ISSN : 2337-3946

Sirkuler Inovasi

Tanaman Industri dan Penyegar

Volume 4, Nomor 1 April 2016

SIRINOV	Vol. 4	No. 1	Hal. 1 - 58	April 2016	ISSN 2337-3946

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN

ISSN:2337-3946

SIRKULER INOVASI
Tanaman Industri dan Penyegar

Volume 4, Nomor 1, April 2016

Penerbit :
Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

Penanggung Jawab :
Kepala Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Pemimpin Redaksi merangkap Anggota :
Bambang Eka Tjahjana (Agronomi)

Anggota Redaksi :
Nur Ajijah (Pemuliaan)
Enny Randriani (Budidaya Tanaman)
Handi Supriadi (Fisiologi Tanaman)
Gusti Indriati (Hama dan Penyakit Tanaman)

Redaksi Pelaksana :
Intan Nurhayati
Iing Sobari
Ayi Ruslan
Dermawan Pamungkas

Alamat Redaksi :
Jln. Raya Pakuwon Km.2 Parungkuda-Sukabumi 43357
Telp. (0266) 6542181 Fax. (0266) 6542087
E-mail. uppublikasi@gmail.com

Sumber Dana :
DIPA Balittri 2016

Desain Sampul :
Dermawan Pamungkas

Sirkuler Inovasi Tanaman Industri dan Penyegar diterbitkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, memuat tinjauan hasil penelitian dan pengembangan, hasil antara penelitian tanaman industri dan penyegar, terbit pertama kali April 2014 dengan frekuensi terbit 3 (tiga) kali setahun setiap bulan April, Agustus dan Desember. Tulisan dan gambar yang dimuat dalam majalah ini dapat dikutip dengan mencantumkan (menuliskan) sumbernya.

ISSN: 2337-3946

SIRKULER INOVASI
Tanaman Industri dan Penyegar

Volume 4, Nomor 1, April 2016

Diversifikasi Pemanfaatan Senyawa Glukomannan Iles-Iles 1-10
(Juniaty Towaha dan Rusli)

Penggerek Buah dan Cabang pada Tanaman Kopi 11-24
(Gusti Indriati, Khaerati dan Arlia Dwi Hapsari)

Potensi Kombinasi Arang Sekam, Zeolit dan Serasah Perkebunan Kakao Sebagai Pembawa Pupuk Hayati Pakuwon 25-36
(Nendyo Adhi Wibowo dan Bambang Eka Tjahjana)

Varietas Unggul Baru Kakao (*Theobroma cacao* L.) Tahan Penyakit *Vascular Streak Dieback* (VSD) 37-58
(Cici Tresniawati)

PUSAT PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERKEBUNAN
Indonesian Center for Estate Crops Research and Development
Bogor, Indonesia

PENGANTAR REDAKSI

Sirkuler Inovasi Tanaman Industri dan Penyegar (SIRINOV), Volume 4 Nomor 1, April 2016 menyajikan 4 artikel tentang kakao, kopi, dan iles-iles. Isu yang diangkat pada terbitan ini meliputi prospek iles-iles sebagai sumber pangan alternative, hama penggerek buah dan cabang pada tanaman kopi, Potensi kombinasi arang sekam, zeolit dan serasah perkebunan kakao sebagai pembawa pupuk hayati pakuwon, dan vaerietas unggul baru Kakao tahan VSD. Isu-isu tersebut sangat relevan dengan permasalahan-permasalahan yang terjadi pada saat ini.

Semoga tulisan-tulisan yang dimuat dalam SIRINOV ini dapat memberikan sumbangan yang nyata untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang perkebunan.

Redaksi

DIVERSIFIKASI PEMANFAATAN SENYAWA GLUKOMANNAN ILES-ILES

DIVERSIFIED UTILIZATION OF GLUKOMANNAN COMPOUNDS OF KONJAC

Juniaty Towaha dan Rusli

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jl. Raya Pakuwon – Parungkuda km. 2 Sukabumi, 43357
Telp. (0266) 6542181, Faks. (0266) 6542087
juniaty_tmunir@yahool.com

ABSTRAK

Senyawa glukomannan merupakan salah satu komponen kimia terpenting yang terdapat dalam umbi iles-iles (*Amorphophallus* sp.), dengan kandungan yang bervariasi tergantung pada spesiesnya yaitu antara 5 – 65%. Senyawa glukomannan mempunyai sifat khas yaitu larut dalam air, membentuk gel, merekat kuat, daya mengembang tinggi dan tembus pandang. Karena sifat khasnya tersebut maka senyawa glukomannan dapat dimanfaatkan dalam berbagai industri seperti makanan minuman dan suplemen kesehatan, film coating/edible film, farmasi, pertambangan, penjernih air, perekat, bahan kedap air, cat, media pertumbuhan mikroba dan kultur jaringan, tekstil, kertas, absorbent, serta pengganti selulosa. Oleh karena itu, dalam rangka meningkatkan industri yang semakin kehilir dan menciptakan lapangan pekerjaan serta memberi nilai tambah pada pendapatan petani, maka sudah selayaknya Indonesia melakukan pengembangan diversifikasi pemanfaatan glukomannan tersebut.

Kata kunci : *Amorphophallus sp*, glukomannan, diversifikasi pemanfaatan

ABSTRACT

Glucomannan compound is one of the most important chemical components contained in konjac (Amorphophallus sp.). The content of which varies according to the species that is in the range between 5-65%. Glucomannan compounds have distinctive properties that is soluble in water, forming a gel, for strong, high-power expands and invisibility. Because of distinctive character the compounds glucomannan can be utilized in various industries such as food beverageand health supplements, film coating/edible film, pharmaceutical, mining, water purifier, glues, water proof materials, paint, microbial growth media and tissue culture, textiles, paper, absorbent , as well as the replacement of cellulose. Therefore, in order to improve further downstream industries, create employment opportunity and added value for farmers, thus glucomannan development and diversification is beneficial for Indonesian economy and industry.

***Keywords** : Amorphophallus sp, glucomannan, diversification*

PENDAHULUAN

Senyawa glukomannan adalah salah satu komponen kimia terpenting dalam umbi iles-iles (*Amorphophallus* sp.). Jika irisan umbi iles-iles diamati di bawah mikroskop akan terlihat sebagian besar umbi tersusun oleh sel-sel glukomannan. Sel-sel glukomannan berukuran 0.5-2 mm, lebih besar 10-20 kali dari sel pati, satu sel glukomannan terdiri dari satu butir glukomannan (Cao *et al.*, 2012; Wang, 2014). Dalam umbi iles-iles terdapat kandungan glukomannan yang bervariasi tergantung kepada spesiesnya yaitu dengan kisaran antara 5 – 65% (Ohtsuki, 1968). Senyawa glukomannan yang merupakan polimer dari D-mannosa dan D-glukosa mempunyai sifat yang khas yang tidak dipunyai oleh senyawa sejenis seperti pati dan selulosa, sehingga senyawa ini banyak dimanfaatkan dalam berbagai industri strategis.

Di Indonesia tanaman ini belum banyak dibudidayakan dan hanya tumbuh secara liar di hutan-hutan, di bawah rumpun bambu, sepanjang tepi sungai dan di lereng-lereng gunung. Adapun jenis iles-iles yang banyak tumbuh di Indonesia diantaranya adalah iles-iles kuning (*Amorphophallus oncophyllus Prain*) yang mempunyai kandungan glukomannan tinggi yaitu sekitar 55 persen.

Sejak lama Indonesia mengekspor produk iles-iles dengan negara tujuan Jepang, Taiwan, China, Singapura, Korea Selatan dan Amerika Serikat. Hanya sayang produk iles-iles yang diekspor tersebut sebagaian besar merupakan produk yang masih berupa bahan mentah sehingga nilai ekonomisnya masih rendah.

Padahal produk turunan glukomannan tersebut dapat digunakan sebagai pengganti selulosa di dalam industri *chip* komputer, telepon seluler dan televisi, sehingga pada produk berbagai komputer, telepon seluler dan televisi produk China, Korea Selatan dan Jepang yang membanjiri Indonesia ada berbagai komponennya yang berbahan baku iles-iles/glukomannan dari Indonesia. Bila Indonesia mengembangkan sendiri industri hilir iles-iles/glukomannan tersebut, maka maka akan mendapatkan nilai jual yang jauh lebih tinggi.

Oleh karena itu, perlu pengembangan agroindustri hilir diversifikasi produk olahan iles-iles, Produk unggulan kita tidak hanya komoditas bahan mentah, namun juga terdiversifikasi berupa *intermediate goods* atau bahkan *final goods*, sehingga menciptakan nilai tambah yang dapat dinikmati oleh Indonesia.

GLUKOMANNAN PRODUK UTAMA ILES-ILES

Kandungan glukomanan pada umbi iles-iles

Kandungan glukomannan umbi iles-iles bervariasi tergantung spesiesnya, yaitu 5 – 65%. Iles-iles yang tumbuh di Indonesia yang mempunyai kandungan glukomannan tinggi, yaituiles-iles kuning (*Amorphophallus oncophyllus Prain*) sekitar 55%, sedangkan jenis lain adalah iles-iles putih (*Amorphophallus variabilis Blume*) dengan kandungan glukomannan sekitar 44%. Iles-iles yang tumbuh di Jepang *Amorphophallus konjac* mempunyai kandungan glukomannan sebesar 64% (Ohtsuki, 1968; Wang, 2014).

Ohtsuki (1968) dan Wang (2014) menyatakan bahwa karbohidrat umbi iles-iles terdiri atas pati, glukomannan, serat kasar, gula bebas serta poliosa lainnya. Komponen lain yang terdapat di dalam umbi iles-iles adalah kalsium oksalat. Adanya kristal kalsium oksalat yang menyebabkan umbi terasa gatal. Komposisi kimia umbi beberapa jenis *Amorphophallus* (Tabel 1).

Struktur kimia glukomannan

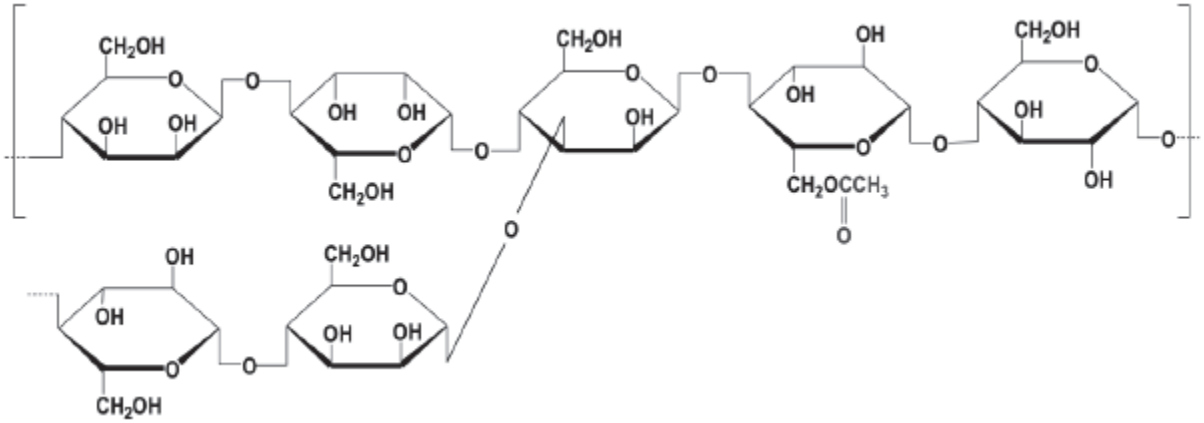
Menurut Watanabe, Kato & Matsuda (1970), Wang (2014) serta Jin *et al*. (2015) glukomannan merupakan polisakarida hidrokoloid yang tersusun oleh satuan-satuan D-glukosa dan D-mannosa, dengan bentuk ikatan yang menyusun polimer glukomannan adalah ikatan β 1,4 glikosida dan β 1,6 glikosida. Hal tersebut berdasarkan kepada :

Tabel 1. Komposisi kimia umbi kering beberapa jenis *Amorphophallus*
Table 1. Chemical composition of 5 types of Amorphophallus

Jenis	Glukomannan	Pati	Poliosa lain	Serat kasar	Gula bebas
	%				
Amorphophallus campanulatus	0	77	14,2	8,5	0
Amorphophallus variablillis	44	27	0	6	9
Amorphophallus oncophyllus	55	2	14	8	0
Amorphophallus bulbifer	5,5	70	13	10	0
Amorphophallus konjac	64	10,6	5,0	5	0

Sumber : Ohtsuki (1968)
Source: Ohtsuki (1968)

(1) hasil analisa hidrolisa asetolisis dari glukomannan dihasilkan suatu trisakarida yang tersusun oleh dua D-mannosa dan satu D-glukosa, oleh karena itu dalam satu molekul glukomannan terdapat D-mannosa sejumlah 67 persen dan D-glukosa sejumlah 33 persen; (2) hasil analisa dengan cara metilasi menghasilkan 2,3,4-trimetilmannosa, 2,3,6-trimetilmannosa dan 2,3,4-trimetilglukosa, sehingga bentuk ikatan yang menyusun polimer glukomannan adalah adalah ikatan β 1,4 glikosida dan β 1,6 glikosida. Senyawa glukomannan mempunyai berat molekul antara 200 kilodalton – 2.000 kilodalton, merupakan berat molekul tertinggi diantara senyawa serat bergizi lainnya.



Gambar 1. Struktur kimia glukomannan

Sumber : Jin *et al*. (2015)

Figure 1. Chemical structure of glucomannan

Source: Jin et al. (2015)

Karakteristik glukomannan

Senyawa glukomannan mempunyai sifat-sifat diantara selulosa dengan galaktomannan, yaitu dapat mengkristal dan dapat membentuk struktur serat-serat yang halus. Keadaan ini mengakibatkan glukomannan mempunyai manfaat yang lebih luas dan menarik daripada selulosa maupun galaktomannan (Watanabe, Kato& Matsuda, 1970; Jin *et al.*, 2015). Wang (2014) menyatakan bahwa karakteristik glukomannan adalah sebagai berikut :

- Sifat larut dalam air. Berbeda dengan pati dan selulosa, glukomannan dapat larut dalam air dingin dengan membentuk massa yang kental, dan bila massa yang kental tersebut dipanaskan sampai menjadi massa seperti gelatin, maka glukomannan tidak dapat larut kembali di dalam air. Larutan glukomannan dalam air mempunyai sifat merekat, tetapi bila ditambahkan asam asetat atau asam lainnya, maka sifat merekat tersebut akan hilang sama sekali.
- Sifat membentuk gel. Senyawa glukomannan dalam air dapat membentuk larutan yang sangat kental, selanjutnya dengan penambahan air kapur glukomannan dapat membentuk gel. Gel yang terbentuk mempunyai sifat yang khas dan tidak mudah rusak.
- Sifat merekat. Senyawa glukomannan dalam air mempunyai sifat merekat yang kuat. Adapun dengan penambahan asam asetat sifat merekat tersebut akan hilang.
- Sifat mengembang. Senyawa glukomannan juga mempunyai sifat yang istimewa yaitu dalam air mempunyai sifat mengembang yang besar, dengan daya kembang mencapai 138-200%.yang terjadi secara cepat, bandingkan dengan pati yang hanya dapat mengembang 25%. Larutan glukomannan 2% di dalam air dapat membentuk mucilage (lendir) dengan kekentalan yang setara dengan larutan gum arab 4%. Larutan glukomannan yang sangat encer (0.0025%) dapat menggumpalkan suatu suspensi koloid.
- Sifat tembus pandang. Larutan glukomannan dapat membentuk lapisan tipis (film) yang mempunyai sifat tembus pandang yang plastis, kuat serta dapat melarut kembali bila dilarutkan dalam air. Disamping itu film yang terbentuk dapat larut dalam asam lambung dan cairan usus. Jika film dari tepung glukomannan dibuat dengan penambahan NaOH atau gliserin maka akan menghasilkan film yang kedap air.

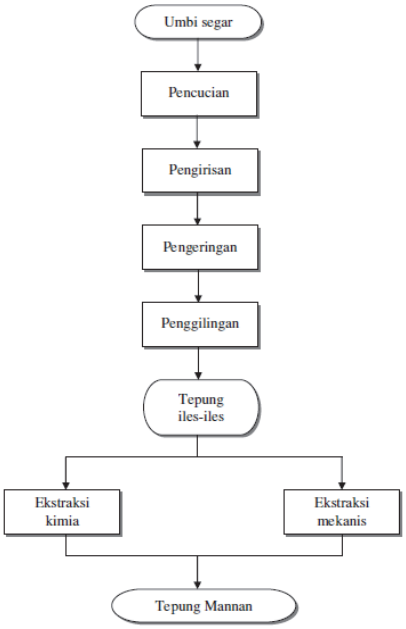
PROSES PEMBUATAN TEPUNG GLUKOMANNAN

Pada saat penen iles-iles, setelah dicabut, umbi iles-iles yang diperoleh dibersihkan dari kotoran dan disimpan dalam ruangan yang berventilasi baik. Pada bulan pertama jika umbi iles-iles disimpan pada suhu ruang (sekitar 27°C) akan kehilangan berat sekitar 25 persen, bila disimpan pada suhu 10°C dapat tahan berbulan-bulan.Sedangkan bila disimpan pada suhu -5°C akan mengalami germinasi.Kadar air umbi iles-iles relatif tinggi, yaitu antara 70 – 80%, sehingga rentan rusak oleh aktifitas enzim selama penyimpanan. Penyimpanan umbi segar selama 2 hari akan mengakibatkan penurunan viskositas larutan glukomannan sampai seperlima bagian. Oleh karena itu, penyimpanan umbi iles-iles sebaiknya tidak dalam bentuk umbi segar,tetapi dalam bentuk produk kering (kripik ataupun tepung). Demikian juga pengolahan umbi segar menjadi produk kering harus dilakukan secepat mungkin setelah umbi tersebut dipanen (Murtinah, 1977).

Untuk membuat tepung glukomannan dari umbi segar ataupun kripik iles-iles dikenal dua cara, yaitu cara mekanis dan cara kimia. Pada cara mekanis terdapat tiga cara yaitu : (1) penggerusan dengan peniupan; (2) penggerusan dengan pengayakan; dan (3) pengerusan dengan penyosohan. Melalui cara tersebut akan diperoleh rendemen sekitar 74%. Adapun pada cara kimia telah dikenal banyak cara, tetapi yang termudah adalah pengkristalan kembali dengan etanol 95% dengan rendemen yang diperoleh sekitar 80% (Murtinah, 1977).

Persiapan bahan untuk ekstraksi mekanis maupun ektraksi kimia dari umbi kering adalah dengan membuat umbi iles-iles menjadi keripik kering, yaitu dengan cara sebagai berikut :

- Umbi terlebih dahulu dibersihkan dan dicuci serta dikupas, kemudian dilakukan penjemuran di panas matahari dengan maksud mengurangi kadar air untuk memudahkan pengirisan umbi dan supaya kepingan-kepingan hasil irisan tidak saling melekat. Setelah umbi agak kering, dilakukan pengirisan dengan tebal irisan ± 3 mm. Selanjutnya irisan-irisan umbi dijemur dibawah sinar matahari dari pagi hingga sore, irisan umbi yang kering diperoleh setelah dijemur selama 2 hari. Sebelum digiling, kripik tersebut harus disimpan dalam kantung yang kedap air.



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan tepung glukomannan. (Sumber : Murtinah (1977)

Figure 2. The flowchart of gloucomannan powder production (Source: Murtinah 1977)

Pembuatan secara mekanis

Pada cara mekanis, kripik dijadikan tepung terlebih dahulu, kemudian baru dilakukan pemisahan berdasarkan bobot jenis dan ukuran molekul. Mannan merupakan polisakarida yang mempunyai bobot jenis dan ukuran molekul terbesar dan bertekstur lebih keras bila dibandingkan dengan molekul-molekul komponen tepung iles-iles lainnya. Karena bobot jenis molekul mannan lebih besar, maka dengan cara penghembusan (peniupan) mannan akan jatuh terdekat dengan pusat "blower", sedangkan komponen komponen tepung lainnya (dinding sel, garam kalsium oksalat dan pati) akan jatuh lebih jauh.

Pengayakan menggunakan saringan dengan ukuran 2 mm. Bagian yang halus akan turun melalui ayakan, sedangkan tepung mannan yang mempunyai berat yang lebih besar akan tinggal diayakan. Demikian juga karena mannan mempunyai ukuran molekul lebih besar dan keras, dengan cara penyosohan oleh mesin "polisher" yang diperlengkapi dengan ayakan dan penghisap (ukuran lubang ayakan 0.5 – 0.8 mm) akan mengakibatkan fraksi kecil (dinding sel, garam kalsium oksalat dan pati) terhisap oleh penghisap, sedangkan mannan (fraksi besar) akan terkumpul tepat di bawah ayakan.

Pembuatan secara kimia dari umbi kering

Kripik iles-iles digiling menjadi tepung, selanjutnya tepung yang telah diketahui beratnya dimasukkan sedikit demi sedikit ke dalam wadah yang berisi air destilata sambil diaduk-aduk. Jumlah air yang digunakan sebanyak 30 mililiter untuk setiap g tepung iles-iles. Proses pencampuran dilakukan pada suhu 45ºC selama dua jam dengan pengadukan tetap.

Campuran yang terbentuk disentrifuse pada kecepatan 3000 rpm selama 5 menit kemudian disaring untuk mendapatkan filtratnya. Ke dalam filtrat ditambahkan etanol 95% sebanyak 13 ml per g tepung iles-iles sedikit demi sedikit sambil diaduk-aduk. Larutan dibiarkan sampai terjadi pemisahan antara air dan endapan glukomannan. Glukomannan yang mengendap dipisahkan dengan cara penyaringan dengan kain saring. Selanjutnya endapan glukomannan dicuci dengan etanol dan dikeringkan dalam oven pada suhu 40ºC selama dua malam. Glukomannan yang telah kering digiling dan diayak dengan ayakan 40 mesh.

Pembuatan secara kimia dari umbi segar

Persiapan bahan untuk ekstraksi ini dilakukan dengan mencuci umbi iles-iles segar sampai bersih kemudian dikupas dan diiris kecil-kecil. Irisan umbi ditimbang, selanjutnya dihancurkan dengan menggunakan warring blender. Perlakuan yang diterapkan sama seperti pada ekstraksi glukomannan dari umbi kering, tetapi jumlah air dan etanol yang digunakan dihitung sesuai dengan kadar air umbi iles-iles yang digunakan. Kadar air umbi iles-iles segar rata-rata 81.5% dan kadar air tepung ilesiles rata-rata 10.2%, sehingga jumlah air untuk proses pencampuran sebanyak 6 ml per g umbi segar, adapun untuk proses pengendapan digunakan etanol 95% sebanyak 3 ml per g umbi iles-iles segar.

DIVERSIFIKASI PRODUK GLUKOMANNAN

Berdasarkan karakteristik senyawa glukomannan seperti tersebut di atas, maka glukomannan mempunyai multifungsi sebagai bahan baku dalam berbagai macam industri yaitu :

Industri makanan, minuman dan suplemen kesehatan

Pada industri minuman, tepung glukomannan dapat digunakan sebagai zat stabilizer (agar tidak terbentuk endapan) untuk jus buah dan minuman dari susu atau pengental (gelling agent) pada es krim, selai dan minuman jeli (SCF, 1997; Imeson, 2010). Tepung glukomannan dapat dibuat makanan seperti di Jepang yaitu konjaku dan shirataki yang dibuat sebagai berikut (Konjacfoods, 2016) :

- Tepung glukomannan dicampur dengan air dengan perbandingan 3 g tepung dengan 100 ml air, kemudian diaduk selama 2 jam.
- Selama proses pengadukan pada campuran ditambahkan air kapur

(kalsium hidroksida atau kalsium oksida) hingga pH mencapai 9-10.

- Setelah campuran mengental dan mengeras dicetak menggunakan cetakan segi empat untuk membuat konjaku.
- Atau dicetak dengan menggunakan cetakan bihun untuk membuat shirataki.
- Konjaku atau shirataki direbus dalam air mendidih selama 3 menit.
- Konjaku atau shirataki siap menjadi bahan makanan.

Konjaku merupakan sejenis jeli yang kaya akan serat, dalam masakan Jepang konjaku muncul dalam hidangan seperti Oden. Adapun shirataki adalah mie tipis transparan yang merupakan salah satu bahan untuk pembuatan makanan khas Jepang yaitu "Sukiyaki" yang sudah populer di berbagai negara. Konjaku merupakan makanan sehat yang tidak mengandung lemak, kaya akan serat dan mineral, serta rendah kalori mengingat dalam 100 g glukomannan hanya mengandung 3 Kkal. Beberapa penelitian mendapatkan bahwa konjaku bermanfaat dalam menormalisasi level kolesterol, mencegah tekanan darah tinggi, dan menormalisasi kadar gula dalam darah sehingga dapat mencegah diabetes. Untuk orang yang mengalami obesitas, dapat berperan sebagai *dietary fiber*, sehingga konjaku cocok sebagai makanan dalam diet (Jin *et al.*, 2015; Shah *et al.*, 2015).

A **B**

Gambar 3. A. Konjaku dan B. Shirataki Sumber : Jin *et al*. (2015)
Figure 3. A. Konjaku and B Shirataki. Source: Jin et al. (2015)

Chen *et al.* (2003) dan Wang (2014) menyatakan bahwa glukomanan juga memiliki manfaat dalam perawatan sembelit anak-anak, dan apabila glukomanan dikombinasi dengan sterol tanaman maka dapat memperbaiki konsentrasi plasma kolesterol LDL, begitupun makanan yang tinggi kandungan glukomanannya dapat memperbaiki kontrol glikemik dan profil lemak dalam tubuh. Sood *et al.* (2008) melaporkan bahwa senyawa glukomannan dapat dimanfaatkan untuk mencegah penyakit kanker usus dan hiperlipidemia (kelebihan lemak dalam darah). Oleh karena itu, saat ini banyak makanan suplemen berbahan baku glukomannan untuk meningkatkan kesehatan tubuh (Gambar 4).

Berdasarkan sifat-sifat glukomannan, maka potensi glukomannan pada pengembangan produk pangan sangat luas. Di bidang bakery glukomanan dapat diaplikasikan pada pembuatan roti dan pasta. Pada pembuatan roti, glukomannan berfungsi sebagai pengembang adonan. Sedangkan pada pembuatan pasta, glukomannan dapat berfungsi sebagai pengontrol kelembaban. Kedua hal tersebut memungkinkan sebab glukomannan mempunyai kemampuan mengikat air, berikut glukomannan dalam air mempunyai sifat mengembang yang besar (SCF, 1997; Yuliati, 2006; Imeson, 2010).

Glukomannan juga dapat diaplikasikan pada pembuatan selai rendah kalori sebagai *gelling* dan *thickening agent*. Saat ini, produk

olahan daging yang telah menggunakan glukomannan adalah sosis dan bakso, pada produk tersebut glukomannan berfungsi sebagai pengisi dan pengikat (Zuhriatika, 2015; Sari & Widjarnako, 2015).

Gambar 4. Suplemen glukomannan berupa pasta dan kapsul Sumber : Jin *et al.* (2015)
Figure 4. Glucomannan as supplement in pasta and capsules. (Source: Jin et al. (2015)

Industri film coating, edible coating serta kantong plastik

Sifat film former dari glukomannan dapat digunakan untuk teknologi film coating dalam pembuatan dragee akan mempunyai prospek yang sangat cerah. *Film former* yang selama ini biasa digunakan adalah yang larut dalam pelarut organik yang mudah menguap, sehingga sewaktu pelapisan akan mudah terhirup oleh para pekerja, sedangkan glukomannan adalah *film former* yang larut dalam air, sehingga pemakaiannya lebih aman dan lebih digemari, seperti dalam pengerjaan pelapisan isolasi listrik pada komponen elektronik.

Karakteristik film ini dapat dipergunakan sebagai *edible coating* untuk buah-buahan, yaitu penggunaan kombinasi glukomannan dan tepung maizena untuk melapisi buah-buahan dengan lapisan yang tipis, kuat dan kontinyu. Edible coating pada buah-buahan berfungsi untuk : (a) sebagai *barrier* terhadap uap air, gas O2 dan CO2, sehingga akan menghambat pencoklatan pada buah; (b) menghambat susut berat buah; (c) mencegah kerusakan akibat penanganan mekanis; (c) membantu mempertahankan senyawa volatile aroma buah; (d) sebagai *carrier* zat additif seperti zat antimikrobial dan zat antioksidan. Sehingga hal tersebut dapat menghambat pembusukan dan meningkatkan umur simpan, dan buah-buahan menjadi lebih higienis. Disamping itu, glukomannan dapat dicampur dengan berbagai jenis hidrokoloid makanan,seperti kitosan, metilselulosa, natrium karboksimetil selulosa dan gelatin untuk membentuk *edible coating* sebagai pembungkus makanan ringan (Wang, 2014; Jin *et al*., 2015).

Raharjo, Dewi & Haryani (2012) dalam penelitiannya membuat plastik tipis *edible film* dengan bahan baku tepung glukomannan dan larutan sorbitol sebagai *plasticizer* dengan kombinasi 4 g tepung glukomannan dan 3 ml sorbitol mendapatkan karakteristik mekanis (Tabel 2).

Tabel 2. Sifat mekanis plastik *edible film* glukomannan dan plastik konvensional
Table 2. Mechanical characteristics of gluocomannan edible film and conventional

Parameter sifat mekanis	Plastik *edible film* glukomannan (Raharjo, *et al*. 2012)	Spesifikasi plastik konvensional (Klein, 2012)
Modulus Young (Mpa)	129,88	>100
Kuat tarik (Mpa)	6,77	19-39
Pemanjangan (%)	8,89	17

Tabel 2 menunjukkan bahwa plastik *edible film* berpeluang sebagai bahan kantong plastik (keresek) dengan meningkatkan nilai kuat tarik dan pemanjangan dengan cara

penambahan konsentrasi plasticizer sorbitol hingga mencapai nilai yang disyaratkan seperti pada plastik konvensional (Klein, 2012). Hasil penelitian Pradipta & Mawarani (2012) mendapatkan bahwa plastik edible film berbahan baku glukomannan dapat terdegradasi biologis dalam waktu 9 hari. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, maka plastik berbahan baku glukomannan diharapkan dapat terdegradasi secara biologis dalam waktu yang tak jauh berbeda dari edible film. Sehingga apabila dikembangkan lebih lanjut senyawa glukomannan mempunyai potensi yang baik sebagai bahan baku plastik *biodegradable* yang ramah lingkungan untuk menggantikan plastik konvensional yang keberadaan limbahnya selama ini sudah cukup merusak lingkungan. Selain itu senyawa glukomannan mempunyai keunggulan tersendiri yaitu dihasilkan dari sumber yang renewable dibanding plastik konvensional yang terbuat dari bahan turunan minyak bumi yang tak terbarukan.

Industri farmasi

Pada industri farmasi, senyawa glukomannan biasa dimanfaatkan sebagai bahan pengikat dalam pembuatan tablet. Pada pembuatan tablet dibutuhkan suatu bahan pengisi yang dapat memecah tablet di dalam lambung, yang biasanya digunakan adalah pati atau agar-agar yang mempunyai sifat mengembang di dalam air. Tetapi karena glukomannan mempunyai sifat pengembangan yang lebih besar (sampai 200%) dibanding pati, maka pemakaian glukomannan dalam pembuatan tablet akan memberikan hasil yang lebih memuaskan, karena selain berfungsi sebagai pengikat juga berfungsi sebagai penghancur tablet mengingat kelarutannya yang tinggi dalam asam lambung (Jin *et al*., 2014; Wang, 2015).

Industri pertambangan dan penjernih air

Sifat larutan glukomannan encer yang dapat menggumpalkan suatu suspensi koloid dapat digunakan di dalam industri pertambangan mineral, yaitu sebagai pengikat mineral yang tersuspensi secara koloidal pada hasil awal penambangan. Begitupun sifat tersebut dapat juga digunakan di dalam proses penjernihan air minum yang berasal dari sungai, yaitu dengan cara mengendapkan lumpur yang tersuspensi dalam air sungai (Jin *et al*., 2014; Wang, 2015).

Industri perekat

Berdasarkan sifat merekat dari pastanya, tepung glukomannan lebih baik jika dibandingkan dengan bahan perekat lainnya. Pada suhu yang rendah daya rekatnya tidak hilang sehingga banyak digunakan dalam industri perekat kertas (Jin *et al*., 2014; Wang, 2015).

Industri bahan kedap air

Karena sifat film dari glukomannan, yang dengan penambahan NaOH atau gliserin menghasilkan film yang kedap air, maka glukomannan dapat digunakan sebagai bahan baku dalam industri pembuatan alat-alat yang kedap air misalnya pembuatan tenda terpal, jas hujan, payung, topi, sepatu, karung dan sejenisnya (Jin *et al.*, 2014).

Industri cat

Sifat glukomannan dalam pembentukan film yang larut ataupun tidak larut kembali bila dilarutkan dalam air, dapat digunakan sebagai bahan cat yang larut dalam air, tetapi bila dioleskan pada dinding timbul sifat tidak melarut kembali. Sehingga dalam industri cat, larutan glukomannan dapat digunakan untuk meningkatkan daya rekat cat pada tembok, juga untuk mencegah kelunturan bila dioleskan di dinding terutama jika ditambah dengan senyawa alkali, sehingga cat tersebut apabila dipergunakan sebagai cat exterior akan tahan terhadap terpaan panas sinar matahari (Jin *et al.*, 2014; Wang, 2015).

Media pertumbuhan mikroba dan kultur jaringan

Sifat mannan yang mirip dengan agar-agar dapat digunakan di dalam bidang mikrobiologi sebagai media pertumbuhan mikroba, maupun sebagai media pertumbuhan tanaman pada industri kultur jaringan. Khusus untuk media kultur jaringan, dengan daya serap air yang tinggi, maka akan sangat menguntungkan dalam penghantaran jarak jauh produk kultur jaringan,

dimana kesegaran produk dapat tetap terjaga (Jin *et al.*, 2014; Wang, 2015).

Industri tekstil dan kertas

Sifat tidak melarut kembali yang dimiliki oleh glukomannan juga digunakan di dalam industri tekstil, yaitu untuk pencetakan, memperkuat tenunan, pengkilapan dan tahan air. Sedangkan di dalam industri kertas, glukomannan digunakan sebagai pembuat kertas tipis, lemas, kuat dan tahan air (Jin *et al.*, 2014; Wang, 2015).

Industri absorbent

Adapun sifat glukomannan yang berkemampuan tinggi dalam menyerap air dapat dipergunakan dalam industri absorbent, seperti popok dan pembalut wanita serta jenis absorbent lainnya. Selama ini produk penyerap tersebut terbuat dari bahan polimer asam akrilat yang merupakan turunan dari minyak bumi yang sulit terdegradasi secara biologis sehingga limbahnya dapat mencemari lingkungan. Adapun penggunaan glukomannan sebagai bahan baku absorbent pada popok dan pembalut wanita mempunyai beberapa keuntungan yaitu (a) limbahnya ramah lingkungan karena dapat didegradasi secara biologis terutama oleh mikroba penghasil enzim selulase atau -glukosidase; (b) kesinambungan pengadaannya terjamin karena berbahan baku tumbuh-tumbuhan, suatu sumberdaya alam yang dapat diperbarui, sangat berbeda dengan asam akrilat yang bersumber dari minyak bumi yang keberadaannya semakin menipis dan tidak dapat diperbarui.; (c) harga lebih murah, tidak seperti asam akrilat yang harganya tergantung kepada harga minyak bumi (Zhang *et al.*, 2005; Imeson, 2010).

Pengganti selulosa

Sifat glukomannan yang mirip dengan selulosa dapat digunakan sebagai pengganti selulosa di dalam industri pembuatan pita seluloid, negatif film, bahan toilet dan kosmetika (Jin *et al.*, 2014; Wang, 2015).

PENUTUP

Berdasarkan beragam potensi diversifikasi pemanfaatan senyawa glukomannan dalam berbagai industri, maka pengembangan industri hilirnya dengan produk yang bernilai ekonomi tinggi harus segera dilakukan. Mengingat selama ini produk iles-iles yang diekspor ke negara Jepang, Taiwan, Singapura. Korea Selatan, China dan Amerika Serikat, pada umumnya sebagian besar berupa keripik umbi iles-iles dan sebagain kecil berupa tepung glukomannan. Dengan pengembangan industri hilir iles-iles/glukomannan, maka Indonesia dapat mengekspor produk turunan glukomannan yang bernilai jual lebih tinggi, dan Indonesia juga dapat mengurangi impor berbagai bahan untuk industri-industri tersebut diatas, sehingga terjadi penghematan sekaligus penambahan devisa negara yang berdampak positif pada perkembangan perekonomian Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

Cao, W., X. Mei, L.V. Wenping, Q. Pei, G.Y. Yuan & L.I.P. Sheng. 2012. Study on rheological behavior of konjac glucomannan. Physics Procedia, 33: 25-30.

Chen, H.L., W.H.H. Sheu, T. Sung-Tai, Y.P. Liaw & Y.C. Chen. 2003. Konjac supplement alleviated hypercholesterolemia and hyperglycemia in type 2 diabetic subjects—A randomized double-blind trial. Journal of the American of Nutrition, 22: 36-42.

Imeson, A. 2010. Food Stabilisers, Thickeners and Gelling Agent. West Sussex, UK : Wiley Blackwell.

Jin, W., T. Mei, Y. Wang, W. Xu, J. Li, B. Zhou, B., & B. Li. 2014. Synergistic degradation of konjac glucomannan by alkaline and thermal method.Carbohydrate Polymers, 99: 270-277.

Jin, W., Y. Jiang, B. Li & Q. Huang. 2015. Konjac Glucomannan : A Promosing Functional Food Ingredient. Beijing, China : College of Food Science and Technology, Huazhong Agricultural University.

Klein, R. 2011. Laser Welding Plastics. New York, USA : Wiley-VCH Verlag GmbH

Konjacfoods. 2016. How to make konjac foods (shirataki noodles or konyaku) myself. http://www.konjacfoods.com/konjac.htm. (Diakses 1 November 2016)

Li, J., Y. Wang, W. Jin, B. Zhou & B. Li. 2014. Application of micronized konjac gel for fatanalogue in mayonnaise. Food Hydrocolloids, 35: 375-382.

Murtinah, S. 1977. Pembuatan Kripik dan Isolasi Glukomannan dari Umbi Iles-Iles. Semarang : Balai Penelitian Kimia Semarang.

Ohtsuki, T. 1968. Studies on reverse carbohydrate of flour Amorphophallus sp with special reference to mannan. Botanical Magazine, 81: 119–126.

Pradipta, I.M.D. & L.J. Mawarani 2012. Pembentukan dan Karakterisasi Polimer Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Glukomannan Umbi Porang. Surabaya : Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi 10 November Surabaya.

Raharjo, B.A., N.W.S. Dewi & K. Haryani. 2012. Pemanfaatan tepung glukomannan dari umbi iles-iles (Amorphophallus oncophyllus) sebagai bahan baku pembuatan *edible film*. Jurnal Teknologi Kimia dan Indstri, 1(1): 401–411.

Sari, D. & S.B. Widjarnako. 2015. Karakteristik kimia bakso sapi, kajian proporsi tepung tapioka dan tepung glukomannan. Jurnal Pangan dan Industri, 3(3): 784-792.

SCF. 1997. Opinion of The Safety in Use of Konjac Glucomannan as a Food Additive. Roma, Italia : Scientific Committe for Food, Eropean Commision

Shah, B. R., B. Li, L. Wang, S. Liu, Y. Li, X. Wei, J. Weiping & L. Zhenshun. 2015. Health benefits of konjac glucomannan with special focus on diabetes. Bioactive Carbohydrates and DietaryFibre, 5(2): 179-187.

Sood, N., W.L. Baker & C.I. 2008. Colemen. Effect of glucomannan on plasma lipid and glucose concentrations, body weight, and blood pressure: systematic review and meta-analysis. American Journal of Clinical Nutrition, 88:1167-1175.

Wang, W. 2014. Introduction to Konjac. Fuzhou City, China : Andi Jhonson Konjac Company Ltd.

Watanabe, K., K. Kato & K. Matsuda. 1970. Studies on chemical structure of konjac mannan. Agric. Biol. Chem., 34: 532-539

Yuliati, E. 2006. Kajian Penggunaan Glukomannan pada Pembuatan Adonan Roti Tawar Beku. (Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian, Unversitas Katolik Widya Mandala, Surabaya).

Zuhriatika, R. 2015. Potensi Glukomannan dalam Pengembangan Produk Pangan. Mataram : Fakultas Teknologi Pangan, Universitas Mataram.

PENGGEREK BUAH DAN CABANG PADA TANAMAN KOPI

BERRY BORER AND BLACK TWIG BORER ON COFFEE

Gusti Indriati, Khaerati dan Arlia Dwi Hapsari

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jl. Raya Pakuwon – Parungkuda km. 2 Sukabumi, 43357
Telp. (0266) 6542181, Faks. (0266) 6542087
gindriati@yahoo.co.id

ABSTRAK

Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae: Scolytina) dan *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytina) merupakan hama penggerek yang menyerang buah dan cabang pada tanaman kopi. Kedua serangga ini telah tersebar pada beberapa pertanaman kopi di Indonesia. Serangan *H. hampei* menyebabkan kerusakan biji kopi mencapai 25,2% - 32% dan *X. compactus* menyebabkan 25% pada pertanaman kopi di Lampung Barat, 68,8% pada kopi robusta di Uganda. Pengendalian hama terpadu (PHT) perlu diaplikasikan untuk mengendalikan kedua hama tersebut dan hingga saat ini pengendalian masih sulit karena perilaku serangga ini yang hidup di bagian jaringan tanaman kopi.

Kata kunci : kopi, *Hypothenemus hampei, Xylosandrus compactus*

ABSTRACT

Hypothenemus hampei *(Coleoptera: Curculionidae: Scolytina) and the black twig borer* Xylosandrus compactus *(Coleoptera: Curculionidae: Scolytina) are main pests on coffee plant, attacking the pod and twig. Both pests infested extensively in a number of coffee plantation in Indonesia. The attack level of* H. hampei *may reach up to 25,2% -- 32% and* X. compactus *caused 25% of damage in West Lampung , and 68% on robusta coffee in Uganda. Integrated pest management (IPM) is best applied to overcome the problem. Challengees are still found as the pests live in plant tissue.*

Keyword : Coffee, Hypothenemus hampei, Xylosandrus compactus

PENDAHULUAN

Tanaman kopi merupakan salah satu tanaman perkebunan yang potensial. Serangan penggerek pada tanaman kopi merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan produksi kopi. Beberapa penggerek yang dijumpai pada pertanaman kopi menyerang buah, cabang dan batang. Penggerek buah kopi (PBKo) *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytina) menyebabkan kerusakan buah kopi 25,2% - 32% (Swibawa & Sudarsono, 2011) dan kisaran kehilangan hasil 30-80% (Sulistyowati, 1992).

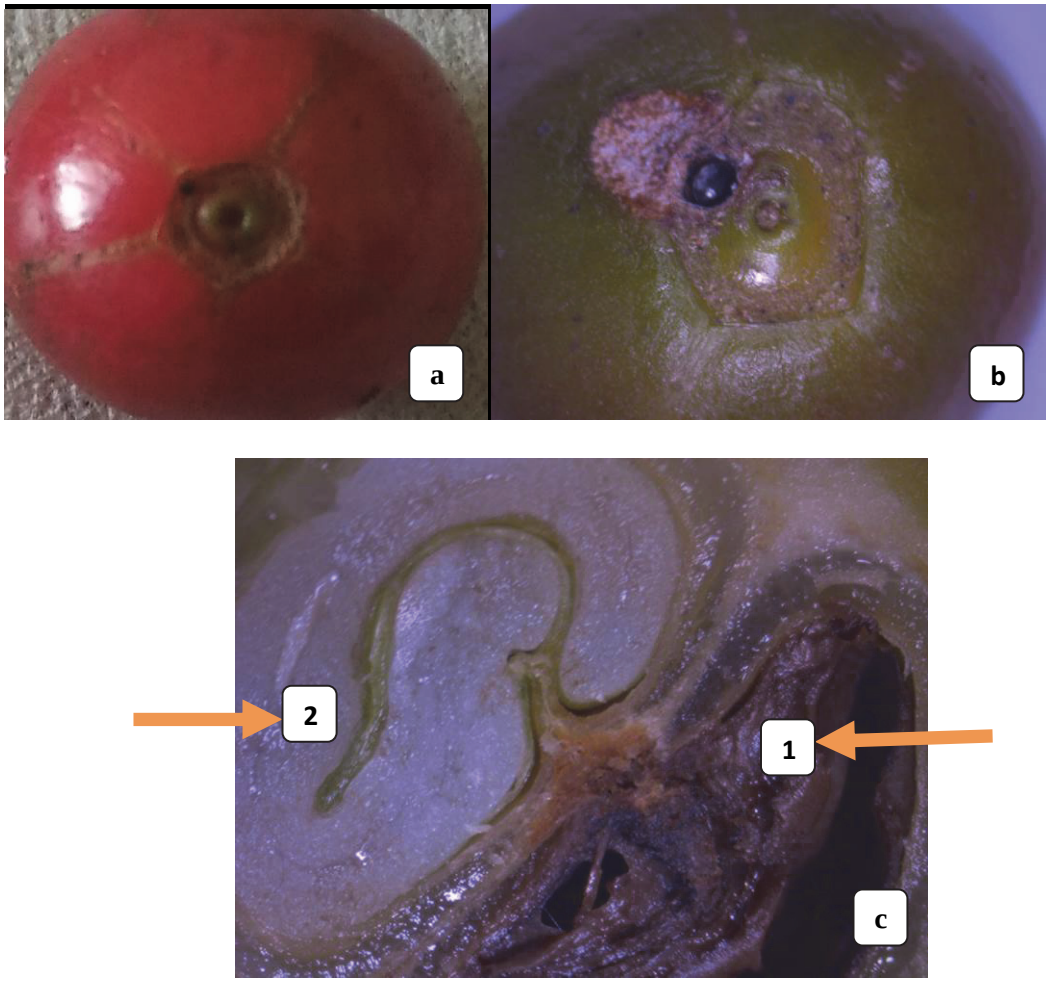
Penggerek cabang/ranting kopi *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) dikenal sebagai kumbang ambrosia, berasal dari Asia, merupakan salah satu hama yang menyerang tanaman kopi. Selain kopi dilaporkan serangga ini juga menyerang tanaman mahoni (*Sweitenia macrophylla*) di Peru (Delgado & Couturier, 2010), kakao di Uganda (Kagezi *et al*., 2014), alpukat, teh, leci, mangga. Daerah penyebaran *X. compactus* adalah Vietnam, India, Srilanka, Indonesia, Filipina, Madagaskar, Afrika Barat, Fiji, Kuba, dan Brazil (Greco dan Wright, 2015). Serangan mencapai 68,8% pada kopi robusta di Uganda (Kagezi *et al*, 2013), 25% pada pertanaman kopi di Lampung Barat (Rahayu, *et al*, 2006).

Keberadaan hama penggerek pada kopi sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang ada di alam, sehingga strategi pengendalian diarahkan melalui sistem pengendalian hama terpadu (PHT) yang memadukan antara komponen bahan tanam tahan, agens hayati, dan manajemen lingkungan. Selain itu, perlu pemahaman akan morfologi, biologi, siklus hidup hama penggerek ini agar dapat merancang strategi pengendalian yang cepat dan efektif.

PENGGEREK BUAH KOPI
Hypothenemus hampei
(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

Hama penggerek buah kopi (PBKo) *Hypothenemus hampei* merupakan salah satu hama utama tanaman kopi. Hama ini menyerang tidak hanya buah kopi yang sudah tua tapi juga buah yang masih muda. Buah kopi yang bijinya masih lunak umumnya tidak digunakan sebagai tempat berkembang biak tetapi hanya digerek untuk mendapatkan makanan sementara dan selanjutnya ditinggalkan lagi. Serangan *H. hampei* menyebabkan buah menjadi tidak berkembang, berubah warna menjadi kuning kemerahan dan akhirnya gugur.

Imago betina menyerang buah kopi dengan cara membuat lubang di sekitar diskus sekitar 8 minggu setelah pembungaan hingga panen (>32 minggu). *H. hampei* umumnya menyerang pada buah kopi yang bijinya (endosperm) telah mengeras/sudah cukup tua dan mengakibatkan buah kopi berlubang (Gambar 1b). Lubang gerekan berbentuk bulat dengan diameter 1 mm. Menurut Damon (2000), *H.* hampei menggerek biji kopi melalui eksokarp, mesokarp dan endokarp dalam kondisi optimal sekitar 8 jam, hingga akhirnya dapat makan dan bereproduksi di dalam endosperma.



Gambar 1. Buah kopi (a) tidak terserang *H. hampei*, (b) terserang *H. hampei*, (c) Penampang melintang biji kopi terserang *H.* hampei (1) dan tidak terserang *H. hampei* (2) (Sumber: Gusti Indriati)

Figure 1. Coppy berry (a) unattacked by H. hampei, *(b) attacked by* H. hampei, *(c) The cross view of coffee berry attacked by* H. hampei *(1) and unattacked by* H. hampei *(2) (Source: Gusti Indriati)*

Dampak kerusakan serangan *H. hampei* adalah menyebabkan jatuhnya buah muda dengan cepat, buah matang rentan terhadap infeksi jamur dan bakteri, dan penurunan hasil dan mutu kopi (Gambar 1c), sehingga mengurangi produksi/pendapatan petani.

Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam perkembangan dinamika populasi *H. hampei* erat kaitannya dengan faktor iklim (suhu,curah hujan dan kelembaban relatif), fisiologi kopi dan penaung. Isi bahan kering dari endosperm merupakan faktor penting yang menentukan serangan *H. hampei.* Biji dengan <20 % kandungan bahan kering cukup untuk pengembangan keturunan hama ini di dalam biji. Pertanaman kopi dengan penaung yang berlebihan (gelap) mendukung perkembangan *H. hampei*. Pada pertanaman dengan penaungan rapat, dilaporkan bahwa buah yang terinfestasi *H. hampei* 5 kali lebih banyak dan perkembangan *H. hampei* lebih cepat dibandingkan pertanaman dengan penaungan kurang (terbuka). Demikian juga pertanaman yang pembuahannya sepanjang tahun akan mendukung keberlanjutan pembiakan *H. hampei.* Suhu optimum untuk perkembangan *H. hampei* berkisar 25-26 °C sedangkan kelembaban optimum yang dibutuhkan berkisar antara 90-95% (Baker *et al*., 1994).

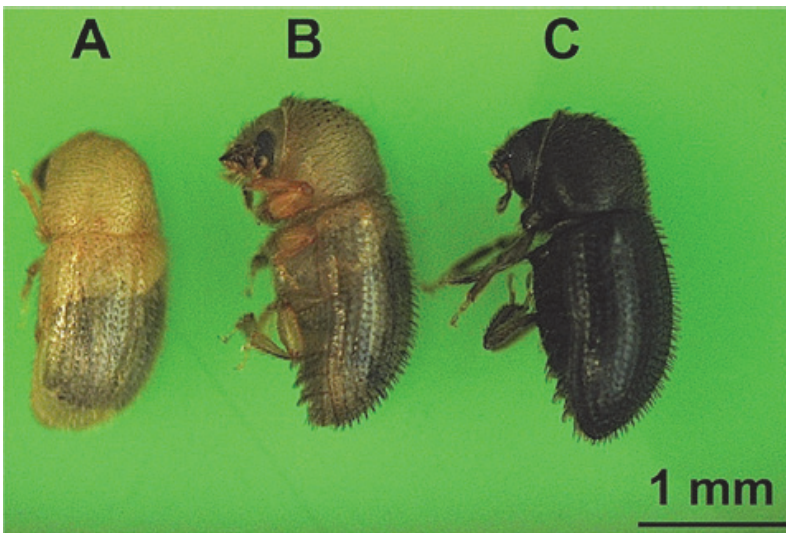
Penyebaran *H. hampei*Penggerek buah kopi, H. *hampei* (Ferrari) (*Coleoptera: Curculionidae*) pertama kali terdapat dalam biji kopi yang diperdagangkan di Perancis pada tahun 1867, namun sumber biji tidak diketahui (Waterhouse & Norris, 1989 dalam Damon, 2000), di Afrika hama ini pertama kali di laporkan di daerah Gabon pada tahun 1901 (Le Pelley, 1968 dalam Damon, 2000) dan Zaire pada tahun 1903 (Murphy & Moore, 1990), dan endemik di Afrika Tengah (Le Pelley, 1968 dalam Vega *et al.,* 2009). Di Indonesia, *H. hampei* pertama kali ditemukan tahun 1909 di perkebunan Lampegan, Jawa Barat yaitu menyerang tanaman kopi jenis Liberika. Penyebaran hama ini di Indonesia diduga melalui pemasukan kopi dari Uganda (Sulistyowati, 1992; Susilo, 2008). Serangga hama PBKo saat ini telah terdistribusi pada seluruh pertanaman kopi di dunia. Hawaii dan Papua Nugini yang sebelum tahun 2009 terbebas dari serangan PBKo saat ini telah terserang (Burbano *et al.,* 2010; Messing, 2012; Vega *et al.,* 2002).

Morfologi *H. hampei*

Serangga betina berukuran panjang 1,4 – 1,8 mm, berwarna hitam, memiliki sayap lengkap. Serangga jantan panjangnya 1,2 – 1,6 mm, memiliki sayap tidak lengkap sehingga tidak bisa terbang dan berada tetap di dalam lubang gerekan. Perkembangan imago betina (Gambar 2).

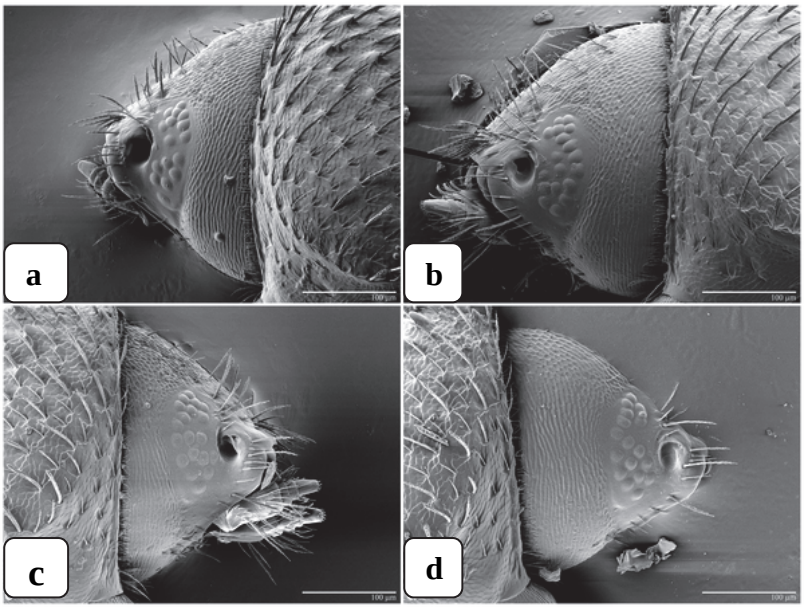
Pada umur 3-5 sayap imago betina belum berkembang secara sempurna sehingga imago betina belum dapat meninggalkan inangnya. Imago PBKo tidak termasuk serangga yang beradaptasi terbang jarak jauh untuk mencari inangnya, diperkirakan imago PBKo paling jauh 400 m di ruang terbuka.

Mata faset imago jantan mengalami evolusi, hal ini terkait dengan hidup dari imago jantan yang lahir di dalam buah kopi dan tidak pernah hidup di luar buah kopi. Mata faset imago jantan *H. hampei* (Gambar 3) lebih sedikit dibandingkan imago betina (Gambar 4) yaitu pada jantan 19,1 ± 4,1 sedangkan betina 127 ± 3,88 (Vega *et al.,* 2014).



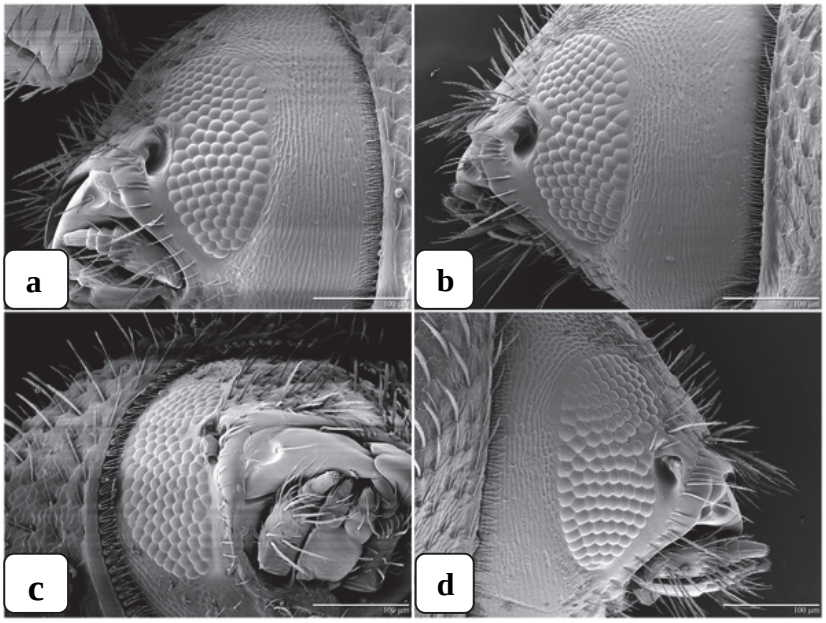
Gambar 2. Perkembangan imago betina *H. hampei* umur (A) 24 jam setelah keluar, (B) 3 hari, dan (C) 7,5 hari (Sumber: Silva, *et al*., 2014)

Figure 2. Development of female imago of H. hampei *at (A) 24 hours after hatching, (B) 3 days, and (C) 7.5 days (Source: Silva, et al., 2014)*



Gambar 3. Mata imago jantan *H. hampei*. Variasi jumlah mata faset bagian kiri [a=16; b=18] dan kanan [c=19; d=17]. (Sumber: Vega *et al.*, 2014)

Figure 3. Eyes of male imago of H. hampei. *Variety of left eyes facets [a=16; b=18] and right [c=19; d=17]. (Source: Vega et al., 2014)*



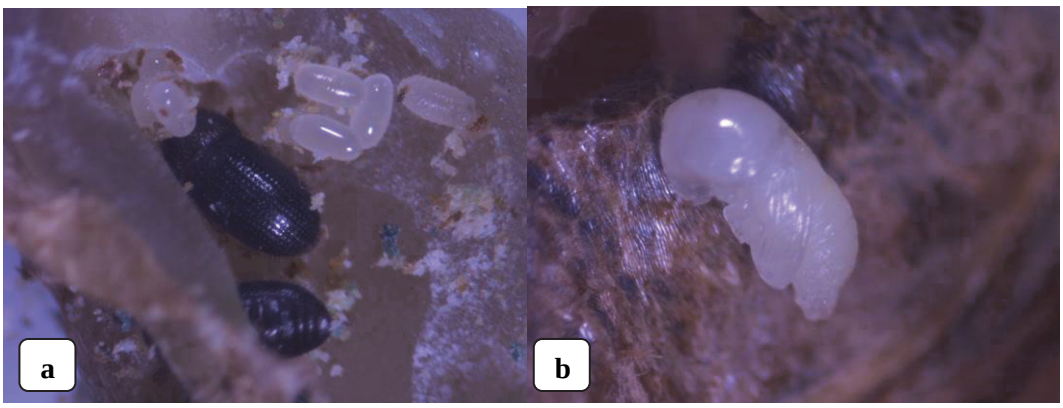
Gambar 4. Mata imago betina *H. hampei*. Variasi jumlah mata faset bagian kiri [a=124; b=128] dan kanan [c=131; d=124]. (Sumber: Vega *et al*., 2014)

Figure 4. Eyes of female imago of H. hampei. *Variety of left eyes facets [a=124; b=128] and right [c=131; d=124]. (Source: Vega et al., 2014*)

Biologi *H. hampei*

Tahapan *H. hampei* yaitu telur – larva – pupa - imago (Gambar 5). Siklus hidup *H. hampei* dari telur diletakkan sampai dewasa 24 – 49 hari tergantung cuaca terutama temperatur. Makin rendah temperatur dan makin tinggi tempat maka makin panjang siklus hidupnya. Seekor serangga betina mampu menghasilkan 35 – 50 butir telur. Larva yang menetas akan segera menggerek keping biji (endosperma) kopi yang telah mengeras dan berkembang sampai menjadi dewasa pada liang gerekan di dalam buah kopi. Stadium larva 10 – 21 hari, masa pre pupa 2 hari dan masa pupa 4 – 6 hari (Kalshoven, 1981). Lama hidup imago *H. hampei* bervariasi. Lama hidup imago betina 81-282 hari, rata-rata 131 hari sedangkan imago jantan 40-52 hari. Stadium kumbang mulai telur sampai imago ditemukan di dalam buah kopi dan dalam satu butir buah kopi ditemukan 1 – 19 kumbang, tapi didominasi oleh stadium telur, larva dan imago, pupa hanya sebagian kecil (Swibawa & Sudarsono, 2011). Ratio jantan dengan betina sekitar 1: 20. Untuk memproduksi telur, imago betina membutuhkan pakan dari endosperma buah kopi. Betina *H. hampei* meletakkan 1-3 telur per hari selama 20 hari. Makanan dari material/bahan tanaman juga diperlukan untuk sklerotisasi kutikula dan perkembangan sayap *H. hampei*. Akan tetapi dilaporkan juga bahwa imago *H. hampei* dapat tetap hidup tanpa ada makanan selama ± 11 hari. Satu buah kopi mengandung 60-300 telur (Jaramillo et al., 2009).

Telur berbentuk lonjong, berwarna putih susu , panjang 0,5 - 0,8 mm; lebar 0,25 – 0,35 mm. Larva berwarna putih krem dengan kepala berwarna coklat, terdiri dari dua instar. Bentuk tubuh bulat, berkaki dengan rambut-rambut yang jarang. Pupa berwarna putih kemudian setelah berkembang 10 hari akan menjadi kuning, panjang 1,2 – 1,7 mm (Baker, 2009).



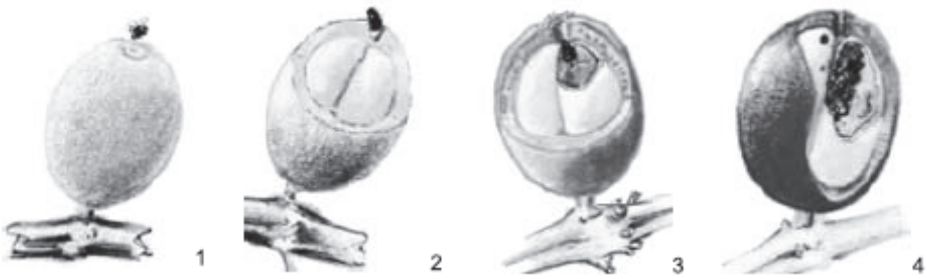
Gambar 5. Telur, larva, imago (a) dan (b) pupa *H. hampei* di dalam biji kopi yang terserang PBKo (Sumber: Gusti Indriati)

Figure 5. Eggs, larvae, imago (a) and (b) pupa of H. hampei *in coffee berry attacked by coffee and black t wig borer (Source: Gusti Indriati)*

Perkawinan terjadi di dalam lubang gerekan, satu individu jantan dapat membuahi lebih 12 betina. Hama PBKo menyerang buah kopi sejak buah berada di pohon dan dapat terus berkembang meskipun buah telah jatuh ke tanah bahkan buah telah di simpan dalam gudang.

Perilaku serangga betina pada buah kopi yaitu 1) serangga betina mulai penetrasi eksokarp, 2) PBKo penetrasi buah tapi belum sampai endosperm, 3) kumbang mulai melubangi endosperm tetapi belum meletakkan telur, dan 4) PBKo memproduksi gallery pada endosperm dan satu atau lebih immature ditemukan dalam endosperm Bustillo *et al.,* 1998 dalam Jaramillo, *et al.,* 2009) (Gambar 6).

Pengendalian *H. hampei* sulit dilakukan karena hama ini terletak di dalam buah kopi dan terjadi perkawinan saudara di dalam buah kopi. Beberapa tindakan pengendalian yang dilakukan adalah mekanis, teknis, predator,insektisida nabati,



Gambar 6. Posisi serangga betina H. *hampei* pada buah kopi (Sumber: Bustillo et al., 1998 dalam Jaramillo, *et al.,* 2009)

Gambar 6. The position of female H. hampei at coffee berry (Source: Bustillo et al., 1998 in Jaramillo, et al., 2009)

Pengendalian

Pengendalian *H. hampei* sulit dilakukan karena hama ini terletak di dalam buah kopi dan terjadi perkawinan saudara di dalam buah kopi. Beberapa tindakan pengendalian yang dilakukan adalah mekanis, teknis, predator dan insektisida nabati.

Mekanis

Memetik / memanen buah-buah secara maksimal tanpa ada tertinggal di tanaman kopi dan mengumpulkan buah yang jatuh ke tanah untuk meminimalkan sumber infestasi. Menghilangkan sumber makanan sehingga penggerek buah ini tidak dapat berkembang biak dan siklus hidupnya terputus. Mengurangi populasi yang ada di lapangan dengan cara memetik biji yang terserang PBKo, kemudian dijemur dibawa sinar matahari agar telur, larva, pupa maupun imago dewasanya mati (Hindayana *et.al*., 2002)

Teknis

Hasil penelitian Irulandi *et al.,* (2010) melaporkan bahwa tanaman kopi yang dipupuk dengan pupuk organik lebih tahan dibandingkan dipupuk dengan NPK. Hal ini diduga karena pemberian nitrogen dengan dosis tinggi menyebabkan tanaman lebih sukulen sehingga lebih rentan terhadap *H. hampei*.

Kimiawi

Insektisida berbahan aktif landane dan endosulfan.

Insektisida nabati

Penggunaan daun ramayana (*Cassia spectabilis*) (Wiryadiputra, 2006).

Biologi

Pengendalian secara biologi merupakan pengendalian yang sangat potensial untuk mengendalikan H. *hampei*. Parasitoid utama yang dilaporkan berasosiasi dengan H. *hampei* yaitu : *Prorops nasuta, Cephalonomia stepanoderis, Phymastichus coffea*. Hasil penelitian Jaramillo *et al*. (2009) melaporkan bahwa parasitoid lebih banyak ditemukan dari buah kopi yang telah jatuh ke tanah dibandingkan buah kopi yang dipetik dari pohon.

1. *Prorops nasuta* (*Hymenoptera: Betylidae*)
   Merupakan ektoparasit *H. hampei*, yang menyerang telur, larva dan pupa. Frasa/serbuk bekas gerekan *H. hampe*i menjadi pemandu parasitoid ini untuk menemukan inangnya.
2. *Cephalonomia stephanoderis* (*Hymenoptera: Betylidae*)
   Merupakan ektoparasitoid pada larva dan pupa *H. hampei*.
3. *Phymastichus* coffea (*Hymenoptera: Eulophidae*)

Merupakan endoparasitoid yang memarasit imago *H. hampei*. Betina P. *coffeae* meletakkan telur pada abdomen, torax dan diantara abdomen dengan torax *H. hampei*. Parasitoid ini pertama kali dilepaskan di Kolombia.

Predator

Karnyothrips flavipes memangsa telur dan larva *H. hampei.*

Entomopatogen

Entomopatogen seperti *Beauveria bassiana dan Clonostachys rosea* bersifat patogenik terhadap *H. hampei* (Vega *et al.* 2008). *Beauveria bassiana* yaitu dengan cara : (1) memetik buah masak pertama yang terserang, dikumpulkan, dicampur dengan *B. bassiana*, dan dibiarkan selama satu malam, kumbangnya akan keluar dan dilepas sehingga dapat menularkan *B. Bassiana* kepada pasangannya di kebun; (2) Pemakaian *B. Bassiana* dilakukan pada saat kulit tanduk buah sudah mengeras (Hindayana *et. al.* 2002).

PENGGEREK CABANG KOPI

Xylosandrus compactus

(Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae)

X. compactus merupakan salah satu hama utama yang menyerang tanaman kopi dan menyebabkan penurunan hasil kopi secara nyata. Kemampuannya dalam menggerek cabang kopi dapat menyebabkan ujung ranting layu,menguning dan mati.

Serangan *X. compactus* ditandai oleh adanya lubang gerekan pada cabang tanaman kopi (Gambar 7a) yang umumnya ditemukan pada permukaan bawah cabang tanaman kopi. Lubang gerekan hanya satu tempat masuk dan keluar imago betina.

Cabang kopi yang terdapat lubang gerekan apabila dipotong secara melintang maka

terlihat jaringan berlubang dari kulit sampai empelur dan akan terbentuk terowongan yang panjang sebagai ruang meletakkan telur sampai serangga dewasa

Kerusakan berat akibat adanya gerekan *X. compactus* dapat terjadi apabila sudah merusak jaringan pembuluh (floem dan xylem) hingga jaringan empelur. Hal ini terjadi karena lubang gerekan pada cabang sudah memotong jaringan pembuluh yang menyebabkan transportasi nutrisi terganggu sehingga ujung ranting layu, daun menguning lalu ranting dan daun menjadi berwarna hitam, menyebabkan kematian ranting (Gambar 8).

a b c

Gambar 7. Lubang gerekan pada cabang tanaman kopi (a), Penampang melintang cabang kopi yang sehat (b), dan terserang penggerek (c). (Sumber: Gusti Indriati dan Khaerati)

Figure 7. Bore hole at coffee branch (a), Cross view of healthy coffee branch (b), and attacked (c). (Source: Gusti Indriati and Khaerati)

X. compactus umumnya menyerang tanaman kopi jika tanamannya berada dalam kondisi stres disebabkan oleh kekeringan, pemangkasan dan tanaman yang masih muda (Hayato, 2007). Selain itu, tingkat kerusakan pada kopi berhubungan erat dengan tersedianya tanaman inang alternatif di sekitar lokasi pertanaman kopi dan sanitasi yang kurang baik pada kebun kopi (Greco & Wright, 2015).

Penyebaran *X. compactus*

Daerah penyebaran X. *compactus* adalah Vietnam, India, Srilanka, Indonesia, Filipina, Madagaskar, Afrika Barat, Fiji, Kuba, dan Brazil (Greco dan Wright. 2015). Serangan mencapai 68,8% pada kopi robusta di Uganda (Kagezi *et al.*, 2013), 25% pada pertanaman kopi di Lampung Barat (Rahayu, *et al*. 2006).

Morfologi *X. compactus*

Serangga betina umumnya berwarna coklat muda menjadi hitam mengkilat setelah 3-4 hari . berbentuk silinder dan gemuk, panjang tubuh sekitar 1,4-1,8 mm, dan lebar 0,7-0,8 mm. Serangga jantan tubuhnya lebih kecil dari betina, coklat muda. Panjang tubuh 0,8-1,3 mm, dan lebar 0,42-0,46 mm (Greco & Wright, 2015). Dilihat secara sepintas, serangga X. *compactus* mirip dengan *H. hampei*. Secara mikroskopis terlihat perbedaan kedua serangga ini (Gambar 9).

Gambar 8. Cabang tanaman kopi yang terserang *X. compactus* (Sumber: Gusti Indriati dan Khaerati)

Figure 8 Coffee branch attacked by X. compactus *(Source: Gusti Indriati dan Khaerati)*

Gambar 9. Imago *H. hampei* (a) dan *X. compctus* (b) (Sumber: Gusti Indriati)
Figure 9. Imago of H. hampei *(a) and* X. compctus *(b) (Source: Gusti Indriati)*

Biologi *X. compactus*

X. compactus mengalami metamorfosis sempurna yaitu dari telur, larva, pupa dan imago. Imago betina *X. compactus* membuat lubang gerekan dicabang selama ±15 jam, lalu meletakkan telur yang kemudian menetas menjadi larva. Jumlah telur 30-50 butir, diletakkan dalam kelompok kecil terdiri dari 8-15 butir. Setelah lima hari telur menetas. Stadium larva sepuluh hari dan pupa adalah tujuh hari. Imago betina yang telah kawin akan keluar lubang gerekan untuk mencari inang baru. Rata-rata siklus hidup *X. compactus* dari telur hingga menjadi imago 28,5 hari pada suhu 23-27 0C, kelembaban 50-60%. Telur berbentuk oval berwarna putih, berukuran sekitar 0,3 x 0,5 mm (Gambar 10). Imago betina memproduksi telur 2-16 butir. Telur diletakkan di dalam liang gerekan yang akan menetas 3-5 hari setelah diletakkan. Larva berwarna putih krem (Gambar 11) dilaporkan terdiri dari tiga instar, periode larva 7-8 hari. Pupa berwarna putih krem, berbentuk ekserata (Gambar 12). Pada suhu 25 0C periode pupa 8-9 hari. Imago betina *X. compactus* membuat lubang gerekan (Gambar 13). Imago betina yang telah kawin akan keluar lubang gerekan untuk mencari inang baru.

Gambar 10. Telur *X. compactus* (Sumber: Gusti Indriati dan Khaerati)
Figure 10. Eggs of X. compactus *(Source: Gusti Indriati and Khaerati)*

Gambar 11. Larva *X. compactus* (Sumber: Gusti Indriati dan Khaerati)
Figure 11. Larvae of X. compactus *(Source: Gusti Indriati and Khaerati)*

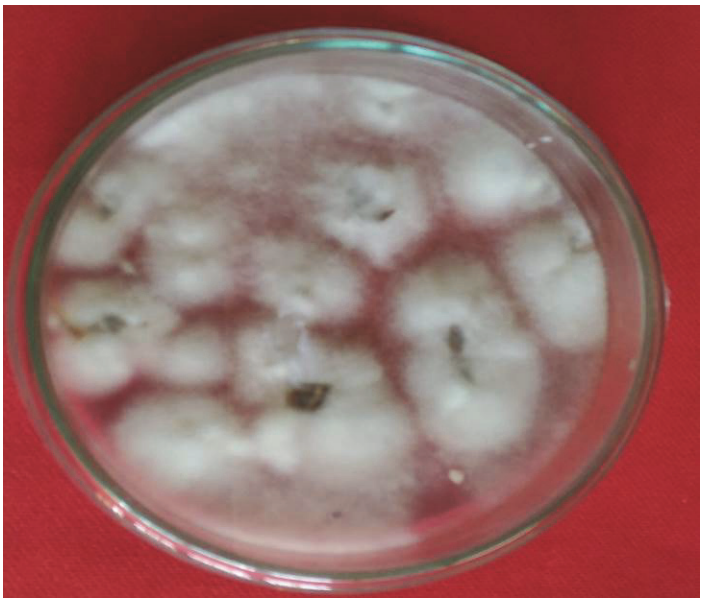
Gambar 12. Pupa X. *compactus* di dalam liang gerekan (Sumber: Gusti Indriati dan Khaerati)
Figure 12. Pupa X. compactus *in bore hole (Source: Gusti Indriati and Khaerati)*

Gambar 13. Imago X. *compactus* di dalam ranting tanaman kopi (Sumber: Gusti Indriati dan Khaerati)
Figure 13. Imago of X. compactus *inside coffee branch (Source: Gusti Indriati and Khaerati)*

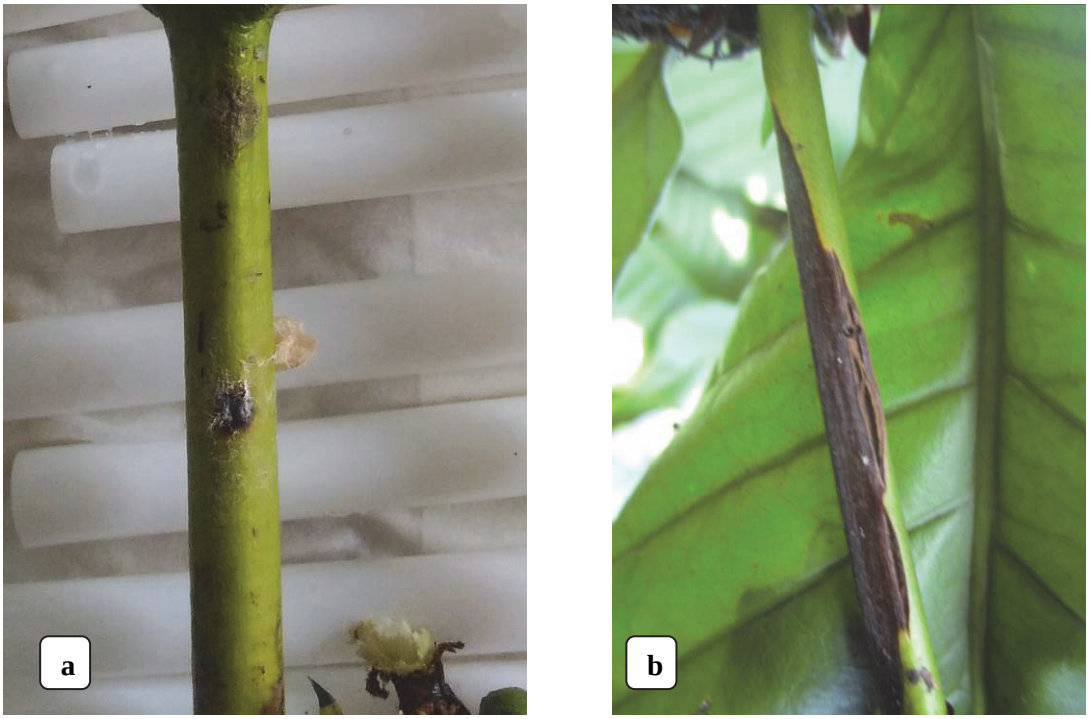
Larva yang berada di dalam lubang gerek cabang kopi tidak memakan jaringan tanaman tetapi memakan cendawan ambrosia (biasanya *Fusarium solani*) yang tumbuh dan berkembang dalam lubang gerekan. Cendawan ambrosia tersebut dibawa oleh *X. compactus* imago dewasa sewaktu menggerek lubang. Kegiatan larva memakan cendawan ambosia menyebabkan bertambah luasnya kerusakan jaringan tanaman akibat semakin lebar dan panjang lubang gerekan pada cabang kopi (Drizd, 2003). Cendawan Fusarium yang diisolasi dari lubang gerekan pada cabang kopi klon BP 538 (Gambar 14).

Cendawan ambrosia *F. solani* selain sebagai sumber makanan larva *X. compactus*, juga mampu memblokir air dan gula dan bersifat patogen karena menyebabkan jaringan cabang tanaman kopi menjadi hitam/ mati (Gambar 15)

.



Gambar 14. Cendawan Fusarium dari lubang gerekan cabang kopi klon BP 538 (Sumber: Khaerati)
Figure 14. Fungi Fusarium in bore hole of coffee clone BP 538 (Source: Khaerati)



Gambar 15. Cabang kopi terserang cendawan ambrosia *F. solani*, (a) cabang yang diinokulasi *F. solani*, (b) serangan *F. solani* pada cabang hitam berasal dari lubang gerekan imago *X. compactus*, (c) cabang kopi hitam/mati akibat perkembangan *F. solani* (Sumber: Khaerati)

Figure 15. Coffee brach attacked by fungi ambrosia F. solani, (a) F. solani inoculated branch, (b) dead/black branch caused by F. solani attack, generated from bore hole of X compactus imago, (c) coffee branch are dead/black caused by F. solani (Source: Khaerati)

Pengendalian

Tanaman yang lemah merupakan faktor utama terjadinya serangan penggerek cabang kopi. Oleh karena itu untuk mencegah terjadinya serangan dan penyebarannya dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu:

Secara teknis

Pengendalian secara teknis dapat dilakukan dengan menjaga kesehatan tanaman yaitu dengan memberikan kondisi lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman kopi, antara lain dengan: (a) memberikan penaungan sekitar 30% agar aktivitas fotosintesis tanaman kopi tetap teratur; (b) menjaga kesuburan tanah, menjaga pH tanah tetap seimbang dan menjaga kelembaban tanah tetap sesuai bagi pertumbuhan tanaman kopi.

Secara mekanis

Pengendalian secara mekanis dapat dilakukan dengan menjaga kebersihan lingkungan dari sumber serangan yaitu dengan memotong dan memusnahkan material tumbuhan yang telah terserang. Pemusnahan dapat dilakukan dengan membakar cabang-cabang yang terserang agar telur, larva dan serangga dewasa yang masih ada di dalamnya mati.

Secara biologi

Pengendalian secara biologi dapat dilakukan dengan mempertahankan keberadaan musuh alami. Semut *Plagiolepsis* sp. dilaporkan potensial sebagai predator yang memangsa telur, larva dan pupa *X. compactus.* Parasitoid *Eupelmus* sp. (Hymenoptera: Eupelmidae) dan *Tertrastichus xylebororum*, *Tetratichus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) dilaporkan memparasit serangga ini. *T. Xylebororum* dan *Tetrastichus* sp. merupakan endoparasitoid larva *X. compactus* (Indian coffee, 2010).

Secara kimia

Pengendalian secara kimia dengan pestisida ini tidak direkomendasikan dan merupakan pilihan terakhir apabila pengendalian cara lain sudah tidak memungkinan, karena dapat membunuh musuh alami yang berguna. Mengingat bahwa penggerek cabang kopi merupakan hama yang menyerang di dalam bagian tanaman, maka pestisida yang efektif digunakan adalah jenis-

jenis sistemik yang perlu diperhitungkan dampak residunya (Setiawan, 2006) .

PENUTUP

Penggerek yang menyerang buah kopi *Hypothenemus hampei* menyebabkan kerusakan buah kopi 25,2% - 32% dengan kisaran kehilangan hasil 30-80%. Penggerek yang menyerang cabang kopi *Xylosandrus compactus* onidae: Scolytinae) dikenal sebagai kumbang ambrosia. Hama ini bersifat polifag. Serangan mencapai 25%-68,8%. Upaya pengendalian terus dilakukan mengingat sebagian besar hama penggerek ini hidup pada bagian dalam tanaman (buah, cabang) sehingga mengalami kesulitan apabila pengendalian bersifat kontak. Oleh karena itu pengendalian secara biologi dengan memanfaatkan musuh alami berpotensi untuk digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

Baguma, J. 2015. Preferential infestation of host plants by Xylosandrus compactus and its implications for the use of shade trees in Robusta. *Regional Coffee Projects and Research Results Dissemination Workshop, , 23-27 November 2015 :* Luanda-Angola.

Baker, P. 2009. *Hypothenemus hampei*. CAB Europe - UK, Bakeham Lane, Egham, Surrey, UK.

Burbano, E. M., Wright, D.E., & F.E. Vega . 2010. New record for the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Hawaii. *Journal of Insect Science*,11, 1—3.

Damon, A. (2000). A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera:Scolytidae). Bulletin of Entomological Research, 90: 453-465.

Delgado C & Couturier G. 2010. *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionida: Scolitynae), a new pest of *Swietenia macrophylla* in the Peruvian Amazonia. Boletin de la Socieda Entomologica Aragonesa, 47: 441-443.

Dridz, L.. 2003. The Black Twig Borer : A study of the black Twig Borer : A Twig study of Damage Done to unprotected Hawaian Coffe.

Greco E.B., & Wright M.G. 2015. Ecology, biology, and management of *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) with emphasis on coffee in Hawaii. J. Integ. Pest Mngmt, 6(1): 1-8.

Hayato, M. 2007. Note on the dieback of Cornus florida caused by Xylosandrus compactus. *Bull. For. For. Prod. Res. Inst.* 6: 59–63.

Hindayana, D., Judawi, D., Priharyanto, D., Luther, G.C., Purnayara, G.N.R., Mangan, J.,Untung, K., Sianturi, M., Mundy, R. dan Riyanto. 2002. Musuh Alami, Hama dan Penyakit Tanaman Kopi. Proyek Pengendalian Hama Terpadu. Direktorat Perlindungan Perkebunan, Direktorat Bina Produksi Perkebunan, Departemen Pertanian. Jakarta. 52pp.

Indian Coffee. 2010. Minor pests on coffee and their control. 6 pp.

Irulendi, S., Ravikumar A, Chinniah C, Rajendran R & Vinod Kumar, P.K. 2010. Farm yard manure and neem cake on feeding preference, ovipositional preference and developmental period of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. Journal of Biopesticides, 3(3): 534-539.

Jaramillo, J., Chabi-Olayer, A., Poehling, HM, Kamonjo, C & Borgemeister, C. 2009. Development of an improved laboratory production technique for the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*, using fresh coffee berries. Entomologia Experimentalis et Applicata, 130: 275-281.

Jaramillo, J., Chabi-Olayer, A., Borgemeister, C., Kamonjo, C., Poehling, HM, & Vega, FE. 2009. Where to sample? Ecological implications of sampling strata in determining abudance and impact of natural enemies of the coffee berry borer. *Biological Control*. 49: 408-417.

Kagezi G.H., Kucel, P., Egonyu J.P., Nakibuule L, Kobusinge J, Ahumuza Gmatovu R, Nakendo S, Luzinda H, Musoli C.P., Kangire A & Chesang B.E. 2013. Impact

of black twig borer and farmers croping mechanisms in Uganda. African Crop Science Conference Procidings, 15: 285-292.

Kagezi G.H., Kucel, P., Egonyu, J.P., Ahumuza G, Nakibuule L, Kobusinge J & Wagoire W.W. 2014. Implications of black twig borer on cocoa in Uganda. Uganda Journal of Agricultural Sciences, 15(2): 179-189.

Kalshoven, L.G.E. 1981. The Pests of Crops in Indonesia. Revised and translated by P.A.van der Laan with the assistant of G.H.L. Rothschild. PT Ichtiar Baru-van Hoeve. Jakarta.

Messing, R.H. 2012. The coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) invades Hawaii: Preliminary investigations on trap response and alternate host. *Insects*, 3, 640—652.

Murphy S.T. & Moore D. 1990. Biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae), previous programmes and possibilities for the future. *Biocontrol News and Information* 11: 107-117.

Rahayu, S., & Setiawan, A., Husaeni, E.A., & Suyanto, S. 2006. Pengendalian hama *Xylosandrus compactus* pada agroforestri kopi multistrata secara hayati: Studi kasus dari Kecamatan Sumberjaya, Lampung Barat. *Agrivita*, 28(3): 1-12.

Silva, W.D., Mascarin, G.M., Romagnoli, E.M., & Bento, J.M.S. 2012. Mating behavior of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). J Insect Behav, 25: 408-417.

Silva WD, Costa CM & Bento JMS. 2014. How old are colonizing *Hypothenemus hampei* (Ferrari) female when they leave the native coffee fruit?. J Insect Behav, 27: 792-735.

Susilo, A .W. 2008. Ketahanan Tanaman Kopi (Coffea Spp.) Terhadap Hama Penggerek Buah Kopi (Hypothenemus Hampei Ferr.). Review Penelitian Kopi dan Kakao. 24(1): 1-14.

Sulistyowati, E. 1992. Hama Utama Tanaman Kopi dan Cara Pengendaliannya. In: Buku III : Bahan pelatihan teknik budidaya dan pengolahan kopi. Pusat Penelitian Perkebunan, Jember.

Swibawa, I.G., & Sudarsono, H. 2011. Serangan hama bubuk buah kopi (*Hypothenemus hampei*, Coleoptera: Scolytidae) pada sistem agroforesti sederhana VS sistem agroforestri kompleks di Lampung. Prosiding Seminar Nasional Sains dan teknologi IV. Lampung 29 – 30 November 2011. 329-337.

Setiawan, A. 2006. Tingkat Serangan Hama Pada Sistem Agroforestry Berbasis Kopi (Studi Kasus Di Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat, Propinsi Lampung). [Skripsi].IPB: Bogor.

Vega, F .E, Simpkins, A., Bauchan, G., Infante,F., Kramer, M., & Land, M.F. 2014. On the Eyes of Male Coffee Berry Borers as Rudimentary Organs. Plos One, 9(1): 6pp. DOI. 10.1371/journal.pone .0085860.

Vega, F. E., F. Infante., A. Castillo & J. Jaramilo. 2009. The coffee berry borer Hypothenemus hampei (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): a short review, with recent finding and future research directions. Terrestrial Athropod Reviews. 2 : 129-147.

Vega FE., Posada F., Aime MC., Pava-Ripoll M., Infante F & Rehner SA. 2008. Entomopathogenic fungal endophytes. *Biological Control*, 46: 72-82.

Vega, F.E., R.A. Frankui., & P. Benavides. 2002. The presence of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* in Puerto Rico: fact or fiction? . *Journal of Insect Science*, 2, 3pp.

Wiryadiputra, 2006. Keefektifan pestisida nabati daun ramayana (*Cassia spectabilis*) dan tembakau (*Nicotiana tabacum*) terhadap hama utama tanaman kopi dan pengaruhnya terhadap arthropoda lainnya. Pelita Perkebunan, 22(1): 25-39

POTENSI KOMBINASI ARANG SEKAM, ZEOLIT, DAN SERASAH PERKEBUNAN KAKAO SEBAGAI PEMBAWA PUPUK HAYATI PAKUWON

THE POTENTIALS OF HUSKS CHARCOAL, ZEOLIT AND COCOA PLANTATION WASTE AS COMBINED CARRIERS OF PAKUWON BIOFERTILIZER

Nendyo Adhi Wibowo dan Bambang Eka Tjahjana

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jl. Raya Pakuwon – Parungkuda km. 2 Sukabumi, 43357
Telp. (0266) 6542181, Faks. (0266) 6542087
nindya_bios@yahoo.com

ABSTRAK

Pupuk hayati (biofertilizer) adalah bahan penyubur tanah yang mengandung mikroba hidup atau sel hidup yang berfungsi untuk meningkatkan kemampuan akar tanaman dalam menyerap unsur-unsur hara dari dalam tanah guna mendukung pertumbuhannya. Pupuk hayati Pakuwon dirakit melalui metode teknologi mikrobial fertilizer dengan memperhatikan pola interaksi antar strain mikroba dengan bahan pembawa berupa arang sekam, zeolit, dan serasah hasil pengomposan yang mendukung nutrisi pada perbaikan tanaman. Pupuk hayati yang dirakit ini dapat berpotensi dalam mensuplai sebagian unsur hara yang dibutuhkan tanaman yang dilakukan oleh bakteri yang mempunyai kemampuan menambat N dari udara dan mikroba pelarut fosfat yang dapat menambang P di dalam tanah menjadi P-tersedia dalam kombinasi bahan pembawa. Konsorsium mikroba dalam pupuk hayati ini diantaranya Bacillus sp, Pseudomonas, Azotobacter, Azospirlium, dan aspergillus niger.

Kata kunci : Pupuk hayati, mikroba penambat N, mikroba pelarut P, bahan pembawa

ABSTRACT

Biofertilizer is a soil conditioner material containing living microbes or cells that serve to enhance the ability of plant roots to absorb nutrients from the soil to support growth. Biofertilizer Pakuwon developed through the method of microbial fertilizer technology which took regards on the interaction patterns between microbial strains and carrier materials such as husk charcoal, zeolite, and composted waste to improved plant growth. Biofertilizer developed is able to fix N from the air and phosphate solvent microbial which is capable to modify P into P-available in a combination of carrier materials. Microbial consortium of the biological fertilizer are namely Bacillus sp, Pseudomonas, Azotobacter, Azospirlium, and Aspergillus niger.

Keywords: Biofertilizer, N fastening microbes, microbial P solvent, carriers material

PENDAHULUAN

Pupuk dapat diartikan sebagai bahan yang diberikan pada tanaman dan tanah untuk menambah unsur-unsur hara yang diperlukan oleh tanaman untuk tumbuh dan berkembang. Jenis pupuk yang banyak digunakan oleh para petani saat ini adalah pupuk anorganik (kimia), namun penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dan terus menerus dalam pertanian intensif sangat merugikan, karena dapat meninggalkan residu yang dapat mencemari tanah dan lingkungan, serta menyebabkan menurunnya kehidupan biologi di dalam tanah. Menurunnya kadar zat organik dan kehidupan biologi di dalam tanah yang pada akhirnya akan berdampak pada menurunnya produktivitas lahan. Blanco Canqui dan Alan (2013) menyatakan bahwa pupuk anorganik jika digunakan dalam jangka panjang dapat mengeraskan tanah dan menurunkan stabilitas agregat tanah.

Dalam rangka mengurangi penggunaan pupuk kimia, maka perlu dicari alternatif pupuk yang berkualitas dan bersifat ramah lingkungan. Salah satu alternatif yang dapat dilakukan adalah dengan memperbanyak penggunaan pupuk hayati dan pupuk organik yang bersifat ramah lingkungan. Pupuk hayati (biofertilizer) adalah bahan penyubur tanah yang mengandung mikroba hidup atau sel hidup yang berfungsi untuk meningkatkan

kemampuan akar tanaman menyerap unsur-unsur hara dari dalam tanah guna mendukung pertumbuhan tanaman (Mohammad dan Sohrabi 2012; Amutha *et al.* 2014). Mikroba membantu menguraikan unsur-unsur yang ada pada tanah menjadi senyawa yang dapat diserap oleh akar tanaman. Mikroba sebagai bahan aktif pupuk hayati umumnya diformulasi dalam bahan pembawa berbentuk cair, serbuk atau granul. Sebagai bahan pembawa inokulan serbuk dapat digunakan bahan organik seperti gambut, arang sekam dan kompos (Danapriatna dan Simarmata 2011).

Menurut Bhattacharjee dan Dey (2014), beberapa bahan pembawa (pembawa) yang dapat digunakan untuk formulasi produk pupuk hayati bentuk serbuk, padat atau granul adalah mineral tanah liat, tanah diatoma, mineral karbon putih, dedak padi, dedak gandum, tanah gambut, lignite, humus, dan arang kayu. Teknologi proses produksi pupuk hayati perlu dikaji dan dilakukan optimasiuntuk mendapatkan produk pupuk hayati yang unggul dan memenuhi persyaratan mutu produk pupuk hayati. Kajian proses produksi meliputi penggunaan isolat mikroba yang unggul, komposisi medium dan kondisi proses produksi yang optimal serta formulasi produk pupuk hayati. Produk pupuk hayati yang dihasilkan perlu dilakukan pengujian aplikasi pada berbagai jenis tanaman dan kondisi lahan untuk mengetahui kualitas dan efektivitas pupuk hayati yang telah diproduksi (Sukmadi, 2016).

Pupuk hayati (biofertilizer) didefinisikan sebagai substans yang mengandung mikroorganisme hidup yang mengkolonisasi rhizosfir atau bagian dalam tanaman dan memacu pertumbuhan tanaman dengan jalan meningkatkan pasokan ketersediaan hara primer dan atau stimulus pertumbuhan tanaman target, bila dipakai pada benih, permukaan tanaman, atau tanah (FNCA Biofertilizer Project Group2006). Pemanfaatan pupuk hayati dilakukan berdasarkan respon positif terhadap peningkatan efektivitas dan efisiensi pemupukan sehingga dapat menghemat biaya pupuk dan penggunaan tenaga kerja. Teknologi yang dapat digunakan adalah penerapan pupuk mikroba (*microbial fertilizer*), dalam hal ini suplai sebagian unsur hara yang dibutuhkan tanaman dapat dilakukan oleh bakteri rhizosfer yang mempunyai kemampuan menambat N dari udara dan mikroba pelarut fosfat yang dapat menambang P di dalam tanah menjadi P-tersedia bagi pertumbuhan tanaman, sehingga dapat menghemat penggunaan pupuk kimia (Moelyohadi *et al.*,2012). Pupuk hayati dapat diproduksi secara tunggal dengan satu agen hayati yang bersimbiosis, atau dapat juga diproduksi melalui agen hayati majemuk.

Mikroba dalam pupuk hayati yang digunakan dalam bentuk inokulan dapat mengandung hanya satu strain tertentu atau monostrain tetapi dapat pula mengandung lebih dari satu strain atau multistrain. Strain-strain pada inokulan multi strain dapat berasal dari satu kelompok inokulasi silang *(cross-inoculation)* atau lebih. Pada mulanya hanya dikenal inokulan yang hanya mengandung satu kelompok fungsional mikroba (pupuk hayati tunggal), tetapi perkembangan bioteknologi inokulan telah memungkinkan memproduksi inokulan yang mengandung lebih dari satu kelompok fungsional mikroba. Inokulan-inokulan komersial saat ini mengandung lebih dari suatu spesies atau lebih dari satu kelompok fungsional mikroba.

Pupuk hayati Pakuwon mengandung bahan senyawa hidup, umumnya mikroorganisme yang menguntungkan, yang bila diaplikasikan dalam budidaya tanaman dapat berpengaruh pada perbaikan dari tanaman tersebut. Pada dasarnya pengaruh dari inokulasi mikroba pada tanaman tergantung dari sumber mikroba, metoda aplikasi dan kondisi lingkungan tempat aplikasi (Mirwan, 2008). Sedangkan menurut Sharma (2002) *dalam* Nasahi (2010), peran mikroba pupuk dalam tanah bermanfaat melalui berbagai aktivitasnya, diantaranya:

- Meningkatkan kandungan unsur hara di dalam tanah.
- Meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah dan efisiensi penyerapan unsur hara.

- Menekan mikroba tular tanah patogen melalui interaksi kompetisi.
- Memproduksi zat pengatur tumbuh yang dapat meningkatkan perkembangan sistem perakaran tanaman.
- Meningkatkan aktivitas mikroba tanah heterotrof yang bermanfaat melalui aplikasi bahan organik.

PEMANFAATAN MIKROBIA PUPUK

Mikroba dalam pupuk hayati mampu menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman baik melalui simbiosis mutualistik maupun non simbiosis, misalnya: Rhizobium (fiksasi unsur Nsimbiotik); Azotobacter&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 lain. Mikroba tanah dapat menguntungkan bila kehadirannya berperan dalam siklus mineral, fiksasi nitrogen, perombakan residu pestisida, proses humifikasi, proses menyuburkan tanah, perombakan limbah berbahaya, biodegradasi, bioremidiasi, mineralisasi, dekomposisi, dan lain-lain. Mikroba tanah dapat juga merugikan bila kehadirannya berperan dalam proses denitrifikasi, sebagai jasad penyebab penyakit, dan sebagai jasad pengurai pupuk yang tidak diharapkan (Waluyo, 2009). Pupuk hayati Pakuwon diproduksi dengan bantuan mikroba lignoselulotik unggul yang tetap bertahan di dalam pupuk dan berperan sebagai agensia hayati pengendali penyakit tanaman.

Pemanfaatan bakteri Azotobacter dan Azospirillum sebagai mikroba fiksasi N2 dapat menjadi solusi dalam mengurangi penggunaan pupuk N anorganik. Inokulasi mikroba fiksasi N2 tersebut memerlukan isolat yang unggul dalam fiksasi N2 dan viabilitasnya tinggi (Danapriatna, 2016). Sebagaimana yang dikemukakan oleh Akbari *et al*. (2007) bahwa strain indigenus lebih baik dari pada strain introduksi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman karena telah beradaptasi dengan lingkungannya. Umumnya Azotobacter yang digunakan sebagai pupuk hayati berasal dari rhizosfer tanaman lahan kering. Azotobacter spp merupakan salah satu genus bakteri non simbiotik yang berperan penting dalam bidang pertanian terkait kemampuannya memfiksasi nitrogen (Waritsatul, 2015).

Umumnya mikroba dalam pupuk hayati dikemas dalam bahan pembawa berbentuk serbuk atau bentuk cairan. Sebagai bahan pembawa inokulan serbuk, dapat digunakan bahan organik seperti gambut, arang, sekam, dan kompos. Berbeda dengan pupuk anorganik maupun organik, pupuk hayati memiliki masa kadaluarsa yang relatif pendek, yaitu 6 sampai 12 bulan (Danapriatna, 2011). Mikroorganisme mampu menyediakan nutrisi esensial bagi tanaman baik melalui simbiosis mutualistik maupun non simbiosis, misalnya: Rhizobium (fiksasi unsur N simbiotik); Azotobacter & Clostridium (fiksasi unsur N non simbiotik); Frankia (fiksasi P simbiotik pada Casuarina sp.); Bakteri Pelarut Fosfat (pelarut unsur P simbiotik); Mikorisa (fiksasi P dan unsur-unsur makro maupun mikro esensial lainnya), dll. Agus *et al*, (2004) menunjukkan bahwa kemampuan mineralisasi N dalam tanah adalah 3-5 kali lipat dibanding yang tersedia didalam tanah.Sementara itu, penggunaan tanaman legum penutup tanah telah mampu menyuplai N sebanyak 9-27 kali lipat dibanding yang tersedia dalam tanah (Agus *et al*. 2003). Pemanfaatan bioteknologi lebih lanjut termasuk artificial & fungsional bio-nano teknologi akan sangat meningkatkan keberhasilan agribisnis berbasis pertanian terpadu.

Berbagai jenis mikroba tanah yang berguna dalam bidang pertanian ditemukan dan dikembangkan. Produk mikroba tanah yang berpotensi untuk dikomersialisasikan antara lain: (1) mikroba penyedia hara tanaman, (2) agen pengendali hayati, (3) pemacu tumbuh tanaman, dan (4) mikroba yang aktif dalam biodegradasi dan bioremediasi (Hopkins and Dungait, 2010). Nilai jual mikroba tanah terletak pada kemampuannya untuk meningkatkan produktivitas tanaman, baik melalui perbaikan sifat tanah, kontrol biotik, ataupun pemacu tumbuh (Sandhu, *et al.* 2010). Beberapa jenis mikrobia yang berpotensi dikembangkan secara komersial harus mengacu pada persyaratan

mutu teknis minimal pupuk hayati majemuk yang telah diatur berdasarkan peraturan Menteri Pertanian RI tahun 2011 seperti tertera pada tabel 1 berikut :

Tabel 1. Persyaratan mutu teknis minimal pupuk hayati majemuk (Permentan, 2011)
Table 1. The standard requirements of minimum quality of biofertilizer compound (Permentan, 2011)

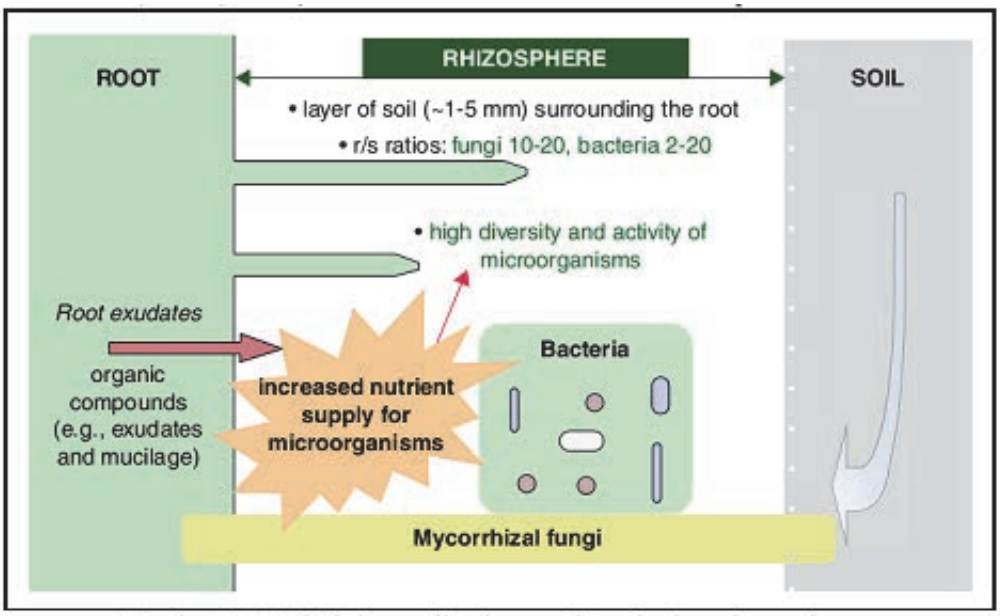
PARAMETER	STANDAR MUTU MENURUT JENIS BAHAN PEMBAWA			METODE PENGUJIAN
	Tepung/Serbuk	Granul/Pelet	Cair	
Total sel hidup *) : a. bakteri	$\geq 10^7$ cfu/g berat kering contoh	$\geq 10^7$ cfu/g berat kering contoh	$\geq 10^7$ cfu/ml	TPC**)
b. Aktinomiset	$\geq 10^6$ cfu/g berat kering contoh	$\geq 10^5$ cfu/g berat kering contoh	$\geq 10^6$ cfu/ml	TPC**)
c. Fungi	$\geq 10^5$ propagul/g berat kering contoh	$\geq 10^4$ propagul/g berat kering contoh	$\geq 10^4$ propagul/ml	TPC**)
Contoh : 1. *Rhizobium sp + Bacillus sp* 2. *Azospirillum sp + Pseudomonas sp* 3. *Azotobacter + Saccharomyces sp + Bacillus* 4. *Streptomyces + Tricoderma + Bacillus*				
Fungsional : a. Penambat N b. Pelarut P c. Penghasil fitohormon d. Perombak bahan organik	 Positif Positif >0,0 postif	 Positif Positif >0,0 positif	 Positif Positif >0,0 positif	 Media bebas N Media Pikovskaya Spektrofotometri atau HPLC Media agar CMC/ Avicel atau media agar Guaicol/Indulin
Patogenisitas	Negatif			Infeksi ke daun tembakau
Kontaminan: *E. coli* *Salmonella sp*	 maks 10^3 MPN/g atau MPN/ml maks 10^3 MPN/g atau MPN/ml			 MPN-durham dan uji lanjut pada media *E. coli* MPN-durham dan uji lanjut pada media *Salmonella*
Logam berat ***) - Pb - Cd - Hg - As	 ≤ 50 ppm ≤ 2 ppm ≤ 1 ppm ≤ 10 ppm	 ≤ 50 ppm ≤ 2 ppm ≤ 1 ppm ≤ 10 ppm	 ≤ 50 ppm ≤ 2 ppm ≤ 1 ppm ≤ 10 ppm	SNI 2803 – 2010
Kadar Air (%)****)	≤ 35	≤ 20	–	ADBB
pH	5,0 – 8,0	5,0 – 8,0	3,0 – 8,0	pH H_2O, pH – meter

*) Minimal mengandung dua jenis mikroba
**) TPC dilakukan pada media spesifik untuk mikroba tersebut, TPC = Total Plate Count
***) Khusus untuk pupuk hayati dengan dosis ≥ 50 kg per ha
****) Kadar air atas dasar berat basah; MPN = Most Probable Number

Sedangkan berdasarkan penelitian yang telah berhasil ditemukan oleh para peneliti, terdapat jenis-jenis mikrobia yang sangat berpotensi dikembangkan secara komersial oleh industri seperti diklasifikasikan menurut Kuhad, *et al*, (2008) pada tabel 2 berikut :

Tabel 2. Jenis-jenis mikrobia yang berpotensi untuk dikomersialisasikan (Kuhad, *et al*.,2008)
Table 2. Microbes types potentially to be commercialized (Kuhad, et al., *2008)*

Nilai jual mikroba sebagai	Jenis-jenis mikroba
Dekomposer bahan organik	*Tricoderma, Fusarium, Bacillus, Streptomyces, Clostridium*
Penambat nitrogen simbiotik	*Rhizobium, Bradyrhizobium, Frankia, Anabaena*
Penambat nitrogen non simbiotik	*Azotobacter, Beijerinckia,Aerobacter, Chlorobium, Nostoc*
Mineralisasi nitrogen	*Bacillus, Pseudomonas, Serratia*
Nitrifikasi	*Nitrobacter, Nitrosomonas*
Denitrifikasi	*Achromobacter, Pseudomonas*
Pelarut fosfat	*Azotobacter. Enterobacter. Bacillus. Aspergillus. Penicillium.*
	Rhizoctonia, Trichoderma
Transformer sulfur	*Desulfovibrio, Thiobacillus*
Transformer zat besi	*Ferribacterium, Leptothrix*
Produsen fitohormon	*Azotobacter, Azospirillum, Pseudomonas, Rhizobium, Bacillus, Flavobac-terium, Actinomyces, Nocardia, Fusarium, Gibberella, Aletrnaria, Penicillium*
Produsen siderofor	*Neurospora, Trichoderma, Agaricus, Fusarium, Penicillium,* mikoriza ericoid, *Nocardia, Pseudomonas, Bacillus, Aeromonas, Erwinia*
Kontrol biotik	*Pseudomonas, Bacillus, Streptomyces*



Gambar 2. Kedudukan mikroba tanah pada daerah perakaran sebagai penghubung antara tanaman dan tanah (Richardson, *et al.*, 2009)

Figure 2. The position of soil microbes in root zone as the link between plants and soil

Tabel 2 menunjukkan jenis-jenis mikroba yang berpotensi untuk dikembangkan dan dikomersialisasikan. Ragamnya jenis mikroba-mikroba tersebut menuntut para peneliti untuk dapat memelihara dan mengembangkan masing-masing jenis sesuai

karakter dan sifat-sifat yang dimilikinya. Sedangkan pada Gambar 2 menunjukkan kedudukan mikroba tanah dalam sistem perakaran tanaman. Adanya keanekaragaman jenis yang tinggi secara tidak langsung menunjukkan adanya kompetisi untuk sumber nutrisi yang sangat tinggi. Masing-masing jenis mikroba yang berbeda akan mengembangkan strategi yang berbeda dalam mempertahankan hidupnya, sehingga menimbulkan berbagai interaksi sinergistik antagonistik dalam hubungannya dengan sesama mikroba dan dengan tanaman (Perotto and Bonfante, 1997). Bentuk keragaman yang sangat tinggi dari interaksi ini dapat diasumsikan atas dasar keragaman yang luar biasa dalam hubungan mikroba, tanah dan tanaman. Pemahaman dasar-dasar interaksi ini sangat penting untuk dapat memanfaatkan aktivitas mikroba tanah, yang dapat menunjang keberhasilan dalam komersialisasi produk formulan mikroba (Prihastuti, 2016).

PERBANYAKAN SEL BAKTERI PUPUK

A. Perbanyakan Inokulum Aspergillus, Bacillus dan Pseudomonas

Proses produksi pupuk hayati diawali dari peremajaan dan perbanyakan isolat Aspergillus pada media selektif Pikovskaya Agar dan dilakukan perbanyakan. Selanjutnya isolat bakteri Bacillus dibuat stock kultur pada media Bacillus Natrium Agar (NA) dan diperbanyak dengan Natrium Broth (NB), sedangkan Pseudomonas dalam medium King's B. Kultur selanjutnya dilakukan secara bertingkat pada volume media dengan perbandingan 1:10 pada 50%volume erlenmeyer sampai mendapat volume 1000 ml yang kemudian dilakukan aerasi melalui shaker inkubator selama 3x24 jam.

B. Perbanyakan Azotobacter dan Azospirilium.

Salah satu bakteri tanah yang melimpah adalah anggota genus Azotobacter yang merupakan bakteri non simbiotik dan berperan penting dalam bidang agrikultur terkait kemampuannya dalam memfiksasi nitrogen. Azotobacter banyak ditemukan di lahan pertanian, perkebunan, taman, dan perladangan. Azotobacter juga mampu memproduksi fitohormon yang bermanfaat untuk tanaman, dan menunjukkan sifat antagonis terhadap patogen (Kizilkaya, 2008). Azotobacter juga memiliki potensi mendegradasi beberapa senyawa organik. *Azotobacter chroococcum* mampu mendegradasi senyawa organik volatile, seperti, oxylene (Thakur and Balomajumder, 2012). Aplikasi pupuk hayati penambat nitrogen bebas seperti *Azotobacter sp* dan *Azospirillum sp* mampu menurunkan penggunaan urea, mencegah penurunan bahan organik tanah dan mengurangi polusi. Inokulasi *Azotobacter sp*. dapat menaikkan hasil antara 15 – 100% dan mengurangi penggunaan pupuk buatan hingga 30% pada ekosistem lahan kering (Kader *et al.*, 2002; Sattar *et al.*, 2008; Simarmata, 1994). Katupitiya dan Vlassak (1990) menyimpulkan bahwa Azospirillum sp mampu memacu peningkatan hasil pertanian penting 30 sampai 50 % pada kondisi tanah dan iklim yang berbeda pada jangka waktu 20 tahun.

Perbanyakan isolat Azotobacter diawali dalam kultur medium manitol Ashby(10 g mannitol, 0,2 g K2HPO4, 0,2g MgSO4.7 H2O, 0,2 g NaCl, 0,1 g K2SO4, 5 g CaCO3, dan 1000 ml air destilasi) danOkon (5 g Asam malat, 0,6 g K2HPO4, 0,4 KH2PO4, 0,2 g g MgSO4, 0,1 g NaCl, 20 mgCaCl2, 0,5 g Yeast Extract, 16,6 mg FeCl3.6 H2O, 2 mg Na2MoO4, 3 g NaOH dan 1000ml air destilasi) sedangkan Azospirilium ditumbuhkan dalam medium asam malat. Perbanyakan selanjutnya dilakukan secara bertingkat pada volume media dengan perbandingan 1:10 pada 50% volume erlenmeyer sampai mendapat volume 1000 ml yang selanjutnya dilakukan aerasi melalui shaker inkubator selama 4x24 jam. Menurut Stella dan Sivasak (2009) penambahan nutrisi seperti sukrosa dan manitol menyebabkan terjadinya peningkatan viabilitas mikroba dalam pupuk hayati. Selanjutnya perbanyakan formulasi Bacillus, Pseudomonas, Azotobacter, dan Azospirilium di dalam bahan pembawa

ditambahkan agen hayati *Aspergilus niger* yang berperan sebagai agensia pengurai selulosa.

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis mikrobiologi pupuk hayati hasil formulasi konsorsium mikrobia dengan total populasi bakteri aerob dan anaerob lebih besar dari 10^7cfu/g sampel serbuk pupuk dan total fungi lebih dari 105cfu/g dengan metode total plate count (TPC), serta hasil uji patogenisitas yang negatif dengan metode infeksi pada daun tembakau, maka hal ini menunjukkan secara teknis mutu pupuk hayati Pakuwon sesuai dengan persyaratan mutu teknis minimal pada Permentan tahun 2011. Secara mutu, Pupuk hayati Pakuwon mampu memfasilitasi ketersediaan hara dan/atau menetralisir logam berat dan unsur lain yang bersifat meracuni tanaman serta mampu memfiksasi N2 pada bakteri penambat N2 yang hidup bebas (Azospirilum, Azotobacter).

Sedangkan perombak bahan organik (lignin dan selulosa) dan pelarut fosfat dapat dilakukan oleh ketersediaan *bacillus* dan *pseudomonas.*

Tabel 3. Hasil analisa mikrobiologi pupuk hayati Pakuwon
Table 3. Analysis result of Pakuwon Biofertilizer

No	Parameter uji	Hasil analisa sampel
1	Total Bakteri aerob (cfu/g)	$2,98 \times 10^9$
2	Total Bakteri anaerob (cfu/g)	$1,62 \times 10^9$
3	Total Fungi (propagul/g)	$2,03 \times 10^8$
4	Uji Patogenisitas	Negatif

Sumber : Dokumen Balittri dari hasil pengujian Balittanah (2015)
Source: Documents of analysis result at Balittanah (2015)

C. Peranan pembawa kombinasi Arang Sekam, zeolit, dan bahan organik serasah.

Pupuk hayati mempunyai kelebihan dibanding dengan pupuk kimia buatan karena bahan-bahannya berasal dari alam sehingga tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Beberapa bahan pembawa yang dapat digunakan untuk formulasi inokulan antara lain gambut, lignite, arang, zeolit, bentonit (Yuwono, 2006).

Kombinasi bahan pembawa yang digunakan dalam perakitan pupuk hayati ini ada tiga macam, yaitu arang sekam steril dengan kadar air 10%, dan Zeolit dengan kehalusan 50-80 mesh dan kadar air kurang 10%-15%. Arang sekam terdiri dari bahan yang sangat ringan dengan struktur mikro-berpori dan rata-rata memiliki density sekitar 0.150g cm-3. Proses karbonisasi atau pembakaran yang tidak sempurna memiliki dampak positif sebagai media tanam untuk memperbaiki pertukaran udara dalam tanah menjadi lebih baik. Kelebihan arang sekam adalah berubahnya susunan kimiawi sekam mentah melalui proses pembakaran yang tidak sempurna tersebut menghasilkan peningkatan kandungan mineral Si, Ca, Mg dan juga unsur unsur mikro lainnya seperti Fe, Al, Cu, Zn, Na dan seterusnya.arang sekam meningkatkan pH tanah, sehingga meningkatkan juga ketersediaan fosfor (P). Penambahan arang sekam pada media tanam atau tanah pertanian juga meningkatkan sistem aerasi (pertukaran udara) di zona akar tanaman. Arang sekam juga berfungsi meningkatkan cadangan air tanah juga terjadinya peningkatan kadar pertukaran kalium (K) dan magnesium (Mg). Arang sekam atau sekam bakar juga memiliki kandungan tinggi unsur silikat (Si) dan magnesium (Mg) tetapi rendah pada kandungan kalsium (Ca).

Pengaruh baik yang disebabkan sifat-sifat zeolit adalah mempunyai muatan negatif yang tinggi sehingga dapat mengikat unsur hara dan meloloskannya sedikit demi sedikit, sifat memegang air yang tinggi, menekan unsur yang beracun seperti Al, Fe, Mn, Cd,Pb, Cu dan Zn. Zeolit juga mampu mengikat atau menyimpan pupuk dan melepaskannya kembali sesuai

dengan kebutuhan tanaman sehingga penggunaan pupuk lebih efisien (Harjono, 2004). Salah satu parameter yang menentukan mutu zeolit adalah nilai kapasitas tukar kation (KTK). Mengacu pada SNI KTK zeolit 13-3494-1994, zeolit dinyatakan lolos uji mutu jika memiliki nilai KTK ≥100 cmol (+)/kg. Zeolit dapat menjadi pembenah tanah pertanian. Syarat mutu zeolit sebagai pembenah tanah pertanian antara lain adalah kadar zeolit minimum 50%, kadar air maksimum 10%. Makin tinggi nilai KTK zeolit maka kadar zeolitnya lebih dari 50%. Zeolit alam banyak digunakan sebagai imbuhan pakan ternak, imbuhan pupuk atau pembenah tanah, media pengolahan air limbah, media penyaring air bersih, dan penyerap limbah radio aktif (Al-Jabri, 2011).

Salah satu usaha untuk mengurangi kehilangan nitrogen adalah dengan membuat pupuk tersebut dalam bentuk slow release. Zeolit merupakan salah satu bahan yang dapat mengikat nitrogen sementara. Zeolit memiliki nilai kapasitas tukar kation (KTK) yang tinggi (antara 120-180 me/100g) yang berguna sebagai pengadsorpsi, pengikat dan penukar kation (Suwardi, 2000). Keberhasilan pembuatan pupuk tersedia lambat SRF (*slow release fertilizer*) merupakan faktor yang sangat penting untuk meningkatkan efisiensi pupuk nitrogen dan sekaligus meningkatkan produksi tanaman. Berdasarkan formulasi bahan pembawa selama perakitan pupuk hayati seperti penjelasan penggunaan bahan diatas, maka didapatkan hasil analisa kimia pupuk seperti tertera pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil analisa kimia pupuk hayati Pakuwon

Table 4. Chemical analysis result of Pakuwon Biofertilizer

No	Parameter Uji	P.1022	Satuan	Metode
1	pH H2O (1:5)	8,00	_	Potensiometri/pH Meter
2	Kadar Air	14,52	%	Gravimetri
3	Bahan ikutan	0,00	%	Gravimetri
4	C-Organik	3,13	%	Pengabuan/Gravimetri
5	N-Organik	0,26	%	Destilasi/titrasi
6	N-NH4	0,02	%	Destilasi/titrasi
7	N-NO3	0,03	%	Destilasi/titrasi
8	N-total	0,31	%	Destilasi/titrasi
9	P2O5-total	0,04	%	HNO3/spektrofometri
10	K2O-total	0,32	%	HNO3/F-AAS
11	Ca-total	0,70	%	HNO3/F-AAS
12	Mg-total	0,36	%	HNO3/F-AAS
13	Zn-total	24,00	ppm	HNO3/F-AAS

Sumber : Dokumen Balittri dari hasil pengujian Balittanah (2015)

Source: *Documents of analysis result at Balittanah (2015)*

PENGOMPOSAN BAHAN ORGANIK

Bahan organik adalah fraksi bahan mineral yang ditemukan sebagai penyusun tanah, merupakan timbunan di setiap sisa tumbuhan, binatang, jasad mikro baik sebagian atau seluruhnya telah mengalami perubahan (D. Simanjuntak, 2004). Bahan organik berperan dalam menentukan kesuburan dan kekayaan nutrisi di dalam tanah. Dekomposisi bahan organik dalam tanah secara fisika, kimia, maupun mikrobiologis, berperan dalam penyediaan hara makro dan mikro (Suriadikarta. dan Simanungkalit, 2006). Kandungan bahan organik pada lahan yang diusahakan secara intensif umumnya rendah, sehingga pemberian pupuk organik memegang peranan penting untuk meningkatkan produktivitas lahan. Pada tanah Aluvial, pemberian kotoran sapi atau pupuk hijau dari daun gamal dengan takaran 5-20 ton/ha dapat menggantikan 100-200 kg pupuk urea/ha

(Ruswandi, 2010). Oleh karena itu, peranan utama dari bahan organik bukanlah untuk menambah unsur hara tetapi untuk memperbaiki sifat fisika tanah dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Bachtiar, 2005).

Bahan organik tanah baik dalam bentuk pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, sisa tanaman, dan lain sebagainya, merupakan bahan pembenah tanah yang sudah banyak dibuktikan efektivitasnya baik dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah. Oleh karena itu, bila bahan pembenah tanah akan dijadikan suatu kebijakan dalam usaha peningkatan produktivitas lahan pertanian di Indonesia, maka pemilihan bahan pembenah tanah tetap diprioritaskan pada bahan-bahan yang murah, bersifat insitu, dan terbarukan, bahan organik sebenarnya dapat memenuhi persyaratan tersebut. Pengadaan bahan organik baik yang bersifat insitu maupun dengan memanfaatkan sumber-sumber yang ada seperti sampah kota harus digalakkan. Pemanfaatan limbah pertanian dan lain sebagainya juga dapat dilakukan, namun perhatikan kemungkinan adanya kandungan unsur-unsur pencemar dan berbahaya seperti logam berat (Dariah, 2007). Pengomposan adalah dekomposisi dengan menggunakan aktivitas mikroba; oleh karena itu kecepatan dekomposisi dan kualitas kompos tergantung pada keadaan dan jenis mikroba yang aktif selama proses pengomposan. Kondisi optimum bagi aktivitas mikroba perlu diperhatikan selama proses pengomposan, misalnya aerasi, kelembaban, media tumbuh dan sumber makanan bagi mikroba (Yuwono, 2006). Selanjutnya Isroi, (2008) menjelaskan bahwa proses pengomposan dapat dipercepat dengan menggunakan mikroba penghancur (dekomposer) yang berkemampuan tinggi. Penggunaan mikroba dapat mempersingkat proses dekomposisi dari beberapa bulan menjadi beberapa minggu saja.

Penggunaan bahan organik dalam kombinasi bahan pembawa pada perakitan pupuk hayati Pakuwon bertujuan untuk meningkatkan mutu pupuk sekaligus memanfaatkan limbah organik yang tersebar di kebun percobaan. Menurut Supadma dan Arthagama (2008), limbah pertanian dalam arti luas menghasilkan hasil sampingan berupa limbah, diantaranya sisa-sisa tanaman, limbah ternak ayam, limbah ternak sapi, babi, dan lain-lain. Semua limbah tersebut bila diolah atau diformulasikan lebih lanjut akan dapat menghasilkan pupuk yang mempunyai kualitas lebih baik.

Kompos merupakan hasil perombakan bahan organik oleh mikrobia dengan hasil akhir berupa kompos yang memiliki nisbah C/N yang rendah. Bahan yang ideal untuk dikomposkan memiliki nisbah C/N sekitar 30, sedangkan kompos yang dihasilkan memiliki nisbah C/N < 20. Bahan organik yang memiliki nisbah C/N jauh lebih tinggi di atas 30 akan terombak dalam waktu yang lama, sebaliknya jika nisbah tersebut terlalu rendah akan terjadi kehilangan N karena menguap selama proses perombakan berlangsung. Kompos yang dihasilkan dengan fermentasi menggunakan teknologi mikrobia efektif dikenal dengan nama bokashi. Dengan cara ini proses pembuatan kompos dapat berlangsung lebih singkat dibandingkan cara konvensional (Yuwono, 2006). Menurut Xu dan Hirata (2005), dekomposisi limbah organik merupakan topik yang menarik dikaji guna memahami rangkaian proses untuk mendapatkan produk pengomposan yang baik. Laju dekomposisi tergantung pada kualitas substrat organik, kondisi lingkungan, sifat kimia substrat organik, dan aktivitas mikroorganisme. Kompos yang diproduksi dengan bantuan mikroba lignoselulotik unggul yang tetap bertahan didalam kompos dan berperan sebagai agensia hayati pengendali penyakit tanaman. Menurut Susanto (2009), penggunaan starter pada pembuatan pupuk organik mempercepat proses pengomposan dan memperkecil nilai rasio C/N. Simanungkalit *et al*, (2006) menyebutkan bahwa pupuk organik adalah nama kolektif untuk semua jenis bahan organik asal tanaman dan hewan yang dapat dirombak menjadi hara tersedia bagi tanaman.

KESIMPULAN

Pupuk hayati adalah produk biologi aktif yang terdiri atas mikroba yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan, kesuburan, dan kesehatan tanah. Pupuk hayati Pakuwon dirakit berdasarkan formulasi dari konsorsium mikroba pupuk yang dikombinasikan pada bahan pembawa arang sekam, zeolit, dan hasil pengomposan serasah kebun kakao, sehingga memiliki potensi unggul dalam mensuplai sebagian unsur hara yang dibutuhkan tanaman, kemampuan memfiksasi N dari udara, dan potensi adanya mikroba pelarut fosfat yang dapat menambang P di dalam tanah menjadi P-tersedia bagi pertumbuhan tanaman, sehingga dapat menghemat penggunaan pupuk kimia.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, C., Karyanto, O., Hardiwinoto, S., Haibara, K., Kita, S. and Toda, H. 2003. Legume cover crop as a soil amendment in short rotation plantation of tropical forest. J. For. Env. 45(1): 13-19.

Agus, C., Karyanto, O., Kita, S., Haibara, K., Toda, H., Hardiwinoto, S., Supriyo, H., Na'iem, M., Wardana, W., Sipayung, M., Khomsatun and 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

Akbari et al. (2007. Isolation and selection of indegenous Azospirillum spp. and the IAA of superior strains effects on wheat roots. World J.Agric.Sci. 3(4) : 523 – 529

Al-Jabri, M. (2011). Inovasi Teknologi Pembenah Tanah Zeolit Untuk Memperbaiki Lahan Pertanian Terdegradasi. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.

Amutha R, Karunakaran S, Dhanasekaran S, Hemalatha K, Monika R, Shanmugapriya P, Sornalatha T (2014) Isolation and mass production of biofertilizer (Azotobacter and Phosphobacter). Int J Latest Res Sci Technol 3:79-81

Bachtiar. E. H. 2005. Ilmu Tanah. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Bhattacharjee R, Dey U (2014) Biofertilizer, a way towards organic agriculture: A review. Afr J Microbiol Res 8:2332-2342. doi: 10.5897/AJMR2013.6374

Blanco-Canqui H, Alan JS (2013) Implications of inorganic fertilization of irrigated corn on soil properties: Lessons learned after 50 years. J Environ Quality 42:861-164

D.A Suriadikarta. dan R.D.M. Simanungkalit,. Pupuk organik dan pupuk hayati. *J. Litbang Pertanian*, *26*, 1-10.

D.Simanjuntak, 2004. "Manfaat Pupuk Organik Kascing dan Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) pada Tanah dan Tanaman". Jurnal Penelitian Bidang Ilmu PertanianVol 1 (2004) 1-3

Danapriatna N, Simarmata T (2011) Viabilitas pupuk hayati penambat nitrogen (Azotobacter dan Azospirillum) ekosistem padi sawah pada berbagai formulasi bahan pembawa. J agribisnis Pengemb Wil 3:1-10

Danapriatna, 2016 Penjaringan Azotobacter Sp Dan Azospirillum Sp Dari Ekosistem Lahan Sawah Sebagai Sumber Isolat Pupuk Hayati Penambat Nitrogen,, Jurnal Agrotek Indonesia 1 (2) : 115 – 122 (2016)

Danapriatna, N. (2011). Fenomena Kelangkaan Pupuk Kimia dan Alternatif Solusinya. *Jurnal FAPERTA: CEFARS*, *1*(01).

Dariah, A. 2007. Bahan Pembenah Tanah: Prospek dan Kendala Pemanfaatannya . Sinar Tani. Edisi 16 - 22 Mei 2007.

FNCA Biofertilizer Project Group. 2006. Biofertilizer Manual. Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA). Japan Atomic Industrial Forum, Tokyo.

Harjono. 2004. Zeolit, Bahan Pembenah Tanah.

Hopkins, D. W. and J. A. J. Dungait. 2010. Soil microbiology and nutrient cycling. In. Dixon, G. R. and E. L. Tilson. (Eds). Soil Microbiology and Sustainable Crop Production. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. Pp. 59-80.

Isroi. 2008. Kompos. Makalah. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia, Bogor. Wikipedia Indonesia.

Isroi. 2011. Bioteknologi Mikroba untuk Pertanian Organik. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia. Lembaga Riset Perkebunan Indonesia. Bogor.

Kader et al., 2002; Kader, M.A, M.H. Mian and M.S. Hoque. 2002. Effect of Azotobacter inoculant on yieldand nitrogen uptake by wheat. OnLine J.Bio. Sci.2 : 259 -251. Melaluihttp://docsdrive.com/pdfs/ansinet/jbs/2002/259-261.pdf [05/08/2010].

Katupitya, S., and K. Vlassak. 1990. Colonization of wheat roots by Azospirillumbrasilense. In: Organic recycling in Asia and the Pacific. Rapa Bull. 6:8.

Kuhad, R. C., D. M. Kothamasi, K. K. Tripathi and A. Singh. 2008. Diversity and functions of soil microflora in development of plants. In. Plant Surface Microbiology. Ajit, V., L. Abbott, D. Werner and R. Hampp (Eds.). pp. 71-81. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Menteri Pertanian (2011) Peraturan Menteri Pertanian Nomor 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk organik, pupuk hayati dan pembenah tanah. http://perundangan.pertanian.go.id/admin/file/Permentan-70-11.pdf.

Mirwan, M. (2008). Optimasi pengomposan sampah kebun dengan variasi aerasi dan penambahan kotoran sapi sebagai bioaktivator. Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan. Vol 4(1): 61-66.

Moelyohadi, Y., Harun, M. U., Hayati, R., & Gofar, N. (2012). Pemanfaatan Berbagai Jenis Pupuk Hayati pada Budidaya Tanaman Jagung (Zea mays. L) Efisien Hara di Lahan Kering Marginal. *Jurnal Lahan Suboptimal*, *1*(1).

Mohammadi K, Sohrabi Y (2012) Bacterial biofertilizers for sustainable crop production: A review. ARPN J Agr Biol Sci 7:307-316

Nasahi (2010). Peran mikroba dalam pertanian organik. Bandung: Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakutas Pertanian Universitas Padjadjaran.

P.B. Thakur and C. Balomajumder, 2012 P.B. Thakur and C. Balomajumder. “Biodegradation of O-Xylene by Azotobacter chroococcum”. International Journal of Advanced Biotechnology and ResearchVol 3 (2012) 502-508.

Perotto S. and P. Bonfante. 1997. Bacterial associations with mycorrhizal fungi: close and distant friends in the rhizosphere. Trends Microbiol. 5: 496–501

Prihastuti, P. (2016). Prospek Komersialisasi Produk Mikroba Di Bidang Pertania. *El–Hayah*, *5*(4), 159-167.

R. Kizilkaya, 2008“Nitrogen Fixation Capacity of Azotobacterspp. Strains Isolated from

Soils in Different Ecosystems and Relationship Between Them and The Microbiological Properties of Soils". Journal of Environmental BiologyVol 30 (2008) 73-28

Ruswandi,A. 2010. Pengkajian Pengembangan Model Pabrikasi Pupuk Organik Studi Kasus di kota tasikmalaya, jawa barat. Jurnal Agrikultura. 21(1): 68-76.

Sandhu, H. S., V. V. S. R. Gupta and S. D. Wratten. 2010. Evaluating the economic and social impact of soil microbes. In Dixon, G. R. and E. L. Tilson. (Eds). Soil Microbiology and Sustainable Crop Production. Springer Dordrecht Heidelberg London New York. Pp. 59-80.

Sattar, M.A., M.F. Rahman, D.K. Das, and T.M.A. Choudhury. 2008. Propects of using Azotobacter, Azospirillum and cyanobacteria as supplements of urea nitrogen forrice production in Bangladesh.

Sharma, A. K.(2002). Organic farming. Central Arid Zone Research Institute Jodhpur.Agrobios. India

Simanungkalit et al, (2006), *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati (Organic Fertilizer and Biofertilizer)*, Balai Besar Litbang Sumberddaya Lahan Pertanian,Balibang Pertanian, Bogor.

Simarmata, T. 1994. Prospek Pemanfaatan Bioteknologi Tanah (Azotobacter sp. dengan Pupuk Kandang) dalam Meningkatkan Produktivitas Lahan Marginal Ultisol dengan Indikator Tanaman Tomat (Lycopersicon esculentum). Jurnal Agrikultura 5 (1) : 60 – 74.

Stella, D. and P. Sivasakthivelan. 2009. Effect of different organic amendments addition into Azospirillum bioinoculant with lignite as carrier material. Bot.Res.Intl. 2(4) :229 – 232.

Sukmadi et al, 2016 , Kajian Proses Produksi Pupuk Hayati Bio-Srf Dan Pengujian Efektivitasnya Pada Tanaman Bawang Merah, Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia Vol 3 nomor 1 Juni 2016

Supadma, AAN dan DM Arthagama. 2008. Uji formulasi kualitas pupuk kompos yang bersumber dari sampah organic dengan penambahan limbah ternak ayam, sapi, babi dan tanaman pahitan**.** Jurnal Bumi Lestari, Vol. 8 No. 2, Agustus 2008.hal. 113-121

Susanto, 2009. Membuat kompos dengan mudah dan Murah. Gula Indonesia/Vol.XXXIII/No.1/Maret-April 2009

Suwardi, 2000. Prospek zeolit sebagai bahan untuk meningkatkan peroduksi pangan di Indonesia. Prosiding Kongres Nasional VII HITI. Bandung, 2-4 November 1999. Jurnal Agrikultura 14 : 139-144

Waluyo, L. 2009. Mikrobiologi Lingkungan. UMM Press. Malang.

Waritsatul et al, 2015. "Potensi Azotobacter spp. sebagai Pendegradasi Karbohidrat." *Jurnal Sains dan Seni ITS*4.1 : E5-E6.

Xu.,X. Dan E.Hirata.2005. *Decomposition patterns of leaf litter of seven common canopy species in a substropical forest : N and P dynamics*. Plant Soil. 273: 279-289

Yuwono. T. 2006. Kecepatan dekomposisi dan kualitas kompos sampah organik. Jurnal Inovasi Pertanian. 4 (2): 116-123.

VARIETAS UNGGUL BARU KAKAO (*Theobroma cacao* L.) TAHAN PENYAKIT *Vascular Streak Dieback* (VSD)

NEW SUPERIOR Vascular Streak Dieback (VSD) RESISTANT VARIETY OF CACAO (Theobroma Cacao L.)

Cici Tresniawati

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jl. Raya Pakuwon – Parungkuda km. 2 Sukabumi, 43357
Telp. (0266) 6542181, Faks. (0266) 6542087
cici_tresniawati@yahoo.com

ABSTRAK

Proses budidaya kakao dipengaruhi berbagai faktor pembatas, diantaranya adalah serangan hama dan penyakit, tanaman yang sudah tidak produktif, dan perubahan iklim. Salah satu penyakit yang menyerang tanaman kakao adalah penyakit pembuluh kayu atau *vascular streak dieback* (VSD) yang disebabkan oleh cendawan *Ceratobasidium theobromae* (P.H.B. Talbot & Keane). Varietas unggul baru tahan VSD merupakan salah satu cara yang tepat dalam mengatasi penurunan produksi kakao. Klon-klon kakao baik berupa varietas unggul nasional dan klon-klon lokal yang memiliki karakter produksi dan ketahanan terhadap organisme pengganggu tanaman di koleksi dalam plasma nutfah sebagai *core collection*. Dilakukan identifikasi karakter morfologi, produksi dan ketahanan terhadap VSD, dan dibantu dengan molekuler sehingga teridentifikasi genotipe-genotipe dengan jarak genetik yang jauh. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), institusi yang menangani komoditas kakao memiliki tupoksi menyediakan bahan tanam (plant material) (hibrida, klon, dan hibrida poliklonal) dan mengembangkan paket teknologi budidaya, khususnya penyediaan bahan tanaman (planting material) baik secara generatif maupun vegetatif. Penyediaan bahan tanam unggul harus dilakukan secara terstruktur agar tepat sasaran dan lebih efisien mengingat kakao adalah tanaman tahunan. Salah satu kegiatan pemuliaan tanaman di Balittri adalah persilangan antar klon, dengan menggunakan kakao jenis lindak yaitu ICS 13, TSH858, ICCRI 03, ICCRI 04, Sulawesi 1, Sulawesi 2, dan SCA 6. Hibrida-hibrida yang dihasilkan akan diidentifikasi karakter morfologi, ketahanan terhadap VSD, produksi, mutu biji, dan bantuan teknik molekuler dalam hal ini simple sequence repeat (SSR) untuk mempercepat proses pemuliaan tanaman.

Kata Kunci: dialel, kakao (*Theobroma cacao* L.), persilangan, *simple sequence repeat* (SSR), *vascular streak dieback* (VSD)

ABSTRACT

Cacao cultivation influenced by several factors, i.e. pest and disease attack, unproductive plants and climate change. One of the main disease is vascular streak dieback (VSD) caused by fungi Ceratobasidium theobromae (P.H.B. Talbot & Keane). Using VSD resistant variety is a strategy to solve productivity decrease in cacao. National varieties and local clones with resistance and high productivity were collected in germplams as core collection. *Identification were taken on morphology, productivity and VSD resistance, and colaborated with molecular aspect, genotypes with broad genetic distance could be identified. Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Intitute (IIBCRI) is responsible in producing plant material (hybrid, clone, and polyclonal hybrid), developing cultivation technology, and providing both generative or vegetatative planting materials. A structurized and targeted superior variety development should be taken as effective and efficient as possible regarding the characteristics of cacao as a perennial plant. One of breeding activity in IIBCRI is hybridization between bulk kakao i.e. ICS 13, TSH 858, ICCRI 03, ICCRI 04, Sulawesi 1, Sulawesi 2, and SCA 6 as a parent. Hybrids were characterized based on morphologycal, biochemistry, productivity, beans quality and the contribution of* simple *sequence repeat (SSR) in accelerating the breeding program.*

Kata Kunci: diallel, cacao (Theobroma cacao L.), hybridization, simple sequence repeat (SSR), vascular streak dieback (VSD)

PENDAHULUAN

Penyakit pembuluh kayu atau *vascular streak dieback* (VSD) yang disebabkan oleh cendawan *Ceratobasidium theobromae* (P.H.B. Talbot & Keane) adalah salah satu penyakit yang dapat menyerang tanaman kakao dan berpotensi menyebabkan kehilangan hasil apabila tidak ditangani secara serius. Serangan cendawan ini menyebabkan tanaman meranggas, daun menguning, dan menghambat munculnya bunga dan buah. Salah satu upaya pengendalian penyakit yang efektif dan efisien adalah melalui penggunaaan bahan tanam tahan. Besarnya kerugian akibat serangan VSD adalah antara 3-60%/tahun (Karmawati *et al*.,

2010). Menurut Anita-Sari, Susilo & Yusianto (2012), kerusakan tanaman kakao di beberapa wilayah Jawa Timur disebabkan oleh tingginya serangan penyakit VSD, begitu juga di Jawa Barat (Guest & Keane, 2007). Beberapa perkebunan pemerintah di Jawa Timur mengganti tanaman kakao yang terserang VSD dengan tanaman tebu (McMohan & Purwantara, 2016). Pada tahun 2002, serangan VSD ditemukan di Polmas dan Pinrang, Sulawesi Selatan (Rosmana, 2005).

Bahan tanam kakao tahan VSD dapat berupa klon unggul atau varietas hibrida. Perakitan varietas hibrida tahan VSD secara konvensional biasanya melibatkan tetua-tetua tahan namun produktivitasnya rendah dan tetua-tetua rentan tapi daya hasilnya tinggi. Seleksi individu dalam koleksi plasma nutfah *in situ* maupun *ex situ* juga berpeluang mendapatkan bahan tanam berupa klon dengan ideotipe kakao tahan VSD. Contoh klon unggul kakao yang memiliki ketahanan terhadap penyakit VSD adalah Sulawesi 1, Sulawesi 2, SCA 6 (Susilo & Anita-Sari, 2011) dan DRC 15 (Susilo, Mawardi, & Sudarsianto, 2009).

Tulisan ini akan mengulas kegiatan pemuliaan varietas unggul baru tahan penyakit VSD, yang dimulai dari identifikasi bahan tetua-tetua persilangan pada plasma nutfah tanaman kakao, kegiatan persilangan buatan, identifikasi karakter morfologi, produksi dan ketahanan penyakit VSD dan pengendaliannya.

PENYAKIT VASCULAR STREAK DIEBACK

Penyakit pembuluh kayu atau *vascular streak dieback* (VSD) disebabkan oleh cendawan *Ceratobasidium theobromae* (P.H.B. Talbot & Keane). Cenda'wan ini bersifat parasit obligat, mematikan tanaman secara perlahan, hanya dapat berkembangbiak dalam jaringan hidup tanaman inang (McMohan & Purwantara, 2016). Penyakit ini pertama kali ditemukan di Papua New Guinea pada tahun 1960an. Kemudian penyakit ini menyebar ke negara Asia lainnya seperti India Selatan, Cina, Pulau Hainan, Burma, Thailand, Malaysia, Filipina, dan Indonesia (Guest & Keane, 2007). Di Indonesia penyakit ini pertama kali ditemukan di Pulau Sebatik (Kalimantan Timur) pada tahun 1982, saat ini VSD telah tersebar di daerah Jawa Barat, Jawa Timur, sebagian besar Sulawesi dan Bali (Guest & Keane, 2007).

Upaya pengendalian VSD masih sangat sulit untuk dilakukan. Hal tersebut dikarenakan masih sedikit informasi mengenai karakter cendawan tersebut, dan kesulitan mengembangbiakannya pada media buatan. Samuels *et al.* (2011) menyatakan bahwa *O. theobromae* tidak menghasilkan spora seksual dan aseksual pada media buatan, patogen ini hanya dapat bertahan selama satu minggu pada media corticium. Infeksi penyakit VSD pada fase bibit (Gambar 1) dapat menimbulkan kematian tanaman hingga 50% setelah bibit dipindah ke lapang (Keane, 2001). Penyakit ini paling merusak pada bibit berumur kurang dari 10 bulan (Keane & Prior, 1992).

Gambar 1 Bibit kakao terserang VSD (Sumber: Khaerati, 2015)

Figure 1. Cacao plant materials affected with VSD (Source: Khaerati, 2015)

Pengujian ketahanan terhadap VSD banyak dilakukan di daerah endemik, karena cendawan belum dapat diisiolasi dan diperbanyak dalam biakan agar. Induksi ketahanan pada tanaman dilakukan dengan injeksi basidiospora langsung pada bibit dari basidiomata yg dikoleksi

langsung dari lapang, atau dengan cara menaruh bibit di bawah tanaman yang terserang VSD.

Gejala awal serangan VSD yang paling spesifik adalah klorosis (Gambr 2A) atau nekrosis bintik kuning yang diikuti gejala penuaan daun pada daun kedua atau ketiga dari ujung ranting. Serangan VSD dimulai pada daun muda kemudian terjadi penghitaman xilem pada daun yang terinfeksi dan akhirnya daun akan gugur seperti gejala ompong (Samuels et al., 2011). Apabila pada daun yang mengalami nekrotik di potong maka akan terlihat tiga titik coklat pada pangkal daun (Gambar 2B). Pada cabang, apabila dibelah secara melintang akan ditemukan garis kecoklatan akibat kematian jaringan pembuluh (Gambar 2C). Lentisel pada pohon terinfeksi biasanya membesar, menyebabkan kulit batang menjadi kasar. Akhirnya daun gugur dan mati, tunas lateral kadang-kadang dapat berkembang tetapi akhirnya mati juga, dan ranting-ranting yang mati terlihat seperti sapu (Gambar 2D). Keragaan tanaman yang terserang VSD di daerah Jawa Timur (Gambar 3A) dan Sulawesi Tenggara terdapat pada Gambar 3B.

Gambar 2 Gejala-gejala serangan VSD. Klorosis pada daun (A)., tiga titik cokelat pada pangkal daun (B), garis kecokelatan pada jaringan pembuluh (C), dan mati ranting seperti sapu (D) (Sumber: Guest & Keane, 2007 (A); McMohan & Purwantara, 2016 (B-C); dan www.appsnet.org (D)

Figure 2: Attack symptoms of VSD. Chlorosis at leaves (A), three brown spots on leaf stem (B), brownish line at vascular tissue (C), and dead branches (D) (Source: Guest & Keane, 2007 (A); McMohan & Purwantara, 2016 (B-C); dan www.appsnet.org (D)

Gambar 3 Keragaan tanaman yang terserang VSD di Jawa Timur (A) dan Sulawesi Tenggara (B) (Sumber: McMohan & Purwantara, 2016 (A) dan Khaerati, 2015 (B)

Figure 3. Plant performance affected by VSD in East Java (A) and South East Sulawesi (B) (Source: McMohan & Purwantara, 2016 (A) dan Khaerati, 2015 (B)

Cendawan C. *theobromae* memproduksi basidiospora pada basidium yang berkembang pada cabang kakao yang terserang dan terjadi setelah tengah malam pada kondisi sangat lembap. Basidiospora disebarkan oleh angin dan bila spora jatuh pada tempat yang kering maka akan segera kehilangan viabilitasnya. Pada daun yang lunak dan mengandung tetesan air, basidiospora berkecambah dengan cepat, kemudian membentuk tabung kecambah untuk mempenetrasi epidermis dan kemudian masuk ke dalam xylem. Dalam waktu 6 sampai 16 minggu (tergantung pada umur tanaman kakao), gejala akan muncul pada daun ke-2 dan ke-3 dari pucuk. Bila hujan terus, maka perkecambahan akan lebih cepat terjadi dan akan mengalami siklus yang sempurna. 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).

Penularan penyakit VSD ke tanaman lain melalui basidiospora yang dapat diterbangkan dengan perkiraan jarak 200 m. Spora tidak tahan sinar ultraviolet, sehingga apabila terkena sinar matahari selama 30 menit menjadi tidak infektif. Penyakit ini umumnya menginfeksi tanaman kakao dan juga dilaporkan menyerang pada tanaman alpukat (Samuels *et al.* 2011). Menurut Guest & Keane (2007) pada bekas daun gugur dapat muncul hifa cendawan O. theobromae dari berkas pembuluh yang telah terinfeksi jika berada dalam kondisi lembap, kemudian berkembang membentuk basidiocarp berwarna putih (Gambar 4). Pembentukan basiodiospora terjadi setelah tengah malam sampai pagi. Ukuran panjang basidiospora O. theobromae 15-25 µm dan lebar 6.5-8.5 µm.

Gambar 4 Hifa cendawan O. *theobromae* pada bekas daun gugur di batang (Sumber: McMohan & Purwantara, 2016)

Figure 4. Hyphae of fungi O. theobromae *on leaf scar on the branch (Source: McMohan & Purwantara, 2016)*

Sistem budidaya yang menggunakan bahan tanam tahan pada fase pembibitan, pengaturan kanopi/ tajuk pohon, pemangkasan cabang yang terinfeksi secara teratur serta penggunaan genotipe yang tahan VSD merupakan cara pengendalian yang efektif dalam mengatasi VSD. Penggunaan kakao hibrida yang terdiri dari Upper Amazon, Trinitario dan Amelonado menghasilkan keragaman genetik di suatu wilayah, setiap genotipe memiliki tingkat ketahanan yang berbeda-beda sehingga kerugian kehilangan hasil tidak akan terlalu besar, hal ini terbukti dengan serangan VSD di

Sulawesi tidak separah yang terjadi di Papua Nugini (Guest & Keane, 2007).

Terjadinya epidemi penyakit salah satu faktor yang mempengaruhi adalah faktor lingkungan. Menurut Cunniffe *et al.* (2015) cited in Khaerati (2015) kondisi lingkungan dapat memengaruhi tingkat infeksi patogen, dan inang menjadi rentan. Faktor lingkungan yang memengaruhi perkembangan epidemi penyakit tanaman yaitu: kelembaban, suhu, dan aktivitas manusia bercocok tanam. Berkembangnya penyakit disebabkan adanya interaksi beberapa faktor antara lain: klon yang ditanam, iklim yang lebih basah, sistem budidaya tanaman yang tidak tepat (jarak tanam, pohon penaung, terasering, drainase), dan pemeliharaan tanaman yang minim (pemangkasan tanaman dan penaung, pemupukan, sanitasi kebun dan pengendalian hama dan penyakit).

Kebun kakao yang memiliki tajuk tanaman kakao yang tidak rapat atau jarang, ditemukan lebih rendah terserang penyakit VSD karena kondisi sirkulasi udara di kebun baik dan adanya paparan sinar matahari langsung. Menurut Keane (1981) paparan sinar matahari langsung selama 12 menit dapat mengurangi perkecambahan spora hingga 95%, sedangkan paparan cahaya matahari secara tidak langsung membutuhkan waktu 20 menit dapat mengurangi perkecambahan spora *O. theobromae* hingga 80%. Terjadinya penutupan tajuk yang rapat disebabkan oleh petani tidak melakukan pemangkasan pemeliharaan melainkan hanya memangkas tunas air. Pemangkasan pemeliharaan adalah mengurangi sebagian daun yang rimbun di tajuk tanaman dengan cara memotong ranting-ranting yang terlindungi atau yang menaungi, memotong cabang yang ujungnya masuk ke dalam tajuk tanaman dan diameter kurang dari 2.5 cm, mengurangi daun yang menggantung dan menghalangi aliran udara di dalam kebun. Guest & Keane (2007) menyatakan bahwa pengendalian VSD dengan cara pemangkasan cabang-cabang terinfeksi 30 cm dari bagian pembuluh xilem yang berwarna cokelat secara rutin setiap dua minggu sekali selama hampir 2 tahun dapat menekan serangan VSD hingga tingkat serangan di bawah 1%, sedangkan tanaman yang tidak dilakukan pemangkasan terjadi peningkatan intensitas serangan VSD dari 30% menjadi 90%.

PLASMA NUTFAH TANAMAN KAKAO

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 seperti Cocoa Research Unit (CRU) di Trinidad; The International Cocoa Collection (IC3), CATIE di Turrialba, Costa Rica; CEPLAC di Brasil; Cocoa Research Instute of Ghana (CRIG) di Ghana; dan Centre National de la Recherche Agronomique de Ivory Coast (CNRA) di Pantai Gading (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 aksesi-aksesi 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 yaitu seleksi. Pada tahap ini 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.

Kakao (*Theobroma cacao* L.) adalah tanaman tahunan, menyerbuk silang, umumnya diperbanyak dengan cara klonal, dan berasal dari lembah Amazon. Kakao pertama kali diintroduksi ke Indonesia oleh bangsa Spanyol pada tahun 1560, pertama kali ditanam di

Minahasa. Bahan tanam kakao tersebut berupa Criollo Venezuela, yang berupa kakao mulia (Criollo Venezuela). Pada saat ini tipe kakao yang berkembang di Indonesia adalah kakao mulia (*fine cacao*) yang merupakan jenis Criollo dan kakao lindak (*bulk cacao*) yang merupakan jenis Forastero dan Trinitario. Karakteristik dari ketiga jenis kakao tertuang dalam Tabel 1. Kakao mulia merupakan kakao yang memiliki citarasa yang lembut dan sering digunakan sebagai pencampur pada kakao lindak. Kakao lindak lebih tahan terhadap serangan organisme penggangu tanaman (OPT) jika dibandingkan dengan kakao mulia. Kegiatan persilangan yang dilakukan memanfaatkan klon-klon kakao mulia dan lindak.

Kakao mulia bijinya berwarna putih sedangkan kakao lindak bijinya berwarna ungu. Persentase biji berwarna putih menjadi salah satu kriteria suatu aksesi kakao digolongkan ke dalam kategori kakao mulia. Pada Gambar 5 menunjukkan benih (biji) kakao mulia klon DR 1 (A) dan kakao lindak klon MCC 01 (B).

Klon-klon kakao baik berupa varietas unggul nasional dan klon-klon lokal yang memiliki karakter produksi dan ketahanan terhadap organisme pengganggu tanaman di koleksi dalam plasma nutfah sebagai *core collectio*n. Dilakukan identifikasi karakter morfologi, produksi (mutu biji) dan ketahanan terhadap VSD, dan dibantu dengan molekuler sehingga teridentifikasi genotipe-genotipe dengan jarak genetik yang jauh. Menurut Yao *et al.* (2013), seleksi tetua-tetua dalam program pemuliaan tanaman merupakan hal yang tidak mudah dilakukan karena hal ini terkait dengan ketersedian sumber daya, serta tujuan dan sifat genetik dari suatu karakter yang ingin diteliti.

Plasma nutfah di kebun percobaan Pakuwon telah berumur 5 tahun. Koleksi plasma nutfah terdiri dari klon-klon unggul nasional, klon lokal hasil eksplorasi di Indonesia dan luar negeri, dan hibrida-hibrida kakao mulia. Dari kegiatan plasma nutfah telah terpilih lima klon yang digunakan sebagai tetua untuk digunakan dalam persilangan. Tetua yang digunakan memiliki karakteristik ketahanan terhadap penyakit VSD tetapi potensi produksinya tidak terlalu tinggi ± 1,5-2,7 ton/ha/tahun. Klon-klon kakao Sulawesi 1, Sulawesi 2, SCA 6, ICCRI 03, dan ICCRI 04 (Gambar 6) merupakan klon-klon yang dikembangkan untuk meningkatkan produktivitas dan mengatasi masalah serangan penyakit VSD pada pertanaman kakao lindak (Susilo, 2010).

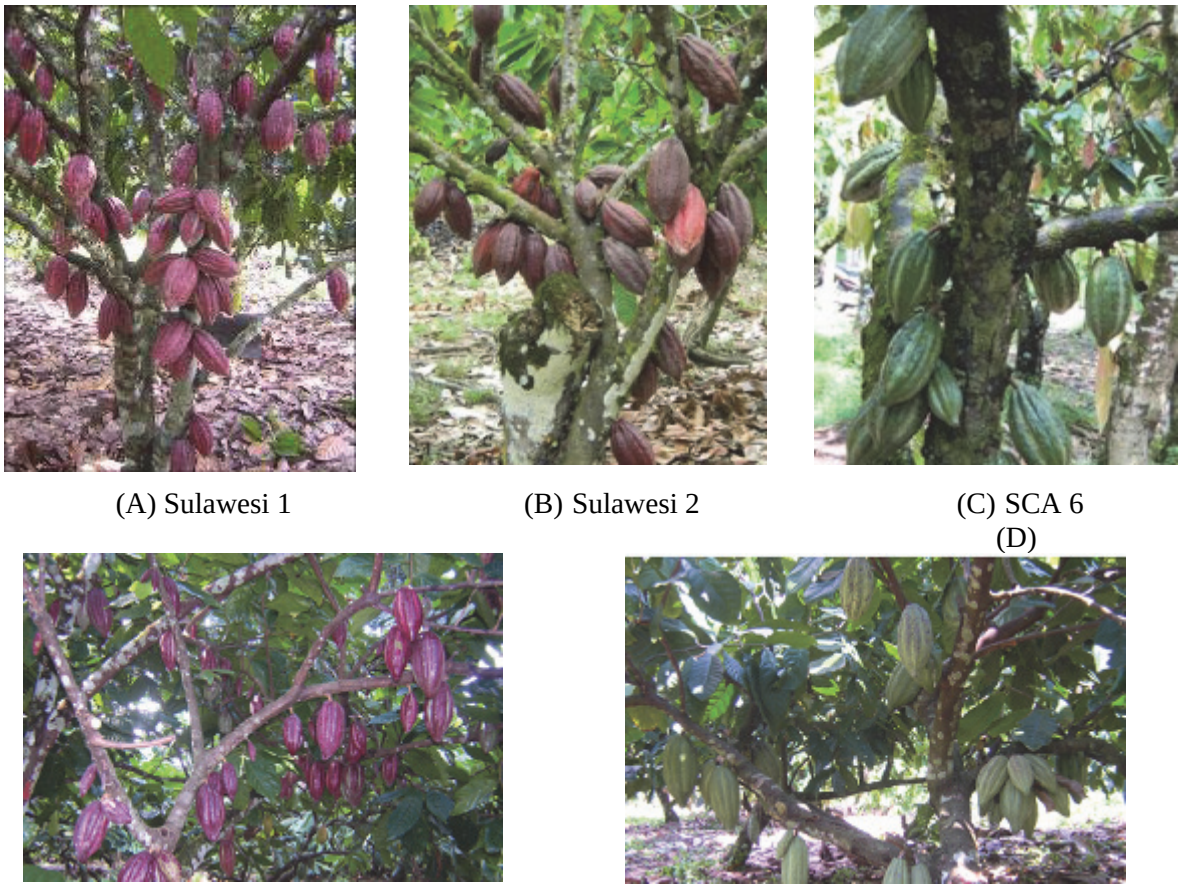
Tabel 1 Jenis dan ciri-ciri kakao yang dikembangkan di Indonesia
Table 1. Characteristics of cacao cultivated in Indonesia

No	Karakter	Jenis			Keterangan
		Criollo	Forastero	Trinitario	
1	Warna buah	Merah	Hijau	Beragam	Tipe Trinitario merupakan hibrida dari Criollo dan Forastero (secara alami)
2	Kulit buah	Kasar	Halus	Kasar s/d halus	
3	Warna biji	Putih	Ungu	Ungu	
4	Bentuk biji	Bulat besar	Lonlong pipih	Lonjong pipih	
5	Kadar lemak	Sedkit	Banyak	Sedang	
6	citarasa	Baik	Sedang	Sedang	Sifat-sifatnya ada diantara keduanya
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 Nasional (2006)
Source: National Cacao Committee (2006)

Gambar 5 Benih (biji) kakao mulia klon DR 1 (A) dan kakao lindak klon MCC 01 (B). (Dok. Foto: Cici Tresniawati)

Figure 5. Seeds of nulk cacao of DR 1 clone (A) and fine cacao of MCC 01 (B). (Source: Cici Tresniawati)



Gambar 6 Keragaan beberapa genotipe kakao: (A) Sulawesi 1; (B) Sulawesi 2; (C) SCA 6; (D) ICCRI 03; dan (E) ICCRI 04 (sumber: PPKKI, 2010)

Figure 6. Performance of several cacao genotypes; (A) Sulawesi 1; (B) Sulawesi 2; (C) SCA 6; (D) ICCRI 03; and (E) ICCRI 04 (Source: PPKKI, 2010)

PEMULIAAN TANAMAN KAKAO

Kegiatan pemuliaan tanaman kakao di Indonesia sudah berkembang sejak tahun 1912, pertama kalinya 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. 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 pada 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 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). Tahapan selanjutnya adalah evaluasi materi yang 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 batang bawah yang dapat digunakan oleh petani kakao secara luas. Disamping 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, Lopes & Clement, 2009).

PERSILANGAN PADA TANAMAN KAKAO

Persilangan adalah proses penggabungan karakter unggul dari masing-masing tetua kedalam satu individu (hibrida), diharapkan individu tersebut memiliki sifat heterosis atau vigor hibrida, yang akan dievaluasi untuk memperoleh bahan tanam yang unggul di masa mendatang (Syukur, Sujiprihatini & Yunianti, 2010). Varietas kakao yang memiliki ketahanan terhadap penyakit VSD dapat diperoleh dengan merakit varietas yang mempunyai gen ketahanan terhadap penyakit tersebut. 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 ketahanan, heritabilitas, tipe gen pengendali karakter, korelasi antar karakter serta ada tidaknya pengaruh sumber polen terhadap karakter ketahanan terhadap penyakit. Kompatibilitas, ketahanan terhadap VSD, daya hasil, bobot per biji kering dan kadar lemak beberapa klon kakao unggul nasional terdapat pada Tabel 2.

Tabel 2 Kompatibilitas, ketahanan terhadap VSD, daya hasil, bobot per biji kering dan kadar lemak beberapa klon kakao

Table 2. Compatibility, resistancy toward VSD, yield, weight per dried seed and fat content of several cacao clones

Klon	Jenis	kompaktibilitas	Ketahanan VSD	Daya hasil (ton/ha)	bobot/biji kering (g)	Kadar Lemak (%)	Tahun pelepasanvarietas
DR1		SI	rentan	1,5	1.36	-	-
DR2		-	Rentan	2,16	1.21	-	-
DR 38	Kakao	-	Rentan	1,5	1.47	-	
DRC 16	mulia	-	Tahan	1.54	1.19	53,45	1997
ICCRI 01		SC	Rentan	2.5	1.36	59	2005
ICCRI 02		SC	Rentan	2.37	1.32	56	2005
DRC 15		-	Tahan	1.542	1.16	50.4	2009
GC 7		-	Rentan	2.0	1.24	55	1997
ICS 13		-	Rentan	1.83	1.05	52	1997
AP 70		SC	Moderat	2,03	1,18	57,5	1998
AP 71		SC	Moderat	1,89	1,18	58,1	1998
AP 72		SC	Moderat	2,01	1,16	55,4	1998
AP 73		SC	Moderat	1,89	1,15	56,2	1998
ICS 60		-	Sedang	1.5	1.67	54	-
TSH 858		-	Rentan	1.76	1.15	56	-
ICCRI 03	Kakao	SC	Moderat	2.06	1.27	55,07	2006
ICCRI 04	Lindak	SC	Rentan	2.09	1.28	44,01	2006
Sulawesi 1		SC	Tahan	1.8-2.5	1.1	45-50	2008
Sulawesi 2		SC	Moderat	1.8-2.75	1.27	55,07	2008
SCA 6		SI[1)]	Tahan	1.54	0,65-0,8	49,6-58,1	2009
ICCRI 06 H			Tahan	2.183	1.07	54.3	2010
ICCRI 7		SC	-	1.903	0.8-1.15	45.67	2012
Sulawesi 3		SC	Moderat	1.837	0.75-078	49.6-50.9	2012
MCC 01		SC	Tahan	3.672	1.75	49.6	2014
MCC 02		SC	Tahan	3.132	1.61	49.2	2014

Sumber: Kumpulan SK Pelepasan varietas kakao, Direktorat Jendral Perkebunan, 2014;
Keterangan: 1) Minimol & Prasannakumari, 2013

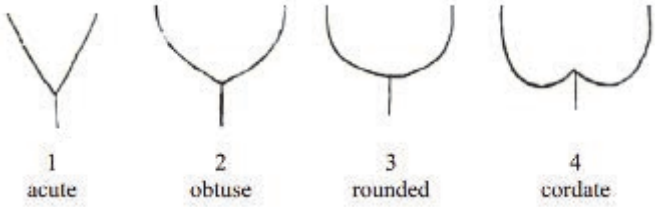
Source: Selection of Cacao Variety Release, Directorate General of Eestate Crops, , 2014;
Note: 1) Minimol & Prasannakumari, 2013

SELEKSI CALON VARIETAS UNGGUL BERDASARKAN KARAKTER MORFOLOGI, PRODUKSI, DAN KETAHANAN

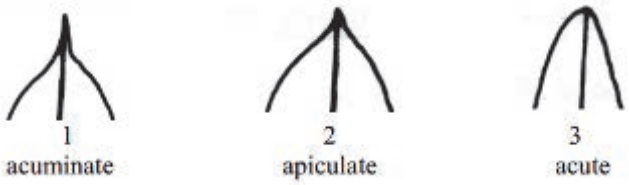
Seleksi calon varietas unggul harapan dilakukan sejak tanaman di pembibitan sampai tanaman di tanam di lapang. Waktu pemuliaan yang cukup lama membutuhkan berbagai pendekatan seleksi. Pengamatan biokimia dapat dikorelasikan dengan pengamatan karakter morfologi, produksi, dan ketahanan penyakit.

PENGAMATAN MORFOLOGI

Pengamatan morfologi dilakukan baik karakter kuantitatif maupun kualitatif. dilakukan pada bunga (warna antosianin pada tangkai bunga, warna antosianin pada ligula), daun (bentuk dasar daun (Gambar 7), bentuk ujung daun (Gambar 8), warna flush (Gambar 9), batang (warna batang, permukaan batang), buah (bentuk buah (Gambar 10), bentuk leher botol (Gambar 11), bentuk ujung buah kakao (Gambar 12), bentuk alur kulit buah (Gambar 13), warna buah tua (Gambar 14), kedalaman alur kulit buah (Gambar 15), permukaan buah; dan benih (bentuk kotiledon) (Gambar 16) dan warna kotiledon (Gambar 17).

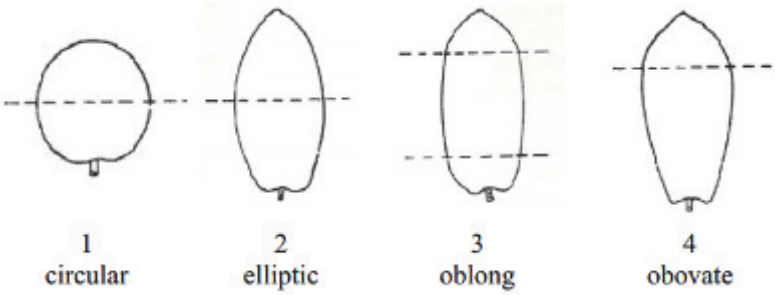


Gambar 7 Bentuk dasar daun (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 7 The shape of leaf base (Source: UPOV, 2011)

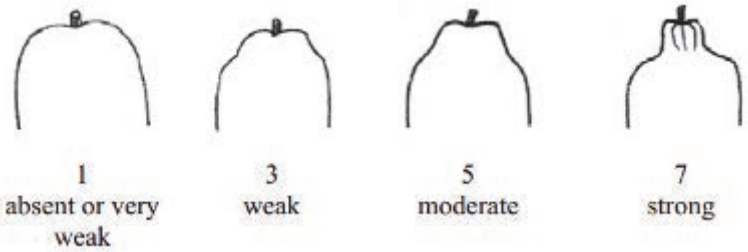


Gambar 8 Bentuk ujung daun (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 8 The shape of leaf apex (Sumber: UPOV, 2011)

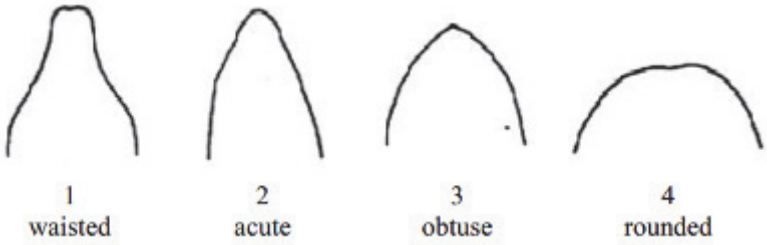
Gambar 9 Warna flush (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 9 Flush colour (Sumber: UPOV, 2011)



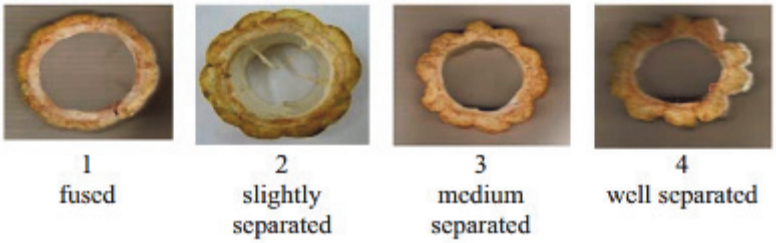
Gambar 10 Bentuk buah kakao (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 10 The shape of cacao pod (Sumber: UPOV, 2011)



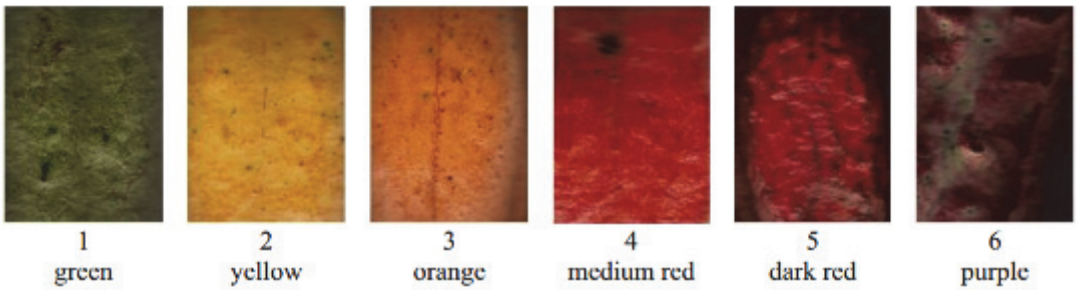
Gambar 11 Bentuk leher Botol (Bentuk Dasar Buah) kakao (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 11 Bottleneck (basic pod shape) (Source: UPOV, 2011)



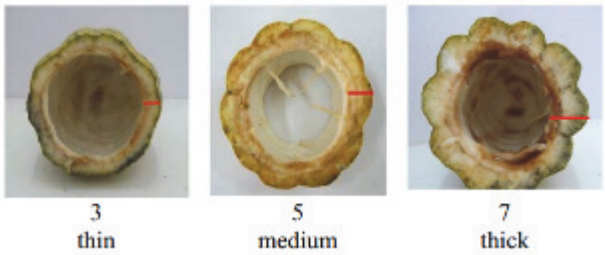
Gambar 12 Bentuk ujung buah kakao (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 12 Shape of pod's apex (Sumber: UPOV, 2011)



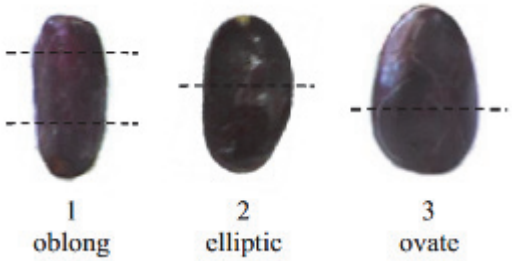
Gambar 13 Kedalaman alur kulit buah kakao (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 13 Depth between ridges (Sumber: UPOV, 2011)



Gambar 14 Warna buah tua kakao (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 14 Mature pods colour (Sumber: UPOV, 2011)



Gambar 15 Tipe-tipe ketebalan kulit buah kakao (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 15 Types of exocarp thickness (Sumber: UPOV, 2011)



Gambar 16 Gambar bentuk biji kakao (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 16 Shapes of cacao beans (Sumber: UPOV, 2011)

Gambar 17 Warna kotiledon kakao (Sumber: UPOV, 2011)
Figure 17 (Sumber: UPOV, 2011)

MORFOLOGI BUNGA KAKAO

Bunga kakao tumbuh pada bantalan (*cushion*) di batang (*cauliflora*) (Gambar 18A). Bunga kakao memiliki putik palsu yang biasa disebut staminodia. Penyerbukan secara alami terjadi dengan bantuan serangga *Forcipomyia*. Bunga kakao terdiri atas: (a) putik, (b) staminodia, (c) kotak sari, (d) mahkota bunga, (e) kelopak bunga, dan (f) tangkai bunga (Gambar 18B-C).

TEKNIK PENYERBUKAN BUATAN KAKAO

Teknik persilangan tanaman kakao dimulai dari persiapan alat dan bahan persilangan, pengerodongan bunga tetua betina, penyerbukan buatan, dan pengamatan hasil persilangan. Teknik persilangan (penyerbukan silang) buatan antar klon kakao dilakukan dengan mengacu pada metode Wood & Lass (2001), Nair (2010) dan Groeneveld, Tscharntke, Moser, & Clough (2010) dengan sedikit modifikasi (Rubiyo, Wardiana & Dani, 2012).

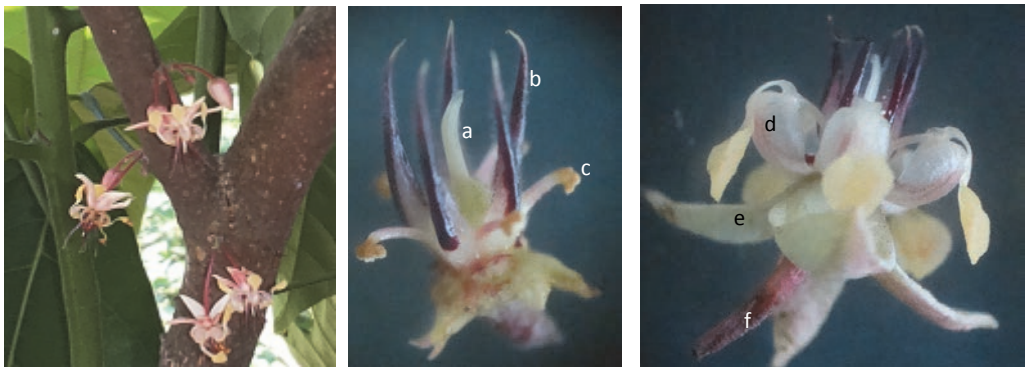
Persiapan Alat dan Bahan Persilangan

Alat dan bahan persilangan yang digunakan antara lain: kerodong, pinset, cawan petri, plastik label, spidol permanen, panci kecil, kompor spritus, spritus, parafin padat, solder, tusuk gigi, karet gelang dan korek gas (Gambar 19). Kerodong terbuat dari pot plastik bening berukuran panjang x diameter = 10 cm x 3 cm yang dilubangi bagian pangkalnya

menggunakan solder dan ditutup dengan kain kasa halus menggunakan perekat lem. Agar kerodong dapat diikat pada batang kakao, maka dibuat dua lubang pada sisi yang berlawanan menggunakan solder yang berfungsi untuk mengikatkan karet gelang.

Pengerodongan Bunga Tetua Betina

Sehari sebelum persilangan dilaksanakan, terlebih dahulu perlu ditentukan bunga-bunga dalam kondisi menjelang anthesis pada tetua betina. Ciri bunga yang akan mekar keesokan harinya adalah pada kuncup bunga terlihat garis pemisah antar kelopak bunga (Gambar 20A). Untuk menghindari terjadinya penyerbukan oleh serangga, maka bunga-bunga tersebut perlu dikerodong menggunakan tabung plastik yang bagian pangkalnya dilubangi dan ditutup dengan kain kassa. Kerodong diikat pada batang/cabang pohon menggunakan karet gelang (Gambar 20B). Celah-celah pada bagian pangkal kerodong yang menempel pada batang ditutup menggunakan parafin padat yang telah dilelehkan supaya mencegah masuknya serangga penyerbuk (Gambar 20C).



A **B** **C**

Gambar 18 Bunga pada batang (cauliflora) (A) dan morfologi bunga kakao. Bunga tanpa mahkota bunga (B) dan Bunga dengan mahkota bunga (C). Keterangan: (a) putik, (b) staminodia, (c) kotak sari, (d) mahkota bunga, (e) kelopak bunga, dan (f) tangkai bunga (Dok. Foto: Cici Tresniawati)

Figure 18 Flower on trunk (cauliflora) (A) and flower morphology. Flower without petals (B) and flower with petals (C). Note: (a) pistil, (b) staminodia, (c) anther, (d) petal, (e) sepal, and (f) peduncle (Source: Cici Tresniawati)

Gambar 19 Alat dan bahan persilangan kakao (Dok. Foto: Cici Tresniawati)
Figure 19 Tools and materials for cacao crossings (Source: Cici Tresniawati)

Penyerbukan Buatan

Persilangan kakao dilakukan sesaat setelah bunga mekar mulai jam 02.00–09.00 WIB pada keesokan harinya, yaitu di saat putik dalam kondisi reseptif. Sesaat sebelumya dilakukan pengumpulan benang sari dari tetua jantan pada wadah cawan petri. Untuk dapat mengambil kotak sari (benang sari) terlebih dahulu harus menghilangkan bagian mahkota bunga berbentuk mangkuk menggunakan pinset. Kotak sari diambil secara hati-hati dari bunga tetua jantan agar kotak sari (anther) yang terletak di bagian ujungnya tidak rusak. Ciri kotak sari berwarna putih atau kuning tergantung jenis klon dan akan berubah menjadi oranye atau cokelat. Apabila kotak sari sudah mulai pecah dan serbuk sarinya siap untuk digunakan menyerbuki bunga pada tetua betina (Gambar 20D). Kotak sari yang sudah berubah warna menjadi kecokelatan menandakan sudah tidak baik untuk digunakan dalam penyerbukan.

Sebelum diserbuki, staminodia bunga pada tetua betina perlu dipotong menggunakan pinset yang ujungnya melengkung agar tidak menutupi kepala putik (Gambar 20E). Penyerbukan dilakukan dengan cara mengoleskan kotak sari pada kepala putik hingga terlihat butiran serbuk sari menempel, secara mikroskopis terlihat pada Gambar 20F. Setelah itu, bunga dikerodong kembali untuk memastikan tidak ada kontaminasi serbuk sari dari bunga lain yang dibawa serangga. Bunga yang telah di serbuki kemudian diberi label yang memuat informasi kombinasi tetua dan tanggal persilangan dilakukan. Bunga-bunga lain yang sudah mekar dan tidak diserbuki kemudian dihilangkan. Prosedur di atas diulang selama beberapa hari hingga jumlah ulangan yang diperlukan dapat terpenuhi.

Pengamatan Hasil Persilangan

Minimum 24-48 jam setelah persilangan dilakukan, kerodong dibuka untuk mengidentifikasi apakah penyerbukan buatan berhasil atau tidak. Bunga yang gagal diserbuki akan telihat layu dan pada akhirnya rontok. Persentase keberhasilan penyerbukan buatan kemudian dihitung dan dicatat dalam log book. Pengamatan dilanjutkan hingga bunga yang berhasil diserbuki berkembang menjadi buah muda berukuran ±10 cm (Gambar 20G) untuk mengetahui persentase gugur buah atau dikenal dengan layu pentil (*cherelle wilt*). Gugur buah (*Cherelle wilt*) umumnya terjadi setelah dilakukan persilangan sampai buah berumur 12 minggu. Buah yang layu menjadi hitam, mengering dan tetap menempel di batang pohon (Groeneveld *et al*., 2010). Keragaan buah hasil persilangan pada umur 3-4 Bulan Setelah Persilangan (BSP) (Gambar 21). Panen buah hasil persilangan dilakukan pada umur 4,5–5 bulan yang dihitung sejak tanggal persilangan.

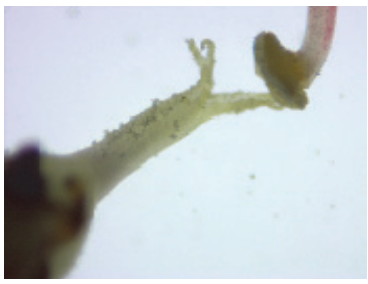
A

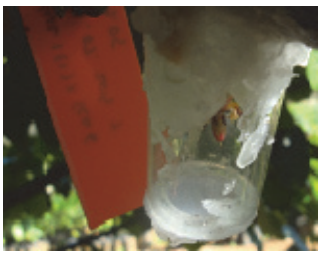
B

C

D

E


F



G

Gambar 20 Tahapan persilangan bunga kakao. Bunga menjelang anthesis atau siap dikerodong (A); Pengerodong bunga betina menggunakan botol plastik (B); Pangkal kerodong yang menempel pada batang ditutup menggunakan parafin yang dilelehkan (C); Kotak sari dilihat secara mikroskopis pada perbesaran 60x (D); penyerbukan menggunakan pinset (E); Pengolesan kotak sari pada putik dilihat secara mikroskopis (pada perbesaran 60x) (F); Botol kerodong plastik yang ditutup parafin (G). (Dok. Foto: Cici Tresniawati dan Nurkholilatul Izzah)

Figure 20 Steps in cacao flower crossings. Flower prior to anthesis phase or ready to bagged (A); Female flower bagging using plastic bottle (B); The base of bagging, in which attached to the trunk, were covered by melted paraffin (C); Anther under microscopic zooming 60x (D); Pollination on pistil under microscopic zooming 60x (F); Plastic bagging covered by paraffin (G). (Source: Cici Tresniawati dan Nurkholilatul Izzah)

Gambar 21 Keragaan buah hasil persilangan pada umur 3-4 Bulan Setelah Persilangan (Dok: Cici Tresniawati)

Figure 21 Performance of crossed pods at 3-4 months after crossings (Source: Cici Tresniawati)

Apabila dibandingkan dengan penyerbukan alami, penyerbukan buatan menggunakan tangan (hand pollination) terbukti dapat meningkatkan pembentukan bakal buah (*cherelle*) tetapi tidak meningkatkan jumlah buah masak panen karena kejadian layu pentil (*cherelle wilt*) lebih tinggi (Valle, de Almeida & Leite, 1990). Fenomena layu pentil merupakan faktor fisiologis penting bagi tanaman kakao dalam rangka mengatur jumlah buah per pohon hingga tanaman dapat menyimpan sumberdaya yang cukup untuk pembentukan buah dan pertumbuhan vegetatif pada periode berikutnya (Adjaloo, Oduro, & Banful, 2012).

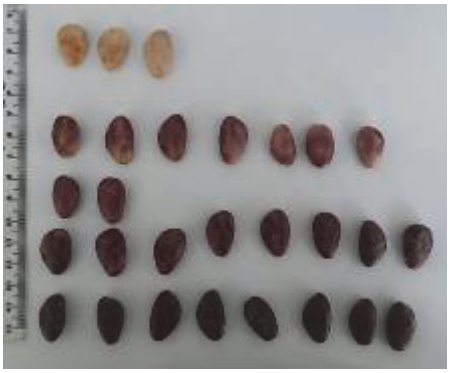
Buah muda yang terbentuk pada bulan pertama belum menjamin hasil yang diperoleh. Sebagian besar buah muda tersebut akan layu dan mati dalam kurun 1-2 bulan. Perubahan ini lazim disebut dengan layu pentil (cherelle wilt). Ada dua faktor utama penyebab matinya buah muda. 1) faktor lingkungan, seperti kekurangan air, drainase buruk, tanah miskin unsur hara, serta serangan hama dan penyakit atau patogenis dan 2) faktor dalam atau fisiologis, seperti kantong lembaga tidak normal atau berkas pengangkut di dalam pentil kakao belum terbentuk dan tidak berfungsi dengan baik, walaupun layu pentil kakao mengering dan tetap menempel pada cabang atau batang. Layu

pentil kakao merupakan penyakit fisiologis dan khas pada tanaman kakao, angkanya mencapai 60-90% dan berlangsung pada umur 0-70 hari. Kekurangan hormon pada tahap perkembangan buah, karena hormon tersebut mengatur pengambilan air dan nutrisi.

Hasil persilangan antara klon kakao ICCRI 03 x Sulawesi 1 menghasilkan keragaman pada karakter warna nib (kotiledon) kakao. Buah dipanen lima bulan setelah persilangan buatan. Pulp dihilangkan dengan menggunakan abu gosok, kulit ari biji dikupas untuk mendapatkan nib (kotiledon). Setelah dikupas diketahui terdapat keragaman warna nib, yaitu putih, *pale*, dan ungu (Gambar 22). Dari satu buah kakao yang berhasil dipanen dan didapatkan 44 biji kakao. Persentase biji yang berwarna putih 18%, ungu 45,45%, dan pale 36,36%. Suatu aksesi kakao dikategorikan ke dalam kakao mulia jika persentase biji putih minimal 85%.

Keragaman warna biji kakao disebabkan oleh faktor genetik. Jika melihat sejarah pelepasan varietas dapat diketahui bahwa salah satu tetua yaitu ICCRI 03 merupakan klon kakao hasil persilangan antara DR 2 x SCA 12. DR 2 adalah kakao tipe mulia yang memiliki warna biji putih. Sedangkan SCA 12 adalah kakao lindak yang memiliki biji berwarna ungu. Pada persilangan ini terjadi segregasi, dan beberapa hibrida DR 2 x SCA 12 membawa sifat warna biji putih. Klon Sulawesi 1 merupakan hasil seleksi yang dilakukan pada populasi kakao hibrida di Sulawesi Tenggara, yaitu pada populasi tanaman kakao yang karakter morfologinya mirip dengan klon Prang Besar Clone 123 (PBC 123) yang merupakan klon introduksi dari Malaysia (McMohan et al, 2015).

Panen buah dilakukan pada buah yang dapat bertahan hidup sampai 5 bulan setelah persilangan. Keberhasilan bunga menjadi buah dipengaruhi oleh beberapa hal sebagai berikut: 1) jumlah bunga yang tumbuh, 2) persentase bunga yang diserbuki, 3) persentase bunga yang dibuahi, dan 4) persentase buah muda yang mampu berkembang sampai masak. Buah yang telah dipanen dikupas dan benihnya dibersihkan untuk segera ditanam, karena benih kakao bersifat rekalsitran. Benih dikecambahkan dalam media pasir dan pupuk kandang selama satu bulan setelah memiliki daun pertama yang tumbuh sempurna (Gambar 23), kecambah dipindahkan kedalam polybag.



(A)

(B)

Gambar 22 Keragaan warna biji (A) dan buah (B) kakao hasil persilangan klon kakao ICCRI 03 x Sulawesi 1. (Dok.Foto: Cici Tresniawati)

Figure 22. Performance of seed colour (A) and pod (B) of cacao clones ICCRI 03 clones with Sulawesi 1. (Source: Cici Tresniawati)

Gambar 23 Kecambah normal kakao lindak hasil persilangan (Dok.Foto: Cici Tresniawati)
Figure 23. Germinated crossed normal fine cacao. (Source: Cici Tresniawati)

EVALUASI KOMPONEN PRODUKSI

Produktivitas kakao dilihat dari daya hasil dan komponen mutu biji. Daya hasil sebagai komponen utama penilaian keunggulan bahan tanam kakao yang akan dilepas. Data daya hasil dihitung berdasarkan pada jumlah buah dan komponen daya hasil yaitu jumlah biji per buah dan bobot per biji kering. Pengamatan jumlah buah dilakukan setiap interval waktu satu bulan selama kurun waktu pengamatan. Karakter mutu hasil terdiri atas bobot kering per satu biji kakao, rendemen biji, berat 100 biji kering, kadar kulit biji (%), jumlah biji per 100 g, bobot 100 biji kering, dan kadar lemak (%). Indeks buah/ nilai buah (*pod indexs*) menggambarkan jumlah buah yang diperlukan untuk menghasilkan 1 kg biji kering kakao (Susilo, Mawardi, & Sudarsianto, 2009). Sedangkan rendemen biji adalah persentase perubahan berat biji basah dengan daging buahnya (pulp) menjadi berat biji kering tanpa daging buah siap dipasarkan pada kadar air ± 6%. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-2323-2002 (SNI, 2002), spesifikasi persyaratan mutu biji kakao berdasarkan jumlah biji per 100 g, mutu kakao dikelompokkan menjadi 5 tingkat seperti yang tertera pada Tabel 3. 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 (≤ 52,2%).

Tabel 3 Mutu biji kakao atas dasar jumlah biji per 100 g.
Table 3. Quality of cacao seeds based on beans number per 100g.

Ukuran	Jumlah biji tiap 100 g
AA	Maks. 85
A	86 – 100
B	101 – 110
C	111 – 120
S	> 120

Sumber: SNI, 2002
Source: SNI, 2002

EVALUASI RESPONS KETAHANAN VSD

Pengujian ketahanan terhadap VSD dilakukan di daerah endemik mengingat belum ditemukan metode yang efektif dalam mengisolasi jamur *C. theobromae*. Evaluasi respons ketahanan dapat dilakukan pada bibit dan tanaman menghasilkan (TM). Pada bibit, bahan tanaman yang berupa bibit sambung pucuk (*top grafting*) dari klon yang sedang diuji diletakkan di bawah tanaman yang terserang berat VSD. Dilakukan skoring sesuai Tabel 4 untuk mengetahui tingkat serangan VSD pada bibit.

Evaluasi respons ketahanan VSD dilakukan saat kondisi tanaman berumur 7 tahun setelah tanaman di daerah endemik. Respons ketahanan tanaman terhadap VSD dilakukan berdasarkan skor kerusakan tanaman (Tabel 6) yang disusun berdasarkan variasi tingkat kerusakan tanaman di lapang. Pengamatan skor kerusakan tanaman tersebut dilakukan saat musim kemarau, saat gejala serangan VSD terlihat secara jelas. Dilakukan penegelompokan kelas ketahanan tanaman menjadi dua, yaitu klon tahan skor 1-3 dan klon rentan skor 4-6 (Susilo & Anita-Sari, 2011)

Tabel 4 Skor kerusakan bibit kakao akibat serangan VSD

Table 4. Damage level of cacao seeds affected by VSD

Skor		Gejala kerusakan tanaman
0	sehat	0% terinfeksi
1	Sangat ringan	< 5% daun terinfeksi
2	Ringan	5-10% daun terinfeksi, klorosis/nekrosis, belum ada daun gugur, sudah ada pembengkakan lentisel
3	Sedang	10-25% daun terinfeksi, klorosis, nekrosis, sudah ada daun gugur, dan terjadi pembengkakan lentisel
4	Agak berat	20-25% daun terinfeksi, klorosis, nekrosis, daun gugur, lentisel membengkak
5	Berat	50-75% daun terinfeksi, klorosis, nekrosis, daun gugur, lentisel membengkak, terdapatbadan buah
6	Sangat berat	>75% daun terinfeksi, klorosis, nekrosis, daun gugur, lentisel membengkak, terdapat badan buah, terdapat ranting kering/mati

Sumber: Halimah & Sri Sukamto, 2007

Source: Halimah & Sri Sukamto, 2007

Berdasakan nilai skor tersebut dilakukan penghitungan intensitas penyakit (IP) menurut Campbell & Neher (1994) Cited in Halimah & Sri-Sukamto (2007). Rumus perhitungan IP sebagai berikut:

$$IP = \frac{\sum n_i . v_i}{NxZ} x\ 100\%$$

Keterangan:

IP = Intensitas Penyakit

ni = jumlah tanaman terserang dalam kategori skor (v)

vi = skor pada setiap kategori penyakit

N = jumlah seluruh tanaman yang diamati

Z = skor untuk serangan terberat

Berdasarkan nilai IP ditentukan kategori ketahanan pada fase bibit (tanaman belum menghasilkan) seperti pada Tabel 5.

Tabel 5 Pengelompokan ketahanan terhadap VSD

Table 5. Classification of VSD resistant

Kategori	% Intensitas Penyakit
Tahan	0-30
Agak tahan	31-50
Sedang	51-65
Agak rentan	66-80
Rentan	81-100

Sumber: Halimah & Sri Sukamto, 2007

Source: Halimah & Sri Sukamto, 2007

Tabel 6 Skor kerusakan tanaman kakao akibat serangan VSD untuk evaluasi ketahanan tanaman di lapang

Table 6 Damage level of cacao plants affected by VSD to evaluate plant resistance in field

Skor	Gejala kerusakan tanaman
0	Tanaman sehat, tidak ditemukan gejala serangan VSD
1	<25% ranting tanaman terinfeksi VSD namun tanaman vigor/ jagur atau tidak tampak gejala penurunan produksi tanaman
2	25-<50% ranting tanaman terinfeksi VSD, dan serangan mulai berdampak pada penurunan vigor tanaman namun belum menyebabkan penurunan produksi tanaman secara nyata
3	50-<75% ranting tanaman telah terinfeksi VSD, dan serangan telah menyebabkan penurunan vigor dan tingkat produksi tanaman meskipun relatif kecil
4	>75% ranting tanaman telah terinfeksi VSD, serangan mulai berdampak pada penurunan vigor dan tingkat produksi tanaman
5	Sebagian besar ranting telah terinfeksi VSD dan menyebabkan kerusakan cabang-cabang tanaman sehingga terjadi penurunan vigor tumbuh tanaman dan produksi secara nyata
6	Tanaman rusak berat bahkan sebagian ada yang sudah mati

Sumber: Susilo & Anita-Sari, 2011

Source: Susilo & Anita-Sari, 2011

Tabel 7 Beberapa karakter penciri klon kakao tahan dan klon rentan terhadap serangan penyakit VSD

Table 7. Characteristics determining resistant and susceptible clones toward VSD

Karakter	Klon Tahan	Klon Rentan
Deteksi metabolit sekunder pinene, decane, myrcene, dan asam oktadekanoid	terdeteksi	Tidak terdeteksi
Jumlah stomata/0.69 mm2	107.2-163.8	191.6-221.8
Ukuran stomata	kecil	Besar
Lebar celah stomata	5.7-7.0	7.8-9.2
Aktivitas kitinase (unit/mg protein)	2,5	1
Aktivitas peroksidase	sama	Sama

Sumber: Prawoto, Santoso, Marifah, Hartanto, & Sutikno, 2013

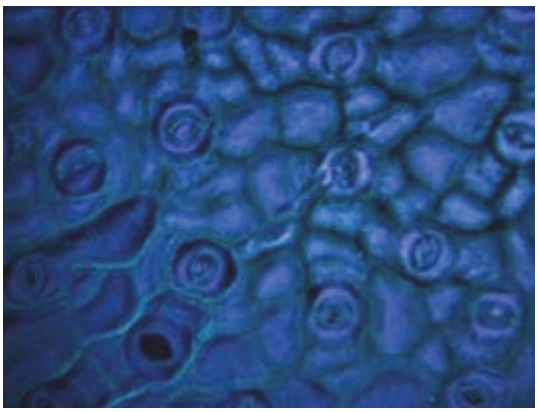
Source: Prawoto, Santoso, Marifah, Hartanto, & Sutikno, 2013

Pengamatan stomata daun

Dengan pendekatan korelasi antar karakter morfologi daun, biokimia, dan pemanfaatan biologi molekuler menjadikan pemuliaan tanaman kakao menjadi lebih efisien dan efektif. Karakter morfologi daun khususnya stomata daun (Gambar 24) dapat menjadi indikator ketahanan terhadap penyakit VSD (Tabel 7). Klon kakao dengan kerapatan jumlah stomata yang sedikit dan berukuran kecil dan lebar bukaan stomata sempit menunjukkan klon kakao tersebut merupakan klon tahan VSD.

Berikut adalah teknis pengambilan stomata:

1. Pengambilan stomata daun kakao dilakukan antara pukul 09.00-10.00 WIB
2. Daun dibersihkan menggunakan tisu basah.
3. Cairan pewarna kuku (kuteks) bening dioleskan pada bagian bawah daun, biarkan selama 10 menit hingga kuteks kering.
4. Lapisan tipis kuteks yang telah mengering ditarik menggunakan pinset secara hati hati, lalu diletakkan diatas objek glas dan ditutup dengan gelas penutup.
5. Sampel diamati menggunakan mikroskop compound (Zeiss Plan-Achromat) pada pembesaran 40 x.
6. Jumlah stomata dihitung pada bidang pandang 110 x 80 µm2.



Gambar 24 Keragaan stomata (pada perbesaran 1.000x) (Dok. Foto: Cici Tresniawati)

Figure 24. Performance of stomata (zoomed 1000x) (Source: Cici Tresniawati)

PENUTUP

Perakitan varietas unggul baru kakao membutuhkan waktu yang lama oleh sebab itu diperlukan teknik-teknik yang dapat memperpendek alur pemuliaan tanaman. Teknik molekuler dapat dipadukan dengan persilangan. Keberhasilan persilangan sangat ditentukan oleh pemilihan tetua persilangan. Namun demikian telah diperoleh beberapa hibrida-hibrida unggul harapan kakao dengan berdasarkan karakter-karakter pengujian ketahanan pada tahap awal, dan pengujian akan dilanjutkan ke tahap berikutnya untuk mendapatkan varietas unggul baru tahan VSD dan berproduksi tinggi. Hibrida-hibrida keturunan ICCRI 03 x SCA 6 menunjukkan variasi pada beberapa karakter. Flush berwarna merah dan cokelat; bentuk daun oblong dan lanset. Warna buah hijau, merah cerah, dan ungu. Warna kuncup bunga merah muda, merah, dan putih. Warna buah muda hijau.

DAFTAR PUSTAKA

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.

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. Seminar Nasional Insentif Riset Sinas. Bandung 29—30 November 2016, p 12—16.

Cunniffe N.J., Koskella, B., Jessica, C., Metcalf, E., Parnell, S., Gottwald, T.R., & Gilingan, C.A. (2015). Thirteen challenges in modelling plant disease. *Epidemics* 10, 6–10.

Direktorat Jendral Perkebunan. (2014). Kumpulan SK Menteri Pertanian tentang Pelepasan Varietas Tanaman Kakao. Subdit Penilaian Varietas dan Pengawasan Mutu Benih. Direktorat Perbenihan dan sarana Produksi. Jakarta.

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

Groeneveld, J.H., Tscharntke, T., Moser, G., & Clough, Y. (2010). Experimental evidence for stronger cacao yield limitation by pollination than by plant resources. Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics 12, 183–191.

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 Basidiomycetes *Oncobasidium theobromae*. *Phytopathology* 97, 1654-1657.

Halimah & Sri-Sukamto. (2007). Intensitas Penyakit Vascular Streak Dieback pada Sejumlah Klon Kakao Koleksi Pusat Penelitian Kopi dan kakao Indonesia. *Pelita Perkebunan*, 23(2), 118-128.

Karmawati, E., Mahmud, Z., Syakir,M., Munarso, J., Ardana, K., & Rubiyo. (2010). Budidaya dan Pasca Panen Kakao (p.92). Bogor: Badan litbang Pertanian.

Keane, P.J., & Prior, C. (1992). Biology of vascular streak dieback of cocoa. Di dalam : Keane, P.J., & Putter C.A.J., editor. Cocoa Pest and Disease Management in Southeast Asia and Australasia Vol. 110-112. Roma (ITA): FAO. Hlm 75-84

Keane, P.J. (1981). Epidemiology of vascular-streak dieback of cocoa. *Ann appl Biol*. 98, 221-241.

Keane, P.J. (1992). Disease and pest of cocoa: an overview: Keane, P.J., & Putter, C.A.J, editor. Cocoa Pest and Disease Management in Southeast Asia and Australasia Vol. 110-112. Roma (ITA): FAO. Hlm 1-11

Keane, P.J. (2001). Biology and control of vascular streak dieback of cocoa. *Warta* Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia 17, 78-90.

Khaerati. (2015). Faktor Ekologi dan Teknik Budidaya yang Berkaitan dengan Epidemi Penyakit Vascular Streak Dieback (VSD) pada Tanaman Kakao (Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor)

Khan, N., Motilal, L.A., Sukha, D.A., Bekele, F.L., Iwaro, A.D., Bidaisee, G.G., Umaharan, P., Grierson, L.H., & Zhang, D. (2008). Variability of butter fat 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

Komisi Kakao Nasional. (2006). Direktori dan Revitalisasi Agribisnis Kakao Indonesia. Dalam Menghadapi Era Globalisasi. Jakarta: Departemen Pertanian.

Mawardi, S. (1982). 1912-1981: Tujuh puluh tahun pemuliaan tanaman cokelat di Indonesia. *Menara Perkebunan*, 50 (1), 17-22.

McMahon, P., Purung, H., Lambert, S., Mulia, S., Nurlaila, Susilo, A.W., Sulistyowati, E., Sukamto, S., Israel, M., Saftar, A., Amir, A., Purwantara, A., Iswanto, A., Guest, D., & Keane, P.J. (2015). Testing local cocoa selections in three provinces in Sulawesi: (i) Productivity and resistance to cocoa pod borer and Phytophthora podrot (black pod). *Crop Protection* 70, 28-39

McMohan, P., & Purwantara, A. (2016). Vascular streak diebak (Ceratobasidium theobromae): History and Biologi. In B.A. Bailey & L.W. Meinhardt (Eds.) Cacao Diseases. A History of Old Enemies and New Encounters. (Eds). Springer.

Minimol, J. S., & Prasannakumari, A. S. (2013). Self incompatibility assessment in vascular streak dieback (VSD) disease resistant hybrids of cocoa (Theobrama cocoa L.). *The asian Journal of Horticulture*, 8(1), 114–117.

Monteiro, W.R., Lopez, U.V., & Clement, D. (2009). Genetic Improvement in Cocoa. In S.M. Jain & D. Priyadarshan (Eds.), Breeding Plantation Tree Crops: Tropical Species. (pp.589-626). New York: Springer.

Nair, K.P.P. (2010). The Agronomy and Economy of Important Tree Crops of the Developing World. Elsevier.

Prawoto, A. A., Santoso, T. I., Marifah, Hartanto, L., & Sutikno. (2013). Terpene Profile , Leaf Anatomy , and Enzyme Activity of Resistant and Susceptible Cocoa Clones to Vascular Streak Dieback Disease. *Pelita Perkebunan*, 29 (3), 197–209.

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia [PPKKI]. (2012). 100 Tahun Pusat Penelitian Kopi dan kakao Indonesia 1911-2011. Pusat Penelitian Kopi dan kakao Indonesia.

Rosmana, A. (2005). Vascular streak dieback (VSD): Penyakit baru pada tanaman kakao di Sulawesi. In Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda SULSEL.

Rubiyo, Wardiana, E., & Dani. (2012). Teknik Persilangan kakao (Theobroma cacao L.) secara konvensional. Sirkuler Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Sukabumi: Balittri.

Samuels, G.J., Ismaiel, A., Rosmana, A., Junaid, A., Guest, D., McMahon, P., Keane, P., Purwantara, A., Lambert, S., Rodriguez-Carres, M., & 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 1 1 6: 11-2 3.

Standar Nasional Indonesia [SNI]. (2002). Biji Kakao. [SNI 01-2323-2002]. Badan Standar Nasional.

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 Peripi Komda Jawa Timur, Malang 3 Juni 2009. Kontribusi Pemuliaan dalam Antisipasi Masalah Akibat Fenomena Pemanasan Global. Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Tanaman. Komisariat Jawa Timur.

Susilo, A.W., & Anita-Sari,I. (2011). Respon ketahanan beberapa hibrida kakao (Theobroma cacao L.) terhadap serangan penyakit pembuluh kayu (Vascular-streak Dieback). *Pelita Perkebunan*, 27(2), 77-87.

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, 76-87.

Syukur, M, Sujiprihati, S., & Yunianti, R. (2010). Teknik Pemuliaan Tanaman. Jakarta: Penebar Swadaya.

UPOV [INTERNATIONAL UNION FOR THE PROTECTION OF NEW VARIETIES OF PLANTS]. (2011). TG - Project Theobroma cacao L – Draft 4. Geneva. Rietrived from www.upov.int

Valle, R.R., De Almeida, A.-A.F., & Leite, R.M.O. (1990). Energy cost of flowering, fruiting, and cherelle wilt in cacao. *Tree physiology*, 6, 329-336.

Winarno, H., & Suhendi, D. (2010). Bahan tanam Kakao. Dalam Buku Pintar Budidaya kakao. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Agromedia. Jakarta.

Wood, G.A.R., & Lass, R.A. (2001). Cocoa. Tropical agriculture series (4ed). Oxford: Blackwell Science.

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, 1481-149.

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

1. Naskah merupakan karya tulis tinjauan hasil penelitian dan pengembangan, hasil antara penelitian tanaman industri dan penyegar yang belum pernah diterbitkan.

2. Ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris dan diketik pada kertas HVS ukuran A4 dengan jarak 1,5 spasi, tidak kurang dari 25 halaman, dalam format MS Word, font Times New Roman dengan ukuran 12.

3. Judul ringkas, padat, jelas, menggambarkan isi dan substansi tulisan serta tidak lebih dari 15 kata.

4. Nama penulis ditulis tanpa gelar

5. Ringkasan dan kata kunci ditulis dalam Bahasa Indonesia, sedangkan Abstract dan keywords dalam Bahasa Inggris.

6. Struktutur naskah terdiri dari Pendahuluan, Isi dan Penutup. Apabila merupakan hasil antara penelitian struktur naskah dapat terdiri dari Pendahuluan, Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan, dan Kesimpulan.

7. Ucapan terima kasih bila dipandang perlu dapat dikemukakan diakhir naskah.

8. Daftar Pustaka memuat nama pengarang yang disusun secara alfabetis, tahun terbit, judul dan penerbit.

9. Naskah dikirimkan satu rangkap beserta Surat Pengantar dari institusi masing-masing dan menyertakan naskah elektronik yang ditujukan ke alamat redaksi Sirkuler Inovasi Tanaman Industri dan Penyegar.

10. Naskah dikirim kepada Unit Publikasi Balittri sebanyak satu eksemplar disertai file elektronik atau melalui E-mail :uppublikasi@gmail.com

ISSN 2337-3946