4 golongan (hidrokarbon berklor, organofosfat, piretroid sintetik, dan neonikotinoid) dengan nisbah resistensi 20–17564 kali.

Dari beberapa teknik pengendalian *Helopeltis* spp. yang dilakukan maka petani dapat memilih teknik pengendalian yang sesuai, mudah, murah, dan tersedia di daerahnya, sebagai contoh penggunaan bahan nabati mimba atau tanaman lain yang tersedia di daerah tersebut.

PENUTUP

Helopeltis spp. merupakan salah satu hama utama pada tanaman kakao. Pengendalian yang dianjurkan adalah pengendalian terpadu dengan memperhatikan aspek budidaya lainnya. Konsep pengendalian hama terpadu (PHT) untuk mendukung program pertanian berkelanjutan, yaitu kultur teknik dengan menggunakan varietas/klon kakao resisten ICCRI 01-04, RCC 70-71; biologi dengan memanfaatkan musuh alami (predator, parasitoid, patogen) seperti semut hitam, semut rangrang, *B. bassiana* dan *L. lecanii*; mekanik/fisik dengan pelapisan atau penyemprotan buah menggunakan biokaolin; kimia dengan penggunaan insektisida nabati seperti seraiwangi, mimba, srikaya, selasih, bawang putih, dan paitan, serta penggunaan insektisida sintetik secara bijaksana meliputi jenis, dosis, waktu, dan cara aplikasi yang tepat.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, M. (2012). Ecofriendly pest management of tea in Bangladesh. *Two and a Bud*, 59, 11-16.
- Anggarawati, S.H. (2014). *Upaya pengendalian hayati Helopeltis sp. hama penting tanaman acacia crassiparva dengan cendawan Beauveria bassiana dan Lecanicillium lecanii* (Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Atmadja, W.R. (2003). Status *Helopeltis antonii* sebagai hama pada beberapa tanaman perkebunan dan pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(2), 57-63.
- Atmadja, W.R. (2012). Pengendalian *Helopeltis* secara terpadu pada tanaman perkebunan. In *Sirkuler Teknologi Tanaman Rempah dan Obat* (p. 25). Bogor: Unit Penerbitan dan Publikasi Balittro.
- Atmadja, W.R., & Suriati, S. (2009). Keefektifan minyak selasih (*Ocimum basilicum* dan *Ocimum minimum*) terhadap mortalitas *Helopeltis antonii* SIGN pada inang alternatif. In *Prosiding Simposium V Penelitian dan Pengembangan Perkebunan*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor, 14 Agustus 2009.
- Bateman, R. (2007). *Overview of cocoa pests in Asia and Pasific Islands*. SEA Cocoa Overview 1.1. United Kingdom: IPARC.
- Barthakur, B.K. (2011). Recent approach of tocklai to plant protection in tea in North East India. *Science and culture*, 77(9-10), 381-384.
- Bhat, P.S., & Srikumar, K.K. (2013). Record of egg parasitoids *Telenomus* sp. laricis group (Hymenoptera: Platygasteridae) and *Chetostricha* sp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) from *Helopeltis theivora* Waterhouse (Heteroptera: Miridae) infesting cocoa. *International Journal of Agricultural Sciences*, 3(5), 510-512.
- Centre for Agriculture and Biosciences International. (2012). *Crop protection compendium*. Wallingford (GB): CABI.
- Chowdhury, R.S, Ahmed M, Mamun M.S.A, & Paul S.K. (2013). Relative efficacy of some insecticides for the control of tea mosquito bug, *Helopeltis theivora* (Waterhouse) in Bangladesh. *Journal of Plant Protection Science*, 5(1), 50-54.
- Dadang, & Priyono, D. (2008). *Insektisida nabati: prinsip, pemanfaatan, dan pengembangan* (p. 163). Bogor: Departemen Proteksi Tanaman. Institut Pertanian Bogor.
- Darwis, M., & Atmadja, W.R. (2010). Pemanfaatan sepuluh jenis tanaman obat dan aromatik untuk pengendalian hama *Helopeltis theivora* Watch. In *Prosiding Seminar Nasional VI: Peranan Entomology dalam Mendukung Pengembangan Pertanian Ramah Lingkungan dan Kesehatan Masyarakat* (pp. 328-336). Bogor, 24 Juni 2010. Bogor: Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI).
- Debnath, M., & Rudrapal M. (2011). Tea mosquito bug *Helopeltis theivora* Waterhouse: A threat for tea plantation in North East India. *Asian Journal of Biochemical and Pharmaceutical Research*, 4(1), 70-73.

- Dwomoh, E.A., Afun, J.V.K., & Ackonor, J.B. (2008). Laboratory studies of the biology of *Helopeltis schoutedeni* Reuter (Hemiptera: Miridae), A major sucking pest of cashew (*Anacardium occidentale* Linn.). *Journal of Cell and Animal Biology*, 2(3), 55-62.
- Fitriana, Y., Purnomo, & Hariri, A.M. (2012). Uji efikasi ekstrak gulma siam terhadap mortalitas hama pencucuk buah kakao (*Helopeltis* spp.) di laboratorium. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 12(1), 85-91.
- Gogoi, B., Choudhury, K., Sharma, M., Rahman, A. & Borthakur, M. (2012). Studies on the host range of *Helopeltis theivora*. *Two and a Bud*, 59, 31-34.
- Jalgaonkar, V.N., Gawankar, M.S, Bendale, V.W, & Patil P.D. (2009). Efficacy of some insecticides against cashew tea mosquito bug *Helopeltis antonii* Sign. *The Journal of Plant Protection Sciences*, 1(1), 96-97.
- Kardinan, A., & Suriati, S. (2012). Efektifitas pestisida nabati terhadap serangan hama pada teh (*Camellia sinensis* L.). *Buletin Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 23(2), 148-152.
- Karmawati, E., Mahmud Z, Syakir M, Munarso J, Ardana K, & Rubiyo. (2010). *Budidaya dan pasca panen kakao* (p. 92). Jakarta: Badan Litbang Pertanian.
- Kresnawaty, I., Budiani, A., Wahab, A., & Darmono, T.W. (2010). Aplikasi biokaolin untuk perlindungan buah kakao dari serangan PBK, *Helopeltis* spp. dan *Phytophthora palmivora*. *Menara Perkebunan*, 78(1), 25-31.
- Mahdona, N. (2009). *Tingkat serangan hama kepik pengisap buah (Helopeltis spp.) (Hemiptera: Miridae) pada tanaman kakao (Theobroma cacao L.) di dataran rendah dan dataran tinggi Sumatera Barat* (Skripsi, Universitas Andalas, Padang).
- Mamun, M.S.A., & Ahmed, M. (2011). Integrated pest management in tea: Prospects and future strategies in Bangladesh. *The Journal of Plant Protection Sciences*, 2(2), 1-13.
- Maulidiyah, R., Sumarmin, R., & Wati, M. (2013). Pengaruh ekstrak kulit batang angkana (*Pterocarpus indicus* Willd.) terhadap konsumsi pakan kepik penghisap buah kakao (*Helopeltis theivora* Wat.). *Jurnal Pendidikan Biologi*, 2(2), 1-7.
- Menteri Pertanian. (2005a). *Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 212/Kpts/SR.120/5/2005 tentang Pelepasan Varietas Kakao Klon KW 118 sebagai varietas/klon unggul dengan nama ICCRI 01*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Menteri Pertanian. (2005b). *Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 213/Kpts/SR.120/5/2005 tentang Pelepasan Varietas Kakao Klon KW 109 sebagai varietas/klon unggul dengan nama ICCRI 02*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Menteri Pertanian. (2006a). *Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 530/Kpts/SR.120/9/2006 tentang Pelepasan Varietas Kakao Klon KW 30 sebagai varietas/klon unggul dengan nama ICCRI 03*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Menteri Pertanian. (2006b). *Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 529/Kpts/SR.120/9/2006 tentang Pelepasan Varietas Kakao Klon KW 48 sebagai varietas/klon unggul dengan nama ICCRI 04*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Menteri Pertanian. (2013). *Peraturan Menteri Pertanian Nomor 09/Permentan/OT.140/1/2013 tentang Pedoman Teknis Pembangunan Kebun Induk dan Kebun Entres Kakao*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Nair, K.S.S., & Sumardi. (2000). Insect pests and diseases of major plantation species. In *Insect Pests and Diseases in Indonesian Forests: An assessment of the major threats, research efforts and literature*. (Nair KSS/editor). Bogor: Center for International Forestry Research.
- Nurcholis, M., & Supangkat, G. (2011). Pengembangan integrated farming system untuk pengendalian alih fungsi lahan pertanian. In *Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian. Urgensi dan Strategi Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian* (pp. 71-84). Bengkulu, 7 Juli 2011.
- Nurmansyah, Jamalius, Nasrun, Zulkarnain, Bastian, & Hasnawati. (2010). *Pemanfaatan pestisida nabati minyak serai wangi untuk menurunkan populasi (80%) hama pengisap buah Helopeltis antonii pada kakao*. Laporan Teknis Penelitian Tahun Anggaran 2010 (pp. 459-466). Bogor: Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik.
- Roy, S., Mukhopadhyay, A., & Gurusubramanian, G. (2011). Resistance to insecticides in field-collected populations of tea mosquito bug (*Helopeltis theivora* Waterhouse) from the Dooars (North Bengal, India) tea cultivations. *J Entomol Res Soc*, 13(2), 37-44.
- Sarker, M., & Mukhopadhyay, A. (2006). Studies on salivary and midgut enzymes of a major sucking pest of tea, *Helopeltis theivora* (Hemiptera: Miridae) from Darjeeling plains, India. *J. Ent. Res. Soc*, 8(1), 27-36.
- Siswanto, Muhamad, R., Omar, D., & Karmawati, E. (2009). The effect of mating on the eggs fertility and fecundity of *Helopeltis antonii* (Heteroptera: Miridae). *Tropical Life Sciences Research*, 20(1), 89-97.

- Siswanto, & Karmawati, E. (2012). Pengendalian hama utama kakao (*Conopomorpha Cramerella* dan *Helopeltis* spp.) dengan pestisida nabati dan agens hayati. *Perspektif Review Penelitian Tanaman Industri*, 11(2), 69-78.
- Smith, E.S.C. (1979). Description of the immature and adult stages of the cocoa mirid *Helopeltis clavifer* (Heteroptera: Miridae). *Pasific Insects*, 20(4), 354-361.
- Solikha, D.R. (2013). Infektivitas cendawan *Lecanicillium lecanii* terhadap telur *Helopeltis* sp. (Hemiptera: Miridae) (Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Srikumar, K.K., & Bhat, P.S. (2013a). Biology and feeding behavior of *Helopeltis antonii* (Hemiptera: Miridae) on Singapore cherry (*Muntingia calabura*). *Research*, 3(1), 11-16.
- Srikumar, K.K., & Bhat, P.S. (2013b). Demographic parameters of *Helopeltis antonii* Signoret (Heteroptera: Miridae) on neem, cocoa, and henna. *African Journal of Agricultural Research*, 4(35), 4466-4473.
- Stonedahl, G.M. (1991). The oriental species of *Helopeltis* (Heteroptera: Miridae): a review of economic literature and guide to identification. *Bulletin of Entomological Research*, 81, 465-490.
- Sudarmadji, D., & Gunawan, S. (1994). Patogenisitas fungi entomopatogen *Beauveria bassiana* terhadap *Helopeltis antonii*. *Menara Perkebunan*, 62(1), 1-5.
- Sulistyowati, E. (2008). Pengendalian hama. In Wahyudi, T., T.R. Pangabea, & Pujiyanto (Eds.) *Panduan Lengkap Kakao: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir* (pp. 138-153). Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sulistyowati, E., Ghorir, M., Wardani, S. & Purwoko, S. (2014). Keefektifan serai, bawang putih, dan bunga paitan sebagai insektisida nabati terhadap pengisap buah kakao, *Helopeltis antonii*. *Pelita Perkebunan*, 30(1), 35-46.
- Supangkat, G. (2009). Sistem usaha tani terpadu, keunggulan dan pengembangannya. *Workshop Pengembangan Sistem Pertanian Terpadu*. Dinas Pertanian Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. DIY, 14 Desember 2009.
- Wheeler, Jr. (2000). Plant bugs (Miridae) as plant pests (Chapter 3). In Schaefer C.W. & AR Panizzi (Eds). *Heteroptera of Economic Importance*. USA: CRC Press.
- Wiryadiputra, S. (2007). Pemapanaan semut hitam (*Dolichoderus thoracicus*) pada perkebunan kakao dan pengaruhnya terhadap serangan hama *Helopeltis* spp. *Pelita Perkebunan*, 23(1), 57-71.

PENGENDALIAN TERPADU PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO UNTUK MENDUKUNG BIOINDUSTRI KAKAO

INTEGRATED CONTROL OF BLACK POD DISEASE TO SUPPORT BIOINDUSTRY OF COCOA

Efi Taufiq

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

tofiqbalittri@yahoo.com

ABSTRAK

Penyakit busuk buah kakao (BBK) merupakan salah satu kendala utama dalam budidaya kakao karena merupakan faktor pembatas produksi yang penting. Penyakit ini menyerang semua bagian tanaman terutama pada buah muda dan buah matang. Patogen penyakit BBK adalah *Phytophthora palmivora*. Pengendalian penyakit hasilnya belum sesuai harapan karena dilakukan secara parsial dan tidak menggunakan semua komponen pengendalian yang tersedia. Pengendalian secara terpadu harus dilakukan menggunakan semua komponen meliputi penanaman varietas unggul, teknik budidaya, dan teknik pemangkasan yang benar, pengamatan serangan penyakit secara kontinyu, pengambilan dan pemusnahan buah sakit, sanitasi kebun, penggunaan agens hayati dan fungisida nabati, serta penggunaan pestisida sintetik secara bijaksana.

Kata kunci: *Phytophthora palmivora*, varietas unggul, monitoring, fungisida nabati

ABSTRACT

Black pod disease of cocoa (BPC) caused by pathogen Phytophthora palmivora is one of the main obstacles in the cultivation of cocoa, which also considered as a limiting factor for cocoa production. This disease attacks all part of plant particularly on young and mature cocoa pods. The disease control is not in accordance with the expectation due to it is done partially and do not use all available control components. An integrated control should be applied by using all components, including varieties, technical culture, microclimate management, disease monitoring, natural enemies and pesticides. In detail, the components that should be applied are planting superior varieties, proper cultivation and pruning techniques, observation of disease attacks continuously, destruction of infected fruit, field sanitation, the use of biological agents and botanical fungicides, as well as the use of synthetic pesticides properly.

Keywords: *Phytophthora palmivora*, superior variety, monitoring, botanical fungicide

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang penting dalam perekonomian Indonesia karena melibatkan banyak pihak dalam sistem agribisnisnya. Selain itu kakao merupakan sumber pendapatan petani maupun sebagai penghasil devisa negara. Luas areal pertanaman kakao Indonesia tahun 2012 adalah 1.732.954 ha, dengan produksi sebesar 936.266 ton. Dari total areal tersebut 94,55% (1.638.540 ha) diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat dan sisanya merupakan perkebunan negara dan perkebunan swasta (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2012). Pada tahun 2011 ekspor kakao Indonesia 550.000 ton biji kering, lebih rendah dari Pantai Gading dan Ghana dengan volume ekspor masing-masing 1.242.000 ton dan 662.000 ton yang menempatkan Indonesia sebagai pengeksport biji kakao terbesar ketiga dunia (International Cocoa Organization [ICCO], 2011).

Permasalahan yang dihadapi dalam budidaya kakao nasional cukup banyak, antara lain rendahnya produktivitas dan mutu. Rendahnya produktivitas kakao rakyat salah satunya akibat

serangan penyakit busuk buah kakao (BBK) yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* (Purwantara 1992; Erwin & Ribeiro, 1996; Evans, 2007; Deberdt *et al.*, 2008). Penyakit tersebut dapat menurunkan hasil 10 sampai 30% untuk tingkat dunia, dan kerugian akan meningkat terutama di daerah basah pada musim hujan (McMahon & Purwantara, 2004). Di Indonesia, kehilangan hasil akibat *P. palmivora* mencapai 15-52,99% (Pawirosoemardjo & Purwantoro 1992; Sukanto 2003). Meskipun patogen ini menyerang seluruh bagian tanaman, tetapi kerusakan paling besar adalah pada busuk buah, kanker batang, dan layu pada bibit. Kehilangan hasil karena busuk buah, kanker batang, dan layu pada bibit dapat mencapai 39% (Anderson & Guest, 1990). Di Ghana kehilangan buah karena *P. megakarya* dengan kisaran 60-100%, akibatnya banyak petani frustrasi dan tidak melakukan pengendalian (Opoku, Appiah, Akrofi, & Owusu, 2000).

Tingginya serangan penyakit BBK dapat mengganggu kesinambungan pemenuhan bahan baku industri, baik dari sisi kuantitas maupun kualitas. Untuk itu, diperlukan upaya pengendalian penyakit BBK secara terpadu yang ramah lingkungan sehingga tercipta sistem bioindustri kakao yang berkelanjutan.

PHYTOPHTHORA SEBAGAI PATOGEN PENYAKIT BBK

Phytophthora spp. adalah salah satu organisme pengganggu tanaman (OPT) yang sangat berbahaya karena merupakan patogen bagi banyak komoditas pertanian dan perkebunan di Indonesia. Patogen ini adalah patogen utama penyebab penyakit layu pada tanaman cabai, tomat, kentang, busuk pucuk dan buah vanili, busuk buah dan kanker batang kakao, serta busuk buah kelapa (Semangun, 2000).

Phytophthora termasuk family Pythiaceae, ordo Peronosporales, kelas Oomycetes. *P. palmivora* merupakan jamur heterotalik, tidak menghasilkan stadium seksual dalam medium buatan (Gambar 1). Miselium tidak bersepta dan mengandung banyak intidiploid. Hifa tidak berwarna, mempunyai cabang yang banyak, agak keras, sinosis, kadang-kadang bersepta, berdiameter antara 5–8 μ pada jaringan tanaman, pertumbuhan hifa biasanya interseluler dan membentuk haustorium di dalam sel inang (Alexopoulos & Mims, 1996). *P. palmivora* dilaporkan dapat membentuk sporangium pada buah kakao dengan kelembaban nisbi udara 70-90%. Meskipun kondisi lingkungan tidak menguntungkan, misalnya kelembaban udara rendah, radiasi sinar matahari dan temperatur ekstrim, sporangium masih dapat terbentuk, memencar, dan menginfeksi (Duniway, 1983).

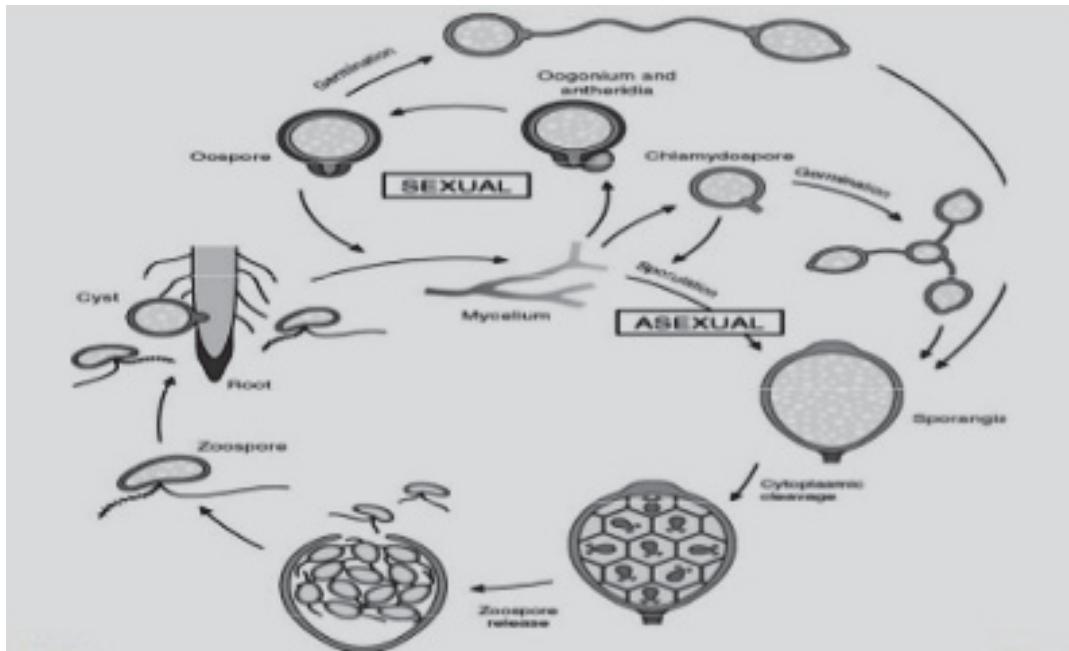
Patogen ini tumbuh baik pada suhu udara kisaran 25-30 °C dengan kelembaban relatif 78-80% dan pembentukan sporangia pada suhu > 20 °C (Erwin & Ribeiro, 1996; Drenth & Sendall, 2004). Faktor yang berperan terjadinya infeksi adalah kebasahan permukaan buah kakao dan kelembaban nisbi udara (RH) yang tinggi sekitar 95%. Hal ini didukung dari penelitian sebelumnya bahwa pelepasan, perkecambahan, dan infeksi zoospore terjadi apabila tersedia air bebas. Air bebas dapat terjadi karena ada hujan atau kondensasi uap air jenuh akibat penurunan suhu yang berlangsung secara mendadak (Purwantara 1990).

Siklus hidup patogen penyakit BBK dapat berlangsung secara seksual (kawin) dan aseksual (tidak melalui perkawinan), namun yang berlangsung saat ini umumnya secara aseksual, karena belum ada studi tentang tipe kawin spora patogen BBK (Gambar 1). Siklus hidup aseksual dimulai dari perkecambahan sporangium secara langsung maupun zoosporangium pada permukaan buah kakao yang lembab dan basah, kemudian membentuk miselia yang mampu mendegradasi dinding sel permukaan buah. Patogen BBK terus mengkolonisasi permukaan buah, sehingga terlihat gejala busuk basah, dan membentuk sporangium

kembali pada permukaan buah yang terlihat seperti kapas (Gambar 2 dan 3), demikian terjadi berulang kali, secara teratur dan kondisi lingkungan optimum untuk perkembangan patogen.

Studi taksonomi menunjukkan bahwa *Phytophthora* yang menyerang tanaman kakao di dunia terdiri dari beberapa spesies antara lain: *P. palmivora*, *P. megakarya*, *P. capsici*, *P. citrophthora*, dan *P. tropicilis* (Bowers, Bailey, Hebbar, Sanogo, & Lumsden, 2001). Di Indonesia, Umayah & Purwantara (2006) melaporkan bahwa penyakit busuk buah kakao disebabkan oleh *P. palmivora*. Hal ini berdasarkan isolasi yang dilakukan dari buah sakit yang diambil dari sentra produksi kakao, yaitu Sumatra Utara, Lampung, Jawa Barat, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara, kemudian diidentifikasi secara morfologi dan molekuler. Patogen ini menyerang hampir semua bagian tanaman kakao, mulai dari daun, batang, dan buah kakao, serta menyerang pada semua fase pertumbuhan tanaman mulai dari bibit, tanaman muda, dan tanaman dewasa.

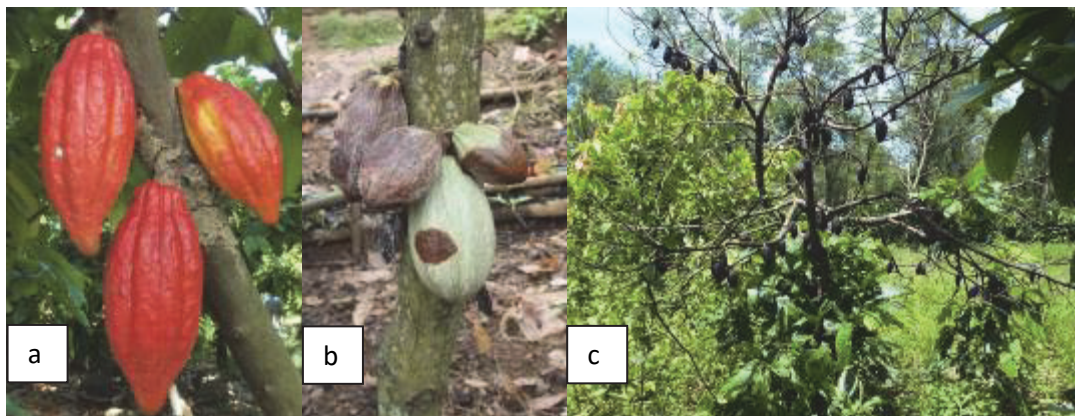
Gejala penyakit yang mudah dilihat adalah busuk pada buah dimulai dengan bercak kecil pada buah, kemudian bercak berkembang dengan cepat menutupi jaringan internal dan seluruh permukaan buah, bahkan bagian dalam buah termasuk biji, juga terserang, akhirnya buah menjadi hitam (Guest, 2007). Buah yang terinfeksi akan menjadi busuk total dalam waktu sekitar 2 minggu, tergantung ukuran buah pada saat terinfeksi (Jackson & Wright, 2001). Patogen menyerang jaringan internal buah dan menyebabkan biji kakao berkerut dan berubah warna, buah-buah yang sakit akhirnya menjadi hitam dan menjadi mumi (Bowers *et al.*, 2001; Guest, 2007). Menurut Sukanto & Pujiastuti (2004) patogen dapat masuk ke dalam buah dan menyebabkan biji menjadi busuk, hal ini jelas menurunkan kualitas biji kakao (Gambar 2 dan 3). Siklus hidup seksual terjadi apabila pada suatu areal didapati dua tipe kawin yang berbeda, dimana sel kelamin jantan (antheridium) akan membuahi sel kelamin betina (oogonium), maka akan terbentuk individu baru berupa oospora yang mempunyai sifat baru yang berbeda dari induknya, misalnya virulensinya lebih rendah atau lebih tinggi. Pada kondisi yang optimum, oospora akan berkecambah, menginfeksi dan mengkolonisasi inangnya, sampai membentuk sporangium kembali. Sporangium berisi 10-15 zoosporangium yang akan keluar dari sporangium bila kondisi optimum untuk perkembangan patogen. Bila kondisi lingkungan kurang baik, maka sporangium bisa langsung berkecambah tanpa mengeluarkan zoosporangium didalamnya.



Gambar 1. Siklus hidup *Phytophthora* spp. (Sumber: Agrios, 2005)
 Figure 1. Life cycle of *Phytophthora* spp (Source: Agrios, 2005)



Gambar 2. Gejala awal penyakit busuk buah kakao pada kulit buah yang sudah menembus ke biji
 Figure 2. The initial symptoms of black pod disease on pod husk that has penetrated into the seeds



Gambar 3. Gejala busuk buah kakao: (a) buah sehat, (b) buah sakit, dan (c) buah hitam (mumi)
 Figure 3. Symptoms of black pod disease: (a) healthy pod, (b) infected pod, and (c) black pod (mummies)



Gambar 4. Sumber inokulum di kebun dan hewan yang menularkannya (bekicot)
Figure 4. A source of inoculum found in the field and animal as a vector of the disease (snail)

PENYEBARAN PENYAKIT BBK

Penyakit BBK sangat sulit dikendalikan karena patogen umumnya dapat bertahan hidup sebagai miselium dan klamidospora (spora resisten yang berdinding tebal) pada material tanaman yang terinfeksi seperti akar, kanker batang, buah-buah mumi, pada sisa-sisa tanaman, atau di dalam tanah (Bowers *et al.*, 2001; Guest, 2007). Sekali buah kakao terinfeksi patogen yang kemudian terjadi sporulasi maka akan dapat menghasilkan sejumlah besar sumber inokulum untuk menginfeksi buah-buah yang lain (Bowers *et al.*, 2001). Pada kondisi lingkungan yang lembab, satu buah kakao dapat menghasilkan sebanyak 4 juta sporangia yang mengandung zoospore motil (Guest, 2007). Sporangia dapat tersebar melalui percikan air hujan maupun tiupan angin, bantuan binatang (serangga yang merayap maupun yang terbang, tikus, kelelawar), serta penggunaan alat-alat pertanian dan media tanah yang telah terkontaminasi (Jackson & Wright 2001; Guest, 2007).

P. palmivora dapat menginfeksi buah kakao pada berbagai fase perkembangannya. Namun demikian, fase buah yang belum matang merupakan fase yang paling peka terhadap infeksi patogen (Deberdt *et al.*, 2008). Kerusakan dan kerugian yang paling besar jika infeksi patogen terjadi pada buah muda yang umurnya sekitar 2 bulan sebelum matang. Pada umur tersebut patogen dapat dengan mudah masuk dari kulit buah ke lapisan bakal biji. Buah yang sakit serta kulit buah yang telah membusuk akan menjadi sumber inokulum, oleh karena itu harus dikeluarkan dari blok pertanian. Inokulum pada buah-buah kakao yang terinfeksi patogen terlihat seperti bulu/benang berwarna putih (Gambar 4).

PENGENDALIAN PENYAKIT BBK SECARA KONVENSIONAL

Pengendalian penyakit BBK umumnya dilakukan dengan cara konvensional, yaitu menggunakan fungisida sintetik, pemangkasan yang tidak teratur, pemupukan yang tidak berimbang, dan sanitasi kebun yang belum baik. Semua tindakan itu dilakukan secara parsial, tidak komprehensif, dan kurang memperhatikan komponen pengendalian yang

lain secara terpadu. Oleh karena itu, pengendalian semacam ini hasilnya kurang memuaskan.

Pengendalian penyakit BBK dengan menggunakan fungsida sintetik membutuhkan biaya yang besar dan memboroskan devisa karena bahan aktif fungisida sintetik umumnya masih diimpor. Selain itu, penggunaan fungisida sintetik akan menimbulkan efek negatif, antara lain: (1) dapat meracuni, baik terhadap petani sebagai operator maupun masyarakat umum sebagai konsumen hasil-hasil pertanian, (2) dapat merubah keseimbangan ekologi atau ekosistem pertanian yang dapat mengakibatkan terjadinya resurgensi hama, dan (3) dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan (tanah, air, dan udara). Dampak negatif fungisida sintetik pada kesehatan manusia bisa terjadi akibat bioakumulasi dan biomagnifikasi melalui rantai makanan. Manusia sebagai makhluk hidup yang letaknya paling ujung pada suatu rantai makanan dapat memperoleh efek biomagnifikasi paling besar. Dampak ini umumnya ditimbulkan oleh pestisida-pestisida golongan organoklorin. Pada daerah-daerah yang tingkat pencemaran lingkungannya dinilai tinggi akibat penggunaan pestisida sintetik yang cukup intensif, seperti daerah Kabupaten Brebes, maka prevalensi hipotiroidisme pada wanita usia subur dapat mencapai 22,2% (Suhartono, 2010).

Hasil penelitian yang telah dilakukan di Ghana menunjukkan bahwa praktek-praktek sanitasi kebun yang dikombinasikan dengan tiga kali aplikasi fungisida Ridomil 72 plus pada bulan Juni, September, dan Oktober merupakan cara yang efektif untuk mengendalikan penyakit BBK. Sementara itu, untuk tindakan preventif biasanya dilakukan penyemprotan buah kakao yang masih sehat dengan menggunakan fungisida sintetik berbahan aktif tembaga pada konsentrasi formulasi 0,3% dalam selang waktu 2 minggu (Opoku, Assuah, & Aneani, 2007). Di Indonesia, secara umum penggunaan fungisida sintetik pada perkebunan-perkebunan kakao milik rakyat cukup intensif. Namun demikian, hal ini pun dipengaruhi oleh harga jual kakao yang dapat diterima petani. Apabila hasil panen dinilai menguntungkan, maka perawatan tanaman dilakukan secara intensif, termasuk penggunaan fungisida sintetik. Sebaliknya, apabila harga kakao dinilai tidak menguntungkan, maka tanaman menjadi kurang terawat serta tidak dilakukan penyemprotan dengan pestisida sintetik.

Tindakan sanitasi kebun serta pengambilan buah-buah yang sakit sudah biasa dilakukan oleh para petani, namun masih belum konsisten dan belum sesuai dengan konsep pengendalian penyakit yang benar. Sebagai contoh, serasah tanaman dan buah yang sakit hanya dipendam di dalam lubang dan ditutup tanah sekitar 20-30 cm. Tindakan seperti ini belum mampu memusnahkan sumber inokulum penyakit BBK. Jadi, secara umum tindakan yang saat ini sering dilakukan oleh para petani pada dasarnya adalah hanya memelihara sumber inokulum di kebun.

PENGENDALIAN PENYAKIT BBK SECARA TERPADU

Pengendalian penyakit dengan cara konvensional terbukti kurang efektif, oleh karena itu diperlukan teknik pengendalian penyakit secara terpadu. Pengendalian ini dinilai efektif dan ramah lingkungan, yaitu dengan cara memadukan beberapa teknik pengendalian yang sesuai dengan tujuan untuk mempertahankan keseimbangan ekologi, mengembangkan kondisi lingkungan yang tidak disukai hama penyakit, serta memperbaiki kesehatan dan atau ketahanan tanaman. Ramlan (2010) mengemukakan bahwa pengendalian terpadu dirancang untuk menyeimbangkan serta mengelola kegiatan-kegiatan yang berhubungan dengan daur hidup pertanaman kakao, memperbaiki tingkat kesehatan dan atau ketahanan tanaman terhadap penyakit BBK.

Dalam pengelolaan penyakit BBK secara terpadu disarankan untuk melengkapi kegiatan aplikasi fungisida seminimal mungkin dengan praktek-praktek budidaya (kultur teknis) yang baik dan benar. Praktek budidaya yang dimaksud antara lain: pemangkasan tanaman (tanaman kakao maupun tanaman penanang), pemupukan yang berimbang, pengelolaan gulma, perbaikan drainase, pemanenan buah yang terinfeksi sesering mungkin, serta sanitasi pohon dan kebun secara terus menerus (Fulton, 1989). Pengendalian biologi yang dikombinasikan dengan kultur teknis memberikan hasil pengendalian penyakit BBK yang lebih baik dibandingkan jika aplikasi tunggal agens biologi atau kultur teknis sendiri. Selanjutnya, disarankan juga untuk mengkombinasikan metode pengendalian secara genetik (tanaman resisten), biologi, kimia, dan praktek-praktek budidaya tanaman dalam suatu kegiatan yang terpadu sehingga akan diperoleh teknik pengelolaan penyakit BBK yang berkelanjutan (Deberdt *et al.*, 2008).

Penggunaan Tanaman Resisten (Tahan)

Tahapan PHPT dimulai dengan penggunaan varietas unggul yang tahan atau toleran terhadap patogen penyakit BBK. Bahan tanaman tahan/toleran merupakan komponen pengendalian yang telah terbukti efektif dalam mengendalikan beberapa jenis hama dan penyakit tanaman.

Pada lingkungan yang beriklim basah biasanya serangan hama penyakit relatif lebih tinggi bila dibandingkan dengan yang beriklim kering. Oleh karena itu, penanaman varietas atau klon kakao yang toleran terhadap kondisi iklim basah dapat mengurangi

masalah serangan hama dan penyakit. Terdapat beberapa klon kakao anjuran yang dinilai relatif tahan terhadap BBK di antaranya adalah: klon DRC 16, Sca 6, Sca 12, ISC 6, ICCRI 03, ICCRI 04 dan hibridanya. Selanjutnya, dalam proses persilangan untuk menghasilkan populasi hibrida F₁ yang resisten terhadap infeksi *P. palmivora*, sebaiknya menggunakan klon TSH 858 sebagai induk betina dan klon Sca 6 sebagai induk jantan (Rubiyo *et al.*, 2008). Klon Sca 6 memiliki potensi resisten terhadap patogen busuk buah karena memiliki aktivitas kinitase dan peroksidase lebih tinggi dibandingkan klon-klon lainnya (Rubiyo, Purwantara, & Sudarsono, 2010). Ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit BBK umumnya bersifat horizontal dengan mekanismenya berupa struktur yang tidak optimum bagi patogen penyakit dan komposisi biokimia buah (Rubiyo & Amaria, 2013).

Aplikasi Kultur Teknis

Usaha pengendalian penyakit BBK tidak hanya difokuskan terhadap patogennya saja, tetapi juga faktor lingkungan tumbuh serta tanaman inangnya. Salah satu faktor lingkungan tumbuh yang berpengaruh adalah curah hujan, kelembaban, dan suhu. Keadaan lingkungan tersebut dapat dimanipulasi melalui praktek-praktek budidaya sehingga tercipta lingkungan yang tidak disukai bagi perkembangan penyakit BBK. Berbagai komponen teknologi budidaya untuk pengendalian penyakit BBK telah tersedia, seperti pengaturan kerapatan tanaman kakao (Jackson & Wright, 2004); sanitasi kebun dan tanaman, pengendalian gulma, pemangkasan (Opoku *et al.*, 2007), panen sering (Jackson & Wright, 2004), pemanfaatan mikroorganisme antagonis (Deberdt *et al.*, 2008), dan penggunaan fungisida (Sukanto & Pujiastuti 2004; Opoku *et al.*, 2007; Deberdt *et al.*, 2008).

1. Sanitasi Kebun

Buah yang sakit lebih disukai dan dengan cepat akan dikerumuni oleh kumbang terbang dan serangga lainnya. Tindakan membuang/memusnahkan buah sakit dan buah kering sebagai tindakan sanitasi reguler akan mengurangi jumlah inokulum yang tersedia yang dapat terbawa oleh serangga atau binatang lainnya. Teknik sanitasi dan penggunaan insektisida dapat digunakan untuk mengendalikan serangga vektor dalam blok pertanaman kakao. Sarang semut sebaiknya dikerok dari batang pohon dengan menggunakan pisau untuk mengurangi bongkah tanah yang terangkut ke tajuk tanaman.

Panen sering telah banyak dipraktekkan dan ternyata efektif dalam mengurangi serangan penyakit BBK. Melalui panen sering akan dapat meningkatkan peluang terambilnya buah-buah yang telah terserang penyakit sehingga kebun menjadi relatif bersih dari patogen. Hasil penelitian Beding, Alimuddin, & Kanro (2002) menunjukkan bahwa penggunaan paket teknologi pemangkasan + panen sering + penggunaan insektisida memberikan hasil yang positif terhadap peningkatan pembentukan buah dan penekanan serangan penyakit BBK.

2. Pemangkasan Tanaman Kakao

Tingkat kerapatan tanaman kakao dapat mempengaruhi insiden penyakit BBK karena berkaitan dengan tinggi-rendahnya kelembaban di areal kebun. Kerapatan tanaman kakao yang direkomendasikan di Papua New Guinea adalah maksimum 625 pohon per hektar (Jackson & Wright, 2004), sedangkan di Indonesia adalah 1000 pohon per hektar.

Pemangkasan tanaman kakao secara tepat akan dapat memperbaiki sirkulasi udara dan cahaya matahari di daerah sekitar tajuk tanaman, dapat mengurangi kelembaban yang terlalu tinggi sehingga tercipta kondisi yang kurang sesuai untuk perkembangan penyakit, dapat merangsang pembentukan cabang-cabang buah yang baru, dan dapat mengurangi efek kompetisi terhadap cadangan makanan. Pemangkasan tanaman kakao sebaiknya dilakukan pada puncak musim hujan, tetapi tidak pada fase pembungaan atau perkembangan buah (Jackson & Wright, 2004).

Terdapat empat model pemangkasan pada tanaman kakao, yaitu pemangkasan bentuk, pemangkasan tunas air, pemangkasan sanitasi, dan pemangkasan struktural (Konam, Namaliu, Daniel & Guest, 2009).

Pemangkasan bentuk

Tujuan pemangkasan bentuk adalah untuk membentuk tajuk tanaman kakao yang baik dan kuat sehingga dapat mendukung terhadap perkembangan buah yang ada, serta dapat merangsang pertumbuhan cabang sekunder yang baru yang akan menghasilkan banyak buah. Pemangkasan bentuk meliputi juga pemangkasan ujung cabang yang sedang tumbuh untuk memacu pertumbuhan cabang samping. Empat atau lima cabang-cabang ini diseleksi dan dipelihara menjadi cabang primer untuk menunjang kehidupan pohon kakao. Pada pemangkasan ini, cabang yang ada di bawah dan saling tumpang tindih dengan cabang lainnya, serta cabang-cabang yang menggantung (tumbuh ke bawah) hendaknya dibuang.

Pemangkasan tunas air

Pada tanaman muda, pemangkasan tunas vertikal dilakukan untuk memperoleh kekuatan struktur dan menghindari cabang yang berlebihan. Pada tanaman dewasa, pemangkasan ini dilakukan guna meningkatkan cadangan nutrisi bagi perkembangan buah melalui penekanan efek kompetisi dengan organ tanaman yang lainnya. Di samping itu, pemangkasan ini dapat memperbaiki penetrasi sinar matahari serta aliran udara di sekitar tajuk tanaman.

Pemangkasan sanitasi

Pemangkasan ini di samping dapat membersihkan cabang-cabang yang sakit, juga akan membantu memperbaiki kondisi iklim mikro di sekitar tajuk tanaman sehingga akan mempengaruhi siklus hidup patogen. Pemangkasan ini di samping dapat memperbaiki kesehatan tanaman, juga dapat merangsang perkembangan buah. Pemangkasan sanitasi dilakukan pada saat banyak terlihat cabang-cabang sakit dan yang mengering, dan dapat juga

dilakukan secara bersamaan dengan pemangkasan lainnya.

Pemangkasan struktural

Pemangkasan struktural bertujuan memacu perkembangan empat sampai lima cabang utama secara kontinyu. Pemangkasan ini akan merangsang penggantian cabang tua dan sakit pada tanaman dewasa dengan pertumbuhan cabang baru. Pemangkasan ini ditujukan untuk mempertahankan cabang-cabang yang produktif dan mempertahankan tajuk agar tetap baik dan membulat, di samping dapat menciptakan kondisi iklim mikro yang baik di sekitar tajuk tanaman.

3. Pemangkasan Pohon Penaung

Pengelolaan pohon penaung yang baik akan dapat memacu pertumbuhan dan produksi tanaman kakao. Jumlah penaung yang terlalu sedikit akan berakibat kekeringan pada tanaman kakao sebagai akibat sinar matahari yang terlalu terik, dan dapat merangsang pertumbuhan dan perkembangan gulma. Sebaliknya, jumlah pohon penaung yang terlalu banyak akan dapat meningkatkan kelembaban sehingga akan mendukung terhadap perkembangan hama dan penyakit. Jumlah sinar matahari yang ideal untuk pertanaman kakao adalah sekitar 75%, dimana 50% yang akan diserap tanaman kakao dan sisanya sebanyak 25% sampai ke permukaan tanah. Opoku *et al.* (2007) menyarankan bahwa sebaiknya naungan disesuaikan hingga sekitar 10 tanaman yang tinggi per hektarnya.

4. Pengendalian Gulma

Gulma meliputi tumbuhan dari jenis rumput-rumputan yang berdaun sempit maupun berdaun lebar, tumbuhan-tumbuhan yang merambat, dan jenis tumbuhan lainnya yang tidak dikehendaki kehadirannya pada blok pertanaman kakao. Gulma di bawah pohon kakao akan menjadi pesaing dalam hal pemanfaatan unsur hara, sinar matahari, air, dan ruang/tempat tumbuh. Di samping itu, gulma juga dapat membantu penyebaran atau menjadi inang bagi hama dan penyakit tertentu termasuk penyakit BBK, dan dapat mengganggu kegiatan pemanenan buah, pemangkasan, dan kegiatan-kegiatan kebun lainnya. Gulma dapat dihilangkan secara manual/mekanis atau dengan menggunakan anti gulma nabati dari sekitar pangkal batang atau pada seluruh blok pertanaman kakao.

5. Penggunaan Fungisida Nabati

Pengendalian yang saat ini dikembangkan adalah penggunaan fungisida nabati, karena bersifat ramah lingkungan dan tidak berbahaya bagi kesehatan manusia. Fungisida nabati yang banyak dikembangkan adalah minyak cengkeh dan serai wangi (Manohara, 1999; Nakahara, Alzoreky, Yoshihashi, Nguyen, Trakoontivakom, 2003; Nurmansyah, 2010; Supriadi, 2014) karena mudah didapat dan bersifat membunuh patogen (fungisidal). Pemanfaatan fungisida nabati seperti cengkeh dan serai wangi untuk mengendalikan penyakit BBK telah dilaporkan oleh Nurmansyah (2010) dan Harni, Amaria, & Supriadi (2013). Penggunaan

minyak serai wangi dan fraksi sitronellal untuk mengendalikan *P. palmivora* pada konsentrasi 750 ppm, minyak seraiwangi mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni *P. palmivora* 75,95% dan biomassa koloni 82,61%. Sedangkan fraksi sitronellal pada konsentrasi yang sama mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni 78,88% dan biomassa koloni 88,41% (Nurmansyah, 2010). Selanjutnya minyak cengkeh dan serai wangi telah dibuat formulasi dengan menambahkan senyawa penginduksi ketahanan tanaman seperti asam salisilat dan silikon (Harni *et al.*, 2013). Formula tersebut telah diuji oleh Harni, Taufiq, & Amaria (2014) pada tingkat laboratorium dan rumah kaca terhadap *P. palmivora* asal kakao. Hasil penelitian di laboratorium formula minyak cengkeh dan serai wangi yang ditambah asam salisilat dan silikon dapat menghambat pertumbuhan *P. palmivora* 65-100% dan 66,25% pada bibit kakao di rumah kaca.

Selain itu tanaman fungisida nabati yang cukup potensial adalah penggunaan minyak lengkuas. Lengkuas merupakan tanaman yang biasanya digunakan sebagai bumbu dapur nilai ekonominya tidak terlalu tinggi dan mudah sekali ditanam sebagai tanaman sela di kebun kakao sehingga ketersediaan bahan bakunya cukup mudah (Tabel 1). Widodo (2010), melaporkan bahwa 500 ppm minyak lengkuas mampu menghambat perkembangan *P. capsici in vitro* sampai 100% sehingga mempunyai peluang untuk digunakan sebagai pengendali spesies *Phytophthora* lainnya.

Tabel 1. Komposisi senyawa utama minyak lengkuas
Table 1. The composition of major compounds of galangal oil

Senyawa	Volume (%)
Kavicol	0,29
Sineol	16,45
Pentadekan	6,97
Farnesen	20,56
Germakren	7,91
Metil eugenol	3,28
Allilfenil asetat	2,81

Sumber/Source: (Taufiq, 2004)

6. Pengendalian Secara Hayati

Pengendalian hayati penyakit tanaman adalah upaya penekanan aktivitas dan kepadatan populasi patogen dengan penggunaan satu jenis atau lebih organisme yang hidup bersama secara alamiah maupun melalui manipulasi lingkungan atau antagonis, agar populasi patogen berada dibawah ambang batas yang membahayakan bagi tanaman inang (Baker & Cook, 1974).

Penggunaan mikroorganisme antagonis dianggap sebagai suatu strategi pengendalian yang dapat memberikan hasil lebih baik dan aman terhadap lingkungan, tetapi masih memerlukan penelitian, terutama untuk aplikasi luas di lapangan karena sering tidak memuaskan. Hasil penelitian Deberdt *et al.* (2008) menunjukkan bahwa pengendalian biologi penyakit busuk buah dengan *Trichoderma asperellum* (Strain PR 14) tidak seefektif dengan aplikasi fungisida Ridomil plus gold 66 WP pada tekanan penyakit yang tinggi. Hal yang

sama yang dilaporkan oleh Sukanto (2004) pengendalian agens hayati jamur *Trichoderma* spp. pada buah kakao di kebun meskipun hasilnya tidak sebaik fungisida tembaga tetapi untuk menghindari pencemaran lingkungan dan pengembangan produk organik sangat perlu diterapkan.

Cara aplikasi agens hayati *Trichoderma* spp. adalah suspensi spora jamur disemprotkan ke buah kakao sehat sebagai tindakan preventif dengan dosis 200 g/l. Aplikasi *Trichoderma* spp. yang layak dilakukan adalah pemberian suspensi spora agens hayati yang disiramkan pada lubang berisi serasah tanaman dan buah sakit yang dipendam di tanah. Penambahan kotoran sapi atau kambing dan substrat rumput-rumputan, akan mempercepat proses dekomposisi limbah kakao yang dibenam di kebun. Bila dilakukan pengadukan secara rutin, maka limbah tersebut akan menjadi kompos yang merupakan sumber nutrisi bagi tanaman kakao. Pengendalian biologi yang dikombinasi dengan kultur teknis memberikan hasil pengendalian yang lebih baik dibandingkan jika aplikasi tunggal agens biologi atau kultur teknis sendiri (Deberdt *et al.*, 2008). Selanjutnya disarankan untuk kombinasi metode pengendalian biologi, kimia, genetika, praktek budidaya dalam program terpadu untuk pengelolaan penyakit busuk buah berkelanjutan (Deberdt *et al.*, 2008).

Pengendalian hayati merupakan salah satu teknologi pengendalian hama penyakit yang ramah terhadap lingkungan karena menggunakan organisme yang berasal dari alam (baik residen maupun introduksi) dan berusaha memperbaiki serta mempertahankan keseimbangan ekosistem pertanian. Pengendalian hayati mempunyai berbagai mekanisme yang memberikan efek langsung dan tidak langsung terhadap perkembangan patogen penyakit. Efek langsung ditunjukkan oleh aktivitas antagonisme berupa kompetisi ruang/nutrisi, antibiosis, dan parasitisme yang langsung menurunkan aktivitas dan populasi patogen. Efek tidak langsung ditunjukkan oleh mikroorganisme yang menginduksi ketahanan tanaman sehingga tanaman lebih resisten terhadap serangan patogen. Pengendalian hayati memerlukan kajian yang komprehensif, meliputi skrining agens hayati, uji mekanisme penghambatan dari agens hayati terhadap patogen target, dan bioekologi agens hayati. Agar hasilnya sesuai harapan, hal ini terjadi karena pola pertanian modern yang terjadi saat ini sudah banyak merubah keseimbangan ekosistem pertanian.

Penerapan pengendalian hayati untuk mengendalikan penyakit tanaman umumnya menggunakan agens hayati bersifat antagonis terhadap patogen. Agens hayati dapat berupa bakteri maupun fungi non patogenik. Fungi non patogenik dapat diisolasi dari rizosfer tanaman maupun dari dalam jaringan tanaman sehat. Isolat yang diperoleh umumnya bersifat saprofit, hanya sedikit yang bersifat endofit dan dapat dimanfaatkan sebagai agens hayati, dekomposer bahan organik, maupun sebagai penginduksi ketahanan tanaman. Fungi non patogenik yang sudah banyak dimanfaatkan sebagai

agens hayati adalah *Trichoderma* spp. Salah satu contohnya adalah *Trichoderma harzianum* yang diisolasi dari rizosfer terbukti mampu menghambat perkembangan *Rhizoctonia solani* dan *Sclerotium rolfsii* dengan cara memparasit hifa (Elad, Chet, & Katan, 1980). Sedangkan, *Trichoderma lactae* merupakan dekomposer bahan organik yang mampu mempercepat proses pematangan kompos (Tombe, Zulhisnain, & Taufik, 2001).

Pada tanaman resisten, inokulasi dengan agens hayati penginduksi ketahanan tanaman dapat mengaktifkan secara cepat berbagai mekanisme resistensi tanaman, di antaranya akumulasi fitoaleksin, dan peningkatan aktivitas beberapa jenis enzim penginduksi seperti β -1,4-glukosidase, chitinase dan β -1-3-glukanase. Senyawa fitoaleksin adalah substansi antibiotik yang diproduksi oleh tanaman inang apabila ada infeksi patogen atau pelukaan, akumulasi yang tinggi dari fitoaleksin akan mencegah patogen berkembang dan meningkatkan kebugaran tanaman.

PENUTUP

P. palmivora merupakan patogen pada banyak jenis tumbuhan di daerah beriklim tropis dan sedang. Pada tanaman kakao, patogen ini menyerang daun, batang, pucuk, bantalan bunga, dan buah pada berbagai tingkatan umur. Meskipun demikian, buah-buah yang belum matang adalah paling peka terhadap serangan patogen. Penyakit BBK sangat sulit dikendalikan karena patogen umumnya dapat bertahan hidup sebagai miselium dan kladospora (spora resisten yang berdinding tebal) pada material tanaman yang terinfeksi seperti akar, kanker batang, buah-buah mumi, atau di dalam tanah dalam jangka waktu yang lama. Berbagai komponen teknologi untuk pengelolaan penyakit BBK telah tersedia, seperti pengaturan kerapatan tanaman kakao; sanitasi kebun dan tanaman; pemangkasan dan pengaturan pohon penang; panen sering; pemanfaatan mikroorganisme antagonis; dan penggunaan fungisida nabati. Komponen-komponen teknologi tersebut dapat dikombinasikan satu sama lain secara kompatibel agar diperoleh hasil yang lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios G.N. (2005). *Plant pathology*. Fifth Edition. New York: Academic Press.
- Alexopoulos, C.J, & Mims, C.W. (1996). *Introductory mycology*. Fourth edition. New York: John Wiley and Sons.
- Anderson, R.D, & Guest D.I. (1990). The control of black pod, canker and seedling blight of cocoa, caused by *Phytophthora palmivora*, with potassium phosphonate. *Australian Plant Pathology*, 19(4), 127-129.
- Baker K.F., Cook R.J., & Garret S.D. (1974). *Biological control of plant pathogens* (p. 433). USA: WH Freeman and Company.
- Beding, P.A., Alimuddin, & Kanro, M.Z. (2002). Tanggapan petani terhadap PHT hama penggerek buah dan penyakit busuk buah kakao di Kabupaten Sorong. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 18(3), 100-107.
- Bowers, J.H., Bailey, B.A., Hebbard, P.K., Sanogo, S., & Lumsden, R.D. (2004). The impact of plant diseases on world chocolate production. *Plant Health Progress*, doi: 10.1094/PHP-2004-0709-01-RV.
- Deberdt, P., Mfegue, C.V., Tondje, P.R., Bon, M.C., Ducamp, M., Hurard, ... Cilas, C. (2008). Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *Biological Control*, 44, 149-159.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2012). Statistik perkebunan Indonesia 2010-2012 Kakao (p. 53). Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Drenth, A., & Sendall, B. (2004). Economic impact of *Phytophthora* diseases in Southeast Asia. In Drenth, A. & Guest, D.I., (Ed.), *Diversity and management of Phytophthora in Southeast Asia* (pp. 10-18). ACIAR Monograph.
- Duniway, J.M. (1983). Role of physical factors in the development of phytophthora diseases. In *Phytophthora its biology, taxonomy, ecology, pathology* (pp. 175-187). Minnesota: The American Phytopathological Society St. Paul.
- Elad, Y., Chet, I., & Katan, J. (1980). *Trichoderma harzianum*: A biocontrol agent effective against *Sclerotium rolfsii* and *Rhizoctonia solani*. *Phytopathology*, 70, 119-121.
- Erwin, D. C., & Ribeiro, O. K. (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. Minnesota: APS Press The American Phytopathological society.
- Evans, H.C. (2007). Cacao diseases-the trilogy revisited. *Phytopathology*, 97, 1640-1643.
- Fulton, R.H. (1989). The cacao disease trilogy: Black pod, monilia pod rot, and witches'-broom. *Plant Disease*, 73(7), 601-603.
- Guest, D. (2007). Black pod: Diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. *Phytopathology*, 97(12), 1650-1653.
- Harni, R., Taufiq, E., & Amaria, W. (2014). Pengaruh formula fungisida nabati minyak cengkeh dan seraiwangi terhadap penyakit busuk buah kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(1), 67 – 74.

- Harni, R., Amaria, W., & Supriadi. (2013). Keefektifan beberapa formula fungisida nabati eugenol dan sitronella terhadap *Phytophthora palmivora* Bult. kakao. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(1), 11-18.
- International Cocoa Organization. (2011). *Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*, 35(2).
- Jackson, G.V.H., & Wright, J.G. (2004). *Black pod and canker of cocoa. Eating disorders* [leaflet] Pest Advisory No. 7. Plant Protection Service, Secretariat of the Pacific Community.
- Konam J., Namaliu Y., Daniel R., & Guest, D.I. (2009). *Pengelolaan hama dan penyakit terpadu untuk produksi kakao berkelanjutan: Panduan Pelatihan untuk Petani dan Penyuluh* (p. 36). Monograf ACIAR No. 131a.
- Manohara, D. (1999). Potensi tanaman rempah dan obat sebagai pengendali jamur *Phytophthora capsici*. *Prosiding Forum Komunikasi Ilmiah Pemanfaatan pestisida Nabati*. Bogor, 9-10 November 1999.
- McMahon, P., & Purwantara, A. (2004). *Phytophthora on cocoa*. In Drenth A. & D.I. Guest (Eds.). *Diversity and management of Phytophthora in Southeast Asia* (pp. 104–115). ACIAR Monograph No. 114.
- Nakahara, K., Alzoreky, N.S., Yoshihashi, T., Nguyen, H.T.T., & Trakoontivakom, G. (2003). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus*. *JARQ*, 37(4), 249-252.
- Nurmansyah. (2010). Efektivitas minyak serai wangi dan fraksi sitronella terhadap pertumbuhan jamur *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao. *Bul. Litro*, 21(1), 43-52.
- Opoku, I.Y., Appiah, A.A., Akrofi, A.Y., & Owusu, G.K. (2000). *Phytophthora megakarya*: Apotential threat to the cocoa industry in Ghana. *Journal of Agricultural Science*, 33, 237-248.
- Opoku, I.Y., Assuah, M.K., & Aneani, F. (2007). Management of black pod disease of cocoa with reduced number of fungicide application and crop sanitation. *African Journal of Agricultural Research*, 2(11), 601-604.
- Pawirosoemardjo, S., & Purwantara A. (1992). Laju infeksi dan intensitas serangan *Phytophthora palmivora* pada buah dan batang beberapa varietas kakao. *Menara Perkebunan*, 60(2), 62-72.
- Purwantara, A. (1990). Pengaruh beberapa unsure cuaca terhadap infeksi *P. palmivora* pada buah kakao. *Menara Perkebunan*, 58(3), 78-83.
- Purwantara, A. (1992). Perkembangan penyakit busuk buah dan kanker batang pada kakao akibat serangan *Phytophthora palmivora*. *Menara Perkebunan*, 60, 78-84.
- Ramlan. (2010). Pengelolaan penyakit busuk buah kakao. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PGJ dan PFI XX Komisaris Daerah Sulawesi Selatan*. 27 Mei 2010.
- Rubiyo, & Amaria W. (2013). Ketahanan tanaman kakao terhadap penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora* Butl.). *Perspektif*, 12(1), 23-36.
- Rubiyo, Purwantara, A., & Sudarsono. (2010). Aktivitas kitinase dan peroksidase, kerapatan stomata serta ketahanan kakao terhadap penyakit busuk buah. *Pelita Perkebunan*, 26(2), 111—121.
- Rubiyo, Purwantara, A., Suhendi, D., Trikoesoemaningtyas, Ilyas, S., & Sudarsono. (2008). Uji ketahanan kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap penyakit busuk buah dan efektivitas metode inokulasi. *Pelita Perkebunan*, 24(2), 95—113.
- Semangun, H. (2000). *Penyakit-penyakit tanaman perkebunan di Indonesia*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Suhartono. (2010). *Pajanan pestisida sebagai faktor risikom disfungsi tiroid pada kelompok wanita usia subur (WUS) di Daerah Pertanian Dataran Rendah*. (Disertasi, Universitas Diponegoro, Semarang).
- Sukamto, S., & Pujiastuti, D. (2004). Keefektifan beberapa bahan pengendali penyakit busuk buah kakao *Phytophthora palmivora*. *Pelita Perkebunan*, 20(3), 132-142.
- Sukamto, S. (2003). Pengendalian secara hayati penyakit busuk buah kakao dengan jamur antagonis *Trichoderma harzianum*. *Seminar Ilmiah dan Kongres Nasional PFI XVI*. Bandung, 6-8 Agustus 2003.
- Supriadi. (2014). *Perkembangan teknologi pengendalian penggerek buah kakao (PBK). Kajian literatur untuk strategi pengendalian PBK. Paper presented at* Pembinaan PBTP Sulawesi Tengah, 6-11 September 2011.
- Taufiq, E., (2004). *Aktivitas antifungal ekstrak dan minyak rimpang lengkuas (Alpinia galanga) terhadap patogen rebah kecambah kedelai*. (Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Tombe, M., Zulhisnain, & Taufik, E. (2004). Penggunaan Bio-FOB strain 10-AM untuk pengendalian penyakit BBP panili secara hayati. *Prosiding Simposium Rempah Indonesia* (pp. 209-2016). Jakarta, 13-14 September 2001.

Umayah, A., & Purwantara, A. (2006). Identifikasi isolat *Phytophthora* asal kakao. *Menara Perkebunan*, 74(2), 75-85.

Widodo, (2010). *Pengendalian penyakit busuk pucuk vanili (>90%) menggunakan fungi non patogenik dan fungisida nabati seta meningkatkan produksi bibit (> 50%)*. Laporan Hasil Penelitian Kerjasama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Pertanian dengan Perguruan Tinggi (KKP3T).

DAMPAK KERUSAKAN OLEH JAMUR KONTAMINAN PADA BIJI KAKAO SERTA TEKNOLOGI PENGENDALIANNYA

THE IMPACT OF COCOA BEANS DAMAGE CAUSED BY FUNGAL CONTAMINANTS AND ITS CONTROL TECHNOLOGIES

Widi Amaria, Tajul Iflah, dan Rita Harni

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda Sukabumi 43357

w_amarial@yahoo.com

ABSTRAK

Mutu biji kakao kering dapat dipengaruhi oleh beberapa hal di antaranya kerusakan yang disebabkan oleh jamur kontaminan penghasil toksin (mikotoksin). Keberadaan jamur tersebut dapat dideteksi sejak kegiatan panen dan pasca panen, seperti sortasi, fermentasi, pencucian, pengeringan, dan penyimpanan. Jenis jamur kontaminan yang sering ditemukan selama tahapan ini berlangsung antara lain marga *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, dan *Mucor*. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan jamur antara lain: suhu dan kelembaban, kadar air, aktivitas serangga, dan penanganan pascapanen. Mikotoksin dihasilkan dari metabolit jamur-jamur kontaminan, dan jenis yang mendominasi pada biji kakao adalah aflatoxin dan okratoksin. Kedua jenis mikotoksin tersebut selain dapat menurunkan mutu maupun kuantitas biji dan produk olahannya, juga bersifat toksik/racun yang berbahaya bagi manusia karena dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti kanker hati dan ginjal. Oleh karena itu, perlu dilakukan pencegahan dan pengendalian terhadap jamur kontaminan penghasil mikotoksin pada semua tahapan kegiatan untuk memperoleh biji kakao kering dengan mutu terbaik.

Kata kunci: Biji kakao, jamur kontaminan, mikotoksin, pengendalian

ABSTRACT

*Quality of dried cocoa beans can be affected by several things, one of them is the damage caused by fungal contaminants that produce toxin (mycotoxin). The existence of these fungi can be detected from the harvest and post-harvest activities, including sorting, fermentation, washing, drying, and storage. These types of fungal contaminants that often found during those processes are genera *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, and *Mucor*. Factors that influence the development of fungi are temperature and humidity, moisture, insect activity, and postharvest handling. Mycotoxins are generated from metabolites of fungal contaminants, in which the most dominant types on cocoa beans are aflatoxin and ochratoxin. These two types of fungal contaminants can reduce the quality and quantity of cocoa beans and its processed products. Besides, this toxin is also toxic/poison to humans because it can cause health problems such as liver and cancer. Therefore, it is necessary to prevent and control these fungal contaminants at all stages of activities in order to obtain dry beans with the best quality.*

Keywords: Cocoa beans, fungal contaminants, mycotoxin, control

PENDAHULUAN

Permintaan pasar untuk komoditas kakao dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Pada tahun 2012 nilai ekspor Indonesia sebesar 1.053,4 juta US dolar dan tahun 2013 mencapai 1.151,5 juta US dolar (Kementerian Perdagangan, 2014). Oleh karena itu, untuk memenuhi peningkatan permintaan tersebut maka perlu dilakukan upaya peningkatan produksi maupun mutunya. Mutu biji kakao harus selalu diperhatikan karena sangat menentukan tingkat harga di perdagangan pasar internasional. Persyaratan umum dan khusus untuk memenuhi standar mutu biji kakao tersebut telah diatur dalam Standar Nasional Indonesia Biji Kakao (SNI 01-2323-1991). Apabila biji kakao yang dihasilkan tidak memenuhi standar maka penahanan terhadap produk yang dihasilkan (*automatic detention*) akan sering terjadi, dan hal ini sangat merugikan karena akan terkena potongan harga (*automatic discount*) untuk biaya fumigasi dan gudang. Dampak yang

paling serius karena kejadian tersebut akan dapat menurunkan daya saingnya di pasar internasional.

Mutu biji kakao Indonesia sampai saat ini masih belum memenuhi persyaratan yang dianjurkan SNI. Hal ini terutama disebabkan oleh penanganan pasca panen yang belum dilakukan dengan baik dan benar yang mengacu kepada *good handling practices* (GHP) dan *good manufacturing practices* (GMP), serta adanya infestasi dan infeksi serangga maupun jamur. Rahmadi & Fleet (2008) mengemukakan alasan terjadi penolakan terhadap biji kakao Indonesia adalah sering ditemukannya jamur, kotoran, serangga, dan benda asing lainnya. Keberadaan jamur merupakan salah satu penentu mutu biji kakao, dan batas maksimal yang diperkenankan untuk biji kakao grade I adalah 3%, sedangkan untuk grade II adalah 4%.

Kerusakan yang disebabkan oleh jamur dapat berpotensi sebagai mikotoksin yang mengganggu kesehatan manusia dan hewan. Jamur dapat ditemukan serta mudah tumbuh dan

berkembang pada setiap tahapan panen dan pasca panen serta pada jalur distribusi atau rantai perdagangan. Jenis jamur pasca panen yang banyak ditemukan antara lain dari marga *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Rhizopus*, dan *Mucor* (Dharmaputra, Sunjaya, Retnowati, & Ambarwati, 2000; Asrul, 2009). Di tingkat petani, pedagang pengumpul, dan eksportir ditemukan puluhan jenis jamur pasca panen yang bersifat kosmopolit (terdapat dimana-mana) dan berpotensi menghasilkan toksin (Rahmadi & Fleet, 2008; Asrul, 2009).

Jenis mikotoksin yang paling banyak ditemukan pada biji kakao adalah okratoksin dan aflatoksin yang dihasilkan dari jenis *Aspergillus* dan *Penicillium* (Copetti, Iamanaka, Pitt, & Taniwaki, 2014). Senyawa ini tidak bisa dihilangkan selama proses pengolahan kakao yang dapat menyebabkan kontaminasi pada produk-produk olahan kakao sehingga berbahaya bagi kesehatan manusia. Badan Penelitian Kanker Internasional (International Agency for Research on Cancer [IARC], 1993) telah membuktikan bahwa okratoksin bersifat karsinogen, nefrotoksik, teratogenik, immunotoksik, dan hepatoksik pada berbagai jenis hewan percobaan dan kemungkinan besar bisa juga terjadi pada manusia. Seperti halnya okratoksin, aflatoksin juga dapat menyebabkan kanker dan kerusakan ginjal pada manusia bila dikonsumsi secara berlebihan. Handayani & Setyaningsih (2006) mengemukakan bahwa kontaminasi aflatoksin pada komoditi pertanian lebih sering terjadi di daerah beriklim tropik dan sub tropik karena suhu dan kelembabannya sesuai untuk pertumbuhan jamur.

Sampai saat ini, kerusakan pada biji kakao yang disebabkan oleh keberadaan jamur kontaminan masih menjadi kendala utama dalam upaya meningkatkan mutu biji kakao nasional. Sehubungan dengan itu maka perlu diketahui jamur penyebab kerusakan, faktor-faktor yang menyebabkan perkembangan jamur, serta teknologi pengendalian yang dapat dilakukan untuk mencegah maupun mengendalikan jamur kontaminan serta mikotoksin pada biji kakao.

JENIS DAN PENYEBAB KERUSAKAN PADA BIJI KAKAO

Terjadinya penolakan terhadap produk biji kakao Indonesia salah satunya karena belum memenuhi persyaratan yang tertera dalam Standar Nasional Indonesia Biji Kakao SNI 01-2323-1991. Penjelasan secara detail tentang syarat umum dan khusus biji kakao yang dapat diperdagangkan termasuk karakteristik fisik, bau, dan kontaminasi dari serangga dan jamur tercantum pada Tabel 1 dan 2.

Jenis Kerusakan

Secara umum kerusakan yang terjadi pada biji kakao selama proses panen, penanganan pasca panen, hingga proses penyimpanan akan menyebabkan penurunan mutu (susut berat, jumlah, dan mutu). Jenis kerusakan yang ditemukan pada biji kakao di antaranya kerusakan fisik dan mekanis, biologis, mikrobiologis, serta kimia (Supriyanto, 2012).

Tabel 1. Syarat umum Standar Nasional Indonesia Biji Kakao SNI 01 2323-1991

Table 1. General requirement of the Indonesian National Standard for Cocoa Beans SNI 01 2323-1991

Karakteristik	Persyaratan
Kadar air (b/b)*	Maks. 7,5 %
Biji berbau asap dan atau abnormal dan atau berbau asing	Tidak ada
Serangga hidup	Tidak ada
Kadar biji pecah dan atau pecahan biji dan atau pecahan kulit (b/b)	Maks. 3 %
Kadar benda-benda asing (b/b)	Maks. 0 %

Sumber: Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (1993)

Source : Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (1993)

Tabel 2. Syarat khusus Standar Nasional Indonesia Biji Kakao SNI 01 2323-1991

Table 2. Special requirement of the Indonesian National Standard for Cocoa Beans SNI 01 2323-1991

Karakteristik	Persyaratan (Maks.)	
	Mutu I	Mutu II
Kadar biji berkapang (b/b)	3%	4%
Kadar biji tidak terfermentasi (biji/biji)	3%	8%
Kadar biji berserangga, pipih, dan berkecambah	3%	6%

Sumber: Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (1993)

Source : Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (1993)

1. Kerusakan fisik dan mekanis

Kerusakan fisik pada biji kakao dapat disebabkan oleh perlakuan fisik, misalnya penggunaan peralatan pada saat pemecahan atau pengupasan buah kakao yang menyebabkan biji dapat tergores atau luka. Kerusakan mekanis terjadi akibat benturan, gesekan atau goresan selama penanganan pasca panen, pengemasan, pengangkutan, dan penyimpanan. Benturan antar biji, tertindih atau tertekan, serta gesekan dengan bahan kemasan dapat mengakibatkan biji mengalami perubahan bentuk, memar, pecah, kotor, tercampur dengan benda asing, dan berbau asap/asing.

2. Kerusakan biologis

Kerusakan biologis disebabkan oleh hama gudang dan binatang pengerat/rodensia seperti tikus, bajing, dan lain-lain. Jenis hama gudang antara lain *Cadra cutella*, *Lasioderma serricacarne*, *Araecerus fasciculatus*, dan *Tribolium castaneum*. Laju kerusakan biologis dipengaruhi oleh kadar air, suhu penyimpanan, dan oksigen. Kondisi iklim di negara produsen kakao pada umumnya sangat cocok untuk perkembangbiakan dan pertumbuhan hama gudang yang dapat merusak biji kakao. Serangan hama gudang tersebut sulit dikendalikan terutama pada biji kakao yang disimpan di karung-karung dalam jumlah besar.

3. Kerusakan mikrobiologis

Kerusakan mikrobiologis lebih banyak disebabkan oleh jamur, yaitu melalui proses hidrolisis (merusak jaringan/makromolekul penyusun bahan menjadi molekul-molekul kecil). Proses ini menyebabkan penurunan pH, penyimpangan bau dan rasa, bahkan dapat menghasilkan toksin/racun yang berbahaya bagi manusia. Jamur dapat tumbuh dan berkembang pada biji kakao yang rusak, yaitu bila proses pengeringan tidak optimal atau pada biji kering yang telah menyerap air selama penyimpanan karena kelembaban lingkungan terlalu tinggi.

4. Kerusakan kimia

Kerusakan kimia biasanya disebabkan perubahan komposisi/kandungan kimia pada biji selama proses pasca panen dan penyimpanan. Kerusakan kimia terjadi karena faktor intrinsik/dalam (reaksi biologis yang masih berlangsung di dalam biji) ataupun faktor ekstrinsik/luar. Faktor-faktor yang mempengaruhi kerusakan kimia antara lain: suhu selama reaksi berlangsung, oksigen yang mempercepat reaksi oksidasi, reaksi biologis seperti enzimatis, pH yang mempengaruhi denaturasi protein atau perubahan warna, dan logam yang menjadi prekursor reaksi.

Kerusakan yang terjadi pada biji kakao, baik akibat perlakuan fisik, mekanis, kimia, infestasi biologis maupun mikrobiologis, saling berhubungan satu sama lain. Biji kakao yang pecah akibat kerusakan mekanis atau luka dan berlubang karena infestasi serangga, dapat memudahkan jamur untuk tumbuh. Kondisi lingkungan dengan kelembaban yang tinggi juga dapat mendukung perkembangan jamur kontaminan. Hal lain yang perlu diwaspadai adalah keberadaan serangga sebagai vektor yang berperan dalam menyebarkan kontaminasi jamur ke biji sehat lainnya. Sementara itu, keberadaan serangga dapat dipengaruhi oleh perubahan kandungan kimia pada biji kakao sehingga akan meningkatkan penyebaran jamur kontaminan.

Biologi Jamur Penyebab Kerusakan

Jamur dianggap sebagai penyebab utama kerusakan pada biji kakao karena semua jenis kerusakan yang terjadi pada saat pra panen, panen, dan pasca panen dapat memicu tumbuh dan berkembangnya jamur. Jenis jamur yang mengkontaminasi dan menyebabkan kerusakan pada biji kakao dapat berpotensi sebagai mikotoksin. Jamur tersebut dapat terbawa oleh biji dan ditemukan di permukaan biji atau telah menginfeksi ke dalam biji. Jamur patogen dapat mengkontaminasi dan menginfeksi biji sejak di lapang (pra panen), saat penanganan panen, dan pasca panen (pengangkutan, pengolahan, dan penyimpanan). Namun demikian, jamur kontaminan lebih sering ditemukan pada saat kegiatan pengolahan dan penyimpanan, karena pada saat tahapan pemanenan tidak terlalu menjadi perhatian dan jamur kemungkinan belum berkembang. Terdapat empat kategori jamur yang mengkontaminasi produk pangan, antara lain *field fungi*, *storage fungi*, *contaminant fungi*, dan *invasive fungi*. Jamur yang ditemukan pada saat proses pemanenan disebut *field fungi*, sementara pada proses penyimpanan dikenal dengan *storage fungi*. *Invasive fungi* adalah jamur yang dapat menyerang biji kakao sedangkan *contaminant fungi* merupakan jamur yang mengkontaminasi pada saat proses pengolahan (International Commission on Microbiological Specification for Foods [ICMSF], 2005).

Populasi jamur biasanya baru terlihat pada saat biji akan difermentasi dan saat penjemuran, jumlahnya akan semakin meningkat selama masa penyimpanan. Biji yang sudah terkontaminasi ditandai dengan munculnya spora maupun hifa yang menempel di permukaan biji, serta perubahan bentuk dan warna biji (Gambar 1). Biji-biji yang sebelumnya tampak sehat dan bersih, bisa juga terkontaminasi jamur karena bersinggungan dan ditularkan dari biji lain.



Gambar 1. Biji kakao yang terkontaminasi jamur
Figure 1. Cocoa beans that contaminated with fungi

Tabel 3. Populasi berbagai jenis jamur yang ditemukan di tingkat petani, pedagang pengumpul, dan eksportir di Sulawesi Tengah

Table 3. Population of various types of fungi found in the level of farmers, traders, and exporters in Central Sulawesi

Jenis Jamur	Populasi jamur (cfu/ml)		
	Petani	Pedagang pengumpul	Eksportir
<i>Aspergillus flavus</i>	$7,2 \times 10^8$	$4,5 \times 10^5$	$4,1 \times 10^3$
<i>Aspergillus niger</i>	$4,7 \times 10^6$	$9,0 \times 10^6$	$5,1 \times 10^5$
<i>Aspergillus fumigatus</i>	$3,3 \times 10^4$	-	-
<i>Penicillium</i> sp.	$6,4 \times 10^7$	$7,2 \times 10^5$	$9,2 \times 10^5$
<i>Fusarium</i> sp.	$6,1 \times 10^8$	$5,5 \times 10^7$	-
<i>Trichoderma</i> sp.	$4,4 \times 10^5$	$6,1 \times 10^4$	-
<i>Trichoderma viride</i>	-	-	$7,7 \times 10^5$
<i>Rhizopus</i> sp.	$5,3 \times 10^6$	-	-
<i>Mucor</i> sp.	$3,9 \times 10^8$	$4,8 \times 10^6$	-
<i>Verticillium</i> sp.	$5,6 \times 10^7$	-	-
<i>Geotrichum</i> sp.	-	-	$6,0 \times 10^4$

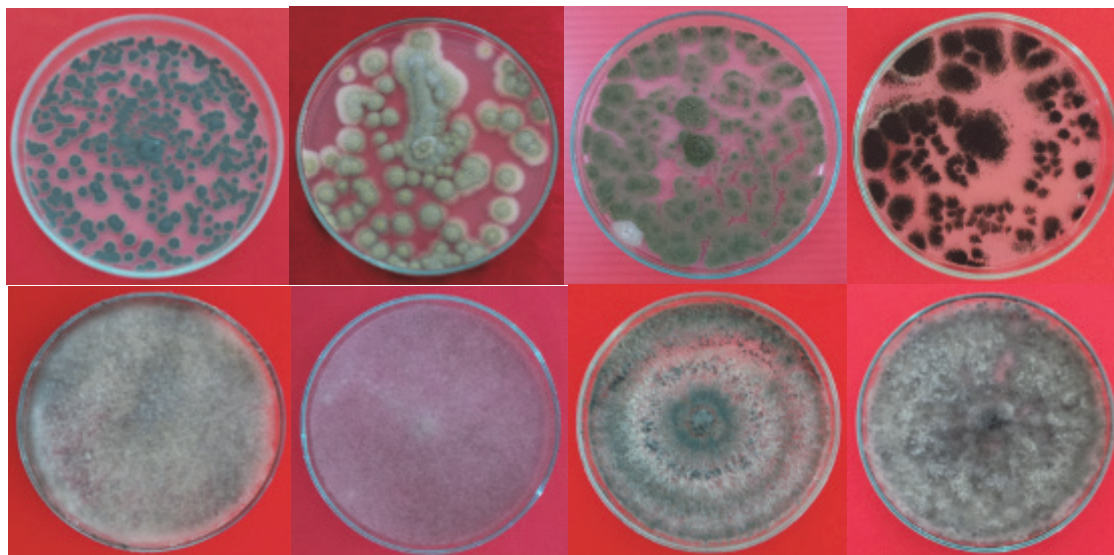
Sumber : Asrul (2009)

Source: Asrul (2009)

Jamur yang dominan ditemukan pada biji kakao selama proses penanganan pasca panen dan pengolahan yang tidak tepat adalah marga *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, dan *Rhizopus* (Aroyeun & Adegoke, 2006; Mounjouenpou *et al.*, 2008). Selanjutnya Rahmadi & Fleet (2008) dan Asrul (2009) bahwa jenis yang banyak ditemukan adalah *A. flavus*, *A. niger*, dan *A. fumigatus*. Jamur *Aspergillus* dan *Penicillium* merupakan jamur pasca panen yang ditemukan di setiap tingkatan perdagangan biji kakao. Asrul (2009) menjelaskan berbagai jenis jamur kontaminan yang diisolasi dari biji kakao asal Sulawesi Tengah baik di tingkat petani, pedagang pengumpul, ataupun eksportir mempunyai jumlah populasi yang berbeda. Jumlah populasi tertinggi terdapat pada tingkat petani, kemudian pedagang pengumpul, dan selanjutnya yang terendah adalah pada tingkat eksportir (Tabel 3).

Sembilan jenis jamur yang menginfeksi biji kakao ditemukan di tingkat petani, 6 jenis jamur di tingkat pedagang pengumpul, dan 5 jenis jamur di tingkat eksportir. Jamur *A. flavus*, *A. niger*, dan *Penicillium* sp. selalu berhasil ditemukan di ketiga tingkatan tata niaga tersebut (Asrul, 2004). Keadaan ini menunjukkan jenis jamur tersebut memiliki stabilitas hidup yang tinggi walaupun telah melewati proses pengolahan dan distribusi transportasi. Hasil penelitian yang menunjukkan bahwa jenis jamur yang mendominasi pada setiap tahapan pasca panen adalah kelompok *Aspergillus* (*A. flavus* dan *A. niger*) (Rahmadi & Fleet, 2008).

Secara umum, jamur kontaminan yang banyak ditemukan pada biji kakao antara lain dari marga *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Fusarium*, dan *Trichoderma* (Gambar 2) (Kubicek & Harman, 2002; Mycology online, 2014).



Gambar 2. Jenis-jenis jamur kontaminan pada biji kakao
 Figure 2. Several types of contaminant fungi on cocoa beans

1. *Aspergillus*

Jamur *Aspergillus* dikenal sebagai salah satu jamur yang mudah tumbuh di berbagai substrat, lebih mudah dideteksi keberadaannya, dan jenisnya sangat beragam. Koloni *Aspergillus* dapat tumbuh dengan cepat, ada yang berwarna putih, kuning, kuning-cokelat, cokelat hitam atau warna hijau. Konidiofor berakhir pada vesikel dengan phialid tunggal. Konidia bersel satu, berdinding polos atau kasar, hialin (tidak berwarna) atau berpigmen, membentuk rantai panjang, dan mengelompok. Jenis dari *Aspergillus* yang banyak ditemukan sebagai kontaminan dan menghasilkan toksin antara lain *A. flavus*, *A. niger*, dan *A. fumigatus*. Jamur ini dapat mengeluarkan beberapa warna pigmen pada media agar.

2. *Penicillium*

Jamur *Penicillium* dikenal cukup beragam. Seperti halnya *Aspergillus*, jamur ini juga mudah tumbuh di berbagai substrat. Koloni *Penicillium* tumbuh dengan cepat, berwarna kehijauan, kadang-kadang putih, koloni ditemukan dengan agak tebal, ada juga yang tipis, permukaan seperti tepung, dan mudah menyebar tidak teratur ke segala arah. Konidia membentuk rantai panjang dan berpangkal pada phialid yang diproduksi secara tunggal, dalam kelompok atau dari percabangan metulae, berbentuk seperti kuas atau sapu. Konidiofor hialin, berdinding halus atau kasar. Konidia berbentuk bulat, elips, silinder atau fusiform, hialin, berdiameter tidak lebih dari 3 μm . Beberapa jenis jamur *Penicillium* dapat menghasilkan sclerotia. Jenis dari *Penicillium* yang mengkontaminasi biji dan berpotensi sebagai mikotoksin antara lain: *P. citrinum*, *P. exansum*, dan *P. viridicatum*.

3. *Mucor*

Morfologi marga *Mucor* secara sekilas hampir sama dengan *Absidia*, dan *Rhizopus*, namun sebenarnya kedua jenis jamur ini dapat dibedakan

dari keberadaan stolons dan rhizoids dimana *Mucor* tidak mempunyai stolons dan rhizoid. Koloni jamur ini juga dapat berkembang sangat cepat pada media *potato dextrose agar* (PDA), dengan permukaan menyerupai kapas berbulu, berwarna putih kekuningan, dan berubah menjadi abu-abu gelap, serta mengalami perkembangan sporangia. Sporangiofor berbentuk tegak, sederhana atau bercabang dengan diameter 60-300 μm , bulat, sporangia *multispored*, dan berkembang dengan baik. Sporangiospora hialin, abu-abu atau kecokelatan, bulat sampai elips, berdinding halus, serta dapat membentuk kladiospora dan zigospore. Jenis *Mucor* yang menyebabkan penyakit bagi hewan dan manusia antara lain *M. amphibiorum*, *M. circinelloides*, *M. indicus*, dan *M. ramosissimus*.

4. *Rhizopus*

Jamur *Rhizopus* mempunyai stolons dan rhizoids, sporangiofor tunggal atau berkelompok di atas rhizoids, multi-spora, dan sporangia berbentuk bulat. Sporangiospora berbentuk bulat sampai bulat telur, bersel satu, hialin sampai cokelat. Koloni jamur tumbuh dengan cepat dan menutupi permukaan agar, seperti kapas berwarna putih menjadi abu-abu atau cokelat kekuningan.

5. *Fusarium*

Koloni *Fusarium* tumbuh dengan cepat, seperti kapas berwarna pucat atau cerah. Warna talus bervariasi dari keputihan hingga kuning, kecokelatan, merah muda, kemerahan atau ungu. *Fusarium* menghasilkan makrokonidia dan mikrokonidia dari phialid yang ramping, selain itu kadang-kadang juga ditemukan kladokonidia. Makrokonidia hialin dan berbentuk sabit, sedangkan mikrokonidia bersel 1 dan 2, hialin, bulat sampai bulat telur, lurus atau melengkung. Beberapa jenis *Fusarium* yang menginfeksi biji dapat menghasilkan toksin yang berbahaya bagi manusia.

6. *Trichoderma*

Koloni jamur mudah tumbuh pada berbagai media, umumnya berwarna hijau, permukaan halus dan agak tebal, tumbuh pesat dan menyebar ke segala arah. Hifa hialin konidia berwarna hijau tua berbentuk oval/silinder, konidiofor bercabang tidak teratur, setiap cabang terdapat 3-6 phialid. Jamur *Trichoderma* umumnya bukan merupakan patogen, namun lebih banyak bersifat antagonis dan berperan sebagai agens hayati untuk mengendalikan penyakit.

JENIS MIKOTOKSIN PADA BIJI KAKAO DAN FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI PERKEMBANGANNYA

Jenis Mikotoksin Pada Biji Kakao

Mikotoksin merupakan produk metabolit sekunder yang dihasilkan oleh suatu jamur yang bersifat racun bagi manusia maupun hewan. Metabolit sekunder dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain: keadaan jenis atau strain jamur tertentu, substrat tempat tumbuh jamur, dan faktor fisik (suhu, kelembaban, kadar air bahan). Sejauh ini diperkirakan terdapat sekitar 300 jenis mikotoksin. Jamur penghasil mikotoksin ini biasanya tumbuh pada komoditas hasil pertanian tertentu, baik sebelum hasil pertanian dipanen maupun ketika tahapan proses penanganan pasca panen. Jamur ini tidak hanya menghasilkan mikotoksin tetapi juga menyebabkan kerusakan sehingga menurunkan mutu dan kuantitas komoditas tersebut.

Penelitian tentang mikotoksin pada biji kakao telah banyak dilakukan, di antara informasi yang diperoleh menunjukkan jenis mikotoksin yang paling dominan ditemukan adalah Aflatoksin dan Okratoksin, yaitu dari jenis jamur *Aspergillus* dan *Penicillium*. ICMSF (2005) melaporkan kemungkinan adanya aflatoksin dan okratoksin pada produk kakao, coklat, kacang-kacangan, dan sereal. Studi lanjut yang mengkonfirmasi pernyataan ini dilakukan oleh Tafuri, Ferracane, & Ritieni (2004) dan sekaligus mempublikasikan tentang keberadaan okratoksin pada produk kakao. Jenis mikotoksin lainnya yang juga ditemukan pada biji kakao, antara lain fumonisin dan patulin. Keberadaan mikotoksin pada produk biji kakao kering tersebut juga perlu diwaspadai sehingga upaya pencegahan dan pengendalian dapat dilakukan secara menyeluruh.

1. Aflatoksin

Kata aflatoksin berasal dari *Aspergillus flavus* toksin. Aflatoksin dapat dihasilkan dari jamur *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. nomius*, *A. pseudotamarii*, dan *A. ochraceoroseus*. Jamur *A. flavus* dan *A. parasiticus* merupakan jenis yang dominan sebagai kontaminan aflatoksin yang dapat ditemukan pada tanaman sebelum panen maupun selama penyimpanan (Miller, 1995; Yu, Whitelaw, Nierman, Bhatnagar, & Cleveland, 2004.). Maryam (2002) menjelaskan jamur *A. flavus* dikenal sebagai penghasil utama aflatoksin yang memproduksi B₁ dan B₂ (AFB₁ dan AFB₂), sedangkan *A. parasiticus* memproduksi AFB₁, AFB₂, AFG₁ dan AFG₂.

Setiap jenis aflatoksin dapat tumbuh dengan berbagai kisaran suhu dan pH. Jamur *A. flavus* dan *A. parasiticus* tumbuh pada kisaran suhu yang panjang, dari 10–12 °C sampai 42–43 °C dengan suhu optimum 32–33 °C dan pH optimum 6, sedangkan suhu optimum *A. nomius* untuk memproduksi aflatoksin adalah 25 °C (Peterson, Ito, Horn, & Goto, 2004). Sejauh ini mikotoksin jenis aflatoksin masih dianggap paling penting pada produk biji kering karena efek toksik yang ditimbulkannya berdampak buruk pada kesehatan manusia, dan secara langsung menurunkan mutu serta kuantitas produk, yang merupakan syarat mutu pada perdagangan biji kakao.

2. Okratoksin

Mikotoksin jenis okratoksin (OTA) lebih banyak dihasilkan dari jamur *Aspergillus* dan *Penicillium*. Jenis *Aspergillus* antara lain: *A. ochraceus*, *A. carbonarius*, *A. cretensis*, *A. flocculosus*, *A. pseudoelegans*, *A. roseoglobulosus*, *A. sclerotiorum*, *A. melleus*, *A. ostianus*, *A. niger*, dan *A. tubingensis*, sedangkan jenis *Penicillium* adalah *P. verrucosum*, *P. nordicum*, *P. citrinum*, dan *P. viridicatum* (Bragulat, Abarca, & Caban˘es, 2004; Mounjouenpou *et al.*, 2008; Sanchez-Hervas *et al.*, 2008.). Jenis-jenis okratoksin adalah okratoksin A (OA), okratoksin B (OB), dan okratoksin C (OC). OTA ditemukan dengan konsentrasi yang tinggi pada sampel biji kakao, sebaliknya rendah pada sampel kakao olahan (Mounjouenpou *et al.*, 2008; de Magalhães *et al.*, 2011). Okratoksin mempunyai sifat stabil pada proses pemanasan atau pengolahan pangan, mempunyai titik leleh 169 °C dan bersifat larut dalam kloroform, metanol, asetonitril, dan natrium bikarbonat cair (Munarso, 2010).

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Jamur

Di negara tropis seperti Indonesia, kontaminasi mikotoksin sangat sulit untuk dihindari karena kondisi iklim dengan tingkat kelembaban, curah hujan, dan suhu yang tinggi, serta faktor-faktor lainnya yang sangat mendukung pertumbuhan dan perkembangan jamur penghasil mikotoksin. Hampir setiap jenis jamur dan populasinya sangat mudah tumbuh dan berkembang pada hampir semua substrat yang memiliki kelembaban tertentu. Penyebaran jamur sangat mudah, yaitu melalui angin, hujan, manusia, binatang, alat dan bahan yang digunakan, serta persinggungan dari yang sakit dengan yang sehat.

Perkembangan jamur dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain suhu dan kelembaban, kadar air, aktivitas serangga, dan penanganan pasca panen. Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan jamur ini dikaitkan dengan tahapan panen dan pasca panen karena keberadaan jamur kontaminan selain merugikan kesehatan manusia, juga mempengaruhi citarasa hasil pengolahan.

1. Suhu dan kelembaban

Biji kakao yang disimpan dalam gudang atau tempat penyimpanan sangat rentan terkontaminasi oleh jamur. Suhu dan kelembaban yang tinggi baik wadah penyimpanan biji maupun gudang penyimpanan, sangat sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur. Suttajit (2014) menjelaskan jamur akan tumbuh selama penyimpanan biji karena iklim yang lembab dan suhu hangat (25-40 °C). Biji kakao dalam penyimpanan saling bersinggungan satu sama lain sehingga jika ditemukan jamur tumbuh di permukaan biji atau yang telah menginfeksi biji maka akan cepat menular pada biji sehat. Suhu dan kelembaban yang mendukung maka akan meningkatkan perkembangan infeksi.

2. Kadar air

Kadar air yang tinggi pada biji kakao baik saat proses panen maupun pasca panen dapat mengakibatkan tumbuhnya jamur kontaminan. Jika faktor kadar air bahan berinteraksi dengan substrat dan suhu maka dapat memicu tumbuh dan berkembangnya jamur penghasil mikotoksin (okratoksin) (Wangge, Suprpta, & Wirya, 2012).

Kegiatan panen buah kakao di tingkat petani seringkali dilakukan sebelum waktunya, yaitu pada saat buah kakao belum matang optimal, di samping itu juga dipengaruhi oleh penggunaan peralatan yang kurang bersih. Kondisi ini dapat menyebabkan biji kakao mudah terkontaminasi jamur. Buah kakao yang dipanen terlalu cepat akan mengandung biji kakao dengan kadar air tinggi dan mengakibatkan jamur mudah tumbuh. Menurut Maryam (2006) biji muda banyak mengandung air yang sangat menguntungkan untuk pertumbuhan dan perkembangan jamur sehingga dapat merusak cita rasa dan penampakkannya.

Proses pencucian dan pengeringan setelah fermentasi juga mempengaruhi keberadaan jamur. Tujuan pencucian atau perendaman biji dimaksudkan untuk membersihkan biji kakao setelah fermentasi supaya meminimalisir dan mencegah jamur-jamur kontaminan yang kemungkinan dapat terbawa biji. Akan tetapi, jika pencucian tidak dilakukan dengan baik maka dapat menyebabkan kadar air biji tinggi sehingga mempermudah tumbuhnya jamur, serta menjadi sumber inokulum bagi biji sehat lainnya. Proses pengeringan dengan penjemuran di bawah sinar matahari pada pengolahan primer biji kakao bertujuan menghentikan proses biologis dan kimia serta untuk mengurangi kadar air dari biji kakao hingga mencapai kadar air aman untuk penyimpanan. Pengeringan biji kakao yang tidak maksimal akan mengakibatkan tumbuhnya jamur penghasil okratoksin seperti jenis *A. niger* (Wangge *et al.*, 2012).

Pada proses penyimpanan biji kakao di gudang atau tempat penyimpanan yang tersedia akan mengakibatkan penyimpangan fisik, mengingat biji kakao tersebut bersifat higroskopis sehingga menyebabkan kadar air biji menyeimbangkan dengan kelembaban udara disekelilingnya. Dijelaskan oleh

Suttajit (2014) selama penyimpanan biji, jamur akan mudah tumbuh, disebabkan kadar air yang tinggi.

3. Aktivitas serangga

Aktivitas serangga hama juga mempengaruhi keberadaan jamur pada biji kakao karena dapat berperan sebagai vektor untuk menyebarkan kontaminasi jamur (Dharmaputra *et al.*, 2000; Suttajit, 2014). Lebih lanjut dijelaskan Dharmaputra *et al.* (2000) bahwa selama penyimpanan, persentase populasi jamur pada biji kakao meningkat akibat infestasi serangga hama *Ephestia cautella*. Gejala yang ditimbulkan akibat infestasi serangga pada biji kakao adalah biji luka dan berlubang sehingga jamur semakin mudah untuk menginfeksi dan mendukung perkembangannya.

4. Penanganan pasca panen

Peralatan maupun wadah yang kurang bersih pada saat penanganan pascapanen, misalnya proses pemecahan/pengupasan buah dan fermentasi biji kakao, dapat menyebabkan munculnya jamur kontaminan. Biji kakao yang masih berada di dalam buah dan belum dibuka relatif steril dari kontaminasi mikrobiologis. Namun, pada saat dilakukan proses pemecahan atau pengupasan buah yang bersamaan dengan sortasi buah dan biji, dapat terjadi kontaminasi jamur. Demikian juga halnya pada saat berlangsungnya proses fermentasi. Kontaminasi ini disebabkan tangan pekerja, alat yang digunakan, wadah/tempat yang tidak terucui, maupun polong-polong kering yang tertinggal di wadah fermentasi (Suttajit, 2014; Schwan & Wheals, 2004). Selain itu cara fermentasi biji kakao yang digunakan akan mempengaruhi tingkat konsentrasi mikotoksin yang dihasilkan. Abrokwah, Takramah, Ocloo, & Sackey (2013) melaporkan penggunaan cara fermentasi biji dari buah kakao sehat dengan *heap fermentation* (fermentasi dengan tumpukan) tidak ditemukan kontaminasi okratoksin, dengan *box fermentation* diperoleh konsentrasi okratoksin sebesar 0,03 µg/kg, sedangkan *tray fermentation* dengan okratoksin sebesar 0,04 µg/kg. Sementara itu jika yang difermentasi adalah biji dari buah terserang penyakit maka menghasilkan okratoksin dengan konsentrasi 0,11 µg/kg, sedangkan biji dari buah yang mengalami kerusakan dapat menghasilkan okratoksin 0,18 µg/kg. Selain faktor alat dan wadah fermentasi, pada akhir proses fermentasi seringkali juga ditemukan jamur kontaminan pada biji kakao walaupun jenis dan populasinya lebih rendah dibandingkan biji tanpa difermentasi (Dharmaputra *et al.*, 2000). Hasil isolasi yang dilakukan oleh Mounjouenpou *et al.* (2008) mendapatkan bermacam-macam jenis jamur yang mengkontaminasi biji kakao pada proses fermentasi, antara lain dari marga *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor*, *Geotrichum*, *Trichoderma*, *Rhizopus*, dan *Fusarium*.

DAMPAK MIKOTOKSIN DAN TEKNOLOGI PENGENDALIANNYA

Panjangnya rangkaian kegiatan pasca panen kakao, yang dimulai dari pemanenan, fermentasi, pengeringan, pengemasan, dan distribusi hingga sampai ke industri cokelat memungkinkan terjadinya kontaminan di setiap tahapan proses (Minifie, 1999). Selain itu mengingat faktor-faktor yang mempengaruhi keberadaan mikotoksin serta dampak yang ditimbulkannya dapat menimbulkan kekhawatiran konsumen sewaktu mengonsumsi produk olahan dari biji kakao kering ini maka perlu diketahui teknologi pengendalian yang dapat dilakukan untuk mencegah maupun menekan perkembangan jamur penghasil mikotoksin.

Dampak Mikotoksin bagi Kesehatan

Mikotoksin tidak dapat rusak selama proses pengolahan sehingga menyebabkan terjadinya mikotoksikosis yang membahayakan kesehatan manusia sebagai konsumen. Pitt & Hocking (1997) mengatakan penyakit kanker hati yang terjadi pada sebagian penduduk Indonesia diduga berhubungan erat dengan konsumsi pangan yang mengandung aflatoksin. Hal ini didukung dengan tingginya kasus kematian di Indonesia yang setiap tahunnya sebesar 20.000 orang karena menderita penyakit kanker hati yang disebabkan oleh aflatoksin.

Mengingat ketahanan dari mikotoksin selama proses pengolahan dan kemampuannya menginduksi penyakit degeneratif seperti kanker hati dan *Alzheimer's disease* maka penting untuk mengetahui batas maksimum kontaminasi mikotoksin pada produk pangan. Rahmadi & Fleet (2008) menyebutkan tingkat kontaminasi mikotoksin pada biji kakao dapat mencapai 4 µg/kg produk, angka ini sedikit di bawah ambang batas yang ditetapkan oleh Komisi Eropa (*Europe Commission*) untuk produk pangan secara umum, yaitu 5 µg/kg produk. Namun demikian, komisi Eropa (*Europe Commission*) menyatakan tidak perlu untuk mengatur ambang batas okratoksin pada kakao dan produk olahan kakao. Hal yang sama juga dinyatakan oleh Kementerian Kesehatan Kanada (*Health Canada*), yang mengidentifikasi kakao atau produk-produk cokelat sebagai produk yang tidak harus dipertimbangkan jumlah kandungan okratoksin maksimum (Turcotte, Scott, & Tague, 2013).

Beberapa negara menghendaki kandungan okratoksin pada produk-produk hasil pertanian dalam jumlah yang rendah. Data *Food and Agriculture Organization* [FAO] (2014) mencatat baru 44 negara dari 104 negara anggota FAO yang melakukan pengaturan okratoksin dalam bahan pangan dengan batas maksimum yang masih sangat bervariasi. Sebagian besar negara menetapkan kandungan okratoksin pada sereal sebesar 5 ppb, sedangkan produk olahan siap konsumsi sebesar 3 ppb. Untuk kopi, beberapa negara menetapkan batas maksimum yang bervariasi, yaitu dari 2,5 ppb hingga 50 ppb. Sementara untuk jagung 50 ppb dan buah kering sebesar 10 ppb.

Berbeda dengan okratoksin, aflatoksin merupakan senyawa metabolit yang paling toksik dibanding mikotoksin lainnya. Aflatoksin dapat menyebabkan kanker dan kerusakan ginjal pada manusia bila dikonsumsi secara berlebihan. Mengingat bahaya yang ditimbulkan, maka WHO, FAO dan UNICEF telah menetapkan ambang batas kandungan aflatoksin pada produk pertanian tidak lebih dari 30 ppb. Bahkan Komisi Eropa (*Europe Commission*) menetapkan batas maksimal total aflatoksin lebih rendah, yaitu 4 ppb untuk produk sereal (Miskiyah & Widaningrum, 2008).

Teknologi Pengendalian Jamur Kontaminan

Keberadaan jamur kontaminan terutama mikotoksin dapat mempengaruhi kuantitas dan mutu atau mutu biji kakao, serta berdampak terhadap kesehatan manusia. Beberapa tahun mendatang, persyaratan mutu perdagangan biji kakao diperkirakan akan semakin ketat. Sebagai ilustrasi, dalam pertemuan meja bundar yang membahas ekonomi kakao dunia berkelanjutan (*Roundtable on a Sustainable World Cacao Economy*), negara-negara maju, telah membuat sebuah standar mutu kakao kering fermentasi yang dapat diterima oleh semua pihak. Salah satu standar yang diterapkan adalah bersertifikasi HACCP (*hazard analysis critical control point*) (Yasa, 2004).

Pendekatan HACCP merupakan salah satu cara untuk mengendalikan kontaminasi jamur khususnya jamur yang menghasilkan aflatoksin (Anonymous, 2001). Selain itu, HACCP juga merupakan suatu pendekatan untuk mencegah dan mengontrol penyakit karena keracunan makanan. Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi bahaya yang berhubungan dengan beberapa tahapan produksi, pengolahan atau penyiapan makanan, serta memperkirakan risiko yang akan terjadi dan menentukan prosedur operasi untuk prosedur kontrol yang efektif (Bryan, 1992).

Sistem HACCP merupakan alat yang tepat untuk menetapkan sistem pengendalian karena berfokus pada pencegahan daripada pengujian produk akhir. FAO (1995) mengatakan sistem ini dirancang untuk mencegah dan meminimalkan risiko melalui identifikasi, kontrol, serta pengawasan (*monitoring hazard*). Konsep HACCP yang dirancang oleh FAO meliputi penerapan *good agricultural practices* (GAP) dan *good manufacturing practices* (GMP) yang mencakup pengendalian pra-panen, saat panen, dan pasca panen.

HACCP dapat diterapkan pada seluruh rantai pangan dari produk primer sampai pada konsumsi akhir, yang penerapannya harus dipandu oleh bukti secara ilmiah terhadap risiko kesehatan manusia. Prosesnya berdasarkan 7 prinsip sistem HACCP yang direkomendasikan oleh Standar Nasional Indonesia dari Badan Standarisasi Nasional (1999), meliputi:

- Prinsip 1: Analisis bahaya dan pencegahannya
- Prinsip 2: Identifikasi *critical control points* (CCP) di dalam proses
- Prinsip 3: Menetapkan batas kritis untuk setiap CCP
- Prinsip 4: Menetapkan cara pemantauan CCP
- Prinsip 5: Menetapkan tindakan koreksi

Prinsip 6: Menyusun prosedur verifikasi

Prinsip 7: Menetapkan prosedur pencatatan (dokumentasi)

Sejalan dengan penggunaan prinsip HACCP maka pencegahan maupun pengendalian terhadap jamur pasca panen terutama jamur kontaminan penghasil mikotoksin, perlu dilakukan pada setiap tahapan mulai panen dan pasca panen. Teknologi yang digunakan sebaiknya bersifat ramah lingkungan untuk meminimalkan penggunaan bahan kimia yang berdampak negatif pada lingkungan dan manusia, meliputi: 1) tindakan pencegahan pada tahapan panen dan penanganan pasca panen, 2) tindakan pengendalian dengan penggunaan pestisida nabati dan agens hayati.

1. Tindakan pencegahan

Tindakan pencegahan infestasi dan infeksi jamur kontaminan pada biji kakao dilakukan mulai kegiatan panen dan pasca panen. Tindakan ini dimaksudkan agar dapat memonitor semua kegiatan pada setiap tahapan panen dan pasca panen untuk meminimalisir pertumbuhan jamur sehingga diperoleh biji kakao dengan mutu terbaik. Dari aspek pasca panen, mutu terbaik biji kakao dapat dipengaruhi oleh tiga hal, yaitu buah kakao yang sehat, fermentasi yang sempurna, dan teknik pengeringan yang cepat dan tepat. Tindakan pencegahan yang perlu dilakukan antara lain:

- a. Kegiatan panen buah kakao sebaiknya dilakukan lebih awal untuk mengurangi risiko kontaminasi aflatoksin. Jika panen ditunda atau tidak segera dilakukan dan cuaca sedang tidak menentu maka dapat mempengaruhi hasil panen buah kakao (Gambar 3a). Sejalan yang dijelaskan oleh Rachaputi, Krosch, & Wright (2002) untuk mengurangi risiko aflatoksin dapat dilakukan panen lebih awal, dibandingkan jika panen tertunda dengan risiko kadar aflatoksin tinggi.
- b. Kegiatan sortasi dilakukan pada buah setelah panen serta biji saat pemecahan dan pengupasan (Gambar 3b). Buah yang busuk dan biji-biji yang rusak, berlubang, busuk atau berubah warna, bentuk tidak sempurna, dipisahkan kemudian dibuang, atau dimusnahkan untuk mengurangi sumber inokulum dan tertularnya buah dan biji sehat. Demikian juga jika pada permukaan biji terdapat spora atau hifa jamur, baik sudah terinfestasi maupun terinfeksi jamur maka langsung dipisahkan dari yang sehat. Sesuai yang dijelaskan oleh Amezcua *et al.* (2008) selama panen, sebaiknya dipilih buah kakao sehat yang bebas dari mikroorganisme karena hal ini mengindikasikan bebas dari kontaminasi mikotoksin. Bankole & Adebajo (2003) menambahkan dalam memilih biji-bijian yang rusak secara fisik dan terinfeksi merupakan salah satu metode yang efisien untuk mengurangi kontaminasi mikotoksin. Hal ini dapat dilakukan secara manual atau dengan menggunakan penyortir elektronik.
- c. Pada proses fermentasi terlebih dahulu memastikan wadah (bak-bak) fermentasi dalam keadaan bersih (Gambar 3c). Selain dari segi kehygienisan peralatan yang digunakan, kondisi fermentasi yang sempurna juga harus diperoleh untuk menghasilkan biji kakao kering dengan kualitas terbaik. Suhu optimal di dalam bak fermentasi sekitar 45-60 °C. Pada saat proses fermentasi, jamur kontaminan dapat tumbuh dan berkembang sehingga populasinya harus ditekan agar tidak mempengaruhi kualitas produk. Produk metabolit mikroorganisme yang ditemukan pada saat fermentasi sangat dipengaruhi oleh populasi mikroorganisme yang mendominasi proses fermentasi, seperti kandungan alkohol tinggi yang dihasilkan oleh ragi (*yeast*), asam asetat, dan asam laktat. Faktor lain seperti pH rendah, asam organik, suhu yang tinggi karena reaksi eksotermik dan kondisi mikroaerofilik dapat meminimalisir pertumbuhan jamur berfilamen pada biji kakao selama proses fermentasi (Copetti *et al.*, 2014).
- d. Pencucian biji kakao dilakukan setelah proses fermentasi, untuk meminimalisir dan mencegah jamur-jamur kontaminan yang kemungkinan dapat terbawa biji (Gambar 3d). Setelah pencucian, selanjutnya proses pengeringan yang dapat dilakukan dengan penjemuran biji kakao di bawah sinar matahari (Gambar 3e). Menurut Suttajit (2014), pada proses pengeringan, kandungan air biji harus rendah, yaitu 7-9% baik dijemur di bawah sinar matahari, maupun menggunakan mesin pengering ataupun kombinasi keduanya. Pengeringan dapat dilakukan secara berulang agar jamur kontaminan dapat mati atau populasinya tertekan pada suhu tertentu. Menurut Bankole & Adebajo (2003), pengeringan yang dilakukan dengan cepat dapat menyebabkan kelembaban lebih rendah sehingga keberadaan jamur kontaminan terutama mikotoksin selama penyimpanan dapat ditekan. Infestasi mikotoksin pada produk biji sangat erat kaitannya dengan kelembaban. Pada tahapan ini, juga perlu dilakukan sortasi biji kakao untuk menghilangkan sumber inokulum, yaitu memisahkan biji berubah warna, bentuk, busuk, terinfestasi atau terinfeksi jamur.
- e. Gudang maupun *container* yang digunakan untuk penyimpanan dipersiapkan terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan standar penyimpanan biji kakao kering. Setelah pengeringan, biji kakao kering disimpan dalam karung-karung atau tempat penyimpanan yang terjaga kebersihannya dan kelembabannya (Gambar 3f). Sejalan yang disampaikan Suttajit (2014) bahwa kadar air biji kakao selama penyimpanan harus tetap rendah, yaitu 7%, oleh karena itu gudang atau *container* tetap dijaga dengan suhu dan

kelembaban yang rendah, serta bebas dari infestasi serangga dan mikroorganisme. Pengembangan teknologi juga perlu memperhatikan mengenai kelayakan gudang penyimpanan. Gudang penyimpanan yang terbuat dari bahan tanaman (bambu) yang biasa digunakan oleh petani dinilai kurang memadai karena akan lebih mempermudah masuknya serangga dan terkontaminasinya biji dengan jamur. Selain itu juga suhu dan kelembaban kurang stabil. Oleh karena itu, gudang penyimpanan perlu dikembangkan dan diperbaiki agar dapat terjangkau secara ekonomi dan sesuai dengan kebutuhan (Bankole & Adebajo, 2003).

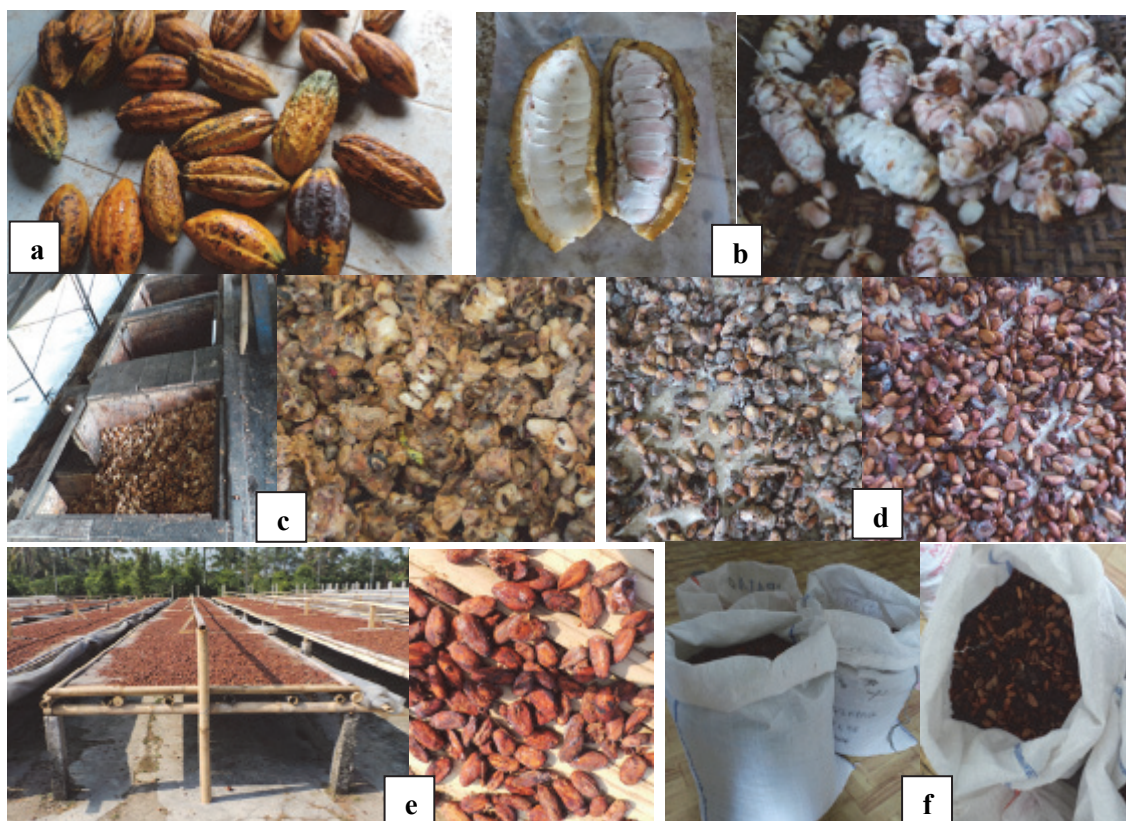
- f. Sanitasi dilakukan secara berkala baik di lapang, setelah panen, maupun di gudang penyimpanan untuk mencegah tumbuhnya jamur kontaminan. Membersihkan sisa-sisa panen dan menghancurkan sisa-sisa tanaman adalah tindakan sanitasi dasar yang harus dilakukan untuk memusnahkan sumber inokulum. Membersihkan gudang

sebelum digunakan sebagai tempat penyimpanan berkorelasi dengan penurunan tingkat aflatoksin (Hell *et al.*, 2000; Bankole & Adebajo, 2003).

- g. Pemantauan (monitoring) berkala selama penyimpanan biji kakao perlu dilakukan, agar tetap terjaga suhu dan kelembaban, kadar air biji, serta memastikan tidak adanya kotoran, benda asing, infestasi serangga, dan jamur kontaminan yang menyebabkan kerusakan, penyakit, dan kandungan toksin pada biji kakao.

2. Tindakan pengendalian

Tindakan pengendalian dilakukan secara ramah lingkungan agar terhindar dari pencemaran maupun residu kimia yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan. Penggunaan pestisida nabati dari minyak dan ekstrak tanaman, serta penggunaan agens hayati dari mikroorganisme antagonis untuk menekan perkembangan jamur dan serangga pada biji selama di penyimpanan (Suttajit, 2014).



Gambar 3. Penanganan pasca panen: (a) buah kakao hasil panen, (b) pemecahan dan pengupasan, (c) fermentasi biji kakao, (d) pencucian, (e) pengeringan dengan penjemuran sinar matahari, dan (f) penyimpanan biji kakao kering

Figure 3. Postharvest handling: (a) harvested cocoa pods, (b) splitting and separating the beans from pod husks, (c) fermentation of cocoa beans, (d) washing process, (e) drying under the sun, and (f) dried cocoa beans that keep in storage

a. Pestisida nabati

Beberapa peneliti telah menggunakan ekstrak tanaman maupun minyak atsiri yang bersifat fungitoksik untuk mengendalikan jamur kontaminan dan mikotoksin pada produk pasca panen. Produksi metabolit sekunder yang berupa senyawa kimia fungitoksik tersebut adalah *tannin*, *terpenoid*, *alkaloid*, dan *flavonoid*. Penggunaan ekstrak tanaman anti jamur ini dipilih karena mudah dalam membuat dan aplikasinya, aman, dan bersifat sistemik serta tidak ada efek residu (Naganawa *et al.*, 1996; Kubo *et al.*, 1995).

Jenis tanaman yang berpotensi sebagai pestisida nabati untuk mengendalikan jamur toksigenik pada biji kakao antara lain bubuk dari ekstrak lada (*Piper nigrum*) yang dapat mengurangi produksi aflatoksin *A. parasiticus* dan *A. flavus*, serai (*Cymbopogon citratus*) yang menghambat pertumbuhan jamur *A. flavus* dan *A. fumigatus*, cengkeh (*Syzygium aromaticum*) sebagai penghambat *A. ochraceus*, dan kembang bulan (*Tithonia diversifolia*) yang menghambat *A. flavus* dan *F. moniliforme* (Ito *et al.*, 1994; Adegoke & Odesola, 1996; Uli, Nurtjahja, & Zuhra, 2012). Cara kerja senyawa kimia yang dihasilkan, yaitu dengan menghambat pembentukan asam *nonsorbic*, prekursor dalam sintesis aflatoksin. Penggunaan pestisida nabati untuk skala besar dapat menggunakan tanaman yang bersifat atraktan sebagai anti mikroorganisme seperti *azadirachtin* dari mimba (*Azadirachta indica*), *eugenol* dari cengkeh (*S. aromaticum*), dan *carvone* dari jintan (*Carum carvi*) (Singh *et al.*, 2008). Potensi lainnya yaitu bawang putih yang dapat menghambat pertumbuhan *Aspergillus* dan *Penicillium* 60-82% (Afzal *et al.*, 2010). Tanaman bawang putih bersifat fitokimia, mengandung senyawa allicin yang terurai menjadi senyawa anti mikroorganisme *diallyl sulfida*, *diallyl disulfida*, *diallyl trisulphide*, *alil metil trisulphide*, *dithiins* dan *ajoene* (Salim 2014; Tagoe, 2011).

Di samping menggunakan ekstrak tanaman, juga dapat menggunakan minyak atsiri tanaman (*essensial oil*) yang bersifat anti jamur (Varma & Dubey, 2004). Bankole, Ogunsanwo, Osho, & Adewuyi (2006) dan Mossini (2009) melaporkan *neem oil* yang diekstrak dari mimba berpotensi mengendalikan jamur toksigenik (*A. flavus*, *P. verrucosum*, dan *P. brevicompactum*) dan toksin yang dihasilkannya (aflatoksin dan okratoksin).

Namun demikian, perlu diketahui bahwa penggunaan bahan tanaman untuk pestisida nabati juga harus dilakukan seleksi terlebih dahulu yang sesuai dan dapat menekan perkembangan jamur kontaminan biji kakao karena beberapa penelitian menunjukkan terdapat peningkatan kadar aflatoksin setelah aplikasi pestisida nabati. Hal ini sejalan dengan pendapat Udoh, Cardwel, & Ikotun (2000), yaitu jenis tanaman untuk pengendalian mikotoksin sebaiknya dipilih secara benar dan dengan hati-hati karena beberapa jenis tanaman merupakan media yang baik bagi pertumbuhan jamur *A. flavus*.

b. Pengendalian hayati

Pengendalian hayati dengan menggunakan mikroorganisme (jamur dan bakteri) juga merupakan pengendalian ramah lingkungan dan tidak mempunyai efek residu bagi lingkungan dan kesehatan. Mikroorganisme yang digunakan sebagai agens hayati

bersifat antagonis terhadap patogen, dengan mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis dengan menghasilkan antibiotik, maupun parasit dengan melilit hifa patogen. Setiap agens hayati dapat memiliki satu atau lebih mekanisme dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur patogen, bahkan menyebabkan hifa patogen lisis (Trigiano, Windham, & Windham, 2007).

Mikroorganisme yang dapat diaplikasikan sebagai agens hayati untuk mengendalikan jamur kontaminan maupun toksin yang dihasilkan pada biji kakao dapat berasal dari jenis jamur maupun bakteri. Beberapa penelitian telah menggunakan mikroorganisme untuk mengendalikan jamur kontaminan, antara lain: atoksigenik *A. flavus*, *Lactic acid bacteria*, *Phyllosphere yeasts* (*Aureobasidium pullulans*) (Tsitsigiannis, Dimakopoulou, Antoniou, & Tjamos, 2012), bakteri *Bacillus subtilis* yang menghasilkan antibiotik Bacillomycin D untuk mengendalikan kontaminan aflatoksin yang disebabkan *A. flavus* (Moyne, A. L., Shelby, R., Cleveland, T. E., & Tuzun, 2001). Penelitian Reddy, Raghavender, Reddy, & Salleh (2010) juga melaporkan bahwa *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, dan *Trichoderma viride* mampu menekan perkembangan *A. flavus* pada sorghum masing-masing dengan daya hambat 72, 74, dan 65%. Selain dari marga *Trichoderma*, marga *Alternaria* dan *Cladosporium* juga mempunyai potensi sebagai agens hayati untuk mencegah atau mengurangi mikotoksin jenis OTA (Abrunhosa, Serra, & Venâncio, 2002).

Mikroorganisme antagonis diketahui juga menghasilkan metabolit sekunder berupa senyawa kimia (*volatile compound*) yang dapat diproduksi untuk menghambat perkembangan patogen. Hasil penelitian Agüero, Alvarado, Martinez, & Dorta, (2008) melaporkan metabolit sekunder dari jamur *Trichoderma harzianum* dapat menghambat pertumbuhan jamur penghasil toksin sebesar 90%.

PENUTUP

Jumlah populasi jamur kontaminan penyebab mikotoksin akan mempengaruhi mutu biji kakao kering, dan dalam waktu yang lama berdampak negatif bagi kesehatan manusia yang mengkonsumsinya. Mikotoksin yang dihasilkan dari jamur-jamur yang terdapat pada biji kakao relative tidak berkurang populasinya selama pengolahan. Oleh karena itu, perlu perhatian dari semua pihak mulai dari tahap *on-farm* hingga proses pasca panen untuk meminimalisasi tumbuh dan berkembangnya jamur tersebut dengan cara pencegahan dan pengendalian serta melakukan tahapan-tahapan pasca panen yang tepat.

Tindakan pencegahan dapat dilakukan melalui pengawasan secara teliti dan berkala terhadap kondisi fisik biji kakao, demikian juga halnya dengan monitoring keberadaan jamur kontaminan pada setiap tahapan panen dan pasca panen. Di samping pencegahan, tindakan pengendalian dapat dilakukan dengan menggunakan bahan tanaman yang bersifat anti jamur serta

pemanfaatan mikroorganisme sebagai agens hayati yang aman bagi manusia dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrokwah, Takramah, Ocloo, & Sackey. (2013). Studies on factors which predispose fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans to mycotoxin contamination. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 1(3), 174-180.
- Abrunhosa, L., Serra, R., & Venâncio A. (2002). Biodegradation of ochratoxin A by fungi isolated from grapes. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 7493-7496.
- Adegoke G. O, & Odelusola B. A. (1996) Storage of maize and cowpea and inhibition of microbial agents of biodeterioration using the powder and essential oil of *Cymbopogon citratus*. *Internat. Biodeter. Biodegrad.*, 37, 81-84.
- Afzal, R., Mughal, S.M., Munir, M., Kishwar, S., Qureshi, R., Arshad, M., & Laghari, M.K. (2010). Mycoflora associated with seeds of different sunflower cultivars and its management. *J. Botany*, 42, 435-445.
- Agüero, L.E.M., Alvarado, R., Martínez, A., & Dorta, B. (2008). Inhibition of *Aspergillus flavus* growth and aflatoxin B1 production in stored maize grains exposed to volatile compounds of *Trichoderma harzianum* Rifai. *Interciencia*, 33(3), 219-222.
- Amezqueta, S., Gonzalez-Penas, C., Dachoupan, M., Murillo-Arbizu, A., Lopez De Cerain, A., & Guiraud, J. P. (2008). OTA-producing fungi isolated from stored cocoa beans. *Letters in Applied Microbiology*, 47, 197-201.
- Anonymous. (2001). *Manual on the application HACCP to mycotoxin prevention and control*. Italy: Food and Agriculture Organization.
- Aroyeun, S.O., & Adegoke, G.O. (2006). Reduction of ochratoxin A (OTA) in spiked cocoa powder and beverage using aqueous extracts and essential oils of *Aframomum danielli*. *Afr. J. Biotechnol.*, 6, 612-616.
- Asrul. (2009). Populasi jamur mikotoksigenik dan kandungan aflatoxin pada beberapa contoh biji kakao (*Theobroma cacao* L.) asal Sulawesi Tengah. *J. Agroland*, 16(3), 258-267.
- Badan Standardisasi Nasional. (1999). *Pedoman penyusunan rencana sistem analisa bahaya dan pengendalian titik kritis (HACCP) Pedoman 1004-1999*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang. (1993). Standar Nasional Indonesia Biji Kakao SNI 01 2323-1991. Retrieved from http://sisni.bsn.go.id/index.php?/sni_main/sni/detail_sni/2626
- Bankole, S.A., & Adebajo, A. (2003). Mycotoxins in food in West Africa: Current situation and possibilities of controlling it. *African Journal of Biotechnology*, 2(9), 254-263.
- Bankole, S.A., Ogunsanwo, B.M., Osho, A., & Adewuyi, G.O. (2006) Fungal contamination and aflatoxin B1 of 'egusi' melon seeds in Nigeria. *Food Control* 17, 814-818.
- Bragulat, M.R., Abarca, M.L., & Caban˜es, F.J. (2004). An easy screening method for fungi producing ochratoxin A in pure culture. *International Journal of Food Microbiology*, 71, 139-144.
- Bryan. (1992). *Hazard analysis critical control point evaluations*. Geneva: World Health Organization.
- Copetti, M.V., Iamanaka, B.T., Pitt, J.I., & Taniwaki, M.H. (2014). Fungi and mycotoxins in cocoa: from farm to chocolate. *Int. J. Food Microb.*, 178, 13-20.
- Dharmaputra, O.S., Sunjaya, Retnowati, I., & Ambarwati, S. (2000). Stored cocoa beans quality affected by fermentation and *Ephestia cautella* Walker (Lepidoptera: Phycitidae) infestation. *BIOTROPIA*, 15, 58-75.
- Food and Agriculture Organization. (2014). *Worldwide regulations for mycotoxins in food and feed in 2003*. Italy: Food and Agriculture Organization.
- Handajani, N.S., & Setyaningsih, R. (2006). Identifikasi jamur dan deteksi aflatoxin B1 terhadap petis udang komersial. *Biodiversitas*, 8(3), 212-215.
- Hell, K., Cardwell, K.F., Setamou, M., & Poehling, H.M. (2000). The influence of storage practices on aflatoxin contamination in maize in four agroecological zones of Benin, West Africa. *J. Stored Prod. Res.*, 36, 365-382.
- International Agency for Research on Cancer. (1993). *Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some naturally occurring substances: food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins* (pp. 489-521). Lyon: International Agency for Research on Cancer.
- International Commission on Microbiological Specification for Foods. (2005). *Microorganisms in food, microbial ecology of food commodities*. International Commission on Microbiological Specification for Foods. New York: Blackie Academic and Professional.

- Ito, H., Chen, H., & Bunnak, J. (1994). Aflatoxin production by microorganisms of the *Aspergillus flavus* group in spices and the effect of irradiation. *J. Sci. Food Agric.*, 65, 141-142.
- Kementerian Perdagangan. (2014). Profil ekonomi. Retrieved from <http://www.kemendag.go.id/id/economic-profile/indonesia-export-import/growth-of-non-oil-and-gas-export-commodity>
- Kubicek, C.P., & Harman, G.E. (2002). *Trichoderma & Gliocladium: Basic biology, taxonomy and genetics. Vol 1* (p. 278). The Taylor & Francis e-Library.
- Kubo, A., Lunde, C.S., & Kubo, I. (1995) Antimicrobial activity of the olive oil flavor compounds. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 43, 1629-1633.
- Naganawa, R., Iwata, N., Ishikawa, K., Fukuda, H., Fujino, T., & Suzuki A. (1996) Inhibition of microbial growth by ajoene, a sulfur-containing compound derived from garlic. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62, 4238-4242.
- Maryam, R. (2002). *Mewaspada bahaya kontaminasi mikotoksin pada makanan* (Tesis, Pascasarjana IPB, Bogor).
- Maryam, R. (2006). Pengendalian terpadu kontaminasi mikotoksin. *Wartazoa*, 16(1), 21-30.
- Miller, J. D. (1995). Fungi and mycotoxins in grain: Implications for stored product research. *J. Stored Prod. Res.*, 31, 1-16.
- Minifie, B. W. (1999). *Chocolate, cocoa, and confectionery: Science and technology*. 3rd edn. New York: Van Nostrand & Reinhold.
- Miskiyah, & Widaningrum. (2008). Pengendalian aflatoksin pada pasca panen jagung melalui penerapan HACCP. *J. Standarisasi*, 10(1), 1-10.
- Mossini, S.A.G., Carla, C., & Kemmelmeier, C. (2009). Effect of neem leaf extract and neem oil on *Penicillium* growth, sporulation, morphology, and ochratoxin A production. *Toxins*, 1, 3-13.
- Mounjouenpou, P., Gueule, D., Fontana-Tachon, A., Guyot, B., Tondje, P.R., & Guiraud, Joseph-Pierre. (2008). Filamentous fungi producing ochratoxin a during cocoa processing in Cameroon. *International Journal of Food Microbiology*, 121, 234-241.
- Moyne, A. L., Shelby, R., Cleveland, T. E., & Tuzun, S. (2004). Bacillomycin D: An iturin with antifungal activity against *Aspergillus flavus*. *J. Appl. Microbiol.* 90, 622-629.
- Munarso, S.J. (2010). Status dan regulasi kontaminan mikotoksin penting dalam produk pangan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pasca Panen untuk Pengembangan Industri Berbasis Pertanian*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian.
- Mycology online. (2014). *Hyaline Hyphomycetes*. Australia: The University of Adelaide. Retrieved from [http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_\(hyaline\)/](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes_(hyaline)/)
- Peterson, S. W., Ito, Y., Horn, B. W., & Goto, T. (2004). *Aspergillus bombycis*, A new aflatoxigenic species and genetic variation in its sibling species, *A. nomius*. *Mycologia*, 93, 689-703.
- Pitt, J.I., & Hocking, A.D. (1997). *Fungi and food spoilage*. Second Edition. Blackie Academic & International.
- Rachaputi, N.R., Krosch, S., & Wright, G. (2002). Management practices to minimize pre-harvest aflatoxin contamination in Australia peanuts. *Animal Production Science*, 42(5), 595-605. doi: 10.1071/EA041139.
- Rahmadi, A., & Fleet. G.H. (2008). The Occurrence of mycotoxigenic moulds in cocoa beans from Indonesia and Queensland, Australia. *Proceeding on International Seminar on Food Science*. Semarang: University of Soegiyapranata.
- Reddy, K.R.N., Raghavender, C.R., Reddy, B.N., & Salleh, B. (2010). Biological control of *Aspergillus flavus* growth and subsequent aflatoxin B1 production in sorghum grains. *African Journal of Biotechnology*, 9(27), 4247-4250.
- Salim, A.B. (2011). Effect of some plant extracts on fungal and aflatoxin production. *Int. J. Acad. Res.*, 3, 116-120.
- Sánchez-Hervás, M., Gil, J.V., Bisbal, F., Ramón, D., Martínez-Culebras, P.V. (2008). Mycobiota and mycotoxin producing fungi from cocoa beans. *International Journal of Food Microbiology*, 125, 336-340.
- Schwan, R. F., & Wheals, A. F. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 44, 205-221.
- Supriyanto, H. (2012). *Teknologi cokelat*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Suttajit, M. (2014). *Prevention and control of mycotoxins*. FAO Corporate Document Repository. Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/x5036e/x5036E0q.htm>

- Tafari, A., Ferracane, R., & Ritieni, A. (2004). Ochratoxin A in Italian marketed cocoa products. *Food Chem.*, *88*, 487–494.
- Tagoe, D., Baidoo, S., Dadzie, I., Kangah, V., & Nyarko, H. (2014). A comparison of the antimicrobial (antifungal) properties of onion (*Allium cepa*), ginger (*Zingiber officinal*) and garlic (*Allium sativum*) on *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger*, and *Cladosporium herbarum* using organic and water base extraction methods. *Res. J. Med. Plant*, *5*, 281–287.
- Trigiano, R.N., Windham, M.T., & Windham, A.S. (2008). Plant pathology: Concepts and laboratory exercises. (p. 558). Second Edition. New York: CRC Press.
- Tsitsigiannis, D.I., Dimakopoulou, M., Antoniou, P.P., & Tjamos, E.C. (2012). Biological control strategies of mycotoxigenic fungi and associated mycotoxins in Mediterranean basin crops. *Phytopathologia Mediterranea*, *51*(1), 158–174.
- Turcotte, A.M., Scott, P.M., & Tague, B. (2013). Analysis of cocoa products for ochratoxin A and aflatoxins. *Mycotoxin Res*, *29*, 193–201. doi: 10.1007/s12550-013-0167-x.
- Udoh, J. M., Cardwel K.F., & Ikotun, T. (2000). Storage structures and aflatoxin content of maize in five agro-ecological zones of Nigeria. *Journal of Stored Product Reserve*, *36*, 187–201.
- Uli, A.D.S., Nurtjahja, K., & Zuhra, C.F. (2012). Penghambatan pertumbuhan *Aspergillus flavus* dan *Fusarium moniliforme* oleh ekstrak seruni (*Wedelia biflora*) dan kembang bulan (*Tithonia diversifolia*). *Saintia Biologi*, *1*(1), 1–6.
- Varma, J., & Dubey, N.K. (2001). Efficacy of essential oils of *Caesulia axillaris* and *Mentha arvensis* against some storage pests causing biodeterioration of food commodities. *International Journal Food Microbiology*, *68*, 207–210.
- Wangge, E.S.A., Suprpta, D.N., & Wirya, G.N.A.S. (2012). Isolasi dan identifikasi jamur penghasil mikotoksin pada biji kakao kering yang dihasilkan di Flores. *J. Agric. Sci. and Biotechnol.*
- Yasa, I.W. (2004). *Indonesian cocoa beans: Current situation*. Retrieved from <http://www.icco.org/pdf/Farmers/8.%20Mr.%20I.%20Wayan%20Yasa.pdf>.
- Yu, J., Whitelaw, C. A., Nierman, W. C., Bhatnagar, D., & Cleveland, T. E. (2004). *Aspergillus flavus* expressed sequence tags for identification of genes with putative roles in aflatoxin contamination of crops. *FEMS Microbiol. Lett.*, *237*, 333–340.

SERAI WANGI SEBAGAI PESTISIDA NABATI PENGENDALIAN PENYAKIT VASCULAR STREAK DIEBACK UNTUK MENDUKUNG BIOINDUSTRI KAKAO

CITRONELLA AS BOTANICAL PESTICIDE CONTROLLING VASCULAR STREAK DIEBACK DISEASE TO SUPPORT COCOA BIOINDUSTRY

Rita Harni

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

rita_harni@yahoo.co.id

ABSTRAK

Penyakit pembuluh kayu (*vascular streak dieback/VSD*) merupakan penyakit utama pada tanaman kakao di Indonesia. Penyakit ini tidak hanya menurunkan produksi tetapi juga menyebabkan kematian tanaman. Pengendalian penyakit tanaman sesuai dengan teknik pengendalian hama terpadu (PHT) adalah mudah didapat, murah, dan ramah lingkungan, salah satunya adalah penggunaan pestisida nabati. Teknik pengendalian ini sesuai dengan prinsip bioindustri, yaitu ramah lingkungan. Serai wangi dapat digunakan sebagai pestisida nabati karena sifat dari bahan aktifnya yang tidak toksik, sistemik, kompatibel dengan teknik pengendalian lain, mudah terurai dan lebih ramah lingkungan. Pestisida nabati dari minyak serai wangi telah terbukti efektif untuk mengendalikan penyakit jaringan pembuluh atau VSD di pembibitan dan lapangan. Penggunaan minyak serai wangi di pembibitan dapat memperlambat munculnya gejala (masa inkubasi) dan intensitas serangan VSD, sedangkan di lapangan minyak serai wangi dapat menekan perkembangan penyakit, dimana penekanannya sama dengan pestisida sintetik. Di samping itu minyak serai wangi juga dapat mengendalikan penyakit busuk buah kakao (BBK), hama penggerek buah kakao (PBK), dan hama *Helopeltis antonii*.

Kata kunci: Serai wangi, *vascular streak dieback*, pestisida nabati, kakao

ABSTRACT

Vascular streak dieback (VSD) is a major disease in cacao plants in Indonesia. This disease not only reduce the production but also led to the death of the plant. Control of plant diseases according to integrated pest management (IPM) technique is easily available, inexpensive and environmental friendly, such as the using of botanical pesticides. This control technique in accordance with the principle of bioindustry is environmentally friendly. Citronella can be used as a botanical pesticide because it is not toxic, systemic, compatible with other control techniques, biodegradable and environmental friendly. Botanical pesticide of citronella oil has been proven effective in controlling vascular tissue disease or VSD in the nursery and field. The use of citronella oil in the nursery can slow the appearance of symptoms (incubation period) and attack intensity of VSD disease. Meanwhile in the field, citronella oil can suppress the progression of the disease, of which is equal to synthetic pesticides. In addition, citronella oil can also control black pod disease of cocoa (BPD), cocoa pod borer (CPB), and Helopeltis antonii.

Keywords: Citronella, vascular streak dieback, botanical pesticide, cocoa

PENDAHULUAN

Pertanian bioindustri pada dasarnya merupakan sistem pertanian yang mengelola dan/atau memanfaatkan secara optimal seluruh sumberdaya hayati termasuk biomassa dan/atau limbah organik pertanian, bagi kesejahteraan masyarakat dalam suatu ekosistem secara harmonis (Prastowo, 2014). Pada prinsipnya semua siklus yang dilakukan tersebut tujuannya adalah menjaga kelestarian lingkungan. Pertanian bioindustri dikembangkan dengan menghasilkan sesedikit mungkin limbah tak bermanfaat, menggunakan seminimal mungkin input produksi dan energi dari luar, mampu menghasilkan produk pangan dengan mengelola biomassa dan limbahnya menjadi bio-produk baru bernilai tinggi dan ramah lingkungan.

Bioindustri kakao merupakan suatu sistem yang mengelola dan atau memanfaatkan kakao secara optimal baik biomassa, limbah organik, dan produk olahannya. Di dalam budidaya kakao terdapat

berbagai sistem yang saling terkait satu sama lain di antaranya tersedianya varietas unggul, bibit, pemeliharaan (pemupukan dan pemangkasan), pengendalian hama dan penyakit serta panen dan pascapanen.

Salah satu penyakit penting pada tanaman kakao adalah penyakit pembuluh kayu atau *vascular streak dieback* (VSD) (Purwantara & Pawirosoemardjo, 1989; Rosmana, 2005; Guest & Keane, 2007). Kerugian akibat penyakit VSD di seluruh dunia mencapai 30.000 ton per tahun setara dengan US\$ 28.000.000 (World Cocoa Foundation, 2004). Di Indonesia, kerugian akibat penyakit ini belum diketahui secara pasti, tetapi jumlahnya diperkirakan cukup besar. Menurut Rosmana (2005), penyakit VSD lebih berbahaya dibandingkan penyakit lain, seperti busuk buah kakao karena tanaman yang terserang akan menjadi lemah, produktivitasnya menurun, bahkan mati secara perlahan-lahan (Harni, 2013).

Pengendalian penyakit VSD oleh petani biasanya dilakukan dengan menggunakan fungisida sintetik yang dibarengi dengan pemotongan ranting dan batang yang terserang. Penggunaan fungisida sintetik yang terus menerus dapat menimbulkan berbagai dampak negatif, seperti terjadinya resistensi patogen, ikut terbunuhnya makhluk hidup yang bukan sasaran, adanya residu pada buah kakao, dan pencemaran terhadap lingkungan serta dapat membahayakan kesehatan manusia (Mew *et al.*, 2004; Nasahi, 2009).

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dicari teknik pengendalian lain yang lebih ramah lingkungan. Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), seperti disebutkan dalam UU No. 12 tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman, PP No. 6 tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman, dan Kepmentan No. 887 tahun 1997 tentang Pedoman Pengendalian OPT, dilaksanakan dengan menerapkan pengendalian hama terpadu (PHT), yaitu suatu cara pengendalian yang memperhatikan kelestarian lingkungan hidup. Dalam PHT, pengendalian OPT dilaksanakan dengan memadukan satu atau lebih teknik pengendalian yang dikembangkan dalam satu kesatuan. Melalui PHT, berbagai cara pengendalian yang kompatibel dapat diterapkan dengan pertimbangan, antara lain secara teknis dapat dilaksanakan, secara ekonomi menguntungkan, secara sosial budaya diterima masyarakat, dan secara ekologi dapat dipertanggungjawabkan. Salah satu teknik pengendalian yang dapat diterapkan oleh petani kakao adalah penggunaan pestisida nabati karena mempunyai banyak keuntungan di antaranya mudah, murah, dan ramah lingkungan. Teknik pengendalian ini sesuai dengan prinsip bioindustri, yaitu ramah lingkungan.

Pestisida nabati yang banyak dimanfaatkan untuk pengendalian penyakit tanaman pada saat ini adalah serai wangi (Nakahara, Alzoreky, Yoshihashi, Nguyen, & Trakoontivakom, 2003; Nurmansyah, 2010; Supriadi, 2011) karena mudah didapat dan bersifat membunuh patogen (fungisidal). Pemanfaatan fungisida nabati serai wangi untuk mengendalikan penyakit tanaman, dan penyakit pascapanen telah dilaporkan oleh Nakahara *et al.* (2003), Nurmansyah (2010) dan Harni, Amaria, & Supriadi (2013). Nurmansyah (2010) dan Harni *et al.* (2013) menggunakan minyak serai wangi untuk mengendalikan *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. Penggunaan minyak serai wangi dan fraksi sitronellal pada konsentrasi 750 ppm mampu menghambat pertumbuhan diameter koloni *P. palmivora* 75,95% dan biomassa koloni 82,61%. Fraksi sitronellal pada konsentrasi yang sama mampu menghambat pertumbuhan diameter dan biomassa koloni masing-masing 78,88% dan 88,41%. Selanjutnya Harni *et al.* (2013) juga menguji formula minyak serai wangi pada tingkat laboratorium dan rumah kaca terhadap *P. palmivora* asal kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula minyak serai wangi dapat

menghambat pertumbuhan *P. palmivora* 65-100% secara *in vitro* dan 66,25% pada bibit kakao di rumah kaca.

Tulisan ini membahas tentang pengendalian penyakit *vascular streak dieback* (penyakit pembuluh kayu) dengan pestisida nabati serai wangi dalam mendukung bioindustri tanaman kakao.

PENYAKIT VSD PADA TANAMAN KAKAO

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas perkebunan yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia, baik sebagai sumber pendapatan petani maupun devisa negara. Luas areal pertanaman kakao Indonesia pada tahun 2012 adalah 1.732.954 ha, dengan produksi sebesar 936.266 ton. Dari total areal tersebut 94,55% (1.638.540 ha) diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat, sedangkan sisanya merupakan perkebunan negara dan perkebunan swasta (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2012). Ekspor kakao Indonesia pada tahun 2011 mencapai 550 ribu ton biji kering, dengan volume tersebut, Indonesia merupakan negara pengekspor biji kakao nomor tiga dunia di bawah Pantai Gading (1,2 juta ton) dan Ghana (662 ribu ton) (International Cocoa Organization [ICCO], 2011).

Permasalahan yang dihadapi perkakaoan nasional adalah rendahnya produktivitas dan mutu yang salah satunya disebabkan oleh serangan hama dan penyakit. Hama dan penyakit utama pada tanaman kakao adalah hama penggerek buah kakao (PBK) yang disebabkan oleh *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera: Gracillariidae) (Sianipar, 2008; Goenadi *et al.*, 2005; Santoso, Chaidamsari, Wiryadiputra, & de Maagd, 2004), penyakit VSD yang disebabkan oleh *Ceratobasidium theobromae* (Samuels *et al.*, 2011; Guest & Keane, 2007) dan penyakit busuk buah kakao (BBK) yang disebabkan oleh *Phytophthora palmivora* (Purwantara, 1992; Erwin & Ribeiro, 1996; Deberdt *et al.*, 2008; Sukamto, 2003).

Penyakit VSD pertama kali ditemukan di Papua New Guinea pada tahun 1930 an. Penyakit ini kemudian menyebar ke beberapa negara Asia lainnya seperti India Selatan, Cina, Pulau Hainan, Myanmar, Thailand, Malaysia, Filipina, dan Indonesia (Guest & Keane, 2007). Di Indonesia penyakit VSD pertama kali ditemukan di Pulau Sebatik, yang terletak di perbatasan antara Sabah dan Kalimantan Timur pada tahun 1983. Selanjutnya pada tahun 1984 penyakit ini ditemukan di Maluku dan Sulawesi. Di Sulawesi, penyakit VSD ditemukan pada tahun 1989 di daerah Kolaka (Askindo, 2008), kemudian pada tahun 2002 penyakit ini ditemukan hampir di seluruh Sulawesi. Pada saat ini penyakit VSD telah menyebar hampir diseluruh sentra produksi kakao seperti di daerah Jawa Timur, Jawa Barat, Maluku Utara, Kalimantan Timur, Bali, Sumatera Utara, dan Sumatera Barat (Guest & Keane 2007: Ditjenbun, 2008; Kusumadewi, 2014).



Gambar 1. Gejala infeksi VSD pada tanaman kakao: (a) tanaman kakao sehat dan (b) kakao terinfeksi VSD
Figure 1. Infection symptoms of VSD on cacao: (a) health plant and (b) VSD infected plant

Gejala Serangan

Serangan VSD pada tanaman kakao menyebabkan kerusakan pada jaringan pembuluh kayu (xylem), dan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti ranting dan cabang (Guest & Keane, 2007). Gejala khas serangan VSD adalah daun menjadi nekrotik dan menua, khususnya pada daun kedua atau ketiga dari ujung ranting. Gejala menguningnya daun mulai terlihat 6 sampai 16 minggu setelah spora jatuh. Pembuluh kayu pada daun terinfeksi menghitam dan rusak sehingga daun-daun diujungnya berguguran (Samuels *et al.*, 2014). Pada permukaan bekas menempelnya tangkai daun yang gugur akan terlihat ciri khas serangan VSD, yaitu adanya tiga titik berwarna cokelat yang menandakan pembuluh kayunya telah rusak karena terinfeksi oleh VSD. Apabila dari bagian ujung cabang tersebut dibelah membujur ke arah pangkal maka akan ditemukan garis kecokelatan. Di samping itu lentisel pada pohon terinfeksi biasanya membesar, menyebabkan kulit batang menjadi kasar. Gangguan ini akan menyebabkan gugur daun dan mati ranting (Gambar 1). Pada serangan lanjut, kematian jaringan dapat menjalar sampai ke cabang atau bahkan ke batang pokok. Infeksi yang terjadi pada fase bibit dapat menimbulkan kematian tanaman hingga 50% setelah bibit dipindah ke lapang (Keane, 2000).

BIOEKOLOGI PENYAKIT VSD

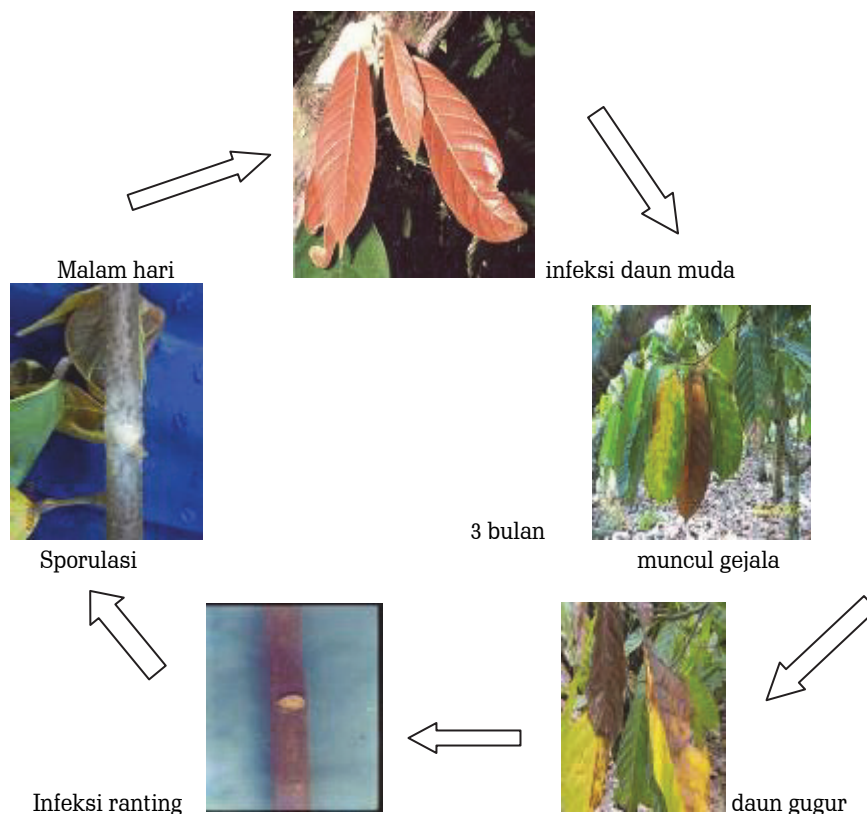
Penyakit pembuluh kayu VSD disebabkan oleh jamur *Ceratobasidium theobromae* (Basidiomycetes). Ciri khas dari jamur ini adalah pertumbuhannya yang lambat dan tidak menghasilkan spora seksual dan aseksual pada media agar. Jamur berwarna putih, miselium berukuran 4,5-7,5 μm , mempunyai hifa arachnoid steril, biasanya bercabang disudut kanan dan mengalami penyempitan pada titik percabangan dan mempunyai *clamp connections*.

Siklus hidup patogen jamur *C. theobromae* (Gambar 2) dimulai dengan menginfeksi tanaman kakao hanya melalui daun muda. Spora yang jatuh pada daun muda kemudian berkecambah dan

mengadakan penetrasi melalui epidermis dan mesofil ke dalam tulang daun. Jamur kemudian berada dalam berkas pembuluh kayu (xylem) sehingga mengakibatkan kerusakan jaringan pembuluh (Keane *et al.*, 1972 cited in Sri-Sukanto, Susilo, Abdoellah, Santoso, & Yuliasmara, 2008). Apabila kondisi lembab, jamur dapat berkembang keluar dan membentuk badan buah (basidiospora) pada bekas duduk daun yang terinfeksi setelah tengah malam sampai pagi hari. Badan buah berbentuk bantalan jamur yang berwarna putih.

Spora hanya mampu bertahan selama beberapa jam saja pada pagi hari dan tidak tahan terhadap sinar ultraviolet, apabila terkena sinar matahari selama 30 menit spora menjadi tidak infeksi (Chan & Wasir, 1976). Penyebaran spora dibantu oleh angin dan bila jatuh pada tempat yang kering maka akan segera kehilangan viabilitasnya. Pada daun yang lunak dan mengandung tetesan air, spora akan berkecambah dengan cepat, kemudian membentuk tabung kecambah untuk mempenetrasi epidermis dan selanjutnya masuk ke dalam xylem. Dalam waktu 6 sampai 16 minggu (tergantung pada umur dan varietas tanaman kakao), gejala akan muncul pada daun ke 2 dan ke 3 dari pucuk. Bila kondisi hujan terus menerus maka perkecambahan akan lebih cepat terjadi dan akan mengalami siklus yang sempurna.

Pada cabang yang masih hidup spora dapat bertahan selama 1 minggu, sedangkan pada cabang yang sudah dipotong hanya 1-2 hari. Perkembangan spora, penyebaran dan infeksi pada daun memerlukan periode basah, dengan demikian ada hubungan kritis antara puncak curah hujan dan periode infeksi (Guest & Keane, 2007). Meskipun penyakit VSD disebarkan oleh angin, tetapi spora hanya efektif dalam beberapa jam saja pada pagi hari, akibatnya sangat sedikit infeksi terjadi dan penyebarannya terbatas dalam jarak 200 m dari tanaman kakao yang terserang. Di Papua New Guinea dan Malaysia Barat, penyakit ini paling umum ditemukan di daerah basah di mana curah hujan tahunan melebihi 2.500 mm (Guest & Keane, 2007).



Gambar 2. Siklus hidup dari patogen penyebab penyakit VSD (*Ceratosidium theobromae*) (Sri-Sukamto, 2006)
 Figure 2. Life cycle of VSD pathogen (*Ceratosidium theobromae*) (Sri-Sukamto, 2006)

SERAI WANGI SEBAGAI TANAMAN SELA DAN PESTISIDA NABATI

Serai Wangi Sebagai Tanaman Sela

Serai wangi (*Cymbopogon nardus* L.) yang termasuk dalam famili Graminae merupakan salah satu jenis tanaman penghasil minyak atsiri yang banyak ditanam sebagai tanaman konservasi dan sela pada perkebunan kopi maupun kakao (Gambar 3). Tanaman ini dapat hidup dengan baik di daerah beriklim panas maupun basah, sampai ketinggian 1200 m di atas permukaan laut (dpl) namun berproduksi optimum pada 250 m dpl, dengan intensitas cahaya 75-100% (Sukamto dan Djazuli, 2014). Di samping itu, serai wangi juga dapat tumbuh di tempat yang kurang subur bahkan di daerah yang tandus karena mampu beradaptasi baik dengan lingkungannya. Cara berkembang biaknya adalah dengan anakan atau akarnya yang bertunas.

Tanaman serai wangi saat ini banyak dikembangkan pada perkebunan kakao sebagai tanaman sela. Penanaman serai wangi sebagai tanaman sela pada perkebunan kakao bertujuan untuk memanfaatkan lahan di antara tanaman kakao sehingga dapat menambah pendapatan petani. Tanaman serai wangi dapat ditanam pada semua lahan baik yang datar maupun yang topografinya

miring. Pada lahan datar serai wangi dapat ditanam dengan jarak tanam 100 X 100 cm di antara tanaman kakao dengan jarak tanam 2,5 x 3 m.

Pada topografi miring tanaman serai wangi dapat juga digunakan sebagai tanaman konservasi dengan jarak tanam 800 x 800 cm (Daswir, 2010). Hasil penelitian Daswir (2010) menunjukkan bahwa penanaman serai wangi di antara tanaman kakao dengan tingkat kemiringan >30% dapat meningkatkan panen biji kakao >40%/ha/th dan menurunkan kerusakan tanaman kakao oleh hama sebesar 25%.

Kandungan Minyak Serai Wangi

Komponen kimia dalam minyak serai wangi sangat kompleks, namun komponen yang terpenting adalah citronellal dan geraniol. Kedua komponen tersebut menentukan intensitas bau, harum, serta nilai harga minyak serai wangi.

Komposisi minyak serai wangi terdiri dari 30-40 komponen, yang termasuk kelompok alkohol, hidrokarbon, ester, aldehid, keton, oksida, terpena dan sebagainya. Menurut Guenther (2006), komponen utama penyusun minyak serai wangi adalah (1) citronellal ($C_{10}H_{16}O$) atau rhodinal atau 3,7-dimethyloct-6-en-1-al ($C_{10}H_{18}O$) adalah monoterpenoid, komponen utama dalam campuran

senyawa kimia terpenoid yang memberikan aroma lemon yang khas; (2) geraniol ($C_{10}H_{18}O$) adalah monoterpenoid dan alkohol; dan (3) citronelol ($C_{10}H_{20}O$) atau dihydrogeraniol, adalah monoterpenoid asiklik. Komposisi terbesar dalam minyak serai wangi adalah citronellal, yaitu 32-45%, geraniol 12-18%, citronelol 11-15%, geraniol asetat 3-8%, sitronelil asetat 2-4%. Menurut Wie & Wee (2013) terdapat 24 jenis komponen kimia yang menyusun minyak serai wangi (Tabel 1).

Serai Wangi Sebagai Pestisida Nabati

Minyak serai wangi mengandung senyawa aktif yang dapat digunakan sebagai bahan baku pestisida nabati untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Hal ini berkaitan dengan sifatnya yang mampu membunuh, mengusir, dan menghambat makan hama, serta mengendalikan penyakit tanaman yang bersifat antijamur, antibakteri, antivirus, dan antinematoda.



Gambar 3. Tanaman serai wangi
Figure 3. Citronella

Tabel 1. Komposisi kimia minyak serai wangi
Table 1. Chemical compositions of citronella oil

No.	Senyawa	Persentase
1.	Citronellal	29,6
2.	2,6-octadienal, 3,7-dimethyl-, (E)	11,0
3.	cis-2,6-dimethyl-2,6-octadiene	6,9
4.	Propanoic acid, 2-methyl-, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (E)	6,9
5.	Caryophyllene	6,5
6.	Citronellol	4,8
7.	Phenol, 2-methoxy-3-(2-propenyl)	4,5
8.	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis (1-methylethenyl)	3,3
9.	Limonene	2,7
10.	2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, (E)	2,4
11.	1,6-cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [s-(E, E)]	2,3
12.	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1S-cis)	1,8
13.	2,6-octadiene, 2,6-dimethyl	1,6
14.	Eugenol	1,5
15.	3,7-cyclodecadiene-1-methanol, a,a,4,8-tetramethyl-, [s-(z,z)]	1,3
16.	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl)-, [1S-(1a,2a,4a)]	1,3
17.	Cyclohexanemethanol, 4-ethenyl-a,a,4-trimethyl-3-(1-methylethenyl)-, [1R-(1a,3a,4a)]	1,3
18.	2,6-octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (E)	1,2
19.	Naphthalene, 1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-, (1a,4aa,8aa)	1,1
20.	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-methyl-4-methylene-1-(1-methylethyl)-, (1a,4aa,8aa)	0,6
21.	a-caryophyllene	0,3
22.	2-Furanmethanol,5-ethenyltetrahydro-a,a-5-trimethyl-, cis	0,2
23.	Senyawa belum diketahui 1	0,1
24.	Senyawa belum diketahui 2	6,9

Sumber: Wei & Wee (2013)
Source: Wei & Wee (2013)

Antibakteri

Aktivitas minyak serai wangi sebagai anti bakteri telah dilaporkan terutama untuk mengendalikan patogen manusia dan hewan. Wei & Wee (2013) menguji minyak serai wangi pada bakteri *Edwardsiella*, *Vibrio*, *Aeromonas*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Flavobacteria*, *Pseudomonas* dan *Streptococcus* yang berasal dari hewan laut. Penggunaan minyak serai wangi dengan konsentrasi 0.244 µg/ml sampai 0.977 µg/ml dapat menghambat pertumbuhan bakteri sehingga minyak serai wangi ini kemudian direkomendasikan sebagai pengganti antibiotik untuk pengawetan hasil laut. Selanjutnya Luangnarumitchai *et al.* (2007) melaporkan penggunaan minyak serai wangi untuk mengendalikan *Propionobacterium acnes* pada manusia, dengan konsentrasi 1,25% dapat menghambat pertumbuhan bakteri tersebut.

Penggunaan minyak serai wangi untuk mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh bakteri telah dilaporkan oleh Pradhanang, Momol, Olson, & Jones (2003) dan Hartati, Adhi, Asman, & Karyani (1994), dimana aplikasi serai wangi pada konsentrasi 10.000 ppm dapat menekan perkembangan *Ralstonia solanacearum* yang merupakan patogen pada tanaman jahe, dan penggunaan sebanyak 7 g daun/liter tanah dapat menekan *R. solanacearum* patogen pada tomat.

Antijamur

Aktivitas antijamur dari serai wangi telah banyak dilaporkan untuk mengendalikan patogen penyebab penyakit tanaman baik pada tanaman pangan, hortikultura maupun pada tanaman perkebunan. Pada tanaman perkebunan terutama kakao minyak serai wangi telah digunakan untuk mengendalikan penyakit busuk buah kakao (BBK) yang disebabkan oleh *P. palmivora* pada tingkat laboratorium dan lapangan (Nurmansyah, 2010; Harni *et al.*, 2013 dan 2014). Nurmansyah (2010) menggunakan sitronella dan fraksi sitronella terhadap *P. palmivora*, dimana keduanya terbukti dapat menekan perkembangan dan biomassa jamur tersebut. Sementara Harni *et al.* (2013) menguji formula minyak serai wangi dalam bentuk EC terhadap *P. palmivora*, yang menunjukkan bahwa formula dengan dosis 5 ml/l dapat menghambat 100% pertumbuhan *P. palmivora* di laboratorium dan 66,25% pada fase bibit. Nakahara *et al.* (2003) menggunakan minyak serai wangi untuk mengendalikan *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp pada biji kakao di penyimpanan karena salah satu sifat dari pestisida nabati ini adalah sebagai fumigan (Istianto, 2009). Di samping itu minyak serai wangi juga dapat digunakan untuk mengendalikan *Phytophthora* pada tanaman durian.

Aktivitas serai wangi terhadap serangga

Aktivitas dari minyak serai wangi terhadap serangga adalah sebagai penolak (*repellent*), menarik (*attractant*), racun kontak, racun pernafasan, mengurangi nafsu makan, menghambat peletakan telur, menghambat pertumbuhan, menurunkan fertilitas dan sebagai anti serangga vektor (Isman, 2000). Sitronella yang berasal dari serai wangi pada

konsentrasi 5 ml/l mampu mengendalikan hama penggerek buah kakao *C. cramerella* Snell. sebesar 46,26-65,01% pada tingkat serangan berat (Laba *et al.*, 2014). Selanjutnya Nurmansyah (2011) menguji serai wangi untuk mengendalikan hama *Helopeltis antonii* pada tanaman kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rajangan daun serai wangi sebanyak 50 g/tabung memperlihatkan sifat menolak (*repellent*) terhadap serangga *H. antonii* dengan persentase rendah, yaitu 53,33%. Demikian juga dengan pemberian minyak serai wangi dan fraksi sitronellal pada dosis 0,1 ml/tabung, juga menunjukkan penolakan dengan persentase 53,33-73,33%. Pada dosis 0,30 ml/tabung pestisida nabati serai wangi bersifat membunuh (insektisida), dengan persentase kematian serangga *H. antonii* sebesar 76,67% pada pemberian minyak serai wangi dan 80% pada penggunaan fraksi sitronella di laboratorium. Penyemprotan minyak serai wangi dan fraksi sitronellal pada konsentrasi 2.000 ppm mampu membunuh serangga *H. antonii* sebesar 91,62%, sedangkan pada konsentrasi 4.000 ppm dapat mencapai 100%.

Kelebihan dan Kekurangan Serai Wangi Sebagai Pestisida Nabati

Serai wangi sebagai pestisida nabati mempunyai kelebihan dan kelemahan. Kelebihannya adalah aktivitas biologinya berspektrum luas (dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman, seperti telah diuraikan sebelumnya), tidak toksik, sistemik, kompatibel dengan teknik pengendalian lain (seperti pengendalian dengan agens hayati), mudah terurai dan lebih ramah lingkungan. Serai wangi tidak bersifat toksik terhadap mamalia, burung, dan ikan. Di samping itu serai wangi juga bersifat tidak persisten karena mudah terurai secara alami sehingga tidak tahan lama dalam air, udara, di dalam tanah dan tubuh mamalia (Hartati, 2012).

Kelemahan dari pestisida berbahan aktif minyak serai wangi adalah (1) keefektifannya kurang meyakinkan, terutama apabila dibuat pada skala rumah tangga; (2) sulitnya standarisasi mutu produk akibat besarnya keragaman genetik tanaman dan tempat tumbuhnya, serta pemanenan yang masih dilakukan secara tradisional; (3) kesulitan dalam pendaftaran dan paten; (4) nilai usaha tani belum pasti karena pengaruh musim, sumber bahan baku, dan tingkat keefektifannya; (5) stabilitas bahan aktif rendah karena bahan aktifnya bersifat volatil, yaitu tidak tahan terhadap sinar matahari (mudah terdegradasi oleh sinar ultraviolet); (6) tidak kompetitif terhadap pestisida sintetis (harga dan spektrum kerja); dan (7) terbatasnya data keamanan terhadap mamalia dan lingkungan (Rajashekar *et al.* (2012) cited in Supriadi (2013). Di samping itu mutu dari pestisida nabati tidak stabil karena sering berubah-ubah salah satu contohnya adalah minyak serai wangi yang disuling pada saat musim hujan dengan musim kemarau akan berbeda kandungan sitronella ataupun graniolnya. Selain masalah tersebut di atas kendala lainnya adalah kurangnya sumber bahan baku, belum adanya standarisasi dan kontrol kualitas serta kesulitan dalam registrasi dalam pengajuan sebagai pestisida (Isman,

2006 cited in Hartati, 2012). Permasalahan lain yang juga dihadapi adalah serai wangi di Indonesia belum dibudidayakan dengan baik dan kebanyakan hanya digunakan sebagai tanaman konservasi untuk mencegah erosi pada tanah-tanah miring atau pada lahan terasering serta sebagai tanaman sela sehingga pasokan dan mutu bahan bakunya cukup bervariasi.

Pengembangan Serai Wangi sebagai Pestisida Nabati

Serai wangi mempunyai peluang yang sangat besar untuk dikembangkan menjadi produk-produk pestisida, karena bahan aktif dari tanaman ini mempunyai spektrum luas baik sebagai pengendali hama yang bersifat menolak (*repellent*), menarik (*attractant*), racun kontak, racun pernafasan, mengurangi nafsu makan, menghambat peletakan telur, menghambat pertumbuhan, menurunkan fertilitas. Sebagai pengendali penyakit tanaman yang bersifat antibakteri, antijamur, antivirus dan antinematoda. Di samping itu serai wangi juga dapat digunakan sebagai bahan pengawet pada produk-produk makanan dan hasil laut sebagai pengganti antibiotik seperti telah diuraikan di atas. Produk dari serai wangi yang sudah di jual di pasaran adalah Asimba 50 EC yang efektif mengendalikan hama penggerek buah kakao di lapang (Asaad & Willis, 2012), serta mengendalikan penyakit tular tanah seperti *Fusarium* dan *Phytophthora*.

Isman (2000) menyatakan bahwa prospek penggunaan pestisida nabati sangat terbuka, terutama pada sistem pertanian organik di negara-negara maju atau pada pertanian secara umum di negara-negara berkembang seiring dengan harga pestisida sintetis yang semakin mahal. Salah satu contohnya adalah penggunaan mimba sebagai pestisida nabati yang semakin marak di negara-negara berkembang karena mempunyai banyak kelebihan, di antaranya ramah lingkungan, mudah terdegradasi, tidak beracun, dapat dikombinasikan dengan jenis pestisida lainnya, tidak mudah menimbulkan resistensi pada hama sasaran, mudah larut dalam air, memperbaiki pertumbuhan tanaman, dan harganya murah (Asogwa *et al.*, 2010). Namun demikian, pengembangan pestisida nabati

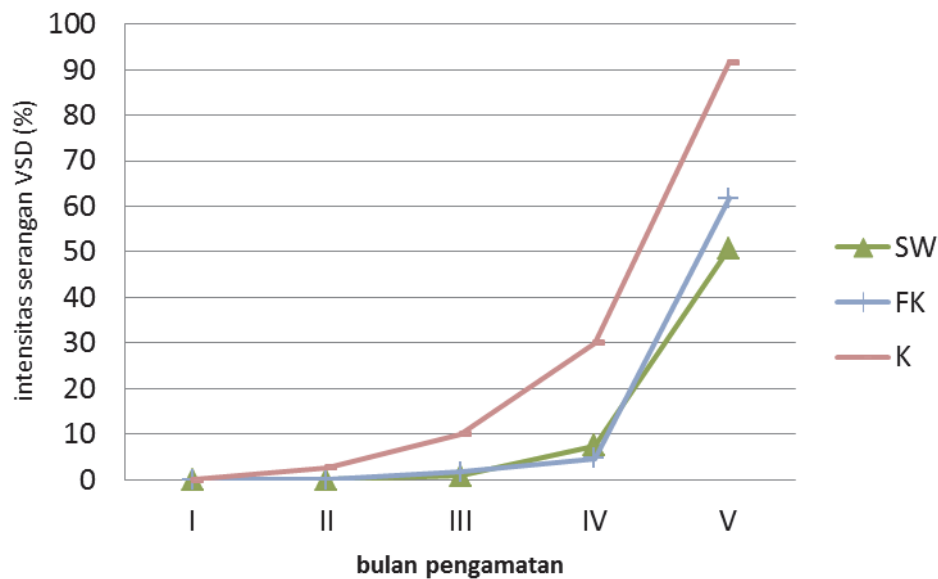
masih menghadapi kendala karena daya kerjanya lambat serta bahan baku untuk skala komersial masih terbatas.

PEMANFAATAN SERAI WANGI UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT VSD

Penyakit VSD merupakan penyakit yang sulit dikendalikan karena berada dalam jaringan pembuluh. Penggunaan serai wangi untuk mengendalikan penyakit VSD telah dilaporkan oleh Harni & Khaerati (2013) di pembibitan, serta Harni & Baharudin, (2014) di lapangan. Penggunaan serai wangi pada bibit kakao dapat memperlambat munculnya gejala (masa inkubasi) dan intensitas serangan VSD. Pada kontrol, gejala mulai muncul 2 bulan setelah perlakuan sedangkan pada perlakuan minyak serai wangi gejala muncul 3 bulan setelah aplikasi. Perlakuan serai wangi juga dapat menekan intensitas serangan pada bibit kakao, intensitas serangan penyakit VSD pada bibit kakao yang diperlakukan dengan serai wangi adalah 51,66% sedangkan pada kontrol 91,67%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan minyak serai wangi tidak berbeda nyata dengan penggunaan fungisida kimia (Gambar 4) (Harni & Khaerati, 2013).

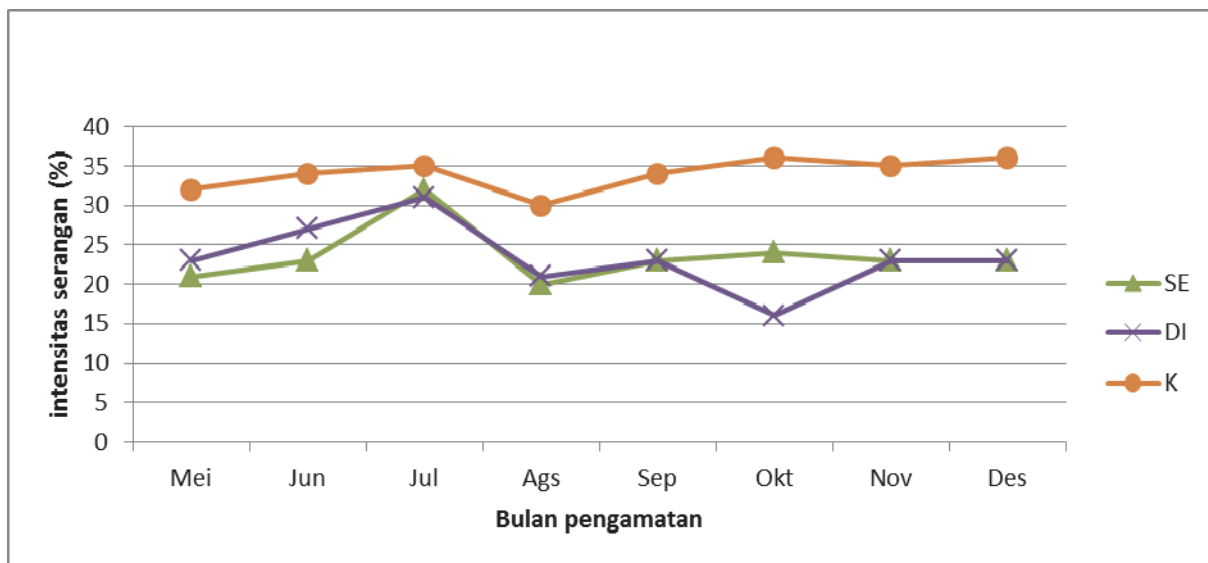
Harni & Baharudin (2014) telah menggunakan minyak serai wangi untuk mengendalikan penyakit VSD di lapangan. Penelitian dilaksanakan di daerah endemik VSD, yaitu di Kabupaten Konawe, Sulawesi Tenggara. Minyak serai wangi diaplikasikan dengan cara menyemprotkan suspensi seluruh bagian tanaman dengan interval satu bulan sekali dengan dosis 5 ml/l. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa minyak serai wangi dapat menekan perkembangan penyakit VSD, yang ditunjukkan dengan berkurangnya persentase dan intensitas serangan penyakit dibanding dengan kontrol (Gambar 5).

Perkembangan penyakit VSD setelah diperlakukan dengan pestisida nabati serai wangi secara umum menunjukkan penurunan dari bulan pertama sampai bulan ke 8 pengamatan dibanding dengan kontrol (Gambar 5).



Gambar 4. Perkembangan gejala penyakit VSD pada bibit kakao setelah diberi serai wangi (Harni & Khaerati, 2013). SW = serai wangi, K = kontrol, FK = fungisida kimia

Figure 4. Symptoms development of VSD on cacao seedling after citronella application (Harni & Khaerati, 2013). SW = citronella, K = control, FK = chemical fungicide



Gambar 5. Perkembangan penyakit VSD pada tanaman kakao setelah diperlakukan dengan pestisida nabati serai wangi (Harni & Baharudin, 2014). Keterangan: K = kontrol, SE = serai wangi, DI = fungisida kimia

Figure 5. Development of VSD disease in cocoa plants after being treated with citronella oil (Harni & Baharudin, 2014) K = control SE = citronella oil, and DI = chemical fungicide

Pada kontrol (tanaman tanpa diperlakukan) perkembangan penyakit terus meningkat, sedangkan pada perlakuan pestisida nabati memperlihatkan penurunan yang sama dengan perlakuan menggunakan fungisida kimia. Pengurangan persentase dan intensitas serangan penyakit VSD setelah diperlakukan dengan serai wangi disebabkan oleh bahan-bahan yang dikandungnya, yaitu sitronella suatu senyawa yang

bersifat antifungal. Senyawa ini termasuk dalam kelompok terpenoid golongan monoterpen yang mampu menekan pertumbuhan jamur patogen. Senyawa tersebut dapat menghambat proses metabolisme jamur sehingga mengganggu pertumbuhannya. Komponen kimia minyak atsiri yang bersifat antifungal mampu menembus dinding sel jamur dan akan mengganggu proses metabolisme di dalam sel sehingga mengalami

kematian sel (Knobloch *et al.*, 1989). Di samping itu, senyawa fenol menginaktivkan enzim dan protein dari jamur sehingga jamur tidak dapat berkembang dengan baik.

PERANAN SERAI WANGI DALAM BIOINDUSTRI KAKAO

Konsep pertanian bioindustri adalah memandang lahan bukan hanya sekedar sumber daya alam tetapi juga industri dengan memanfaatkan seluruh faktor produksi untuk menghasilkan pangan guna mewujudkan ketahanan pangan serta produk lain dengan menerapkan konsep *biorefinery*. Untuk meningkatkan nilai tambah yang diperoleh dari sebidang lahan pertanian maka pertanian di masa yang akan datang perlu digeser dari lahan untuk memproduksi komoditas pangan atau pertanian, menjadi lahan untuk menghasilkan multi produk dengan nilai ekonomi yang lebih tinggi. Untuk mencapai tujuan ini maka pertanian perlu diarahkan untuk mendukung bioindustri.

Dalam bioindustri kakao salah satu yang dapat mendukung nilai tambah perkebunan kakao adalah tanaman serai wangi. Tanaman ini dapat ditanam sebagai tanaman sela di antara tanaman kakao yang dapat dipanen setelah berumur 6 bulan dan panen selanjutnya setiap 3 bulan. Daun hasil panen serai wangi biasanya disuling sehingga didapat minyak. Minyak serai wangi dapat dijual sehingga dapat menambah pendapatan petani, di samping itu minyak serai wangi juga dapat dibuat sebagai produk lain, yaitu pestisida nabati. Pestisida nabati dapat digunakan kembali di kebun kakao untuk mengendalikan hama dan penyakit seperti hama penggerek buah (PBK), *Helopeltis* spp., penyakit busuk buah (BBK) yang disebabkan oleh *P. palmivora*, dan penyakit *vascular streak dieback* (VSD) yang disebabkan oleh *C. theobromae*. Selain minyak, bagian lain yang dapat dimanfaatkan adalah limbah serai wangi (ampas hasil penyulingan). Limbah serai wangi dapat digunakan sebagai pakan ternak karena mutunya yang lebih baik dibanding dengan jerami. Limbah serai wangi mengandung 7% protein sedangkan limbah jerami hanya mengandung 3,9%. Kadar proteinnya dapat ditingkatkan dengan perlakuan fermentasi, yaitu menambahkan probion dan molase sehingga protein dapat meningkat sampai 11,2% (Sukanto & Djazuli, 2014).

Limbah serai wangi sisa pakan ternak dapat dijadikan kompos sehingga dapat dimanfaatkan untuk pemupukan tanaman kakao sehingga biomassa yang berasal dari kebun kakao dapat dikembalikan ke dalam kebun. Hal ini sesuai dengan konsep pertanian bioindustri, yaitu sistem pertanian yang mengelola dan/atau memanfaatkan secara optimal seluruh sumberdaya hayati termasuk biomassa dan/atau limbah organik pertanian, bagi kesejahteraan masyarakat dalam suatu ekosistem secara harmonis.

PENUTUP

Serai wangi sebagai tanaman sela pada pertanaman kakao dapat dimanfaatkan sebagai pestisida nabati untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Sifat dari serai wangi yang berspektrum luas, tidak toksik, sistemik, kompatibel dengan teknik pengendalian lain, mudah terurai dan lebih ramah lingkungan (tidak toksik terhadap mamalia, burung dan ikan) dapat dikembangkan menjadi produk-produk yang aman terhadap kesehatan dan lingkungan, seperti insektisida, bakterisida, fungisida nabati ataupun sebagai pestisida pengawet hasil laut. Pestisida nabati dari minyak serai wangi telah terbukti efektif untuk mengendalikan hama dan penyakit pada tanaman kakao seperti pengendalian penyakit jaringan pembuluh atau VSD. Di samping itu minyak serai wangi juga dapat mengendalikan penyakit busuk buah kakao (BBK), hama penggerek buah kakao (PBK) dan hama *H. antonii*.

DAFTAR PUSTAKA

- Asaad, M., & Willis, M. (2012). Kajian pestisida nabati yang efektif terhadap hama penggerek buah kakao (PBK) pada tanaman kakao di Sulawesi Selatan. *Suara Perlindungan Tanaman*, 2(2).
- Askindo. (2008). *Laporan hasil diskusi VSD. Paper presented at* Pertemuan Nasional "A Day Discussion: Crass Program Addressing VSD Disease. Makassar, 5 Juni 2008.
- Darwis. (2010). Peranan serai wangi sebagai tanaman konservasi pada tanaman kakao di lahan kritis. *Buletin Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, 21(2), 117-128.
- Deberdt, P., Mfegue, C. V., Tondje, P. R., Bon, M. C., Ducamp, M., Hurard, C., Begoude, B. A. D., Ndoumbe-Nkeng, M., Hebbat, P. K., & Cilas, C. (2008). Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *Biological Control*, 44, 149-159.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2008). *Program pengendalian penyakit VSD (vascular streak dieback) pada tanaman kakao*. Pertemuan Nasional "A Day Discussion: Crass Program Addressing VSD Disease. Makassar, 5 Juni 2008.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2012). *Statistik perkebunan Indonesia 2010-2012. Kakao* (p. 53). Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Erwin, D. C., & Ribeiro, O. K. (1996). *Phytophthora diseases worldwide*. Minnesota: APS Press The American Phytopathological Society.

- Guest, D., & Keane, P. (2007). Vascular-streak dieback: A new encounter disease of cacao in Papua New Guinea and Southeast Asia caused by the obligate basidiomycete *Oncobasidium theobromae*. *Phytopathology*, 97, 1654-1657.
- Goenadi, D.H., Baon, J.B., Herman, & Purwoto, A. (2005). *Prospek dan arah pengembangan agribisnis kakao di Indonesia* (p. 27). Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Harni, R. (2013). Penyakit vascular streak dieback pada tanaman kakao dan strategi pengendaliannya. *Prosiding Seminar dan Kongres Perhimpunan Fitopatologi Indonesia ke XXII* (pp. 259-266). Padang, 10 Oktober 2013.
- Harni, R., Amaria, W., & Supriadi. (2013). Keefektifan fungisida nabati berbahan aktif eugenol dan sitronellal terhadap *Phytophthora palmivora* asal kakao. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(1), 11-18.
- Harni, R., & Khaerati. (2013). Potensi beberapa fungisida nabati untuk mengendalikan penyakit vascular streak dieback (VSD) pada bibit kakao. *Prosiding Seminar dan Kongres Perhimpunan Fitopatologi Indonesia ke XXII* (pp. 178-186). Padang, 10 Oktober 2013.
- Harni, R. (2013). *Keefektifan fungisida nabati untuk mengendalikan penyakit VSD pada tanaman kakao*. Laporan Hasil Penelitian APBN 2013. Sukabumi: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Harni, R., & Baharuddin. (2014). Aktivitas anti jamur minyak cengkeh, serai wangi, dan ekstrak bawang putih terhadap penyakit vascular streak dieback (*Certhobacidium thebromae*). *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 4(3), 167-174.
- Hartati, S.Y., Adhi, E.M., Asman, A., & Karyani, N. (1994). Efikasi minyak atsiri terhadap bakteri *Pseudomonas solanacearum*. *Prosiding Seminar Pemanfaatan Pestisida Nabati*. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
- Hartati, S.R. (2012). Prospek pengembangan minyak atsiri sebagai pestisida nabati. *Perspektif*, 11(1), 37-43.
- International Cocoa Organization. (2014). *Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*, Vol: XXXV No. 2.
- Isman, M.B. (2000). Plant essential oil for pest and disease management. *Crop Protection*, 19, 603-608.
- Istianto, M. (2009). Pemanfaatan minyak atsiri, alternatif pengendalian organisme pengganggu tanaman buah yang ramah lingkungan. *Iptek Hortikultura*, 5, 34-38.
- Keane, P.J. (2000). Biology and control of vascular-streak dieback of cocoa. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 17, 46-59.
- Knobloch, K. A., Paul, B., Ilber, H., Weigand, & Weil, W. (1989). Antibacterial and antifungal properties of essential oil components. *J. Ess. Oil*, 1, 119-128.
- Kusumadewi, G.A.S.F.R. (2011). *Identifikasi molekuler dan keragaman genetik patogen penyebab penyakit pembuluh kayu pada tanaman kakao berdasarkan sekuen internal transcribe spacer (ITS)*. (Tesis, Magister Bioteknologi Pertanian Universitas Udayana, Bali)
- Laba, I.W., Willis, M., Rohimatun, Ahyar, Tarigan, N., & Sukmana, C. (2011). Pengendalian hama penggerek buah (*Conopomorpha cramerella*) > 50% dan penyakit busuk buah (*Phytophthora palmivora*) > 30% pada tanaman kakao. Laporan Tahunan. Bogor: Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat.
- Luangnarumitchai, S., Lamlertthon, S., & Tiyafoonchai, W. (2007). Antimicrobial activity of essential oils against five strains of *Propionibacterium acnes*. *Mahidol University Journal of Pharmaceutical Sciences*, 34(1-4), 60-64.
- Nakahara, K., Alzoreky, N.S., Yoshihashi, T., Nguyen, H.T.T., & Trakoontivakom, G. (2003). Chemical composition and antifungal activity of essential oil from *Cymbopogon nardus*. *JARQ*, 37(4), 249-252.
- Nasahi, C. (2009). *Laporan hasil percobaan pengujian lapangan efikasi fungisida Rizolex 50 WP (metil tolklofos 50%) (385/PPI/8/2008) terhadap penyakit busuk daun Phytophthora infestans pada tanaman kentang*. Kerja Sama: PT. Sumitomo Indonesia. Bandung: Universitas Padjadjaran. Retrieved from http://pustaka.unpad.ac.id/wp-content/uploads/2010/06/pengujian_lapangan_efikasi_fungisida.pdf.
- Nurmansyah. (2010). Efektivitas minyak serai wangi dan fraksi sitronellal terhadap pertumbuhan jamur *Phytophthora palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao. *Bul. Littro.*, 21(1), 43-52.
- Nurmansyah. (2011). Efektivitas serai wangi terhadap hama pengisap buah kakao *Helopeltis antonii*. *Bul. Littro.*, 22(2), 205-213.
- Prastowo, B. (2014). *Pedoman umum bioindustri*. Pusat Penelitian Tanaman Perkebunan.
- Pradhanang, P. M., Momol, M.T., Olson, S. M., & Jones, J.B. (2003). Effects of plant essential oils on *Ralstonia solanacearum* population density and bacterial wilt incidence in tomato. *Plant disease*, 87, 423-427

-
-
- Purwantara, A., & Pawirosoemarjo, S. (1989). Isolasi dan identifikasi patogen penyebab vascular streak dieback pada tanaman kakao. *Menara Perkebunan*, 57, 99-103.
- Purwantara, A. (1992). Perkembangan penyakit busuk buah dan kanker batang pada kakao akibat serangan *Phytophthora palmivora*. *Menara Perkebunan*, 60, 78-84.
- Rajashekar, Y., Bakthavatsalam, N., & Shivanandap, T. (2012). *Botanicals as grain protectants. psyche 2012*, Article ID 646740, 13 pages. doi:10.1155/2012/646740. Hindawi Publishing Corporation.
- Rosmana, A. (2005). Vascular streak dieback (VSD): Penyakit baru pada tanaman kakao di Sulawesi. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda SULSEL*.
- Samuels, G.J., Ismaiel, A., Rosmana, A., Junaid, A., Guest, D., McMahon, P., ... Cubeta, M.A. 2011. Vascular streak dieback of cacao in Southeast Asia and Melanesia: In planta detection of the pathogen and a new taxonomy. *Fungal Biology*, 11(6), 11-23.
- Sianipar, M.S. (2008). Potensi formulasi jamur *Beauveria bassiana* Balls. (Vuill.) Terhadap Intensitas Serangan *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera; Gracillaridae) diperkebunan Kakao (*Theobroma cacao* Linn.).
- Sri-Sukanto, Susilo A.W., Abdoellah, S., Santoso T.I., & Yuliasmara, F. (2008). Perkembangan teknik pengendalian penyakit pembuluh kayu (VSD) pada tanaman kakao. *Prosiding Simposium Kakao 2008*. Denpasar, 28-30 Oktober 2008. Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Sukanto, S. (2003). Pengendalian secara hayati penyakit busuk buah kakao dengan jamur antagonis *Trichoderma harzianum*. Seminar Ilmiah dan Kongres Nasional PFI XVI Bandung, 6-8 Agustus 2003.
- Sukanto, & Djazuli, M. (2011). Pengendalian penyakit budok pada tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *Warta Badan Litbang Pertanian*, 33, 6-7.
- Supriadi. (2011). *Perkembangan Teknologi Pengendalian Penggerek Buah Kakao (PBK)*. Kajian Literatur untuk Strategi Pengendalian PBK. Makalah disampaikan pada pembinaan PBTP Sulawesi Tengah, 6-11 September 2011.
- Santoso, D., T. Chaidamsari, Wiryadiputra, S., & de Maagd, R.A. (2004). Activity of *Bacillus thuringiensis* toxins against cocoa pod borer larvae. *Pest Management Science*, 60, 735-738.
- Wei, L.S., & Wee, W. (2013). Chemical composition and antimicrobial activity of *Cymbopogon nardus* citronella essential oil against systemic bacteria of aquatic animals. *Iranian Journal Microbiology* 5 (2): 147-152.

PELUANG DAN STRATEGI PENGEMBANGAN

PENGELOLAAN USAHATANI KAKAO TERPADU UNTUK MEWUJUDKAN SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN

INTEGRATED MANAGEMENT OF COCOA FARMING TO REALIZE THE SUSTAINABLE AGRICULTURE SYSTEM

Dewi Listyati dan Dibyo Pranowo

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

dewi_listyati@yahoo.com

ABSTRAK

Sistem usahatani terpadu merupakan sistem pengelolaan beberapa komponen pertanian (tanaman, hewan, dan ikan) secara terpadu dengan lingkungannya untuk menghasilkan produk yang optimal dan sifatnya cenderung tertutup terhadap masukan luar. Pengembangan sistem usahatani terpadu di Indonesia masih sangat terbuka mengingat sumberdaya yang ada belum dimanfaatkan secara optimal. Tanaman kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan penting di Indonesia. Luas areal pada tahun 2012 telah mencapai 1.774.463 ha sehingga menempatkan Indonesia di posisi ketiga sebagai penghasil kakao dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Kondisi ini merupakan potensi yang besar untuk mengembangkan sistem usahatani kakao secara terpadu, di antaranya dengan menanam tanaman sela dan pengusahaan ternak. Dari sistem integrasi kakao-ternak bisa terjadi sinergisme antara tanaman, ternak, dan lingkungan dari pemanfaatan limbahnya. Limbah kulit dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan pupuk. Optimalisasi lahan dengan tanaman sela serta pemeliharaan ternak dapat meningkatkan pendapatan petani. Di samping itu, pemanfaatan limbah tanaman sebagai pakan ternak serta pemanfaatan kotoran ternak sebagai pupuk organik pada tanaman dapat mengurangi penggunaan pupuk kimia akan dapat mewujudkan suatu sistem pertanian berkelanjutan. Tulisan ini bertujuan mengumpulkan informasi tentang potensi yang belum dimanfaatkan secara optimal penerapan sistem usahatani kakao terpadu yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan dan pendapatan serta menjaga kesuburan lahan.

Kata kunci: Kakao, usahatani terpadu, berkelanjutan

ABSTRACT

Integrated farming system is a management system of agricultural components (plants, animals and fish) that integrated with environment to produce the optimal products and tend to be closed to external input. Development of an integrated farming system in Indonesia is still prospective, because of existing resources was not used optimally. Cocoa is one of the important commodities in Indonesia. In 2012, cocoa area has reached 1,774,463 ha that put Indonesia as the third position as the world cocoa producer after Ivory Coast and Ghana. This condition has a great potential to develop integrated cocoa farming systems, such as by intercropping and livestock integration. Cocoa and livestock integration system can occur synergism between plants, animals and the environment from the use of waste. Cocoa pod waste can use as animal feed or fertilizer. Land use can be optimized by intercropping and livestock that potential to increase farmer's income. In addition, utilization of cocoa waste as feed and organic fertilizer, and livestock manure as organic fertilizer on crops can reduce the use of chemical fertilizers, or it will be able to realize a sustainable agricultural system. This paper aims to collect information about application of integrated cocoa farming system that can improve land use efficiency and farmer's income as well as maintaining soil fertility.

Keywords: Cocoa, integrated farming, sustainable

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao*, L.) merupakan komoditas ekspor perkebunan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi dan menjadi sumber pendapatan bagi sebagian masyarakat serta penghasil devisa bagi negara sehingga memiliki peranan penting bagi perekonomian nasional. Luas areal kakao di Indonesia pada tahun 2012 telah mencapai 1.774.463 ha, dengan produksi 740.513 ton dan rata-rata produktivitas tanaman 850 kg/ha/tahun sehingga menempatkan Indonesia di posisi ketiga sebagai penghasil kakao dunia setelah Pantai Gading dan Ghana (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2013). Kemudian pada tahun 2013 produksi kakao Indonesia mengalami penurunan menjadi 720.862 ton yang dihasilkan dari areal perkebunan kakao seluas

1.740.612 ha dengan rata-rata produktivitas tanaman 821 kg/ha/tahun (Ditjenbun, 2014). Tanaman kakao sebagian besar diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat dengan produktivitas rata-rata di tingkat petani masih jauh dari yang diharapkan dibandingkan potensi kakao klon unggul yang dapat mencapai 2 ton/ha/tahun. Rendahnya produktivitas kakao di tingkat petani antara lain karena banyak yang belum menerapkan budidaya sesuai anjuran, belum menggunakan klon unggul, tanamannya sudah tua maupun pemeliharaan tanaman kurang memadai sehingga terserang hama/penyakit. Peningkatan produksi kakao di perkebunan rakyat dapat dilakukan dengan berbagai cara, di antaranya melalui rehabilitasi pada tanaman yang sudah tua/rusak dengan menggunakan klon unggul, sambung samping, pemupukan, pengendalian hama dan penyakit,

perbaikan sanitasi kebun (pemangkasan kakao dan tanaman pelindung) dan lain sebagainya.

Petani kakao memiliki beberapa peluang untuk mendapatkan nilai tambah dari usahataniya melalui berbagai alternatif yang berdampak positif pada pendapatan dan membantu terwujudnya pertanian yang berkelanjutan. Peluang tersebut antara lain berupa pengusahaan tanaman sela pada tanaman kakao berumur muda atau belum menghasilkan (TBM), integrasi dengan ternak dan pengolahan limbah kakao agar menjadi lebih bermanfaat. Pada saat tanaman kakao masih muda di samping terdapat tanaman penayang seperti gamal, lamtoro atau kelapa, jarak antara tanaman masih terbuka cukup lebar. Areal kosong di antara tanaman kakao muda dan penayang tersebut dapat dimanfaatkan untuk mengusahakan tanaman sela seperti tanaman semusim atau pangan selama 2-3 tahun sebelum tanaman kakao berproduksi. Setelah memasuki umur produktif tanaman kakao dapat berbunga dan berbuah sepanjang tahun sehingga bisa menjadi sumber pendapatan harian atau mingguan bagi petani, di samping hasil dari tanaman penayang seperti tanaman kelapa.

Petani di Indonesia pada umumnya sudah terbiasa dalam mengelola perkebunan yang terintegrasi dengan hewan ternak untuk mengoptimalkan penggunaan lahan, tenaga kerja dan pendapatan. Hewan ternak yang biasanya dipelihara petani sebagai usaha sampingan untuk menambah pendapatan, yaitu kambing/domba dan sapi, sedangkan kerbau dipelihara petani untuk tenaga kerja membajak. Kebiasaan tersebut menunjukkan petani pada umumnya sudah cukup berpengalaman dalam memelihara ternak. Dengan demikian, pada perkebunan kakao rakyat berpeluang besar untuk menerapkan sistem integrasi tanaman dengan peternakan sebagai alternatif menuju sistem usahatani yang berkelanjutan.

Pada sistem pertanian terpadu yang berlandaskan pada pemanfaatan berulang zat hara atau pertanian agroekologi seperti sistem usahatani kakao integrasi dengan ternak, banyak peluang yang bisa diusahakan. Perkebunan kakao dan peternakan kambing bisa saling mendukung menjadi suatu pola usaha yang sinergis sehingga tercapai efisiensi usaha. Pada usahatani kakao, hasil utamanya adalah biji kakao, sedangkan bagian lainnya adalah limbah. Limbah ini dapat diproses lagi sehingga meningkatkan efisiensi dan merupakan hasil samping yang memiliki nilai ekonomi sebagai alternatif peningkatan pendapatan petani. Peternakan dapat memanfaatkan lahan di antara tanaman perkebunan dan limbah perkebunan sebagai bahan pakan ternak. Limbah atau kotoran ternak dapat digunakan sebagai sumber pupuk organik untuk memupuk tanaman sehingga dapat menambah unsur hara tanaman serta lebih ramah terhadap lingkungan. Penggunaan pupuk kimia juga menjadi lebih efisien dan produksi yang diperoleh akan lebih meningkat, yang pada akhirnya akan berdampak terhadap peningkatan pendapatan petani.

Sistem integrasi antara tanaman dan ternak dicirikan oleh adanya sinergisme atau keterkaitan

yang saling menguntungkan antara tanaman dengan ternak. Tanaman kakao memerlukan naungan dalam budidayanya, tanaman penayang yang biasanya digunakan pada perkebunan kakao, yaitu gamal (*Gliricidia*), kelapa, dan lamtoro. Banyak petani yang memilih gamal dan lamtoro sebagai penayang karena daun pangkasannya dapat digunakan sebagai pakan ternak. Di pedesaan pada umumnya ternak ayam, kambing, domba, atau sapi merupakan usaha sampingan bagi petani dan sebagai tabungan hidup yang bisa dijual setiap saat jika memerlukan dana. Dari ternak yang dipelihara selain produk utamanya daging atau susu, diperoleh limbah berupa kotoran ternak yang dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik untuk memupuk tanaman kakao sehingga produksinya meningkat.

Pupuk organik yang berasal dari kotoran ternak dapat memperbaiki sifat fisik tanah karena adanya perbaikan aerasi tanah dan peningkatan ketersediaan unsur-unsur hara yang terikat dengan koloid tanah juga dapat memperbaiki nisbah C/N ratio dalam tanah (Dwiyanto, Prawiradiputra, & Lubis, 2004). Penggunaan bahan organik sebagai pupuk dapat memperbaiki struktur maupun aerasi tanah sehingga usahatani yang dilakukan dapat mendukung sistem usahatani yang berkelanjutan. Sebaliknya, penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dan terus menerus justru akan merusak tanah. Keuntungan lainnya dari usahatani kakao terpadu adalah limbah yang berupa kulit kakao dapat digunakan sebagai sumber pupuk maupun pakan ternak.

Pada sistem usahatani terpadu kakao-ternak, baik produk utama maupun produk turunan dan limbahnya berpeluang untuk peningkatan nilai tambah di setiap rantai produksi. Penerapan sistem usahatani kakao terpadu integrasi dengan ternak tersebut mengarah pada prinsip pertanian "*zero waste*", yaitu memanfaatkan semua komponen dan hampir tidak ada yang terbuang sebagaimana yang dimaksudkan dalam pertanian bioindustri. Menurut Hendriadi (2014) sistem pertanian bioindustri adalah sistem pertanian yang mengelola dan mengoptimalkan pemanfaatan sumberdaya hayati termasuk biomassa dan limbah pertanian bagi kesejahteraan masyarakat dalam suatu ekosistem dengan menerapkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Komoditas kakao memiliki potensi untuk diolah menjadi beragam produk turunan dan sangat prospektif untuk pengembangan bioindustri kakao yang berpedoman pada konsep "*zero waste*". Dari pemanfaatan berbagai potensi yang ada dan penggunaan lahan secara lebih efisien di tingkat petani, diperoleh nilai tambah serta pendapatan lebih meningkat dan kesuburan tanah terjaga sehingga diharapkan dapat tercapai sistem pertanian yang berkelanjutan.

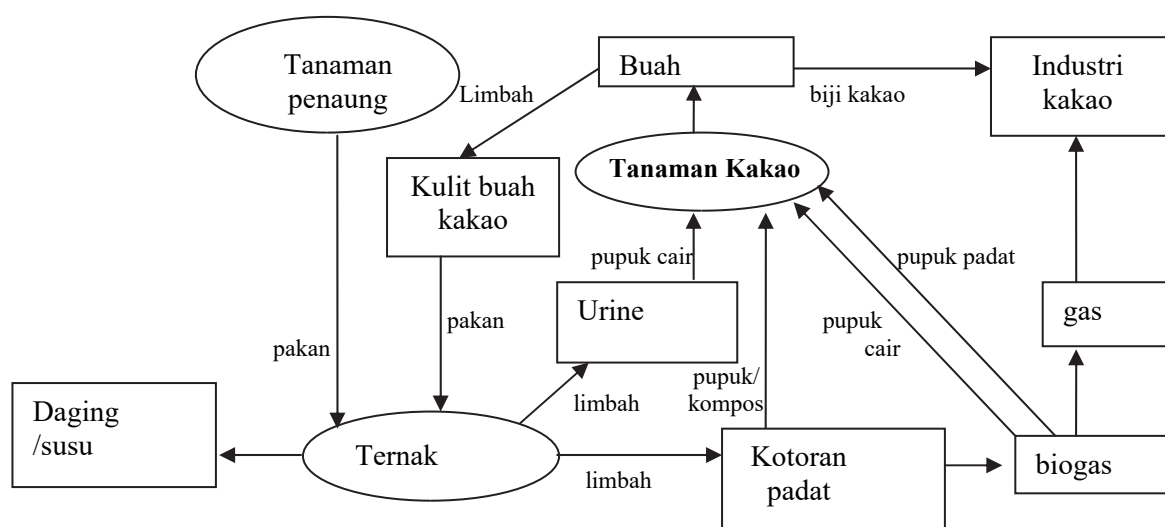
Tulisan ini memuat informasi tentang sistem usahatani kakao terpadu integrasi dengan ternak dan potensi yang dapat ditingkatkan manfaatnya bagi petani, sebagai bagian dari pengembangan bioindustri kakao.

SISTEM PERTANIAN TERPADU BERBASIS TANAMAN KAKAO

Sistem usahatani terpadu menurut Preston (2000) merupakan sistem pengelolaan beberapa komponen pertanian secara terpadu seperti tanaman, hewan, dan ikan dengan lingkungannya untuk menghasilkan suatu produk yang optimal dan sifatnya cenderung tertutup terhadap masukan luar. Menurut Supangkat (2009) sistem pertanian terpadu berdampak positif dan memenuhi kriteria pembangunan pertanian berkelanjutan karena berbasis organik dengan pengembangan potensi sumberdaya lokal. Selanjutnya Nurcholis & Supangkat (2011) menambahkan bahwa pengembangan model sistem pertanian terpadu

harus disesuaikan dengan sumberdaya lokal agar keberhasilannya lebih efektif dan efisien.

Penerapan sistem usahatani kakao terpadu antara lain berupa usahatani kakao integrasi dengan ternak, dan pemanfaatan limbah yang ada untuk pakan ternak, serta kotoran ternak sebagai pupuk organik/kompos atau biogas yang menghasilkan gas/energi di samping juga menghasilkan pupuk cair dan padat sehingga berdampak positif dari berbagai sisi. Penggunaan pupuk organik meningkatkan kesuburan lahan, produktivitas tanaman kakao dan pendapatan petani lebih meningkat, berkesinambungan serta lebih ramah terhadap lingkungan (Gambar 1).



Gambar 1. Bagan sistem usahatani terpadu: kakao-ternak
Figure 1. Integrated farming systems: cocoa-livestock

Tabel 1. Struktur biaya dan pendapatan dari kakao pola petani dibandingkan dengan pola introduksi (luas 0,5 ha selama 12 bulan)

Table 1. Structure of costs and revenues from the cocoa farmer pattern compared to the introduction pattern (area of 0.5 hectares for 12 months)

Uraian	Volume		Jumlah (Rp)	
	Pola petani	Pola introduksi	Pola petani	Pola introduksi
Kambing betina 6 ekor/kandang(3 bulan)				
A. Pengeluaran			2.318.750	2.484.750
B. Penerimaan			2.700.000	3.600.000
C. Pendapatan bersih (periode 3 bulan)			381.250	1.115.250
Kakao				
A. Pengeluaran (Rp)			696.000	2.060.000
B. Produksi kakao biji kering (kg)	351,5	650,6	3.339.250	6.180.700
C. Pendapatan bersih			2.643.250	4.120.700
MBCR = 1,55				

Sumber: Munier *et al.* (2006)
Source: Munier *et al.* (2006)

Hasil penelitian Munier *et al.* (2006) menunjukkan perbaikan budidaya tanaman kakao secara terpadu dengan kambing (pola introduksi pengelolaan tanaman kakao) mampu meningkatkan produksi kakao dari 351,5 kg/0,5 ha/tahun menjadi 650,6 kg/0,5ha/tahun (Tabel 1) atau jika dalam 1 ha 1.301,2 kg/tahun. Sedangkan dari perbaikan pemeliharaan kambing mampu meningkatkan bobot hidup akhir dari 3,8 kg/ekor menjadi 6,6 kg/ekor. Perbaikan teknologi budidaya kakao yang telah ditransfer ke petani antara lain: pemangkasan pada tanaman kakao produktif, dosis pemupukan, cara pemupukan di lahan miring, sanitasi kebun kakao, pengendalian hama PBK dengan metode sarungisasi, pengendalian penyakit busuk buah, penggunaan herbisida kontak, penanaman *Arachis pintoi* (penutup tanah), fungsi rorak, teknik konservasi, pemanfaatan kotoran kambing untuk tanaman kakao, pengendalian penyakit kanker batang, cara sambung samping dan sambung pucuk. Perbaikan teknologi pemeliharaan kambing yang telah ditransfer ke petani: pemanfaatan kulit buah kakao untuk pakan kambing, pemanfaatan kulit buah kakao dan daun gamal untuk pakan kambing, pembuatan pakan kambing dari kulit buah kakao fermentasi, penanaman rumput benggala (unggul), pembuatan kandang kambing sederhana, pengendalian dan cara pengobatan penyakit dan parasit pada kambing.

PEMANFAATAN LAHAN DI ANTARA TANAMAN KAKAO

Penanaman kakao dianjurkan berjarak tanam 3 x 3 m² dengan kerapatan pohon 1.100 batang/ha. Pada perkebunan kakao di samping ditanami dengan tanaman penaung masih terbuka peluang untuk menanam tanaman sela dan membangun kandang untuk memelihara ternak sehingga penggunaan lahan lebih efisien. Upaya optimalisasi penggunaan lahan untuk menjamin kelangsungan pendapatan pekebun dapat dengan menanam tanaman semusim sebagai *precropping* dan penanaman penaung sementara atau tetap yang produktif. Penanaman *precropping* bisa bersamaan atau lebih awal dari tanam penaung sementara dan tetap. Pemilihan tanaman harus disesuaikan antara kondisi lingkungan, musim, jenis tanaman dengan kebutuhannya terhadap sinar matahari dan unsur hara. Selain itu perlu juga mempertimbangkan aspek sosial ekonominya. Untuk jenis-jenis tanaman yang rendah tajuknya dapat ditanam pada tahap awal bersamaan menanam penaung (Wahyudi, Panggabean, & Pujiyanto, 2009). Hasil penelitian Prawoto & Sholeh (2006) menunjukkan bahwa usahatani nilam Aceh sebagai tanaman sela kakao muda tidak berpengaruh negatif terhadap pertumbuhan tinggi dan diameter batang kakao. Tanaman nilam Aceh sebagai tanaman sela kakao muda, masih menguntungkan dengan B/C ratio 1,35 asalkan tanaman nilam dipupuk.

Pemanfaatan Lahan Kakao TBM untuk Tanaman Sela

Budidaya tanaman kakao menghendaki radiasi surya yang masuk sekitar 60-80%, oleh karena itu, tanaman kakao memerlukan penaung yang ditanam di antara pertanaman kakao sehingga terlihat seperti lorong. Agar tanaman kakao dapat tumbuh baik dan produktivitasnya tinggi maka perlu dilakukan pengaturan dan pemilihan tanaman naungan yang tepat (Wahyudi *et al.*, 2009). Berdasarkan tujuannya, penanaman tanaman penaung dapat dibedakan menjadi dua macam:

- (a) Penaung sementara, merupakan tanaman penaung yang tujuan penanamannya untuk melindungi tanaman kakao muda (belum produksi) dari tiupan angin dan sinar matahari. Tanaman yang dapat digunakan sebagai penaung sementara antara lain: pisang (*Musa paradisiaca*), turi (*Sesbania* sp.), *Flemingia congesta* atau *Clotalalia* sp. Penaung sementara ini secara bertahap dihilangkan setelah tanaman penaung tetapnya cukup besar.
- (b) Penaung tetap, yaitu tanaman penaung yang tetap dipertahankan untuk melindungi dari kerusakan akibat sinar matahari dan menghambat kecepatan angin. Beberapa jenis tanaman penaung tetap yang cocok adalah Gamal (*Gliricidia* sp.), Lamtoro (*Leucena* sp.), Sengon Jawa (*Albizia stipula*), Dadap (*Erythrina* sp.) dan Kelapa (*Cocos nucifera*). Pelindung tetap ditanam dengan jarak tanam 6 x 3 m.

Fungsi dari tanaman penaung kakao antara lain: (1) menaungi dan meredam suhu maksimum dan suhu minimum yang dapat merusak tanaman kakao, terutama untuk menghadapi saat musim kemarau, (2) pemecah/pematah angin. Penaung dapat menahan atau memecah angin kencang sehingga tidak sampai merontokkan daun kakao, (3) mencegah erosi, dan (4) Menambah pendapatan sampingan. Jika tanaman penaung yang ditanam menghasilkan buah yang memiliki nilai jual seperti pisang, kelapa dan lainnya maka menjadi pendapatan sampingan (Wahyudi *et al.*, 2009).

Awal berproduksi tanaman kakao baru dimulai pada umur 18 bulan (1,5 tahun). Selama tanaman kakao masih belum produktif (TBM), lahan di antara tanaman kakao masih terbuka atau kosong oleh karena itu dapat ditanami dengan tanaman sela berupa tanaman semusim yang sesuai dengan agroklimat setempat dengan memilih tanaman yang bernilai ekonomi cukup tinggi dan ada pasar penampungnya. Pemilihan tanaman sela juga harus mempertimbangkan yang tidak mengganggu pertumbuhan kakao sebagai tanaman pokok. Tujuan penanaman tanaman sela adalah agar penggunaan lahan lebih optimal dan untuk kesinambungan pendapatan petani. Selanjutnya dari limbah tanaman semusim yang diusahakan tersebut dapat digunakan sebagai sumber pupuk hijau kakao dan pakan ternak.

Pemanfaatan Lahan untuk Pemeliharaan Ternak

Pada lahan perkebunan kakao yang sudah produktif (TM) dapat dibangun kandang untuk memelihara ternak sehingga menjadi suatu usahatani terpadu antara tanaman kakao terintegrasi dengan ternak kambing atau lainnya. Pada sistem integrasi tanaman ternak diperlukan kemampuan manajerial, pengetahuan dan keterampilan yang cukup. Petani harus bisa memadukan antara komponen budidaya tanaman, budidaya ternak, dan pengolahan limbah. Keberhasilan sistem integrasi, menurut Suryanti (2014) di antaranya dipengaruhi oleh kemampuan mengelola informasi teknologi terkait yang diperlukan. Penentuan jenis ternak yang akan dipelihara perlu mempertimbangkan dari sisi kemudahan pemeliharaan, biayanya rendah, perputaran modal relatif cepat, dan dapat dijual sewaktu-waktu. Pada umumnya petani memilih memelihara kambing sebagai usaha sampingannya dengan pola pemeliharaan yang masih tradisional. Meskipun belum intensif, usaha ternak kambing cukup penting kontribusinya terhadap pendapatan petani di samping merupakan sumber gizi dari daging atau susu yang dihasilkan oleh ternak. Keuntungan lainnya dengan memelihara ternak diperoleh limbah/kotorannya yang dapat digunakan sebagai pupuk organik sehingga kesuburan lahan perkebunan dapat ditingkatkan dan berdampak pada peningkatan produktivitas tanaman kakao. Menurut Santiananda & Tiesnamurti (2007), estimasi jumlah ternak yang dapat diusahakan pada kebun kakao seluas 1 ha sebanyak 2-8 ekor kambing. Hal ini berkaitan dengan ketersediaan kulit kakao yang dipengaruhi oleh produksi kakao, sedangkan produksi kakao mengalami fluktuasi, yaitu puncak produksi yang merupakan panen raya terjadi 2-3 bulan dan bulan-bulan lainnya merupakan produksi yang rendah dan hal tersebut sangat tergantung dari kondisi spesifik wilayah. Menurut hasil analisis Priyanto (2008) berdasarkan pertimbangan kebutuhan pakan dari limbah kulit kakao sebesar 1,5 kg/ekor/hari pada kambing dewasa maka dalam areal seluas 1 ha potensi daya dukung ternak kambing dewasa mencapai 6,05 ekor.

PEMANFAATAN LIMBAH PADA SISTEM USAHATANI KAKAO TERPADU

Pengembangan model usahatani kakao terpadu dimaksudkan untuk meningkatkan pendapatan petani di antaranya dapat dilakukan

dengan pemanfaatan lahan perkebunan kakao secara efisien dengan menanam tanaman sela, memelihara ternak, dan memanfaatkan limbah kebun maupun ternak. Sistem usahatani terpadu juga berdampak meningkatkan dan memperbaiki fisiko kimia tanah sehingga sistem usahatani dapat berjalan lebih berkelanjutan.

Pemanfaatan Limbah Kakao, Tanaman Sela, dan Penaung Kakao

Limbah dari buah kakao, tanaman sela, dan limbah pemangkasan tanaman penaung dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau digunakan sebagai pupuk hijau atau kompos untuk menjaga kesuburan tanah.

Pemanfaatan Limbah Kulit Buah Kakao Menjadi Pakan Ternak

Perkebunan kakao di Indonesia sangat luas sehingga banyak potensi yang belum dimanfaatkan secara optimal, salah satunya yaitu kulit buah kakao. Komponen buah kakao terdiri dari 3 bagian yaitu kulit buah, plasenta dan biji kakao. Persentase komponen dari buah kakao dapat dilihat pada Tabel 2.

Terlihat pada Tabel 2, biji kakao hanya 24% dari buah kakao segar, sedangkan nilai ekonomi dari buah kakao terletak pada bagian biji sebagai bahan baku industri kakao yang mengolah menjadi berbagai bentuk produk untuk diekspor. Berarti dari buah kakao tersebut, sebagian besar (76%) merupakan limbah sehingga apabila jumlahnya banyak dan tidak dimanfaatkan akan menimbulkan permasalahan lingkungan. Sebenarnya limbah kulit kakao masih mempunyai nilai tambah ekonomi, kalau diolah dengan baik akan dapat menghasilkan pektin yang sampai saat ini untuk memenuhi kebutuhan pektin masih impor. Namun pada tingkat petani umumnya lebih menyukai pemanfaatan kulit kakao untuk pakan ternak walaupun kulit kakao dapat juga dibuat kompos. Kulit buah kakao dalam jumlah banyak yang dibiarkan menumpuk di kebun akan mengotori lingkungan perkebunan dan dapat menimbulkan masalah sehingga sebaiknya dikeluarkan dari kebun. Penumpukan kulit buah kakao yang mengalami pembusukan karena kelembaban dan temperatur tinggi maka jamur mikotoksin *Phytophthora palmivora* (Butler) dapat berkembang dengan baik. Sedangkan jamur ini dilaporkan dapat menjadi penyebab penyakit busuk buah, hawar daun dan kanker batang pada tanaman kakao (Lopez, Ferreira, Airtton, & Omeu, 1984).

Tabel 2. Persentase antara kulit buah, plasenta, dan biji kakao
Table 2. Percentage of shell pod husk, placenta, and cocoa beans

No.	Komponen buah kakao	Segar (%) ^{*)}	Segar (%) ^{**)}	Kering (%) ^{*)}
1.	Kulit buah	74	75,67	47,2
2.	Plasenta	2	2,59	2
3.	Biji	24	21,74	50,8

Sumber: ^{*)} Haryati & Mardjosuwito (1984) *cited in* Puastuti & IWR (2014)

^{**) Darwis, Sukara, Teja & Purnawati (1988)}

Tabel 3. Rekomendasi pemberian limbah kulit buah kakao kepada ternak
Table 3. Recommendations of shell pod cocoa waste as animal feed

Jenis ternak	Jumlah konsumsi	Bentuk pemberian
Sapi	3 kg/ekor/hari	Fermentasi
Sapi	20% tepung pada pakan tambahan	Fermentasi tepung
Kambing	2-3 kg/ekor/hari	Fermentasi
Ayam	22% tepung pada ransum ayam	Fermentasi tepung

Sumber: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Barat (2010)

Source: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Barat (2010)

Menurut penelitian yang telah dilakukan, serat kasar kulit kakao (pod kakao) mengandung lignin 20,11%, selulosa 31,25%, dan hemiselulosa 48,64% (Ashadi, 1998 cited in Kurniawan & Wahyuni, 2013). Pemanfaatan dari potensi kulit buah kakao sebagai pakan ternak akan sangat membantu petani menghemat tenaga dan waktu dalam mencari rumput serta pada saat panen raya kakao, kulit buahnya yang melimpah dapat disimpan untuk mengatasi saat krisis pakan hijau atau tidak ada rumput. Menurut Guntoro, Sriyanto, Suyasa, & Yasa (2006) pemanfaatan limbah dapat meningkatkan produktivitas (pertumbuhan, produksi susu, telur, dan lain-lain). Kulit buah kakao dapat diberikan dalam bentuk segar tanpa perlakuan fermentasi maupun diolah terlebih dahulu (fermentasi) untuk menurunkan kadar lignin yang sulit dicerna oleh hewan dan untuk meningkatkan kadar protein dari 6-8% menjadi 12-15%. Pemberian kulit buah kakao yang telah diproses pada ternak sapi dapat meningkatkan berat badan sapi. Pemberian kulit kakao dalam bentuk segar sangat terbatas dikarenakan adanya zat antinutrisi berupa theobromin yang dapat menyebabkan penurunan produktivitas pada ternak (Guntoro *et al.*, 2006). Kulit kakao sebelum digunakan sebagai pakan ternak, sebaiknya difermentasi dahulu untuk menurunkan kandungan lignin, mempertinggi daya cerna, menekan efek buruk racun theobromine, dan meningkatkan kadar protein sehingga dapat meningkatkan produktivitas ternak (BPTP Sumatera Barat, 2010). Rekomendasi pemberian pakan dari kulit kakao disajikan pada Tabel 3.

Ada dua cara memproses limbah kulit kakao menjadi pakan ternak alternatif, yaitu tanpa fermentasi dan dengan fermentasi menggunakan fermentor (Anonymous, 2011). Pada pengolahan limbah kulit kakao tanpa fermentasi, limbah kulit kakao yang telah dikumpulkan dikeringkan dengan sinar matahari. Setelah kulit kakao kering, selanjutnya ditumbuk sampai halus lalu diayak. Bahan tersebut kemudian dicampurkan ke dalam dedak atau bekatul, jagung dan lain-lain, setelah tercampur maka siap digunakan untuk pakan ternak. Pengolahan pakan ternak dari kulit kakao dengan fermentasi dapat menggunakan *Aspergillus niger* sebagai fermentor yang berperan dalam proses fermentasi. *A. niger* sebelum digunakan dilarutkan dahulu dengan air steril atau air yang tidak mengandung kaporit seperti dari mata air, air sumur bersih, atau jika menggunakan air hujan atau air sungai tetapi harus dimasak terlebih dahulu, kemudian didinginkan. Secara umum proses

pembuatannya, yaitu limbah kulit kakao yang sudah dikumpulkan dicacah menjadi potongan kecil-kecil. Setelah kulit kakao menjadi potongan kecil-kecil kemudian dibasahi dengan larutan *A. niger* lalu ditutup dengan karung goni atau plastik. Setelah kulit kakao terfermentasi kemudian dikeringkan selama kurang lebih 2-3 hari. Selanjutnya dihaluskan dengan menggunakan mesin penggiling sampai halus menjadi tepung dan telah siap sebagai pakan ternak.

Pengolahan kulit kakao menjadi pakan ternak dengan cara fermentasi menggunakan *A. niger* lebih baik dari pada tanpa menggunakan proses fermentasi. Melalui penggunaan fermentor tersebut nilai nutrisi limbah dengan kandungan proteinnya meningkat, sedangkan kandungan serat kasar dan tanin (zat penghambat pencernaan) menurun. *A. niger* dapat meningkatkan nilai gizi limbah kakao sebagai bahan pakan ternak sehingga sangat layak menjadi pakan alternatif untuk hewan ternak. Pada ternak yang belum terbiasa diberikan pakan dari limbah kulit kakao terkadang tidak mau memakannya. Untuk mengatasinya pakan tersebut diberikan pada saat ternak lapar atau untuk merangsang nafsu makan hewan ternak bila perlu ditambah dengan sedikit garam atau gula. Tepung kulit kakao untuk pakan ternak hasil dari proses yang menggunakan fermentasi dapat diberikan secara langsung atau dicampur dengan bahan makanan lain seperti dedak, jagung, dan sebagainya. Tepung kulit kakao harus disimpan pada tempat yang bersih dan kering untuk menjaga agar tepung tetap dalam kondisi yang baik sebagai pakan.

Hasil penelitian Saputra (2012) melaporkan bahwa ternak sapi dan kambing yang diberikan pakan dari limbah kulit kakao menunjukkan pertumbuhannya cepat dan produktivitas susu meningkat. Selain itu juga berat badan hewan ternak yang diberikan pakan dari olahan limbah kulit kakao tersebut ternyata dapat lebih meningkat daripada hewan ternak yang hanya diberikan pakan yang standar seperti rerumputan, dedaunan, atau sayuran. Menurut Saputra (2012) ternak kambing setelah diberikan pakan yang terbuat dari olahan limbah kulit kakao terlihat sehat, warna bulu mengkilat dan berat badan ternak bertambah antara 50–150 gram per ekor per hari. Pada ternak unggas seperti ayam buras petelur pemberian limbah kakao sebagai pengganti dedak hingga 36% dari total pakan yang standar dapat meningkatkan produksi telur, pertumbuhan serta berat dari unggas tersebut.

Pemanfaatan Limbah Kulit Kakao Menjadi Pupuk

Kulit buah kakao dapat digunakan sebagai bahan untuk membuat pupuk organik sehingga bisa menghemat biaya dan mengatasi kelangkaan pupuk yang selama ini sering dikeluhkan petani. Penggunaan pupuk organik dari kulit kakao ini ramah lingkungan, tidak banyak mengandung zat asam sehingga tidak membuat struktur tanah menjadi keras. Menurut Gunadi *et al.*, 2000 *cited in* Isroi (2007) kompos dari kulit buah kakao memiliki kandungan hara 1,81% N; 26,61% C-organik; 0,31% P₂O₅; 6,08% K₂O; 1,22% CaO; 1,37% MgO; dan 44,85% cmol/kg KTK. Pemberian pupuk dari limbah kulit kakao dapat meningkatkan produktivitas tanaman kakao dan tanaman lainnya. Pembuatan pupuk dari kulit kakao dapat dilakukan dengan cara mengumpulkan kulit kakao dalam satu lubang tanah lalu dicampur dedaunan, batang pisang dan jerami yang kemudian ditimbun selama kurang lebih 60 hari. Selama proses berlangsung timbunan tersebut tidak boleh dibuka. Untuk mempercepat penggemburan dapat ditambahkan mikro organisme pengurai atau cacing tanah. Setelah digali dan kulit kakao berubah menjadi gembur maka pupuk kompos sudah jadi kemudian diangkat dari lubang dan diayak atau saring sehingga halus dan sudah siap digunakan (Priyanto, Priyanti, & Inonu, 2004).

Pemanfaatan Limbah Kotoran Ternak Sebagai Pupuk Organik

Bagi petani tujuan utama memelihara ternak adalah memperoleh tambahan pendapatan. Di

samping itu juga sebagai sumber protein bagi keluarga dan tabungan hidup dengan menjualnya bila sewaktu-waktu memerlukan dana. Manfaat lain adalah limbah kotoran ternak digunakan sebagai pupuk organik atau kompos. Menurut Hardianto (2008) kisaran produksi kotoran dari beberapa jenis ternak yang biasa dipelihara petani yang dapat dimanfaatkan sebagai kompos sebagaimana pada Tabel 4.

Pemanfaatan kotoran ternak sebagai pupuk organik dapat meningkatkan unsur hara pada tanah dan meningkatkan aktivitas mikrobiologi serta memperbaiki struktur tanah. Pupuk kandang mengandung Nitrogen, Fosfat, dan Kalium sebagai unsur makro yang diperlukan tanaman. Rincian jumlah kandungannya terdapat pada Tabel 5. Kotoran ternak dapat juga dicampur dengan bahan organik lain untuk mempercepat proses pengomposan serta untuk meningkatkan kualitas kompos tersebut.

Terlihat potensi pupuk kandang cukup banyak untuk pupuk organik sehingga pada sistem usahatani terpadu kakao dengan ternak, kebutuhan pupuk dapat terpenuhi dari limbah ternak sendiri yang dibuat menjadi kompos. Penggunaan kompos ini akan memperbaiki struktur tanah, unsur hara, dan aerasinya sehingga kesuburan lahan dapat terjaga dan pertanian dapat berkelanjutan. Fajar *et al.* (2004) menyebutkan bahwa penambahan kompos pada usahatani kakao dapat meningkatkan produktivitas sampai 20%.

Tabel 4. Produksi kotoran dari beberapa jenis ternak
Table 4. The manure production of livestock

No.	Jenis Ternak	Produksi kotoran (kg basah/ekor/ hari)
1	Sapi perah	10-15
2	Sapi potong	8-10
3	Kambing dan Domba	1-2
4	Ayam potong/petelur	0,1-0,2
5	Babi	2-3
Kisaran rendemen kompos		65%

Sumber: Hardianto (2008)

Source: Hardianto (2008)

Tabel 5. Kadar N, P dan K dalam pupuk kandang dari beberapa jenis ternak
Table5. Levels of N, P and K in the manure of livestock

Jenis Pupuk Kandang	Kandungan (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Kotoran sapi	0,6	0,3	0,1
Kotoran kuda	0,4	0,3	0,3
Kotoran kambing	0,5	0,3	0,2
Kotoran ayam	1,6	0,5	0,2
Kotoran itik	1,0	1,4	0,6

Sumber: Nurhazanah, Widodo, Asari, & Rahmarestia (2006)

Source: Nurhazanah, Widodo, Asari, & Rahmarestia (2006)

Tabel 6. Analisis kelayakan ekonomi model integrasi kakao-ternak
Table 6. Economic feasibility analysis of cocoa - livestock integration model

Kakao monokultur		Integrasi kakao-kambing	
Uraian	Rp	Uraian	Rp
A. Penerimaan dari kakao 1200 kg	14.400.000	A. Penerimaan dari kakao meningkat 20% (dampak pemupukan)	17.280.000
B. Biaya: - pupuk	-	B. Biaya: - pupuk k. kambing	-
- obat	500.000	- obat (PBK menurun)	250.000
- tenaga kerja	2.880.000	- tenaga kerja	2.880.000
C. Pendapatan dari kakao	11.020.000	C. Pendapatan dari Kakao	14.150.000
		D. Pendapatan dari ternak	3.600.000
		E. Biaya tetap usaha ternak	
		- bibit induk 5 ekor	2.000.000
		- bibit jantan (1 ekor untuk 3 peternak)	200.000
		- kandang	500.000
		- penyusutan/tahun	100.000
		F. Biaya tidak tetap: - pakan	
		- obat	130.000
		- tenaga kerja	1.440.000
		G. Pendapatan dari ternak	1.930.000
Total Pendapatan(C)	11.020.000	Total Pendapatan (C+G)	16.080.000

Sumber: Priyanto (2008)
Source: Priyanto (2008)

Dampak Sistem Terpadu Kakao-Ternak terhadap Peningkatan Pendapatan Petani

Peningkatan pendapatan petani melalui sistem terpadu atau integrasi kakao-ternak dapat dikembangkan di berbagai sentra kakao. Dampak dari sistem terpadu kakao-ternak di antaranya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kakao serta memperbaiki unsur hara tanah. Tanaman kakao produktivitasnya meningkat karena mendapatkan pupuk organik dari kotoran ternak, sedangkan dari penggunaan pupuk kimia dapat dikurangi sehingga kesuburan tanah terjaga kelestariannya. Pada sistem terpadu integrasi kakao-ternak ini hampir semua komponen dapat dimanfaatkan tidak ada yang terbuang sia-sia atau "zero-waste". Limbah kakao baik kulit buah, pulp maupun plasenta dapat dimanfaatkan. Kulit buah kakao (pod) kandungan proteinnya 6-8% dan bila difermentasi dapat mencapai 12-15% berpeluang untuk digunakan sebagai campuran pakan ternak. Ternak yang diusahakan selain diberi pakan hijauan rumput atau gulma, limbah tanaman sela dan juga bisa diberikan pangkasan tanaman penanang maupun pakan dari kulit kakao. Adanya peningkatan produktivitas kakao dan hasil dari ternak serta pemanfaatan limbah kakao dan tanaman sela maupun ternak dapat meningkatkan pendapatan petani.

Hasil penelitian Priyanto (2008) melaporkan bahwa model integrasi memberikan dampak terhadap peningkatan pendapatan petani sampai 45,9% (Tabel 6) dengan nilai IBCR=1,24 yang berarti setiap penambahan satu satuan input akan menghasilkan pendapatan 1,24 lebih besar. Pada Tabel 6 terlihat dampak sistem integrasi kakao-ternak dapat meningkatkan pendapatan petani Rp5.060.000,00/ tahun, atau meningkat 45,9%.

Hasil pengkajian di Kulon Progo yang dilakukan BPTP Yogyakarta menunjukkan bahwa model integrasi kakao-ternak memberikan keuntungan meningkatkan produksi kakao dan pendapatan petani.

Integrasi kakao-ternak dapat meningkatkan produksi kakao 2,77 kali, yaitu dari 215 kg menjadi 597 kg/ha ditambah dari ternak sehingga pendapatan petani meningkat 5,86 kali dari Rp423.000,00 menjadi Rp2.481.250,00/tahun (Anonymous, 2013).

PENUTUP

Penerapan sistem integrasi tanaman kakao dengan ternak dapat berfungsi untuk menambah pendapatan dari tanaman sela dan ternak. Pemanfaatan limbah usaha pertanian dapat diolah menjadi pakan ternak sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan. Sedangkan penggunaan pupuk organik berdampak terhadap peningkatan produktivitas tanaman kakao dan pendapatan petani, peningkatan kesuburan tanah dan lingkungan lebih terjaga kelestariannya sehingga sistem pertanian berkelanjutan dapat diwujudkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. (2011). *Kulit kakao (cokelat), limbah yang bernilai jual tinggi*. Retrieved from <http://laskarpemberani.wordpress.com>.
- BPTP Sumbang. (2010). *Fermentasi kulit buah kakao untuk pakan ternak* [Brochure]. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat.
- Darwis, A.A ., Sukara, E., Tun Teja, & Purnawati, R. (1988). *Biokonservasi limbah lignoselulosa oleh trichoderma viride dan Aspergillus niger*. Bogor: Institut Pertanian Bogor, Laboratorium Bioindustri. PAU Bioteknologi.

- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Statistik Perkebunan Indonesia 2012-2014 Kakao*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2014). *Luas areal, produksi dan produktivitas perkebunan di Indonesia 2013-2014*. Retrieved from <http://www.pertanian.go.id/Indikator/tabel-3-prod-lsareal-prodvitas-bun.pdf>
- Dwiyanto, K., Prawiradiputra, B. R., & Lubis, D. (2004). Integrasi tanaman-ternak dalam pengembangan agribisnis yang berdaya saing, berkelanjutan dan berkerakyatan. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner* (pp. 17-26).
- Fajar, U., Sukadar, Hartutik, W., Priyanto, D., Munier, F.F., Ardjanhar, A., ... Herman. (2004). *Pengembangan sistem usahatani integrasi kakao kambing-hijauan pakan ternak di Kabupaten Donggala*. Laporan Akhir. Kerjasama LRPi, Puslitbang Peternakan, Puslitbang Tanah dan Agroklimat dan BPTP Sulawesi Tengah. Jakarta: Badan Litbang Pertanian.
- Guntoro, S., Sriyanto, Suyasa, N., & Yasa, M. R. (2006). Pengaruh pemberian limbah kakao olahan terhadap pertumbuhan Sapi Bali. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner: Cakrawala Baru IPTEK Menunjang Revitalisasi Peternakan* (pp. 116-120). Bogor, 5-6 September 2006.
- Hardianto, R. (2008). *Pengembangan teknologi sistem integrasi tanaman –ternak model zero waste*. Retrieved from <https://porotani.wordpress.com>.
- Puastuti, W., & Susana, I.W.R. (2014). Potensi dan pemanfaatan kulit buah kakao sebagai pakan alternatif ternak ruminansia. *Wartazoa*, 24(3), 151-159.
- Hendriadi, A. (2014). *Model pengembangan pertanian perdesaan berbasis inovasi*. Makalah disampaikan pada Workshop Evaluasi dan Rencana Kegiatan Peningkatan Kinerja BPTP (p. 17). Bogor.
- Anonymous. (2013). *Pengkajian model pengembangan tanaman kakao integrasi dengan ternak kambing guna meningkatkan produktivitas kakao dan pendapatan petani di Kabupaten Kulon Progo*. Retrieved from <http://yogya.litbang.pertanian.go.id>.
- Isroi. (2007). *Pengomposan limbah kakao*. Presented at Pelatihan TOT Budidaya Kopi dan Kakao Staf, Jember. Retrieved from <http://www.isroi.org>.
- Kurniawan, R., & Wahyuni, T.T. (2013). *Teknologi pengomposan dan pengolahan limbah pertanian. Limbah industri perkebunan kelapa sawit, kakao, tebu dan kopi*. Makalah Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Lopez, A. S., Ferreira, H.I.S., Airton, A. L., & Omeu, P. (1984). Present status of cocoa by product utilization In Brazil. *Proceeding International Cocoa Research Conference. Lome Togo. Brazil*.
- Munier, F. F., Ardjanhar, A., Langsa, Y., Bulu, D., Syafruddin, M. Rusdi, ... Bunga, Y. (2006). *Pengembangan sistem usahatani terpadu berbasis kakao di lahan kering Di Kabupaten Donggala dalam rangka peningkatan pendapatan petani*. Retrieved from <http://pfi3pdata.litbang.pertanian.go.id/litkaji/one/32/>.
- Nurcholis, M., & Supangkat, G. (2011). Pengembangan integrated farming system untuk pengendalian alih fungsi lahan pertanian. *Prosiding Seminar Nasional Budidaya Pertanian/ Urgensi dan Strategi Pengendalian Alih Fungsi Lahan Pertanian*. Bengkulu, 7 Juli 2011.
- Nurhazanah, Widodo, Asari, & Rahmarestia. (2006). *Limbah peternakan*. Retrieved from http://www.academia.edu/3856593/Limbah_Peternakan.
- Prawoto, A. A., & Sholeh, M. (2006). Produksi awal dan kajian ekonomis usahatani nilam Aceh (*Pogostemon cablin* Benth.) sebagai tanaman sela kakao muda. *Pelita Perkebunan*, 22(3), 168-190.
- Preston, T.R. (2000). *Livestock production from local resources in an integrated farming system; A sustainable alternative for the benefit of small scale farmers and the environment*. Presented at Workshop-seminar "Making better use of local feedresources" SAREC-UAF.
- Priyanto, D., Priyanti, A., & Inonu, I. (2004). Potensi dan peluang pola integrasi ternak kambing dan perkebunan kakao rakyat di Propinsi Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Sistem Integrasi Tanaman-Ternak*. Denpasar, 20-22 Juli 2004; Puslitbang Peternakan bekerjasama dengan BPTP Bali dan CASREN.
- Priyanto, D. (2008). Model usahatani integrasi kakao kambing dalam upaya peningkatan pendapatan petani. *Wartazoa*, 18(1), 46-56.
- Santiananda, A. A., & Tiesnamurti, B. (2007). Pengembangan ternak kambing terintegrasi dengan tanaman kakao. *Lokakarya Nasional Pengembangan Jejaring Litkaji Sistem Integrasi Tanaman-Ternak*. Balai Penelitian Ternak.

-
-
- Saputra, T.H. (2012). *Potensi limbah kulit kakao untuk pakan ternak di Kecamatan Gedong Tataan*. Retrieved from <https://triharyantosaputra.wordpress.com>.
- Supangkat, G. (2009). *Sistem usaha tani terpadu, keunggulan dan pengembangannya*. Workshop Pengembangan Sistem Pertanian Terpadu. Yogyakarta: Dinas Pertanian Provinsi Daerah IstimewaYogyakarta.
- Suryanti, R. (2011). *Penerapan integrasi usaha tanaman dan ternak serta kebutuhan penyuluhan pertanian*. (Master's Thesis, Universitas Andalas. Retrieved from <http://pasca.unand.ac.id/>.
- Wahyudi, T., Panggabean, T. R., & Pujiyanto. (2009). *Panduan lengkap kakao*. Cetakan 2. Jakarta: Penebar Swadaya.

STRATEGI PENINGKATAN DAYA SAING KAKAO INDONESIA DI PASAR INTERNASIONAL

STRATEGY FOR IMPROVEMENT OF INDONESIAN CACAO COMPETITIVENESS IN INTERNATIONAL MARKET

Bedy Sudjarmoko

BALAI PENELITIAN TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

bedy_sdm@gmail.com

ABSTRAK

Kakao menjadi komoditi perkebunan dengan peran penting dalam perekonomian Indonesia. Sampai dengan tahun 2013 Indonesia masih menjadi produsen dan eksportir kakao ketiga terbesar dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Walaupun demikian, sejumlah masalah masih dihadapi, baik bidang produksi, pengolahan, dan perdagangan. Kontribusi ekspor kakao terhadap total ekspor Indonesia masih rendah, tetapi ekspor dalam bentuk mentah (biji kakao) sudah begeser ke ekspor produk olahan kakao. Daya saing biji kakao Indonesia di pasar internasional cukup tinggi, tetapi daya saing produk olahan kakao masih lemah. Untuk meningkatkan daya saing kakao Indonesia di pasar internasional, upaya yang dapat dilakukan meliputi perbaikan produktivitas tanaman, meningkatkan mutu produk olahan kakao, melanjutkan kebijakan tarif bea keluar biji kakao, perbaikan infrastruktur dan penciptaan iklim usaha yang kondusif.

Kata kunci: Kakao, daya saing, pasar, internasional

ABSTRACT

Cocoa has important role in the Indonesian economy. Until 2013, Indonesia was the third largest cocoa exporter and producer in the world after Ivory Coast and Ghana. However, some of problems were encountered in production, processing and trading sectors. Share of cocoa exports to Indonesian exports are still low, but exports gradually been moved from raw material (cocoa bean) to processed products. The competitiveness of Indonesian cocoa beans was high but the competitiveness of processed cocoa products still weak. To improve the competitiveness of Indonesian cocoa in the international market, it needs an efforts such as improvement crop productivity, improve the quality of processed products, continue the export tax policy of cocoa beans, infrastructure improvements and provide the conducive business environment.

Keywords: *Cacao, competitiveness, market, international*

PENDAHULUAN

Kakao merupakan salah satu komoditas perkebunan yang memiliki peran penting dalam perekonomian di Indonesia. Di samping sebagai penghasil devisa negara, peran lainnya adalah sebagai penyedia lapangan kerja di pedesaan, sumber pendapatan petani, penyedia bahan baku industri dalam negeri, dan sumber pertumbuhan ekonomi wilayah. Sebagai penghasil devisa negara, pada tahun 2012 devisa yang dihasilkan dari ekspor komoditi kakao adalah sebesar US \$ 1,05 milyar (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2014). Nilai ekspor kakao ini menurun dibandingkan nilai ekspor tahun 2011 (US \$ 1,3 milyar) atau tahun 2010 (US \$ 1,6 milyar). Tetapi nilai devisa kakao tersebut meningkat drastis dibandingkan tahun 1990 yang hanya US \$ 127.091.

Sampai dengan tahun 2012, Indonesia menjadi produsen dan eksportir ketiga terbesar dunia setelah Pantai Gading dan Ghana, dengan produksi sebanyak 740.513 ton dan ekspor sebesar 387.790 ton dengan nilai US \$ 1.053.533.000. Sementara pada tahun yang sama produksi kakao Pantai Gading sudah mencapai 1,6 juta ton dan Ghana 1,05 ton.

Pangsa ekspor kakao Indonesia pada tahun tersebut adalah 13,6%. Sementara pemasok kakao dunia lainnya adalah Pantai Gading (38,3%), Ghana (20,2%), Kamerun (5,1%), Brasil (4,4%) dan Ekuador (3,1%) (ICCO, 2013). Pada tahun yang sama Indonesia juga masih mengimpor kakao sebanyak 48.220 ton senilai US \$ 177.022.000. Sejak tahun 2006, volume ekspor kakao Indonesia cenderung turun tetapi volume impor kakao relatif stagnan (Ditjenbun, 2014). Sayangnya, ekspor kakao Indonesia selama ini masih dominan dalam bentuk biji atau berupa produk primer yang nilai tambahnya sangat rendah. Sebagai contoh, dari 535.236 ton yang diekspor pada tahun 2009, sebanyak 439.305 ton berupa biji, sedangkan sisanya diekspor dalam bentuk pasta, butter, tepung, dan makanan yang mengandung cokelat (Ditjenbun, 2010).

Sebagai negara penghasil kakao ketiga terbesar dunia, kakao Indonesia masih banyak dihadapkan pada beberapa masalah yang sangat serius untuk ditangani dengan segera. Masalah-masalah tersebut meliputi bidang produksi, pengolahan, dan perdagangan. Masalah utama di bidang produksi adalah rendahnya produktivitas tanaman, hanya 850 kg/hektar dibanding potensinya

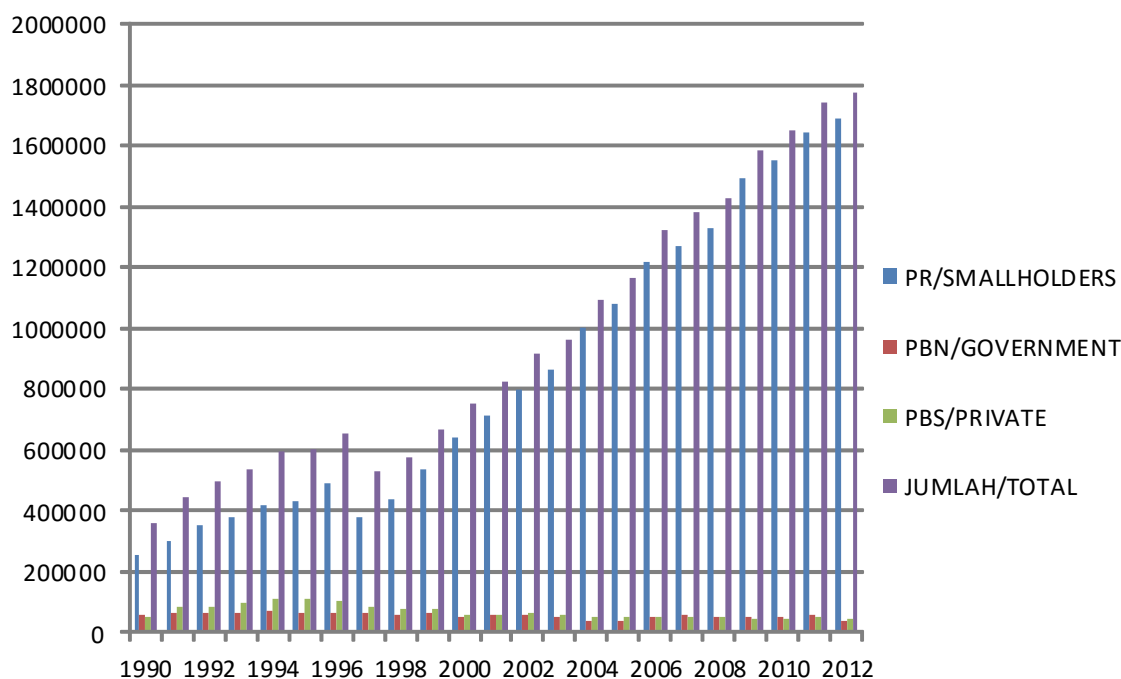
yang mencapai 2 ton/hektar. Masalah utama di bidang pengolahan adalah rendahnya mutu produk akibat pengolahan tanpa fermentasi. Masalah utama di bidang perdagangan berupa diskriminasi tarif bea masuk kakao olahan Indonesia oleh sejumlah negara Eropa yang besarnya mencapai 7–9%, sementara produk yang sama dari negara–negara Afrika dibebaskan atau dikenakan tarif bea masuk 0% (Sudjarmoko, 2013 b).

Melihat semakin ketatnya persaingan pasar kakao di dunia saat ini maka program pengembangan kakao Indonesia ke depan tidak saja diarahkan pada upaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman semata. Peningkatan efisiensi, nilai tambah produk, daya saing, dan kemandirian bidang industri juga harus menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari aspek pengembangan kakao nasional. Semua dimensi pengembangan tersebut hanya akan tercapai jika program pengembangan kakao secara nasional selaras dengan sistem pertanian bioindustri. Kakao yang dikembangkan dengan sistem pertanian bioindustri akan mampu memaksimalkan produksi biomassa primer dengan memanen matahari dan memanfaatkan secara menyeluruh biomassa dalam menghasilkan bahan pangan, pakan, energi, kimia, farmasi, dan bioproduct dengan tetap menjaga keseimbangan agroekologis (biotik dan abiotik). Tujuannya untuk meningkatkan efisiensi, produktivitas, peningkatan nilai tambah, daya saing, dan kemandirian bidang industri.

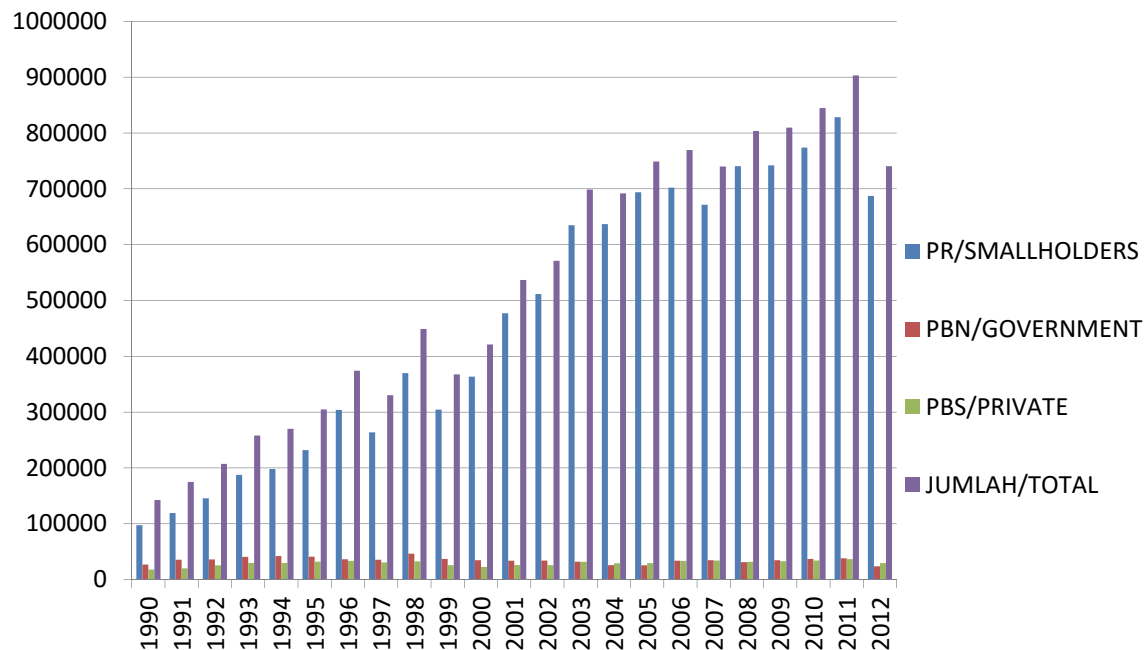
Tulisan ini membahas kondisi umum kakao Indonesia (luas areal, produksi, konsumsi, ekspor, impor, daya saing produk) termasuk upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan daya saing kakao Indonesia di pasar internasional.

LUAS AREAL, PRODUKSI, DAN KONSUMSI KAKAO INDONESIA

Pada tahun 2012, luas areal tanaman kakao di Indonesia mencapai 1.774.463 ha, terdiri atas perkebunan rakyat 1.693.337 ha (95,43%), perkebunan besar negara 38.218 ha (2,15%) dan perkebunan besar swasta 42.909 ha (2,42%). Produksi perkebunan rakyat sebesar 687.247 ton (92,81%), perkebunan besar negara 23.837 ton (3,22%) dan perkebunan besar swasta 29.429 ton (3,97%). Luas areal tanaman kakao di Indonesia tergolong meningkat sangat pesat. Bila pada tahun 1990 hanya 357.490 ha dan produksi sebesar 142.347 ton, pada tahun 2000 sudah meningkat sebesar 749.917 ha dengan produksi 421.142 ton dan pada tahun 2010 sudah menjadi 1.650.356 hektar dan produksi 837.918 ton. Artinya, dalam kurun waktu 20 tahun luas areal tanaman dan produksi kakao di Indonesia meningkat sekitar lima kali lipat (Gambar 1 dan Gambar 2). Kondisi tersebut membuktikan bahwa kakao menjadi komoditi perkebunan yang diminati oleh masyarakat Indonesia.



Gambar 1. Perkembangan luas areal tanaman kakao di Indonesia, 2010–2012 (Sumber: diolah dari Ditjenbun, 2013)
 Figure 1. The development of cacao area in Indonesia, 2010 –2012 (Source: processed from Ditjenbun, 2013)



Gambar 2. Perkembangan produksi kakao Indonesia, 2010–2012 (Sumber: diolah dari Ditjenbun, 2013)

Figure 2. The development of cacao production in Indonesia, 2010 – 2012 (Source: processed from Ditjenbun, 2013)

Tanaman kakao di Indonesia tersebar di Sulawesi Selatan (Sulsel), Sulawesi Barat (Sulbar), Sulawesi Tenggara (Sultra), Sulawesi Tengah (Sulteng), Papua Barat, Jawa Timur (Jatim), Lampung, Sumatera Barat (Sumbar), Sumatera Utara (Sumut), dan Nangroe Aceh Darussalam (NAD). Sedangkan daerah pengembangan baru yang direncanakan untuk mendukung produktivitas dan mutu kakao nasional adalah Provinsi Papua, Kalimantan Timur (Kaltim), dan Nusa Tenggara Timur (NTT). Pengembangan dan intensifikasi kakao oleh pemerintah dilakukan melalui program Gerakan Nasional (GERNAS) Kakao oleh Kementerian Pertanian, dilaksanakan dengan program rehabilitasi, intensifikasi, dan peremajaan. Program ini diarahkan untuk peningkatan produksi dan mutu hasil tanaman kakao di Indonesia (Ditjenbun, 2008). Indonesia sebenarnya berpotensi untuk menjadi produsen utama kakao dunia, apabila masalah-masalah yang dihadapi perkebunan kakao dapat diatasi dan agribisnis kakao dikembangkan serta dikelola dengan baik. Indonesia masih memiliki lahan potensial yang cukup besar untuk pengembangan kakao, yaitu lebih dari 6,2 juta ha terutama di Papua, Kalimantan Timur, Sulawesi Tengah, Maluku dan Sulawesi Tenggara. Di samping itu, tanaman kakao yang sudah ada masih berpeluang untuk ditingkatkan produktivitasnya karena rata-rata saat ini masih kurang 50% dari potensinya. Di sisi lain, produksi kakao dunia beberapa tahun terakhir ini sering mengalami defisit sehingga harga kakao dunia relatif stabil pada tingkat yang tinggi. Kondisi ini sebenarnya menjadi peluang yang baik untuk segera dimanfaatkan oleh Indonesia. Upaya peningkatan produksi kakao mempunyai arti yang strategis karena pasar ekspor

kakao Indonesia masih sangat terbuka dan pasar domestik masih belum tergarap dengan maksimal.

Sementara ini tingkat konsumsi coklat di Indonesia masih sangat rendah, yaitu hanya 250 gram/kapita/tahun (data tahun 2011) sehingga masih potensial untuk ditingkatkan seiring dengan pertumbuhan ekonomi nasional. Konsumsi coklat dunia masih didominasi oleh negara-negara maju, terutama masyarakat Eropa dengan tingkat konsumsi rata-rata sudah lebih dari 1,87 kg/kapita/tahun. Konsumsi per kapita tertinggi ditempati oleh Belgia dengan tingkat konsumsi sebesar 5,34 kg/kapita/tahun, diikuti Eslandia, Irlandia, Luxemburg, dan Austria masing-masing sebesar 4,88 kg; 4,77 kg; 4,36 kg; dan 4,05 kg/kapita/tahun (Sudjarmoko, 2013 a).

DAYA SAING KAKAO INDONESIA DI PASAR INTERNASIONAL

Ada beberapa kriteria yang umum digunakan untuk mengukur tingkat daya saing suatu produk, termasuk komoditas kakao (Estherhuizen, 2006). Kriteria tersebut antara lain: pangsa ekspor (*export share*), *revealed comparative advantage* (RCA), indeks konsentrasi pasar (IKP), dan indeks spesialisasi perdagangan (ISP).

1. Pangsa Ekspor (*ekspor share*)

Ekspor share dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{Share}_{ij} = X_{ij}/X_{tj}$$

Keterangan:

Share_{ij} = share ekspor komoditi i pada negara j

X_{ij} = nilai ekspor komoditi i pada negara j

X_{tj} = nilai total ekspor negara j

2. Revealed Comparative Advantage (RCA)

RCA digunakan untuk mengukur tingkat daya saing atau keunggulan komparatif suatu komoditas, dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{RCA} = \frac{(X_{ia})/(\text{total } X_a)}{(X_{iw})/(\text{total } X_w)}$$

Keterangan:

X = ekspor atau nilai ekspor

i = jenis komoditi

a = negara asal

w = dunia (world)

Apabila nilai RCA < 1 atau mendekati 0 maka daya saing komoditi lemah, dan nilai RCA > 1 maka daya saing komoditi kuat. Dengan perkataan lain, semakin tinggi nilai RCA, maka daya saing suatu komoditi semakin tinggi/kuat.

3. Indeks Konsentrasi Pasar (IKP)

Indeks konsentrasi pasar adalah indikator untuk mengetahui tingkat ketergantungan komoditi terhadap negara mitra dagang, atau intensitas perdagangan suatu negara dengan negara lain. IKP dihitung dengan cara mengkuadratkan persentase perdagangan antara suatu negara dengan negara lain. Nilai IKP ini berkisar 0–1. Semakin besar nilai IKP maka semakin besar tingkat ketergantungan suatu negara ke negara lainnya. Atau dengan perkataan lain, semakin rentan terhadap kondisi negara mitra dagangnya.

4. Indeks Spesialisasi Perdagangan (ISP)

Indeks spesialisasi perdagangan merupakan indikator untuk mengetahui apakah suatu negara sebaiknya menjadi eksportir atau importir suatu komoditas, dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\text{ISP} = \frac{(X_i - M_i) \text{ ind}}{(X_i + M_i) \text{ ind}}$$

Keterangan:

ISP = indeks spesialisasi perdagangan

X_i = ekspor barang tertentu dari Indonesia

M_i = impor barang tertentu dari Indonesia

Nilai ISP berkisar 0–1. Bila ISP ≥ 0,5 maka Indonesia cenderung sebagai eksportir dan sebaliknya.

Berdasarkan kriteria umum untuk mengukur tingkat daya saing produk tersebut maka gambaran umum dan daya saing kakao Indonesia disajikan pada pokok bahasan berikut ini.

Share Ekspor Kakao terhadap Total Ekspor Nasional

Sampai dengan tahun 2011, ekspor nasional Indonesia sudah didominasi oleh ekspor non migas (71,26%), sedangkan ekspor migas hanya 28,74%. Share terbesar untuk komoditas perkebunan masih didominasi oleh minyak nabati dan produk kelapa sawit (10,80%) diikuti oleh komoditas kopi dan rempah/tanaman penyegar (10,34%) (Bank Indonesia, 2012). Asosiasi Industri Kakao Indonesia (AIKI) memprediksi bahwa ekspor kakao Indonesia akan tumbuh dengan laju 11%/tahun. Peningkatan nilai ekspor ini terjadi karena produk yang diekspor sudah mulai bergeser dari ekspor bahan mentah (biji kakao) menjadi ekspor produk kakao olahan. Sampai dengan tahun 2011, Amerika Serikat masih menjadi salah satu tujuan ekspor kakao olahan Indonesia, dengan volume 42.215 ton dan *market share* 24% disusul RRC (15%) dan Malaysia (8%) (Gambar 3).

Negara tujuan ekspor utama untuk biji kakao masih ke Malaysia, Singapura, Amerika Serikat, China, dan Brasil. Ekspor biji kakao Indonesia ke lima negara utama tersebut, pangsanya mencapai 93,1%. Sejak tahun 2011, ekspor kakao Indonesia sudah mulai bergeser dari ekspor biji ke produk olahan. Perbandingan ekspor kakao Indonesia dalam bentuk biji dan produk olahan pada tahun 2010-2011 disajikan pada Tabel 1.

Nilai ekspor kakao Indonesia dan beberapa negara eksportir lainnya dalam periode 2002–2012 selanjutnya disajikan pada Tabel 2.

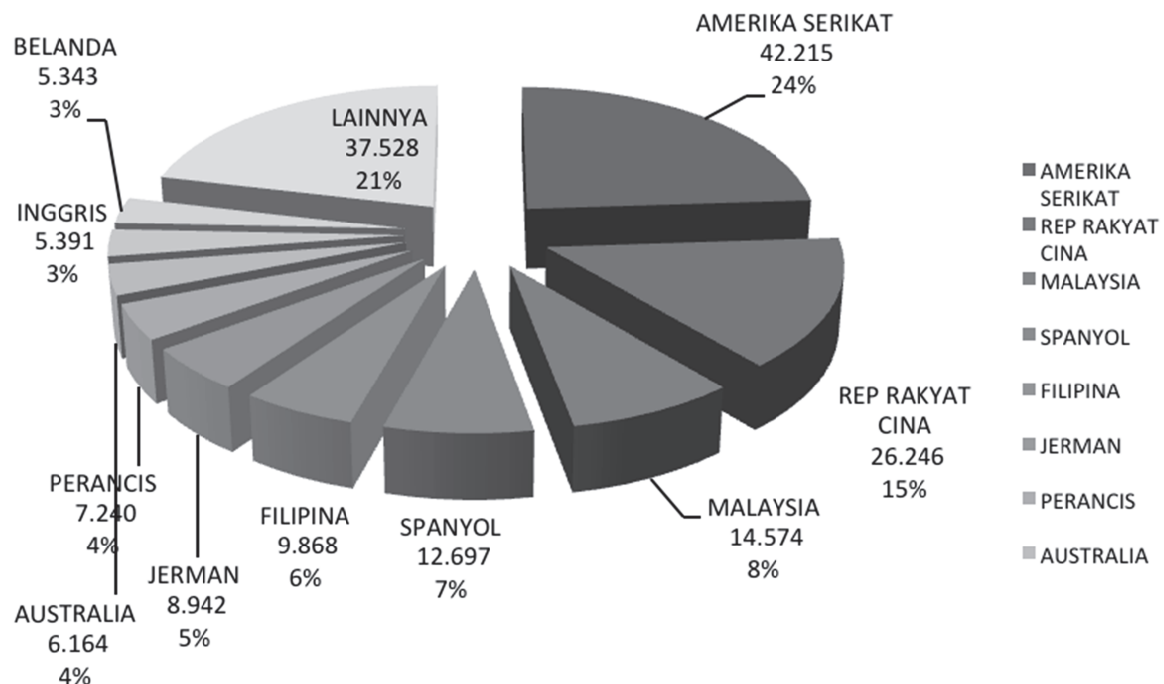
Tabel 1. Perbandingan ekspor kakao Indonesia, 2010-2011

Table 1. Comparison of Indonesian cacao exports, 2010 -2011

Keterangan	2010	2011	Naik (Turun)	
Ekpor biji kakao (mt)	432.426	210.066	(222.360)	(51%)
Nilai Ekspor (USD)	1.190.739.688	614.496.350	(576.243.338)	(48%)
Ekspor Kakao Olahan (mt)	103.055	178.951	75.896	74%
Nilai Ekspor (USD)	406.083.946	676.900.401	270.816.455	67%

Sumber: Sudjarmoko (2013 a)

Source : Sudjarmoko (2013 a)



Gambar 3. Negara tujuan ekspor kakao olahan Indonesia, 2011 (Sumber: Sudjarmoko, 2013a)
 Figure 3. Export destination of Indonesian cocoa, 2011 (Source: Sudjarmoko, 2013a)

Pada periode 2002–2011, share ekspor kakao terhadap ekspor nasional tergolong masih rendah, rata-rata sebesar 1,04%. Pada tahun 2011, nilai ekspor kakao Indonesia tercatat sebesar US \$ 1,3 milyar. Share ini diperkirakan akan terus meningkat seiring dengan pengembangan dan perbaikan agribisnis kakao dalam beberapa tahun terakhir ini.

Selanjutnya, dari Tabel 2 tersebut dapat dilihat bahwa nilai ekspor kakao Indonesia pada periode 2002–2011, cenderung meningkat walaupun nilai ekspor tahun 2011 menurun dibanding tahun 2010. Peringkat pertama masih ditempati oleh Pantai Gading, dengan nilai ekspor yang terus meningkat, diikuti oleh Ghana sebagai eksportir peringkat kedua, sedangkan Indonesia masih berada di peringkat ketiga. Nilai ekspor kakao dunia pada tahun 2011 juga mengalami penurunan yang cukup

besar dibanding ekspor tahun 2010. Hal ini dipicu oleh menurunnya permintaan dunia akibat krisis ekonomi yang terjadi di kawasan Amerika dan Eropa (negara importir kakao Indonesia) yang juga berimbas ke negara-negara lain seperti China.

Ekspor kakao dari Pantai Gading dan Ghana umumnya sudah melalui proses fermentasi sehingga mendapatkan harga yang lebih tinggi dibanding ekspor kakao Indonesia. Hal ini disebabkan oleh dominannya kakao Indonesia yang diolah tanpa proses fermentasi (sekitar 80%) (Pipitone, 2013). Diskriminasi tarif bea masuk kakao olahan asal Indonesia oleh sejumlah negara importir di Eropa besarnya mencapai 7%–9%, sementara produk yang sama dari negara-negara produsen di Afrika dibebaskan atau dikenakan tarif bea masuk 0%. Masalah ini sampai sekarang belum dapat diatasi oleh pemerintah Indonesia.

Tabel 2. Nilai ekspor kakao Indonesia dan negara lainnya, 2002 – 2011
 Table 2. The export value of Indonesian cocoa and other countries, 2010–2011

(dalam US \$)						
Tahun	Indonesia	P. Gading	Ghana	Brasil	Malaysia	Total dunia
2002	701	2.297	n.a	207	239	14.375
2003	624	2.251	840	321	330	17.965
2004	549	2.182	1.071	320	445	20.166
2005	668	2.060	892	387	514	20.805
2006	855	2.035	1.241	362	568	22.984
2007	924	2.205	1.053	365	757	27.287
2008	1.269	2.807	1.042	401	1.003	32.233
2009	1.413	3.724	1.158	352	918	33.865
2010	1.644	3.827	976	417	1.303	37.815
2011	1.345	4.159	2.294	421	1.378	33.334

Sumber: Diolah dari Blomberg (2002); n.a = data tidak tersedia
 Source : Processed from Blomberg (2002); n.a = not available data

Tabel 3. Nilai RCA masing-masing negara eksportir kakao, 2002–2011
Table 3. RCA values of cocoa exportes, 2002 – 2011

Tahun	Pantai Gading	Ghana	Indonesia	Brasil	Malaysia
2002	199,8	n.a	5,30	1,48	1,10
2003	170,9	146,2	4,13	1,77	1,27
2004	145,0	191,1	3,36	1,45	1,54
2005	135,8	139,4	3,73	1,56	1,73
2006	126,2	173,6	4,29	1,33	1,79
2007	132,4	144,5	3,93	1,10	2,09
2008	136,1	129,7	4,39	0,96	2,39
2009	127,4	80,3	4,27	0,81	2,05
2010	141,3	70,9	3,96	0,80	2,49
2011	156,4	51,8	2,75	0,68	2,52

Sumber: Diolah dari Blomberg (2002); n.a = data tidak tersedia
Source : Processed from Blomberg (2002); n.a = not available data

Revealed Comparative Advantage (RCA)

Dalam sepuluh tahun terakhir ini, nilai RCA kakao Indonesia rata-rata masih diatas 4, yang berarti bahwa daya saing kakao Indonesia cukup baik. Akan tetapi RCA pada tahun 2011 menurun menjadi hanya 2,75 dan nilai ini hampir sama dengan RCA kakao Malaysia yang sebesar 2,52 (Tabel 3).

Hasil yang sejalan tentang nilai RCA ini juga dikemukakan oleh Hasibuan, Nurmalina, & Wahyudi (2012) dengan menggunakan data dari berbagai sumber (Direktorat Jenderal Perkebunan, Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian, Kementerian Perdagangan, International Trade Center/ITC, dan International Cocoa Organization/ICCO). Hasibuan *et. al* (2012) mendapatkan nilai RCA untuk biji kakao Indonesia pada periode 2001–2010 sebesar 14,1. Walaupun berbeda besaran nilainya, akan tetapi indikasi yang ditunjukkan adalah sama, yaitu biji kakao Indonesia memiliki daya saing yang kuat (dicerminkan oleh nilai $RCA > 1$). Sementara RCA untuk produk kakao olahan (kakao bubuk dan pasta), nilainya lebih kecil lagi walaupun masih > 1 (masih memiliki daya saing yang kuat), sedangkan untuk produk kakao butter, pada periode 2001–2010 nilai $RCA < 1$ (daya saing lemah). Khusus untuk kakao butter ini, posisi Indonesia masih jauh berada di bawah Pantai Gading, Belanda, Perancis, dan Malaysia.

Selanjutnya Hasibuan *et. al* (2012) juga menyajikan informasi tentang daya saing kakao Indonesia ke berbagai pasar ekspor yang diukur berdasarkan besarnya nilai CMSA (*constant market share analysis*) dengan tiga indikator utama (*competitiveness effect*, *initial specialization*, dan *adaptation*). Data yang digunakan bersumber dari Kementerian Perdagangan, dengan tujuan ekspor ke negara-negara ASEAN, Amerika Serikat, Uni Eropa dan China. Dari besaran nilai CMSA tersebut diinformasikan bahwa produk kakao Indonesia yang memiliki daya saing tinggi pada beberapa pasar ekspor tersebut adalah produk kakao olahan.

Indeks Konsentrasi Pasar

Perkembangan nilai IKP ekspor kakao Indonesia dari tahun 2002 – 2011 disajikan pada Tabel 4.

Rata-rata nilai Indeks Konsentrasi Pasar ekspor biji kakao Indonesia selama kurun waktu 2002–2011 adalah sebesar 0,35. Nilai ini mengindikasikan bahwa ekspor biji kakao Indonesia memiliki tingkat ketergantungan yang kecil terhadap negara tujuan ekspor (Malaysia, Singapura, China, Amerika Serikat, dan Perancis). Atau dengan perkataan lain, bila di negara-negara tujuan ekspor tersebut terjadi kegoncangan atau krisis ekonomi maka pengaruhnya terhadap ekspor biji kakao Indonesia sangat kecil.

Tabel 4. Perkembangan nilai IKP ekspor kakao Indonesia, 2002 – 2011

Table 4. The development of Indonesian index of market concentration cacao exports, 2002-2011

Tahun	Nilai HHI
2002	0,31
2003	0,36
2004	0,38
2005	0,37
2006	0,35
2007	0,34
2008	0,39
2009	0,38
2010	0,37
2011	0,34

Sumber: Diolah dari Blomberg (2012)
Source : Processed from Blomberg (2012)

Indeks spesialisasi perdagangan (ISP)

Data pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa nilai ISP kakao Indonesia pada tahun 2002–2010 rata-rata diatas 0,80 dan menurun menjadi 0,77 pada tahun 2011. Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia selama ini memang menjadi negara eksportir kakao.

Strategi Peningkatan Daya Saing Kakao Indonesia

Prospek permintaan dunia kakao di waktu yang akan datang diproyeksikan masih akan terus meningkat. Kondisi ini seharusnya dimanfaatkan oleh para pelaku dan pemangku kepentingan usaha kakao di

Indonesia. Strategi peningkatan daya saing kakao Indonesia dapat dilakukan baik dari sisi permintaan (*demand side*) maupun sisi penawaran (*supply side*). Dari sisi penawaran, hal yang dapat dilakukan adalah melalui peningkatan produksi dan produktivitas kakao nasional, perbaikan mutu kakao, termasuk insentif fiskal bagi para pelaku usaha kakao. Dari sisi permintaan, dapat dilakukan melalui pengembangan dan perluasan pasar domestik, pengembangan, dan perluasan pasar internasional. Bentuk kegiatan yang dapat dilakukan, yaitu melalui pameran, promosi, dan ekspo di dalam negeri maupun di negara-negara importir kakao.

Beberapa alternatif strategi peningkatan daya saing kakao Indonesia yang dapat ditempuh antara lain:

1. Melanjutkan Kebijakan Peningkatan Produksi dan Produktivitas Tanaman serta Mutu Produk Olahan (Gernas Kakao)

Gerakan Peningkatan Produksi dan Mutu Kakao Nasional (Gernas) kini menjadi salah satu program unggulan Kementerian Pertanian, khususnya Direktorat Jenderal Perkebunan. Dalam program yang berlangsung dari 2009-2011 ada tiga kegiatan yang dilakukan pemerintah, yakni intensifikasi, rehabilitasi, dan peremajaan. Selama tiga tahun itu, pemerintah menetapkan sasaran perbaikan kebun kakao seluas 450.000 ha. Perinciannya, areal intensifikasi seluas 145.000 ha, rehabilitasi 235.000 ha, dan peremajaan 70.000 ha. Gernas kakao Indonesia dimaksudkan untuk meningkatkan produksi, produktivitas, dan mutu kakao Indonesia. Program ini dilakukan melalui peremajaan tanaman, intensifikasi, dan rehabilitasi kakao dengan cara memberikan bantuan berupa benih unggul, pupuk, obat-obatan dan sarana produksi lainnya.

Sebagaimana kebijakan pemerintah yang berskala nasional pada umumnya, pada awal diluncurkan selalu menimbulkan pandangan pro dan kontra di sebagian kalangan masyarakat, khususnya para pemangku kepentingan. Apalagi setelah kebijakan berjalan, ada saja program yang mendapat kritikan tajam. Sebagai contoh, pada program rehabilitasi tanaman, Asosiasi Kakao Indonesia (ASKINDO), mengkritisi sumber kebun entres untuk kegiatan sambung samping. Menurut ASKINDO, kebun sumber entres tersebut banyak diambil dari kebun kakao petani yang belum disertifikasi, bukan dari kebun entres yang memang dikelola untuk tujuan produksi mata entres

(jelas sertifikasinya). Selain itu kritik ASKINDO juga tertuju pada pohon kakao yang akan direhabilitasi. Pohon-pohon kakao tersebut diambil dari "hutan kakao" yang jauh jangkauannya sehingga menyulitkan dalam proses evaluasi dan monitoring pelaksanaannya. Kritik juga menyangkut perusahaan peserta tender yang dianggap kurang memiliki skill yang memadai dalam proses penyediaan sumber benih yang bermutu. Padahal benih yang harus disediakan dalam kegiatan Gernas tersebut harus memenuhi standar baku sebagaimana yang sudah ditetapkan oleh GAP (*good agricultural practices*).

Dari sudut pandang pemerintah pusat, dalam hal pelaksanaan Gernas kakao pemerintah pusat melalui kebijakan fiskal (APBN) dan petani kakao sudah berperan optimal. Sebaliknya, peran sebagian besar pemerintah daerah dan para pelaku usaha masih belum optimum. Harapan pemerintah pusat adalah peran pemerintah daerah, para pelaku usaha dan pemangku kepentingan lebih optimum lagi. Setidaknya dalam hal memelihara tanaman kakao yang sudah diperbaiki melalui Gernas. Bagaimanapun juga Gernas kakao sudah memberikan efek positif terhadap produksi kakao nasional melalui peningkatan produksi di wilayah-wilayah Gernas. Peningkatan produksi kakao tersebut akan terus berlangsung seiring dengan pertambahan umur tanaman. Namun bila kebun kakao hasil Gernas tersebut tidak dipelihara, tentu potensi peningkatan produksi tersebut tidak akan tercapai.

Masalah lainnya adalah terbatasnya anggaran pemerintah yang dapat dialokasikan untuk program Gernas kakao. Selama ini program tersebut hanya dibiayai oleh dana pemerintah melalui APBN. Diharapkan untuk program Gernas selanjutnya, ada sumber dana lain sehingga APBN sifatnya hanya menjadi pengungkit saja. Dengan demikian, sinergitas dari seluruh pelaku dan pemangku kepentingan dapat diwujudkan secara optimal. Mengingat Gernas kakao memiliki tujuan yang sangat baik maka kebijakan pemerintah ini perlu untuk dilanjutkan dengan skala yang lebih luas dan dengan beberapa perbaikan yang dianggap perlu. Artinya, Gernas harus diperluas cakupan areal tanamannya disertai dengan perbaikan-perbaikan, misalnya dalam hal sumber kebun entres dan perusahaan peserta tender penyedia benih tanaman.

Tabel 5. Nilai ISP pasar kakao beberapa negara, 2002 -2011
Table 5. ISP values of cocoa market countries, 2002 -2011

Tahun	Pantai Gading	Ghana	Indonesia	Malaysia	Brasil
2002	1,00	-1,00	0,83	0,16	0,25
2003	1,00	0,99	0,77	0,01	0,39
2004	1,00	0,99	0,73	0,08	0,58
2005	1,00	1,00	0,77	0,09	0,54
2006	1,00	1,00	0,84	-0,13	0,47
2007	1,00	0,99	0,84	-0,07	0,26
2008	1,00	0,99	0,83	-0,12	0,30
2009	1,00	0,99	0,84	0,02	0,12
2010	1,00	0,99	0,82	0,06	0,20
2011	1,00	0,99	0,77	0,03	0,24

Sumber: Diolah dari Blomberg (2012)

Source : Processed from Blomberg (2012)

2. Peningkatan Mutu Produk

Indonesia memang menjadi produsen kakao ketiga terbesar dunia. Akan tetapi biji kakao Indonesia 80% diolah tanpa proses fermentasi. Hal ini telah mengakibatkan rendahnya mutu biji kakao Indonesia. Rendahnya mutu biji kakao Indonesia ini telah berdampak negatif terhadap harga ekspor biji kakao Indonesia dalam bentuk lebih rendahnya harga yang diterima dibanding kakao negara-negara produsen lainnya. Pada tahap lebih lanjut, lebih rendahnya harga ekspor biji kakao Indonesia tersebut telah menyebabkan devisa yang diperoleh negara dari komoditi kakao menjadi berkurang. Peningkatan mutu kakao Indonesia dapat dilaksanakan melalui kegiatan pengolahan biji kakao melalui proses fermentasi. Nilai tambah biji kakao yang diolah melalui proses fermentasi dapat mencapai Rp3.000,00/ kg.

Upaya pemerintah dalam meningkatkan mutu produk kakao serta olahannya sudah banyak dilakukan. Sebagai contoh, kebijakan yang diatur melalui Peraturan Menteri Pertanian Nomor 51/Permentan/OT.140/9/2012 tentang Pedoman Penanganan Pasca Panen Kakao dan Peraturan Menteri Pertanian Nomor 20/Permentan O.T 140/2/2010 tentang Sistem Jaminan Mutu Pangan Hasil Pertanian serta Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 157/M-IND/PER/5/2009 tentang aturan perubahan atas Peraturan Menteri Perindustrian Nomor 45/M-IND/PER/5/2009 tentang pemberlakuan SNI kakao bubuk secara wajib. Akan tetapi, semua upaya ini harus didukung oleh semua pihak, khususnya para pedagang kakao dalam bentuk apresiasi yang lebih memadai atas produk kakao petani yang sudah diproses melalui fermentasi. Dengan demikian, ada insentif yang kuat bagi petani untuk terus memperbaiki mutu biji kakao yang dihasilkan melalui harga pembelian yang lebih baik.

Di samping tingkat apresiasi yang lebih baik terhadap biji dan produk kakao, ada baiknya finalisasi dan implementasi terhadap regulasi Sistem Sertifikasi Kakao Indonesia Berkelanjutan/ *Indonesian Sustainability for Cocoa (ISCocoa)* sudah mulai dijalankan secara ketat. Kebijakan ini merupakan sistem sertifikasi yang menggunakan pendekatan berbasis risiko serta perbaikan secara terus menerus (berkesinambungan). Sistem ini dirancang untuk mengapresiasi perubahan-perubahan yang dilakukan oleh pihak yang disertifikasi, untuk meningkatkan

dampak positif dari praktek berkelanjutan dalam sistem produksi, dengan mengacu kepada standar internasional dan nasional yang berlaku.

Secara konseptual, *ISCocoa* bertujuan: (1) meningkatkan nilai tambah dan daya saing komoditas kakao; (2) meningkatkan produksi, produktivitas, dan mutu kakao; (3) meminimalisasi kerusakan lingkungan; (4) meminimalisasi dampak negatif terhadap kondisi sosial; dan (5) menegakkan sarana perdagangan yang berkeadilan. Proses sertifikasi ini melibatkan pelaku usaha di sektor kakao, lembaga sertifikasi *ISCocoa* yang sudah diverifikasi oleh Komite *ISCocoa*, dan tim verifikator yang bertugas mengaudit kecukupan dokumen dan melakukan audit lapang yang hasilnya dilaporkan kepada Komite *ISCocoa* untuk dibahas oleh Komisi Teknis (Massusungan, 2013).

3. Kebijakan Pemberlakuan Tarif Bea Keluar (TBK)

Sampai saat ini kakao Indonesia masih di ekspor dalam bentuk biji (produk primer) sehingga nilai tambahnya hanya dinikmati oleh negara tujuan ekspor utama seperti Malaysia, Amerika, Singapura, Brazil, dan China. Sebagai upaya untuk mendorong berkembangnya industri dalam negeri serta meningkatkan nilai tambah yang dapat dinikmati oleh petani dan pelaku industri kakao lainnya maka pemerintah memberlakukan kebijakan Pengenaan Bea Keluar melalui Peraturan Menteri Keuangan No. 25 Tahun 2012 tentang Penetapan Barang Ekspor yang Dikenakan Bea Keluar dan Tarif Bea Keluar. Dasar hukum penetapan Kebijakan Bea Keluar pada komoditas kakao adalah Peraturan Menteri Keuangan No. 75 Tahun 2012 tentang Penetapan Barang Ekspor yang Dikenakan Bea Keluar dan Tarif Bea Keluar. Tujuan Kebijakan Tarif Bea Keluar (TBK) pada komoditas kakao adalah (1) untuk menjamin penyediaan bahan baku industri pengolahan kakao dalam negeri dan (2) meningkatkan nilai tambah produk pertanian primer/biji kakao.

Berdasarkan peraturan tersebut, ekspor biji kakao Indonesia saat ini dikenakan bea keluar yang besarnya ditentukan oleh harga ekspor (Permenkeu No. 25 Tahun 2012). Bila harga ekspor biji kakao US \$ 2.000–2.750/ton, tarif bea keluar sebesar 5%. Harga ekspor US \$ 2.750–3.500/ton dikenakan bea sebesar 10%, dan harga ekspor $\geq$ US \$ 3.500/ton dikenakan pajak bea keluar sebesar 15%.

Tabel 6. Ekspor kakao Indonesia sebelum penerapan TBK, 2007–2009
Table 6. Indonesian cocoa exports before export tariff, 2007 – 2009

Uraian	2007	2008	2009
Produksi biji kakao (mt)	520.108	530.372	545.073
Biji kakao diekspor (mt)	379.829 (73%)	380.513 (72%)	439.305 (80%)
Biji kakao diolah (mt)	140.279 (27%)	149.859 (28%)	105.768 (20%)

Sumber/*Source*: Sudjarmoko (2013 a)

Tabel 7. Ekspor kakao Indonesia setelah penerapan TBK, 2010 -2012
Table 7. Indonesian cocoa exports after export tariff, 2010-2012

Uraian	2010	2011	2012*)
Produksi biji kakao (mt)	559.016	459.255	500.000
Biji kakao diekspor (mt)	432.427 (77%)	210.067 (46%)	120.000 (24%)
Biji kakao diolah (mt)	126.589 (23%)	249.188 (54%)	380.000 (76%)

Sumber/*Source*:Sudjarmoko (2013 a)

Salah satu tujuan utama dari kebijakan pemberlakuan tarif bea keluar adalah untuk meningkatkan nilai tambah kakao Indonesia yang diekspor. Bila selama ini ekspor kakao Indonesia didominasi oleh ekspor biji mentah, dengan pengenaan tarif bea keluar ini diharapkan pelaku usaha kakao di dalam negeri akan mengolah terlebih dahulu sehingga nilai tambah kakao tersebut dapat dinikmati oleh para pelaku usaha kakao di dalam negeri. Dari sisi pabean, pengenaan tarif bea keluar kakao yang diekspor dalam bentuk biji mentah, seharusnya dikenakan tarif bea keluar yang lebih tinggi, sedangkan ekspor dalam bentuk kakao olahan, seharusnya dikenakan tarif bea keluar yang lebih rendah. Hal ini dimaksudkan agar tujuan penerapan tarif bea keluar tersebut dapat tercapai.

Data ekspor kakao pada periode sebelum dan sesudah pemberlakuan kebijakan TBK menunjukkan kebijakan ini terbukti mampu mendorong perkembangan industri kakao dalam negeri sehingga ekspor tidak lagi dominan dalam bentuk produk primer (biji kakao), melainkan secara berangsur kakao Indonesia sudah diekspor dalam bentuk produk olahan kakao (pasta, tepung, butter, dan makanan yang mengandung cokelat). Perbandingan ekspor kakao Indonesia sebelum dan sesudah pemberlakuan tarif bea keluar (TBK) tersebut disajikan pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Sebelum kebijakan IBK, kakao Indonesia yang diekspor dalam bentuk biji 72–80%, artinya dominan sebagai bahan baku kebutuhan industri. Jumlah biji kakao yang diolah di dalam negeri hanya 20–28% saja. Setelah diberlakukannya kebijakan TBK maka jumlah kakao yang diekspor dalam bentuk biji tinggal 46% pada tahun 2011 dan jumlah biji kakao yang diolah di dalam negeri menjadi 54%. Angka ini diprediksi akan terus meningkat pada tahun 2012 sehingga jumlah kakao yang diekspor dalam bentuk biji tinggal 24% pada tahun 2011 dan jumlah biji kakao yang diolah di dalam negeri menjadi 76% (Sudjarmoko, 2013 a).

Selain itu, salah satu alternatif pemikiran yang dapat dilakukan adalah dengan mengalokasikan sebagian dana yang terkumpul dari TBK agar dapat dimanfaatkan secara langsung oleh petani dan para pelaku usaha kakao di daerah untuk perbaikan agribisnis kakao.

4. Peningkatan dan Perbaikan Infrastruktur

Kakao adalah komoditas ekspor sehingga ketersediaan infrastruktur sangat berpengaruh terhadap kinerja yang dapat dicapai. Fasilitas transportasi, sarana

jalan, jembatan, pelabuhan, dan energi listrik merupakan infrastruktur yang ketersediaannya harus diperhatikan. Kebijakan peningkatan, perbaikan, dan pemantapan infrastruktur ini seharusnya dilaksanakan melalui serangkaian program seperti: (1) program peningkatan infrastruktur jalan dan jembatan, khususnya untuk menjangkau sentra-sentra produksi kakao; (2) program peningkatan sarana gudang dan pelabuhan yang dapat menjangkau sentra produksi kakao; (3) program peningkatan sarana listrik dan komunikasi yang dapat diakses oleh petani kakao; dan (4) program pengembangan sentra pemasaran kakao (terminal agribisnis) di wilayah pengembangan kakao (Goenadi, Baon, Herman, & Purwoto, 2013).

5. Penciptaan Iklim Usaha yang Kondusif

Penciptaan iklim usaha yang kondusif bagi para pelaku kakao sangat dibutuhkan untuk menunjang kelangsungan dan peningkatan usaha kakao secara nasional. Termasuk penyediaan akses ke lembaga perbankan, izin investasi, fasilitasi kemudahan pengadaan mesin pengolahan yang dapat meningkatkan mutu produk kakao dan turunannya.

Disamping itu, untuk menangani permasalahan kakao secara terintegrasi, kinerja Dewan Kakao Indonesia (*Indonesian Cocoa Board*) dan asosiasi-asosiasi yang ada seperti AEKI, ASKINDO, AIKI, APIKCI, APKAI, FP2SB, AKFI, perlu dioptimalkan. Begitu juga dengan pemerintah sebagai regulator, optimalisasi perannya harus terus ditingkatkan. Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian, Direktorat Jenderal Perkebunan, Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Badan Karantina Pertanian Kementerian Pertanian, Direktorat Jenderal Perdagangan Dalam Negeri, Direktorat Jenderal Perdagangan Luar Negeri, Bappenas, Badan Kebijakan Fiskal Kementerian Keuangan, Dinas Perkebunan Provinsi dan Kabupaten khususnya sentra produksi penghasil kakao, dan akademisi, peran nyata untuk menunjang tercapainya iklim usaha yang kondusif harus terus ditingkatkan.

Sinergitas para pelaku usaha dan pemangku kepentingan kakao dalam menciptakan iklim usaha yang kondusif tidak saja untuk kepentingan produsen, melainkan juga untuk kepentingan konsumen domestik. Sebagai contoh, untuk melindungi konsumen makanan cokelat, pemerintah perlu menetapkan regulasi bahan substitusi cokelat dengan mengikuti standar Codex International, yaitu tidak lebih dari 5%. Di samping itu,

pemerintah juga perlu mendorong terbentuknya usaha-usaha industri cokelat skala UKM dan mendorong terwujudnya pemasaran yang efisien.

Agar kakao Indonesia tidak saja meningkat daya saingnya di pasar internasional, tetapi juga mampu menjadi bidang usaha yang lestari dan berlanjut (*sustainability*) bagi petani dan pelaku usaha lainnya maka program pengembangan kakao nasional ke depan harus selaras dengan pelaksanaan sistem pertanian bioindustri.

PENUTUP

Kakao menjadi komoditi perkebunan dengan peran penting dalam perekonomian Indonesia. Sampai dengan tahun 2013 Indonesia masih menjadi produsen dan eksportir kakao ketiga terbesar dunia. Walaupun demikian, sejumlah masalah masih dihadapi, baik bidang produksi, pengolahan, dan perdagangan. Kontribusi ekspor kakao terhadap total ekspor Indonesia masih rendah, namun demikian ekspor kakao Indonesia telah begeser dari bahan mentah (biji kakao) ke produk kakao olahan. Daya saing biji kakao Indonesia di pasar internasional cukup tinggi tetapi daya saing produk olahan kakao masih lemah. Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan daya saing komoditas kakao Indonesia di pasar internasional, meliputi perbaikan dan produktivitas tanaman, meningkatkan mutu biji dan produk olahan kakao, melanjutkan kebijakan Tarif Bea Keluar (TBK), perbaikan infrastruktur, dan penciptaan iklim usaha yang kondusif.

DAFTAR PUSTAKA

- Bank Indonesia. (2012). *Statistik ekonomi dan keuangan Indonesia (SEKI), 2012*. Retrieved from <https://bi.go.id>.
- Blomberg. (2012). *Cacao market update. March, 2012*. World Cocoa Foundation. Retrieved from <https://www.theice.com/marketdata/report/reportcenter.shtml>.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Statistik perkebunan Indonesia 2012–2013 Kakao* (p. 57). Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Statistik perkebunan Indonesia 2010–2012 Kakao* (p. 56). Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2010). *Statistik perkebunan Indonesia 2009–2011 Kakao* (p. 52). Jakarta: Kementerian Pertanian.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2008). *Gerakan peningkatan produksi dan mutu kakao nasional* (p. 26). Bahan presentasi Dirjenbun pada bulan Nopember 2008 di hadapan Tim Itjen Deptan.
- Estherhuizen, D. (2006). *Measuring and analyzing competitiveness in the agribusiness sector: Methodological and analytical framework* (p. 217). University of Pretoria.
- Goenadi, D. H., Baon, J. B., Herman, dan Purwoto, A. (2013). *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Kakao di Indonesia* (p.27). Jakarta: Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Hasibuan, A.M., Nurmawati, R., & Wahyudi, A. (2012). Analisis kinerja dan daya saing perdagangan biji kakao dan produk kakao olahan Indonesia di pasar internasional. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 3(1), 57–70.
- International Cocoa Organization. (2013). *Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*, 35(2). Cocoa Year 2010/2011. London, UK.
- Massusungan, A. A. (2013). *Sertifikasi kakao berkelanjutan*. Indonesian Cocoa Workshop 2013 (p. 40). Jakarta: Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian.
- Pipitone, L. (2013). *Global grindings versus production*. Indonesian Cocoa Workshop 2013 (p. 28). International Cocoa Organization.
- Sudjarmoko, B. (2013a). "State of The Art" industrialisasi kakao Indonesia. *Sirkuler Inovasi Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(1), 31–42.
- Sudjarmoko, B. (2013b). Dampak pemberlakuan kebijakan bea keluar terhadap ekspor kakao Indonesia. *Media Komunikasi Perkebunan Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(4).

PENUTUP

PENUTUP

Pengembangan sistem pertanian bioindustri berkelanjutan sebagai strategi utama dalam pembangunan pertanian merupakan langkah yang tepat solusi untuk mengatasi berbagai masalah pertanian yang dihadapi pada saat ini. Perubahan iklim, krisis energi dan perdagangan bebas merupakan fakta yang tidak terbantahkan yang telah menimbulkan berbagai permasalahan dalam sektor pertanian dalam arti luas. Namun, permasalahan-permasalahan tersebut dapat dijadikan sebagai peluang apabila sektor pertanian dengan dukungan sektor lainnya mampu meningkatkan produktivitas dan nilai tambah serta efisiensi usahatani melalui penerapan sistem pertanian bioindustri berkelanjutan.

Inovasi teknologi merupakan inti dan motor penggerak utama dalam penerapan sistem pertanian bioindustri berkelanjutan melalui aplikasi *bioscience* dan *bioengineering*. Dengan demikian, kesiapan inovasi teknologi dalam upaya penerapan sistem bioindustri dalam pembangunan pertanian merupakan satu hal yang sangat mutlak demi keberhasilan pembangunan pertanian tersebut. Hal ini berimplikasi pada pentingnya peran lembaga penelitian sebagai penghasil inovasi teknologi untuk menyiapkan berbagai inovasi teknologi pada setiap aspek yang dibutuhkan dari hulu hingga hilir.

"Bioindustri adalah segala usaha pengolahan yang menggunakan biomassa sebagai bahan baku atau yang menggunakan mikroorganisme atau enzim biologis (bioenzim) yang diekstraksi atau disintesa dari organisme pada satu atau lebih tahapan pengolahannya untuk menghasilkan pangan, pakan, energi dan berbagai macam produk". Lebih lanjut disebutkan bahwa sistem pertanian bioindustri berkelanjutan membangun interkoneksi antara pertanian yang menghasilkan biomassa, industri pengolahan biomassa, pengelolaan limbah, pemanfaatan air, pembangkitan energi dan pelestarian hara tanah sehingga terbentuk satu biosistem terpadu berkelanjutan secara eksplisit. Peran inovasi teknologi jelas sangat penting agar interkoneksi antara subsistem yang ada dapat berjalan dengan baik.

Kakao merupakan komoditas industri karena dalam rantai produknya harus melalui proses pengolahan (industri) sebelum dapat dijual kepada konsumen dalam bentuk makanan dan minuman. Dengan karakteristik yang demikian, pengembangan sistem pertanian bioindustri dengan basis komoditas kakao menjadi sangat penting. Hal ini didasarkan pada kondisi perkebunan kakao di Indonesia yang memegang peranan vital bagi perekonomian nasional dan regional dengan luas areal mencapai 1.740.642 dan produksi 720.862 pada tahun 2013. Selain itu, perkebunan kakao juga melibatkan 2,186 juta petani sehingga perannya sangat besar dalam menyokong perekonomian masyarakat.

Ditinjau dari sisi kinerja industri, industri pengolahan kakao Indonesia sedang tumbuh dengan

sangat pesat. Jika pada tahun 2010 jumlah biji kakao yang diekspor mencapai 82% dari total ekspor kakao maka pada tahun 2013, dari 414.087 ton ekspor kakao Indonesia, porsi ekspor biji kakao tinggal 45,5% atau sebesar 188.420 ton, sisanya diekspor dalam bentuk kakao olahan. Kondisi tersebut menggambarkan potensi pengembangan kakao ke depan masih sangat prospektif sehingga harus didukung interkoneksi antar lini untuk terciptanya sistem agribisnis kakao yang berkelanjutan. Adaptasi konsep sistem pertanian bioindustri berkelanjutan merupakan metode yang sangat tepat dalam pengembangan kakao ke depan. Ketersediaan inovasi teknologi dalam mendukung upaya tersebut sudah disampaikan pada bagian-bagian sebelumnya dalam buku ini secara komprehensif.

Secara umum, kelemahan/masalah pengembangan bioindustri berbasis kakao dalam perspektif inovasi adalah masih lebarnya kesenjangan antara inovasi teknologi yang dihasilkan dengan kondisi agribisnis kakao pada seluruh subsistem. Secara spesifik, beberapa masalah/kelemahan tersebut sebagai berikut:

1. Rendahnya produktivitas di tingkat petani

Dalam sistem bioindustri kakao, perkebunan kakao merupakan penghasil biomassa yang dijadikan bahan baku industri pengolahan makanan berupa cokelat. Produktivitas kakao yang rendah, khususnya yang diusahakan oleh perkebunan rakyat merupakan masalah klasik. Pada tahun 2013, produktivitas kakao nasional hanya mencapai 821 kg/ha/tahun. Penyebab utama rendahnya produktivitas tersebut adalah penggunaan benih unggul yang masih rendah, tingginya serangan hama dan penyakit, rendahnya pemeliharaan (pemupukan, pengendalian hama dan penyakit, sanitasi kebun, dan lain-lain), kondisi tanaman tua/rusak, dan lain-lain. Pada dasarnya, sudah banyak inovasi teknologi yang dihasilkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Dalam kaitannya dengan benih unggul, sudah dihasilkan varietas unggul kakao dengan potensi produksi mencapai 3,67 ton/ha/tahun serta tahan dan toleran terhadap hama dan penyakit utama. Potensi produksi tersebut sangat jauh berbeda dengan kondisi yang ada di kebun petani. Tantangannya adalah bagaimana menyediakan benih unggul bermutu kepada petani dengan tepat waktu, tepat jumlah, tepat tempat, dan tepat kualitas, serta di sisi lain dengan harga yang dapat dijangkau oleh petani.

Serangan hama penggerek buah kakao (PBK) serta serangan penyakit busuk buah kakao (BBK) dan penyakit pembuluh kayu (VSD) menyebabkan kehilangan hasil sangat besar. Inovasi teknologi yang sudah dihasilkan untuk mengendalikan hama dan penyakit tersebut sudah sangat banyak, seperti pengendalian mekanis, kultur teknis, penggunaan pestisida kimia, pestisida nabati, agensia hayati, dan lain-lain. Bahkan, teknologi

pemanfaatan sumberdaya lokal yang ada di kawasan kebun kakao untuk pengendalian hama dan penyakit utama kakao juga sudah banyak ditemukan melalui berbagai penelitian. Namun, kejadian serangan hama dan penyakit yang masih sangat masif pada hampir seluruh perkebunan kakao di Indonesia menjadi tantangan tersendiri untuk diselesaikan oleh penghasil maupun pengembang teknologi ke depan.

Rendahnya pemeliharaan yang dilakukan oleh petani pada dasarnya terkait dengan keterbatasan kemampuan petani dalam melakukan pemeliharaan, terutama dalam ketersediaan modal. Kondisi tersebut menjadi tantangan dalam penyediaan inovasi teknologi yang murah dan mudah sehingga petani mampu melakukan pemeliharaan tanaman kakao dengan baik. Di samping tantangan perakitan inovasi teknologi, metode diseminasi, dan difusi inovasi teknologi yang tepat kepada petani, juga merupakan tantangan berat kepada seluruh pihak terkait sehingga diperoleh petani sebagai aktor utama dalam sistem agribisnis kakao bersedia mengaplikasikan inovasi teknologi yang telah banyak dihasilkan.

2. Kesenjangan antara kebutuhan industri pengolahan dengan produksi petani

Selain masalah produktivitas, rendahnya kualitas biji kakao yang dihasilkan petani merupakan salah satu permasalahan sekaligus tantangan besar dalam pengembangan bioindustri berbasis kakao. Diduga, hampir 90% biji kakao yang dihasilkan dari perkebunan rakyat adalah biji kakao non fermentasi. Di sisi lain, industri pengolahan lebih menyukai biji kakao fermentasi, walaupun dalam prosesnya biji kakao non fermentasi dapat dijadikan sebagai bahan campuran untuk biji kakao fermentasi. Teknologi fermentasi biji kakao yang ada dianggap petani relatif tidak efisien dibanding dengan selisih harga yang mereka peroleh. Di sisi lain, sikap pragmatis pedagang dalam sistem rantai pasok kakao juga memberikan andil yang sangat besar terhadap keengganan petani untuk memfermentasi biji kakao. Kondisi ini menjadi tantangan dalam merakit inovasi teknologi fermentasi yang lebih efektif dan efisien sehingga mampu merangsang petani untuk melakukan proses fermentasi dengan kondisi harga saat ini. Tantangan lainnya adalah perlunya inovasi kelembagaan yang mampu mempertemukan antara keinginan industri pengolahan dengan biji kakao yang dihasilkan petani.

3. Fluktuasi harga

Hampir semua komoditas pertanian termasuk kakao menghadapi permasalahan fluktuasi harga sehingga seluruh pelaku usaha terutama petani menghadapi risiko cukup besar dalam menjalankan usahanya. Harga biji kakao ditentukan oleh mekanisme pasar kakao dunia sehingga antisipasinya relatif sulit untuk dilakukan. Dampak langsung dari fluktuasi harga kakao adalah "fluktuasi" semangat petani dalam melakukan pemeliharaan kebun. Ketika harga biji kakao tinggi, petani akan memelihara kebunnya dengan baik, dan sebaliknya.

Dalam kaitannya dengan upaya pengembangan perkebunan kakao yang berkelanjutan, kondisi tersebut dapat dipandang sebagai faktor penghambat. Untuk itu, diperlukan upaya untuk meredam fluktuasi harga khususnya di tingkat petani melalui inovasi dalam sistem pemasaran. Berbagai penelitian sudah menyebutkan bahwa upaya yang dapat dilakukan adalah melalui asuransi pertanian, sistem resi gudang, dan lain-lain. Namun, sistem resi gudang maupun asuransi pertanian belum dapat berkembang sehingga diperlukan inovasi dalam mekanisme asuransi pertanian atau resi gudang yang tepat untuk menjawab tantangan tersebut.

4. Kualitas biji dari negara pesaing

Kualitas biji kakao Indonesia dikenal lebih rendah dibandingkan biji kakao dari negara produsen lain, terutama negara-negara Afrika seperti Pantai Gading, Ghana, Kamerun dan lain-lain. Biji kakao dari negara-negara tersebut umumnya difermentasi dengan baik sehingga disukai oleh industri pengolahan. Di sisi lain, biji kakao Indonesia sebagian besar tidak difermentasi, walaupun memiliki keunggulan yang tidak dimiliki oleh pesaing, yaitu *melting point* yang lebih baik. Namun secara keseluruhan, kondisi tersebut menyebabkan rendahnya daya saing kakao Indonesia di pasar internasional jika dibandingkan dengan negara produsen lainnya.

Permasalahan-permasalahan seperti yang diuraikan di atas pada dasarnya dapat diatasi melalui penerapan konsep bioindustri berkelanjutan dalam sistem agribisnis kakao. Namun hal tersebut tidak mudah untuk direalisasikan mengingat banyak pemangku kepentingan yang terlibat. Upaya yang dapat dilakukan adalah membangun model-model inovasi bioindustri berbasis kakao yang dapat dijadikan sebagai *pilot project* atau *prototype* pengembangan bioindustri berbasis kakao. Hal ini sangat penting agar pengembangan agribisnis kakao ke depan lebih berkelanjutan, menciptakan nilai tambah yang tinggi, serta efektif dan efisien. Upaya tersebut sangat relevan mengingat peluang pengembangan kakao ke depan masih sangat besar. Peluang tersebut juga melahirkan peluang-peluang dalam penciptaan inovasi teknologi untuk mendukung pengembangan sistem pertanian bioindustri berkelanjutan berbasis kakao. Perakitan teknologi yang memiliki interelasi satu sama lain sehingga terjalin keterkaitan antar teknologi dengan memanfaatkan seluruh sumberdaya yang ada melalui prinsip *reduce*, *reuse*, dan *recycle* untuk meminimumkan input dari luar sehingga tercipta nilai tambah yang tinggi. Inovasi teknologi yang dihasilkan tidak lagi berdiri sendiri namun harus saling mendukung dengan yang lain, mulai dari perakitan varietas, teknologi budidaya, pengendalian hama dan penyakit sampai pengolahan produk.

INDEKS

INDEKS

A

abiotik,	18, 31, 35
acumintus,	7, 19
acutus,	7
aflatoksin,	201, 202, 206, 211
agens hayati,	32, 67
agrotechno park (ATP),	157, 158, 159, 167
aksesi,	23
alel,	50, 51
alley cropping,	64
amazon,	32
amelonado,	20, 33, 34
amplified fragment length polymorphism (AFLP),	35, 45, 50
andropetalum,	33
angoleta,	20, 33, 34
anomali iklim,	31
antheridium,	192
antropogenik,	82
AP 70-RCC 70,	24, 35
AP 71-RCC71,	24, 25, 35
AP 72-RCC 72,	24, 25, 35
AP 73-RCC 73,	24, 25, 35
apeks,	19, 35
Arachis pintoi,	63, 65, 66, 230
articulation,	7
Aryadi 1,	34
Aryadi 3,	34
Aspergillus,	96, 202, 204, 205, 206, 207, 211, 232
Attractant,	220, 221
Azotobacter,	93, 94, 95, 96

B

bacterial artificial chromosome (BAC),	51
biklonal,	26
biochemical oxygent demand (BOD),	89
biofertilizer,	96, 138
biorefinery,	157, 223
bioteknologi,	45, 49
biotik,	31, 35,
bitter chocolate,	111
blending,	145
boron,	32
botani,	18
brittle,	145
buah,	20, 21, 35
bubuk kakao,	31
buffering capacity	102
bulk cocoa,	6, 18,
busuk buah kakao (BBK),	18, 24, 132, 191, 194, 195, 198, 215, 220, 223

C

calabacilo,	33, 34
capillary electrophoresis (CE),	114
cekaman kekeringan,	25
chemical oxygent demand (COD),	89
cherelle wilt,	20
cherelle,	20

chocolate liquir,	111
citronella,	218, 219
clamp connection,	217
cleaved amplified polymorphic sequence (CAPS),	51
Clostridium,	93, 94
cocoa butter,	31, 145
cocoa liquor,	31
cocoa powder,	31
cocoa processing room,	160
cocoa processing room,	160, 161
coding region,	51
Colletotrichum gleosporioides,	137
complementary DNA (cDNA),	51
Conopomorpha cramerella,	6, 169, 170, 171, 175, 176
contamana,	33, 34
criollo venezuela,	32
criollo,	6, 8, 18, 19, 33
cundeamor,	33, 34
curaray,	33, 34
Cymbogon nardus,	64, 218

D

daerah pengode,	51
daerah yang tidak mengode,	51
daging buah,	8
dark chocolate,	115
database,	18
daya gabung khusus,	36
daya gabung umum,	36
deles,	51
derived cleaved amplified polymorphic sequence (dCAPS),	51
detachment,	59
di-deoxy fingerprinting,	51
diallel,	10
dimorfisme,	7
diploid,	32
diptera,	20
Djati Renggo-DR,	35
DNA-deoxyribonucleic acid,	36, 50, 51
dokumentasi,	17
dominan,	36
DR 1-Djati Renggo 1	1, 9, 35,
DR 2,	9, 23, 25, 35
DR 38,	9, 23, 35
DRC 15,	23, 34, 35
DRC 16,	23, 25,

E

eksploitasi adaptasi spesifik,	35
eksplorasi,	9, 11, 22, 21, 32
eksploitasi adaptasi lokal,	35
El Nino	81, 82
elektroforesis,	51
elips,	20, 35
embrio,	8, 33
embriogenesis somatik (ES),	23, 45
emisi gas rumah kaca (GRK),	81, 82, 84, 87, 88, 89

endemik,	9
endokarp,	35
entomopatogenik	186
enzim restriksi,	51
enzimatis,	33
eradikasi	138
evaluasi,	17, 22, 23, 27
expressed sequence tags-SSR (EST-SSR),	51

F

family,	36
feed,	143, 157, 163
fenotifik,	33
fenotipe,	51
fertilizer,	143, 158, 163
filogenetik,	49
<i>fine cocoa</i> ,	6
<i>fine flavour</i> ,	33
<i>first in first out</i> (FIFO),	160
<i>flavour</i> ,	72
<i>flush</i> ,	25
<i>food</i> ,	143, 157
forastero,	6,8,18,19, 20, 33,
<i>fuel</i> ,	143, 158, 163
<i>Fusarium</i> ,	135, 202, 205

G

galur murni,	22
gametofitik,	20
GC 29,	35
GC 7,	26, 35
gel agarose,	51
<i>gelling agent</i>	150
gen,	20, 36, 50
genetik,	9, 32, 50, 117, 120, 124
genom,	33, 36, 49, 50
genotipe,	9, 25, 49, 51
<i>geraniol</i>	218
ghana,	31
<i>Gliricidia</i> ,	139, 228, 230
<i>global warming</i> ,	83
<i>glossopetalum</i> ,	33
<i>good agricultural practices</i> (GAP),	208, 243
<i>good handling practices</i> (GHP),	201
<i>good manufacturing practices</i> (GMP),	40, 201, 208
guiana,	33, 34

H

<i>hand polination</i> ,	10
haploid ,	33
<i>hazard analysis critical control point</i> (HACCP).	208, 209
<i>Helopeltis</i> spp,	25
<i>Helopeltis</i> , 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188, 223	
heritabilitas,	45
<i>herpes simplex virus</i> (HSV)	143, 152
heterosis,	36
hibrida,	6, 9, 10, 33
hidrolisat protein,	17
<i>high-performnace liquid chromatography</i> (HPLC),	114
homosigot,	33
<i>human immunodeficiency virus</i> (HIV),	143, 152
hymenoptera,	20

I

ICCRI 06H,	5, 10, 11, 15
ICCRI 1,	18, 25, 26, 35
ICCRI 2,	18, 25, 26, 35
ICCRI 3,	18, 25, 26, 35
ICCRI 4,	18, 25, 26, 35
ICCRI 5,	10
ICCRI 7,	11, 16, 24, 25
ICS 13,	25, 35
ICS 6,	25, 26
ICS 60,	26, 35
identifikasi,	52
iklim,	32
Imunisasi	140
<i>in situ</i> ,	35
<i>in vitro</i> ,	45
<i>inbreeding depression</i> ,	36
indeks buah,	34
indeks konsentrasi pasar (IKP)	239, 240
Indeks spesialisasi perdagangan (ISP)	239, 240
Indigenous,	66
<i>Indonesian Sustainability for Cocoa</i> (ISCocoa), 244, 245,	
	247
INGENIC-international cocoa genebank, Trinidad,	34
<i>inhibitor proteinase</i> ,	35
inkompaktibilitas,	35,
insersi,	51
<i>integrated crop management</i> (ICM),	94, 96, 99, 131
<i>integrated nutrient management</i> (INM),	94, 96, 99
<i>integrated pest management</i> (IPM),	94, 96, 99, 181
<i>integrated soil moisture management</i> (IMM),	94, 96
<i>inter simple sequence repeats</i> (ISSR),	50
International Cocoa Organization (ICCO),	31, 93,
	143, 157,
	191
introduksi,	9, 21, 32
iquitos,	33,34
isozim,	50

J

jamur akar coklat,	23
jamur endofit,	32
jorket,	7, 19,

K

KA2 106,	34
kadar kulit ari,	35
kadar kulit biji,	21
kadar lemak,	25, 26,
karakterisasi,	23, 27,
kariotipik,	33
kauliflori,	7, 20,
keragaman somaklonal,	23
ketahanan horizontal,	10
klonal,	8
kloning,	51
klorofil,	25
kompatibel menyerbuk sendiri,	35
kompatibel menyerbuk silang,	26
konservasi,	23, 27
kotiledon,	8
kromosom,	8
kulit ari,	35

kulit buah,	7
kultivar,	36, 52
kurator,	23
KW 162,	10, 36
La Nina	81, 83, 84

L

<i>land fatigue</i> ,	101
lemak biji,	8, 21, 35
lemak kakao,	31
lepidoptera,	20
lindak,	6, 34
lokus,	20, 54
<i>low external input for sustainable agriculture</i> (LEISA), 94	157

M

malvaceae,	32
maranon,	33, 34
marka molekuler,	43, 49, 51, 52, 56
<i>marker assisted breeding</i> (MAS), ..	34, 41, 45, 46, 49, 54
<i>mass spectrometry</i> (MS),	114
MCC 01-masamba cacao clone 01,	18, 24, 26
MCC 02- masamba cacao clone 02,	18, 24, 26
messenger RNA (mRNA),	51
mikotoksin	201, 202, 203, 205, 206, 208, 211, 232
mikrosatelit,	51, 54, 56
<i>milk chocolate</i>	111
<i>mismatch</i> kimia,	51
mitigasi	81, 84
molekuler,	33
<i>mood elevating effects</i>	148
morfologis,	33
multilokasi,	10, 21
mutasi,	33, 51

N

Na	33, 26
nacional,	33, 34
nanay,	33, 34
nib,	40, 43, 117, 120, 143, 144, 146, 158, 161, 164
NIC	7, 35
non coding region,	51
<i>nuclear magnetic resonance</i> (NMR),	114
NW 6261,	35

O

oblong,	20, 35
oblongus,	7, 19
<i>off flavor</i> ,	72
okratoksin,	201, 202, 206, 211
okulasi,	23
<i>Oncobasidium theobromae</i> ,	6
oogonium,	192
oospore,	192
<i>open polination</i> ,	10, 137
oreanthes,	33
ortodok,	13
ortotrop,	7, 19
overdominan,	36
ovulum,	33
<i>oxygen radical antioxidant capacity</i> (ORAC), 114, 115,	121, 124

P

PA 191,	35
PA 300,	35,
PA 310,	35,
PA 4,	35
<i>participatory plant breeding</i> (PPB),	36
paspor, data,	26
pasta kakao,	31
patogen,	32
pemulia,	35, 51
pemuliaan konvensional,	11, 36, 50
pemuliaan tanaman partisipatif,	9, 35, 36
pengelolaan tanaman terpadu (PTT),	131, 132
penggerek buah kakao (PBK), 5, 6, 9, 10, 11, 12, 17, 23,	24, 31, 32, 35, 132, 169,
	170, 171, 172, 173, 174,
	175, 176, 215, 223,
<i>Penicillium</i> ,	96, 202, 204, 205, 206, 207, 211
pentil,	20
perikarp,	35
perrenial,	32,
persilangan terbuka,	137
persilangan,	10, 33, 36
peta genetik,	45, 49, 52, 54, 56
<i>pharmaca</i> ,	143, 158, 163
<i>photo-diode array</i> (DAD),	114
PHT,	175, 176, 181, 188, 215, 216
<i>Phytophthora palmivora</i> , 6, 32, 186, 191, 192, 194, 198,	216, 220, 223, 231
plagiotrop,	7, 19
plasenta,	35
plasma nutfah,	21, 22, 23, 26, 32, 36, 52
PNT 12,	25
PNT 16,	24, 25
PNT 17,	24
PNT 18,	25
PNT 33B,	24, 25
<i>pod index</i> ,	34
polifenol, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 120,	121, 124, 143, 144, 146, 147
poliklonal,	26
<i>polimerase chain reaction</i> (PCR),	50, 51
polygen,	45
populasi,	36
poros embrio,	8
<i>precropping</i> ,	230
<i>principal component analysis</i> (PCA),	53
produktivitas,	26, 31, 49,
<i>proteinase inhibitor</i> (PIN),	174
<i>pulp</i> ,	8, 20

Q

quantitative trait loci (QTL),	41, 45, 46, 49, 52, 54, 56
-------------------------------------	----------------------------

R

<i>Ralstonia solanacearum</i> ,	131, 133, 135
<i>random amplification of polymorphic</i> (RAPD), 23, 35, 50	
<i>reactive oxygen species</i> ,	147
reaksi rantai ligase,	51
rekalsitran,	13, 43
rekayasa genetik,	36
rekombinan DNA,	36
<i>repellent</i> ,	220, 221

restriction fragment length polymorphism (RFLP), 50, 51
revealed comparative advantage (RCA), 239, 240
Rhizobium, 93, 94, 95
rhytiducarpus, 33
ribonucleic acid (RNA), 50

S

sambung pucuk, 23
 Sca 12, 25, 26
 Sca 6, Scavina 6, 10, 25, 26
Sedimentation, 59
 seleksi berulang, 9, 10, 35, 42, 50
 seleksi, 9, 23, 32, 36, 49
self compatible, 9, 20
self incompatible, 9, 20, 35
 silikon, 32
simple sequence repeat (SSR), 23, 33, 45, 50, 51, 52
single nucleotide polymorphism (SNP), 33, 50, 51, 52, 56
single-strand confirmation polymorphism, 51
 sistem pangkas eradikasi (SPE), 174
skin lotion 146, 147
 sklerotik, 35
sleeving, 174
sludge 165, 166
sphaerocarpum, 6
 sporofitik, 20
 staminodia, 15, 16, 20, 45
 Standar Nasional Indonesia (SNI), 25, 201
 sterculiaceae, 32
 stomata, 25, 35
stretch mark, 146
 Sulawesi 1, 18, 26, 36
 Sulawesi 2, 18, 26, 36
 Sulawesi 3, 5, 11, 18, 26
 sumber daya genetik, 50

T

T. bicolor-Cacau-do-Peru, 33
T. grandifolium-Cupuassu, 33
T. speciosum-Cacauhy, 33
tandem mass spectrometry (LC-MS-MS), 114
telmatocarpus, 33

tempering, 145
 testa, 8
Theobroma cacao, 3
thin-layer chromatography (TLC) 114
 tocopherol 146
tolerable soil loss 64
 transgenik, 50
transportation 59
Trichoderma, 105, 137, 197, 204, 206, 211
 trikoma, 24
 trinitario, 6, 8, 33
 TSH 858, 10, 26, 35, 36

U

UIT 1, 26, 35
 uji daya gabung, 36
 uji enzimatis, 51
uji oligonucleotide fluorescence-quenching, 51
uji penggabungan primer-directed nucleotide, 51
uji solid-phase ELISA-based oligonucleotide ligation, 51
 ultraviolet (UV) 114
upper amazon forastero (UAF), 11, 34,

V

varietas unggul, 32
vascular streak dieback (VSD), 5, 6, 10, 17,
 18, 23, 24, 32, 34, 35, 36,
 132, 215, 216, 217, 218,
 221, 222, 223
 viabilitas-benih, 13, 21
 vigor, 25, 33
 VSD1Ldg, 34
 VSD2Ldg, 34

W

white chocolate, 112
 World Cocoa Foundation, 31, 215

Z

zero waste, 132, 144, 157, 158, 228
 zigot, 20
 zoosporangium, 192



**IAARD
PRESS**

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jl. Ragunan No. 29, Pasar Minggu, Jakarta 12540
Telp: (021) 7806202, Fax: (021) 7806644
e-mail: iaardpress@litbang.pertanian.go.id

Pertanian

ISSN 178-432-2014-069-6



9 786023 440696