

ISSN : 2085-1685

Buletin Riset

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops

Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

Terakreditasi
No. 504/AU1/P2MI-LIPI/10/2012
Tanggal 1 Oktober 2012

Buletin Ristri	Vol. 4	No. 2	Halaman 91-182	Bogor Juli 2013	ISSN : 2085-1685
-----------------------	---------------	--------------	-----------------------	------------------------	-------------------------



BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
Indonesian Agency for Agricultural Research and Development

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

Buletin Ristri Volume 4 No. 2, Juli 2013

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Pusat Penelitian dan
Pengembangan Perkebunan

DEWAN REDAKSI

Ketua

Dr. Ir. Rubiyo, M.Si (Agronomi)

Anggota

Dr. Syafaruddin (Bioteknologi)

Dr. Budi Martono, M.Si (Pemuliaan)

Dr. Samsudin, M.Si (Entomologi)

Dr. Rita Harni, M.Si (Fitopatologi)

Ir. Usman Daras, M.Agr (Ekofisiologi)

Ir. Edi Wardiana, M.Si (Metodologi/Statistika)

REDAKSI PELAKSANA

Widi Amaria, SP, MP

Eko Heri Purwanto, STP

Arifa Nofriyaldi Chan

MITRA BESTARI

Prof (Ris). Dr. Supriadi, M.Sc (BALITTRO)

Prof (Ris). Dr. Elna Karmawati, MS (PUSLITBANGBUN)

Dr. Ir. H. Pasril Wahid, MS, APU (UNB)

Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.Sc (IPB)

Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr (IPB)

Prof. Ir. I. G. A. Mas Sri Agung, M.Rur.Sc, PhD (UNUD)

Dr. Ir. Agus Wahyudi, MS (BALITTRO)

PENERBIT

Pusat Penelitian dan
Pengembangan Perkebunan

Alamat Redaksi

Jl. Raya Pakuwon km 2 Parungkuda,
Sukabumi 43357

Telp. (0266)7070941/533283

Faks. (0266) 6542087

e-mail: balittri@litbang.deptan.go.id

<http://balittri.litbang.deptan.go.id>

Sumber Dana

DIPA 2013

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

ISSN: 2085-1685

Terakreditasi

No.504/AU1/P2MI-LIPI/10/2012

Tanggal 1 Oktober 2012

Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri

memuat karya tulis ilmiah hasil penelitian yang belum pernah dipublikasikan dan tinjauan hasil penelitian yang telah diterbitkan terkait dengan teori dan evaluasi tentang tanaman rempah dan industri

Terbit tiga nomor dalam satu tahun setiap bulan Maret, Juli dan November

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops
Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

Induksi Kalus Embriogenik dan Daya Regenerasi Kopi Arabika Menggunakan 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid dan 6-Benzyladenine (Meynarti Sari Dewi Ibrahim, Rr Sri Hartati, Rubiyo, Agus Purwito, dan Sudarsono)	91-98
Karakterisasi Proses Vulkanisasi Minyak Jarak Kastor dan Evaluasi Mutu Hasil Faktis Cokelat (Santi Puspitasari dan Adi Cifriadi)	99-108
Evaluasi Bakteri Endofit untuk Pengendalian Nematoda <i>Pratylenchus coffeae</i> pada Tanaman Kopi (Rita Harni dan Khaerati)	109-116
Analisis Faktor Penentu Adopsi Benih Unggul Karet (Bedy Sudjarmoko, Dewi Listyati, dan Abdul Muis Hasibuan)	117-128
Pengaruh Mikroba Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Serapan Hara P Benih Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.) (Maman Herman dan Dibyo Pranowo)	129-138
Seleksi Genotipe Unggul Kopi Robusta Spesifik Lokasi (Dani, Cici Tresniawati, dan Enny Randriani)	139-144
Pengaruh Mikoriza dan Amelioran terhadap Pertumbuhan Benih Kopi (Usman Daras, Octivia Trisilawati, dan Iing Sobari)	145-156
Peranan Ekstrak Babadotan dan Bawang Putih serta Minyak Kemiri Sunan terhadap Serangan Penggerek Buah Kakao (Funny Soesanthy dan Samsudin)	157-164
Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adopsi Benih Unggul Kopi di Lampung (Dewi Listyati, Bedy Sudjarmoko, dan Abdul Muis Hasibuan)	165-174
Pengaruh Fermentasi terhadap Citarasa Kopi Luwak Probiotik (Rubiyo dan Juniaty Towaha)	175-182

PENGANTAR REDAKSI

Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri sebagai media komunikasi penelitian di bidang Tanaman Rempah, Industri dan Penyegar, menyajikan hasil-hasil penelitian yang menjadi salah satu misi dari Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.

Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri Volume 4 Nomor 2 menyajikan 10 buah tulisan tentang komoditas kopi, kakao, dan karet. Ruang lingkup tulisan terkait dengan pengujian media untuk kalus embriogenik, pengendalian hama dan penyakit, seleksi genotipe, pemanfaatan mikroba dan mikoriza untuk pertumbuhan tanaman, pasca panen, serta adopsi benih unggul.

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada mitra bestari atas saran dan masukan pada buletin ini.

Semoga Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri dapat memberikan sumbangan yang nyata untuk pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang perkebunan.

Ketua Dewan Redaksi

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops
Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.73:581.165.7

Meynarti Sari Dewi Ibrahim, Rr Sri Hartati, Rubiyo, Agus Purwito, dan Sudarsono
Induksi Kalus Embriogenik dan Daya Regenerasi Kopi Arabika Menggunakan 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid dan 6-Benzyladenine

Buletin RISTRI 4 (2): 91-98
Juli, 2013

Embriogenesis somatik kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) masih mengalami kendala dalam meregenerasikan planlet dari eksplan yang dikulturkan. Kemampuan eksplan daun membentuk embrio dalam proses embriogenesis somatik kopi sangat dipengaruhi oleh komposisi media dan zat pengatur tumbuh. Penelitian bertujuan untuk melihat pengaruh pemberian 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid dan 6-Benzyladenine dalam proses pembentukan kalus embriogenik dan daya regenerasi kopi Arabika. Penelitian dilakukan di Unit Pengembangan Benih Unggul Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada bulan Juli 2011 sampai Desember 2012. Bahan tanaman yang digunakan adalah daun kopi Arabika varietas S795 koleksi Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Rancangan perlakuan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 6 ulangan, masing-masing ulangan terdiri dari 5 eksplan. Induksi kalus menggunakan 5 kombinasi perlakuan 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l; 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l; dan kontrol (tanpa penambahan 2,4-D dan BA). Peubah yang diamati meliputi jumlah kalus, persentasi kalus embriogenik, berat basah kalus, dan jumlah proembrio. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l; dan 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l dapat membentuk kalus kecuali perlakuan kontrol. Berat kalus, persentasi kalus embriogenik, dan jumlah proembrio tertinggi diperoleh pada media kombinasi 2,4-D 2 mg/l dan BA 1 mg/l. Kalus yang mampu beregenerasi berasal dari media kombinasi 2,4-D 1 mg/l dan BA 2 mg/l dengan persentasi 16,67% dengan 6 kecambah per 0,2 gram kalus.

Kata Kunci: *Coffea arabica* L., 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid, 6-Benzyladenine, embriogenesis somatik

UDC 675.92.028.2+663.91

Santi Puspitasari dan Adi Cifriadi
Karakterisasi Proses Vulkanisasi Minyak Jarak Kastor dan Evaluasi Mutu Hasil Faktis Cokelat

Buletin RISTRI 4 (2): 99-108
Juli, 2013

Faktis cokelat yang berfungsi sebagai bahan bantu olah kompon karet disintesis melalui reaksi vulkanisasi minyak nabati pada suhu tinggi. Kebutuhan faktis cokelat untuk industri barang jadi karet domestik dipenuhi dari impor. Penelitian ini bertujuan mempelajari proses pembuatan dan evaluasi mutu faktis cokelat dari minyak jarak kastor pada skala laboratorium. Penelitian telah dilaksanakan pada periode bulan Januari hingga April 2013 di Laboratorium Pusat Penelitian Karet. Tahapan dalam percobaan diawali dengan netralisasi minyak jarak kastor menggunakan larutan NaOH 14⁰Be. Minyak jarak kastor ternetralisasi selanjutnya direaksikan dengan ZnO (0 dan 0,2 gram) dan sulfur (50 gram) pada berbagai suhu (150, 160, 170 °C). Faktis cokelat yang diperoleh dievaluasi mutunya meliputi visualisasi fisik, sifat kimia, derajat ikatan silang, dan FTIR. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi optimum reaksi vulkanisasi diperoleh pada suhu 170 °C dengan dosis penambahan ZnO sebesar 0,2 gram. Pada kondisi tersebut diperoleh faktis cokelat yang memiliki spesifikasi mutu setara dengan faktis cokelat komersial mutu III.

Kata Kunci: Karet, minyak jarak kastor, faktis cokelat

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops
Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.73-293.73

Rita Harni dan Khaerati

Evaluasi Bakteri Endofit untuk Pengendalian Nematoda *Pratylenchus coffeae* pada Tanaman Kopi

Buletin RISTRI 4 (2): 109-116

Juli, 2013

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman dan memberikan efek yang baik pada tanaman, dapat diisolasi dari akar, batang, daun, dan buah. Penelitian isolasi, seleksi, dan potensi bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae* pada tanaman kopi telah dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar dari bulan Januari sampai Desember 2012. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi isolat bakteri endofit yang potensial untuk mengendalikan nematoda pada tanaman kopi. Bakteri endofit diisolasi dari akar pertanaman kopi dari daerah Jawa Barat (KP. Pakuwon, Sukabumi, Garut, dan Pengalengan) dan Lampung (KP. Natar, KP. Cahaya Negeri, dan Liwa) menggunakan metode sterilisasi permukaan. Selanjutnya bakteri endofit diseleksi antagonismenya terhadap nematoda dan kemampuan memicu pertumbuhan tanaman. Hasil isolasi bakteri endofit dari akar kopi diperoleh 442 isolat dengan kerapatan populasi bakteri endofit $5 \times 10^3 - 5,77 \times 10^6$ cfu/g berat basah akar. Dari 422 isolat yang diuji, 50 isolat (12,3%) di antaranya adalah isolat yang antagonis, 60 isolat (14,21%) terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil pengujian *in vitro* dan *in vivo* di rumah kaca diperoleh 3 isolat yang potensial menekan nematoda *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi, yaitu PG132, PG76, dan LW15.

Kata Kunci: Kopi, isolasi, seleksi, potensi, bakteri endofit, nematoda, *Pratylenchus coffeae*

UDC 633.91-152. 7

Bedy Sudjarmoko, Dewi Listyati, dan Abdul Muis Hasibuan

Analisis Faktor Penentu Adopsi Benih Unggul Karet

Buletin RISTRI 4 (2): 117-128

Juli, 2013

Adopsi benih unggul karet untuk perluasan dan peremajaan tanaman pada perkebunan rakyat masih sangat rendah. Padahal benih unggul menjadi salah satu faktor penting dalam peningkatan produktivitas dan kualitas produk, serta dalam efisiensi produksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul karet, khususnya pada perkebunan rakyat dalam rangka mendukung kebijakan pengembangan karet nasional. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Sarolangko, Jambi pada Januari-Desember 2012. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Analisis data menggunakan model persamaan struktural/*Structural Equation Modeling* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa adopsi benih unggul karet dipengaruhi secara langsung oleh harapan petani (*Product Performance Expectancy/PPE*), *Social and Technical Influence* (STI), dan harga benih unggul karet. Untuk meningkatkan adopsi benih unggul oleh petani karet, diperlukan pengembangan atribut-atribut benih unggul, terutama umur panen dan kualitas benih. Percepatan proses adopsi benih unggul karet juga dapat dilakukan melalui kegiatan diseminasi teknologi, penyebaran buku-buku panduan, petunjuk teknis, petunjuk pelaksanaan, *leaflet* dan poster, serta teknik advokasi melalui kelompok tani.

Kata Kunci: Karet, benih unggul, adopsi, SEM

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops
Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.74-153.027

Maman Herman dan Dibyo Pranowo

Pengaruh Mikroba Pelarut Fosfat terhadap Pertumbuhan dan Serapan Hara P Benih Kakao (*Theobroma cacao* L.)

Buletin RISTRI 4 (2): 129-138

Juli, 2013

Mikroba pelarut fosfat (MPF) diketahui memiliki kemampuan untuk melarutkan P tidak tersedia di dalam tanah menjadi bentuk yang mudah diserap oleh perakaran tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pemupukan anorganik, namun demikian pengaruhnya terhadap benih kakao (*Theobroma cacao* L.) belum banyak diketahui. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian untuk menguji pengaruh mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan hara P benih kakao. Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi mulai Januari sampai Desember 2012. Perlakuan yang dicoba yaitu A) subsoil (kontrol), B) subsoil + NPK, C) subsoil + pukan (1:1), D) subsoil + zeolit (0,5 kg/10 kg), E) subsoil + pukan + zeolit, F) subsoil + MPF, G) subsoil + NPK + MPF, H) subsoil + pukan + NPK + MPF, I) subsoil + zeolit + NPK + MPF, dan J) subsoil + pukan + zeolit + NPK + MPF. MPF diisolasi dari tanah perakaran kakao rakyat di Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi MPF yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk NPK mampu meningkatkan tinggi tanaman dan bobot biomassa benih kakao sampai umur 12 minggu setelah perlakuan. Perlakuan MPF + NPK menghasilkan tinggi tanaman, bobot biomassa, dan serapan P tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Isolat MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK mampu meningkatkan serapan hara P oleh benih kakao sampai 3,07 kali.

Kata Kunci: *Theobroma cacao* L., benih, mikroba pelarut fosfat, MPF, pertumbuhan, serapan hara P

UDC 633.73-152.7

Dani, Cici Tresniawati, dan Enny Randriani

Seleksi Genotipe Unggul Kopi Robusta Spesifik Lokasi

Buletin RISTRI 4 (2): 139-144

Juli, 2013

Seleksi genotipe unggul kopi Robusta yang memiliki karakteristik biji besar, kandungan kafein rendah, dan citarasa baik sangat penting dilakukan dalam rangka meningkatkan nilai ekonomi kopi Robusta di pasar global. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan seleksi genotipe kopi Robusta terbaik berdasarkan kriteria-kriteria tersebut di atas. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Januari-Desember 2012. Bahan seleksi berupa populasi lima genotipe kopi Robusta hasil seleksi petani (MCJ-1, SCJ-1, PKCJ-1, PHCJ-1, dan SuCJ-1) yang telah banyak dibudidayakan di wilayah Kabupaten Curup, Provinsi Bengkulu. Kriteria seleksi berdasarkan karakteristik mutu fisik dan morfometrik biji beras, kandungan kafein, dan mutu citarasa seduhan. Pengujian mutu fisik biji beras, kandungan kafein, dan mutu citarasa seduhan dilaksanakan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa genotipe PKCJ-1 memiliki karakteristik ukuran biji paling besar dan kandungan kafein paling rendah. Genotipe PHCJ-1 dan SCJ-1 paling baik dalam hal citarasa dan telah memenuhi kategori salah satu kriteria kopi spesialti. Dengan demikian, berdasarkan kriteria seleksi yang telah ditetapkan, ketiganya terpilih sebagai genotipe harapan.

Kata Kunci: Kopi Robusta, seleksi genotipe, kafein rendah, mutu citarasa

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops

Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.912.1-24

Usman Daras, Oktivia Trisilawati, dan Iing Sobari

Pengaruh Mikoriza dan Amelioran terhadap Pertumbuhan Benih Kopi

Buletin RISTRI 4 (2): 145-156

Juli, 2013

Tanah yang telah ditanami tanaman kopi seringkali tidak mampu menyediakan nutrisi yang dibutuhkan secara memadai untuk kelangsungan hidup tanaman itu sendiri. Oleh karena itu, penggunaan pupuk anorganik dan organik sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi. Selain pupuk organik dan anorganik, beberapa pupuk hayati yang diformulasikan dari mikroba tanah non patogen seperti jamur mikoriza juga telah digunakan untuk tujuan pengembangan pertanian. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap pertumbuhan benih kopi. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Sukabumi pada bulan Februari-Desember 2012. Rancangan penelitian adalah acak kelompok faktorial dua faktor dengan 3 ulangan. Faktor-faktor yang diuji adalah penggunaan mikoriza (tanpa mikoriza, mikoriza dari rizosfer kopi, dan mikoriza dari rizosfer jambu mete) dan amelioran (tanpa amelioran, kompos, kapur, dan kapur dicampur kompos). Peubah yang diamati meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan bobot kering daun, batang, dan akar, serta tingkat infeksi mikoriza pada akar kopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan inoculum mikoriza, baik yang berasal dari rizosfer tanaman kopi maupun jambu mete mampu memperbaiki pertumbuhan benih kopi. Mikoriza yang berasal dari rizosfer kopi memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan yang berasal dari rizosfer jambu mete, sedangkan penggunaan amelioran maupun kombinasinya tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan benih kopi.

Kata Kunci: Mikoriza, benih kopi, amelioran, pertumbuhan

UDC 633.74-293

Funny Soesanthi dan Samsudin

Peranan Ekstrak Babadotan dan Bawang Putih serta Minyak Kemiri Sunan terhadap Serangan Penggerek Buah Kakao

Buletin RISTRI 4 (2): 157-164

Juli, 2013

Penggerek buah kakao (PBK), *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera: Gracillariidae), merupakan hama penting pada tanaman kakao yang menyebabkan penurunan hasil secara kualitas dan kuantitas. Salah satu usaha pengendalian PBK adalah menggunakan pestisida nabati karena bersifat ramah lingkungan dan tidak membahayakan kesehatan. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh daun babadotan dan umbi bawang putih yang dilarutkan dengan air, etanol, metanol, dan heksan, serta minyak kemiri sunan [*Reutalis trisperma* (Blanco) Airy Shaw] dalam melindungi buah kakao dari serangan PBK. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari-Desember 2012, bahan uji yang digunakan adalah babadotan-air (BA), babadotan-etanol (BE), babadotan-metanol (BM), babadotan-heksan (BH), bawang putih-air (PA), bawang putih-etanol (PE), bawang putih-metanol (PM), bawang putih-heksan (PH), minyak kemiri sunan (KS), pestisida kimia berbahan aktif

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops
Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.73-152.7(594.49)

Dewi Listyati, Bedy Sudjarmoko, dan Abdul Muis Hasibuan

Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Adopsi Benih Unggul Kopi di Lampung

Buletin RISTRI 4 (2): 165-174

Juli, 2013

Pengembangan kopi (*Coffea* sp.) di Indonesia sebagian besar merupakan perkebunan rakyat. Produktivitasnya masih rendah karena umumnya tidak menggunakan benih unggul, sedangkan benih unggul memiliki peranan penting dalam mencapai keberhasilan usahatani kopi. Penelitian bertujuan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pertimbangan petani dalam mengadopsi benih unggul kopi. Penelitian dilakukan secara survey di Provinsi Lampung pada bulan September-Oktober 2012. Analisis data dilakukan secara deskriptif serta menggunakan *Structural Equation Model* (SEM). Hasil analisis menunjukkan bahwa adopsi benih unggul kopi oleh petani dipengaruhi secara langsung oleh persepsi petani terhadap benih dan ketersediaan benih unggul. Kedua variabel ini memberikan pengaruh yang positif terhadap adopsi benih unggul kopi. Beberapa indikator yang merefleksikan persepsi petani terhadap benih unggul kopi, yaitu produktivitas, ketahanan terhadap hama dan penyakit, umur panen, umur produktif, efisiensi penggunaan pupuk, kemudahan dalam pemeliharaan, dan kualitas benih. Sedangkan faktor eksternal dan karakteristik petani memberikan pengaruh tidak langsung terhadap adopsi teknologi melalui persepsi terhadap benih dan ketersediaan benih.

Kata Kunci: *Coffea* sp., adopsi, benih unggul, persepsi

UDC 633.933

Rubiyo dan Juniaty Towaha

Pengaruh Fermentasi terhadap Citarasa Kopi Luwak Probiotik

Buletin RISTRI 4 (2): 175-182

Juli, 2013

Semakin tingginya permintaan akan kopi luwak, menyebabkan produksinya tidak bisa hanya mengharapkan dari hewan luwak liar maupun luwak budidaya. Salah satu alternatif adalah dengan penggunaan mikroba probiotik yang hidup pada saluran pencernaan hewan luwak yang dapat menghasilkan kopi terfermentasi dengan citarasa dan aroma yang khas. Penelitian produksi kopi luwak probiotik Robusta secara mikrobiologis untuk mendapatkan kualitas citarasa terbaik telah dilaksanakan di Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Provinsi Bali dari bulan Maret hingga Desember 2012. Tujuan penelitian adalah mendapatkan teknik periode fermentasi probiotik yang tepat dalam menghasilkan kualitas citarasa dan aroma kopi Robusta yang mendekati kualitas kopi luwak Robusta asli. Fermentasi dilakukan dalam 2 tahap, yaitu (1) fermentasi dilakukan dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari *intestum tenue* (usus halus) luwak dan (2) fermentasi dilakukan dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari *caecum* (usus buntu) luwak. Perlakuan yang diuji adalah P1=fermentasi tahap I selama 4 hari dan tahap II selama 4 hari, P2=fermentasi tahap I selama 5 hari dan tahap II selama 5 hari, P3=fermentasi tahap I selama 6 hari dan tahap II selama 6 hari, P4=fermentasi tahap I selama 7 hari dan tahap II selama 7 hari, dan sebagai pembanding P5=biji kopi luwak Robusta asli dari pembudidaya luwak. Hasil penelitian mendapatkan bahwa produksi kopi luwak secara probiotik merupakan cara pembuatan kopi luwak yang jauh lebih praktis daripada produksi kopi luwak melalui budidaya luwak. Kopi luwak probiotik Robusta yang mempunyai citarasa terbaik diperoleh pada perlakuan P3 dengan total skor citarasa 79,92, dengan citarasa yang sedikit lebih baik dibandingkan kopi luwak Robusta asli.

Kata Kunci: Kopi luwak, produksi, probiotik, Robusta

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops
Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.73:581.165.7

Meynarti Sari Dewi Ibrahim, Rr Sri Hartati, Rubiyo, Agus Purwito, and Sudarsono

Embryogenic Callus Induction and Regeneration Capacity of Arabica Coffee 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid and 6-Benzyladenine

Buletin RISTRI 4 (2): 91-98

July, 2013

Regeneration of planlets from cultured explants has been an obstacle in somatic embryogenesis of arabica coffee (*Coffea arabica* L.). The ability of leaf explants to generate embryos in somatic embryogenesis process of coffee was affected by composition of media and plant growth regulators. The objectives of the research was to examine the effect of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid dan 6-Benzyladenine in the process of embryogenic callus and regeneration potential of arabica coffee. The study was conducted at Agricultural Superior Seed Development Unit, Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) from July 2011 to December 2012. Plant material used was leaves of S795 variety which is collected by Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute. The research was arranged in completely randomized design with 6 replications, each replication consist of 5 explants. Callus induction used 5 treatments, i.e. 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l; 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l; and control (without 2,4-D and BA). Variables observed were number of callus, percentage of embryogenic callus, callus fresh weight and number of proembryo. Result showed that all treatments can produce the callus except control. Combination of 2,4-D 2 mg/l and BA 1 mg/l gave the highest of fresh weight of callus, percentage of embryogenic callus, and number of proembryo. Regenerating callus of 16.67% with the number of sprouts of 6 per 0.2 gram only derived from combination of 2,4-D 1 mg/l BA and 2 mg/l.

Keywords: *Coffea arabica* L., 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid, 6-Benzyladenine, somatic embryogenesis

UDC 675.92.028.2+663.91

Santi Puspitasari and Adi Cifriadi

Process of Characterization of Castor Oil Vulcanization and Quality Evaluation of Brown Factice Product

Buletin RISTRI 4 (2): 99-108

July, 2013

Brown factice has a fuction as rubber processing aid. Brown factice is sythesized by vulcanization of vegetable oil at high themperature. Imported brown factice fullfil the needs of domestic rubber goods industries. The objective of this research was to studied the sythesis and quality characterization of brown factice from Castor oil at laboratory scale. Research has been carried out from January to April 2013 in the Laboratory of Rubber Research Center, Bogor. The study was began with neutralization of castor oil with NaOH 14⁰Be. The neutralized castor oil was reacted with ZnO (0 and 0.2 grams) and sulphur (50 grams) at varoius themperature (150, 160, and 170 °C). The brown factice then charcterized its quality included physical quality, chemical properties, crosslink density, and FTIR. The result showed that the optimum condition of vulcanization was at 170 °C and 0.2 grams of ZnO addition. This condition produced brown factice quality which equal to commercial brown factice grade III.

Keywords: Rubber, castor oil, brown factice

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops

Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.73-293.73

Rita Harni and Khaerati

Evaluation of Endhophytic Bacteria in Controlling of *Pratylenchus Coffeae* in Coffee

Buletin RISTRI 4 (2): 109-116

July, 2013

Endophytic bacteria are bacteria that live inside plant tissues and give a good effect on the plant, and can be isolated from the roots, stems, leaves, and fruit. Isolation, selection and potential of endophytic bacteria to control nematodes (*Pratylenchus coffeae*) on coffee plant had been carried out in the Laboratory and Greenhouse of Research Institute for Industrial and Beverage Crops from January to December 2012. The objectives of the study was to evaluate the potential of endophytic bacterial isolates to control nematodes in coffee plants. Endophytic bacteria were isolated from coffee root crops samples from several areas in West Java (KP. Pakuwon, Sukabumi, Garut, Pengalengan) and Lampung (KP. Natar, KP. Cahaya Negeri and Liwa). Furthermore, the isolates were selected their antagonistic activities and plant growth coffeae plant. A total of 442 isolates endophytic bacteria was obtained from coffee root with a population density of 5×10^3 – 5.77×10^6 cfu/g of fresh weight roots, as many as 50 (12.3%) isolates performed antagonis on nematodes, 60 isolat (14.21%) isolates stimulated the growth of coffeae plant. Result in vitro and in vivo test, there were 3 potential endophytic bacterial isolates, namely PG132, PG76, and LW15, effective to control *P. coffeae* and increase the coffee growth.

Keywords: Coffee, isolation, selection, potential, endophytic bacteria, nematode, *Pratylenchus coffeae*

UDC 633.91-152. 7

Bedy Sudjarmoko, Dewi Listyati, and Abdul Muis Hasibuan

Analysis of Determinant Factors in Adoption of Rubber Superior Seeds

Buletin RISTRI 4 (2): 117-128

July, 2013

The adoption of rubber superior seeds by farmers for replanting and new planting is still very low. Whereas, the superior seeds to be one important factor in increasing the productivity and quality of products, as well as in production efficiency. The objective of study was to determine factors affecting the adoption of rubber superior seeds, especially to support national policy in developing of smallholder rubber development. The study was conducted in Sarolangko District, Jambi on January-December 2012. The primary and secondary data was used in this study, and then analyzed with Structural Equation Modeling (SEM). The results showed that the adoption of rubber superior seeds was directly affected by expectations farmers (Product Performance Expectancy/PPE), Social and Technical Influence/STI, and price of rubber superior seeds. To increase the adoption of rubber superior seeds it need the development of their attributes, especially in harvest old and quality of seeds. Also, to accelerate the adoption of rubber superior seeds can be done by the extentions in using of rubber superior seeds, and by dissemination of technologies through the handbooks, guidelines/technical manual/leaflet/poster/brochure, as well as the advocacy technic through the farmer groups.

Keywords: Rubber, superior seeds, adoption, SEM

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops
Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.74-153.027

Maman Herman and Dibyo Pranowo

Effect of Phosphate Solubilizing Microbes on The Growth and P Nutrient Uptakes on Cocoa Seedlings (*Theobroma cacao* L.)

Buletin RISTRI 4 (2): 129-138

July, 2013

Phosphate solubilizing microbes (PSM) has been known capable of dissolving unavailable phosphates in the soil to the form that easily absorbed by crops so that increases crop growth and inorganic fertilizer efficiency, however in cacao it has not been known. The objective of the study was to evaluate the role of phosphate solubilizing microbes to the growth and P nutrient uptake by cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings. The experiment was conducted in the Greenhouse of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi from January to December 2012. Treatments were arranged as follows: A) Subsoil (control), B) Subsoil + NPK, C) Subsoil + organic matter (1:1), D) Subsoil + zeolite (0.5 kg/10 kg), E) Subsoil + organic matter + zeolites, F) Subsoil + PSM, G) Subsoil + NPK + PSM, H) Subsoil + organic matter + NPK + PSM, I) Subsoil + zeolite + NPK + PSM, dan J) Subsoil + organic matter + zeolite + NPK + PSM. The results showed that PSM combined with NPK enhanced plant height and weight of the biomass of cacao seedling until 12 weeks after treatment (WAT). The treatment of PSM+NPK resulted in the highest plant height, biomass, and P nutrient uptake compared with others. PSM combined with NPK fertilizer are able to increase threefold P nutrient uptake by cacao seedling.

Keywords: *Theobroma cacao* L., seedlings, phosphate solubilizing microbes, PSM, growth, P nutrient uptakes

UDC 633.73-152.7

Dani, Cici Tresniawati, and Enny Randriani

Selection for Robusta Coffee Superior Genotypes of Location-Specific

Buletin RISTRI 4 (2): 139-144

July, 2013

Selection of Robusta coffee genotypes which have superior characteristics, such as large beans size, low caffeine content, and good cup quality taste, is essential in order to increase its economic value in the world market. The objectives of the research was to select the superior genotype(s) of Robusta coffee based on characteristics as mentioned above. The research was carried out at Januari to December 2012. Material used was five genotypes of farmer-selected Robusta coffee (MCJ-1, SCJ-1, PKCJ-1, PHCJ-1, and SuCJ-1) recently grown in many areas across Curup Regency, Bengkulu Province. Selection criteria was physical quality and morphometric characteristics of green beans, caffeine content, and cup quality. The laboratory test was conducted at the Center for Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute (ICCRI), Jember. The results showed that the genotype of PKCJ-1 has the largest in size of bean and the lowest in caffeine content. On the other hand, PHCJ-1 and SCJ-1 genotypes are the best in terms of taste and meets of ones criteria for specialty coffee grade. Thus, these three genotypes were selected as a candidate of superior genotypes.

Keywords: Robusta coffee, clonal selection, low caffeine, cup quality

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops

Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.912.1-24

Usman Daras, Oktivia Trisilawati, dan Iing Sobari

Effects of Mycorrhizas Fungi and Ameliorants on The Growth of Coffee Seedlings

Buletin RISTRI 4 (2): 145-156

July, 2013

It is often the soil on which coffee is grown is not able to supply all nutrients needed by plant adequately for its life cycle. Hence, both inorganic and organic fertilizers are used to meet nutrient requirement. In addition to organic and inorganic fertilizers, some biofertilizers formulated from nonpathogenic soil microbes such as mycorrhizas fungi has been developed for agricultural purposes. The objective of this study was to analyze the effects of mycorrhizas fungi and ameliorants on the growth of Robusta coffee seedlings. The study was carried out at a green house of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi from April to December 2012. Two factors examined were: (1) the use of mycorrhizal fungus (without mycorrhizas, added mycorrhizas fungi isolated from coffee plant rhizosphere, and those from cashew trees rhizosphere), and (2) ameliorant application (without ameliorant, compost, lime, and mixed lime with compost). The factors were arranged in a randomized complete block design with 3 replicates and plot size of 16 plants. Variables observed are plant height, diameter of girth, number of leaves, dry weight of leaves, stem, roots, and infection level of mycorrhizas in coffee roots. The result showed that the mycorrhizas fungus (arised from coffee or cashew rhizosphere) significantly affect on the growth of coffee seedlings. The coffee seedlings treated with mycorrhizas fungi isolated from coffee rhizosphere was better than those of cashew rhizosphere. Whereas, the ameliorant and their combinations not significantly affect on the growth of coffee seedling.

Kata Kunci: Mycorrhizas fungi, coffee seedlings, ameliorant, growth

UDC 633.74-293

Funny Soesanthi and Samsudin

The Role of Goat Weed and Garlic Extracts and Philippine Tung Oil on Cocoa Pod Borer Infestation

Buletin RISTRI 4 (2): 157-164

July, 2013

Cocoa pod borer (CPB), Conopomorpha cramerella Snell. (Lepidoptera: Gracillariidae), is an important pest of cocoa which can cause reduction in yield quality and quantity. One attempt of CPB control is application of botanical pesticides because it more friendly to environment and harmless to human health. The objective of this research was to analyze the effect of goat-weed leaves and garlic bulbs dissolved in water, ethanol, methanol, and hexane, respectively, as well as philippine tung [Reutalis trisperma (Blanco) Airy Shaw] oil in protecting of cocoa pod from CPB infestation. The research was conducted in January-December 2012 using test materials of goat weed-water (BA), goat weed-ethanol (BE), goat weed-methanol (BM), goat weed-hexane (BH), garlic-water (PA), garlic-ethanol (PE), garlic-methanol (PM), garlic-hexane (PH), philippine tung oil (KS), chemical pesticide containing active ingredient of

TANAMAN REMPAH DAN ANEKA TANAMAN INDUSTRI

Bulletin of Research on Spice and Industrial Crops
Volume 4, Nomor 2, Juli 2013

UDC 633.73-152.7(594.49)

Dewi Listiyati, Bedy Sudjarmoko, and Abdul Muis Hasibuan

Analysis of Factors Affecting The Adoption of Coffee Superior Seeds in Lampung

Buletin RISTRI 4 (2): 165-174

July, 2013

Coffee (*Coffea sp.*) development in Indonesia are mostly in smallholders plantation. Their productivity are still low due to generally not using the superior seeds, while superior seeds have an important role in achieving the success of coffee farming. The objective of this research was to determine the factors that affected farmers to adopt coffee superior seeds. This research was conducted in survey methods in Lampung Province from September to October 2012. Data were analyzed using descriptive and Structural Equation Model (SEM). Results showed that the adoption of superior seeds by farmers were affected directly by perception on seeds and availability of superior seeds. Both of these variables have a positive effect to increase adoption. Several indicators that reflect the farmers perception on coffee superior seeds were productivity, resistance to pests and diseases, harvesting age, productive age, fertilizer use efficiency, ease of cultivation, and seeds quality. The external factor and farmer characteristics are affect indirectly on adoption through perception and availability of seeds.

Keywords: *Coffea sp.*, adoption, superior seed, perception

UDC 633.933

Rubiyo and Juniaty Towaha

The Effect of Fermentation on Taste Quality of Probiotic Civet Coffee

Buletin RISTRI 4 (2): 175-182

July, 2013

The higher demand for civet coffee, causing production can not only expect from wild civet and civet cultivation. One alternative is to use probiotic microbes that live in the civet digestive that can produce fermented coffee with flavor and distinctive aroma. Research on the production of Robusta probiotic civet coffee microbiological to get the best flavor quality has been carried out in the laboratory of BPTP in Bali Province from March to December 2012. The objective of this research was to determine the appropriate probiotic fermentation period to produce flavor and aroma quality of Robusta coffee which are approaching the quality of the original Robusta civet coffee. Fermentation is done in 2 phases: the first phase, the fermentation is done with probiotic microbes isolated from intestum tenue of cive; and second phase, the fermentation is done with probiotic microbes isolated from the caecum of civet treatments examined are P1 = first phase fermentation for 4 days and second phase for 4 days; P2 = first phase fermentation for 5 days and second phase for 5 days; P3 = first phase fermentation for 6 days and second phase for 6 days; P4 = first phase fermentation for 7 days and second phase for 7 days, and as a comparison P5 = original Robusta civet coffee. The results found that civet coffee production in probiotic is a way of making a much more practical than production of civet coffee cultivation. The best flavor of Robusta probiotic civet coffee is obtained in P3 treatment with a total score of cupping test is 79,92, has a slightly better flavor than original Robusta civet coffee.

Keywords: Civet coffee, production, probiotic, Robusta

INDUKSI KALUS EMBRIOGENIK DAN DAYA REGENERASI KOPI ARABIKA MENGGUNAKAN 2,4-DICHLOROPHENOXYACETIC ACID DAN 6-BENZYLADENINE

EMBRYOGENIC CALLUS INDUCTION AND REGENERATION POTENTIAL OF ARABICA COFFEE BY 2,4-DICHLOROPHENOXYACETIC ACID AND 6-BENZYLADENINE

*Meynarti Sari Dewi Ibrahim¹⁾, Rr Sri Hartati²⁾, Rubiyo¹⁾, Agus Purwito³⁾, dan Sudarsono³⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

²⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Jalan Tentara Pelajar No 1, Bogor 16111 Indonesia

³⁾ Departemen Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 Indonesia

*meynartisaya@yahoo.com

(Tanggal diterima: 18 April 2013, direvisi: 2 Mei 2013, disetujui terbit: 28 Juni 2013)

ABSTRAK

Embriogenesis somatik kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) masih mengalami kendala dalam meregenerasikan planlet dari eksplan yang dikulturkan. Kemampuan eksplan daun membentuk embrio dalam proses embriogenesis somatik kopi sangat dipengaruhi oleh komposisi media dan zat pengatur tumbuh. Penelitian bertujuan untuk melihat pengaruh pemberian 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid dan 6-Benzyladenine dalam proses pembentukan kalus embriogenik dan daya regenerasi kopi Arabika. Penelitian dilakukan di Unit Pengembangan Benih Unggul Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian pada bulan Juli 2011 sampai Desember 2012. Bahan tanaman yang digunakan adalah daun kopi Arabika varietas S795 koleksi Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Rancangan perlakuan menggunakan rancangan acak lengkap dengan 6 ulangan, masing-masing ulangan terdiri dari 5 eksplan. Induksi kalus menggunakan 5 kombinasi perlakuan 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l; 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l; dan kontrol (tanpa penambahan 2,4-D dan BA). Peubah yang diamati meliputi jumlah kalus, persentase kalus embriogenik, berat basah kalus, dan jumlah proembrio. Hasil penelitian menunjukkan perlakuan 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l; dan 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l dapat membentuk kalus kecuali perlakuan kontrol. Berat kalus, persentase kalus embriogenik, dan jumlah proembrio tertinggi diperoleh pada media kombinasi 2,4-D 2 mg/l dan BA 1 mg/l. Kalus yang mampu beregenerasi berasal dari media kombinasi 2,4-D 1 mg/l dan BA 2 mg/l dengan persentase 16,67% dengan 6 kecambah per 0,2 gram kalus.

Kata Kunci: *Coffea arabica*, 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid, 6-Benzyladenine, embriogenesis somatik

ABSTRACT

Regeneration of planlets from cultured explants has been an obstacle in somatic embryogenesis of arabica coffee (*Coffea arabica* L.). The ability of leaf explants to generate embryos in somatic embryogenesis process of coffee was affected by composition of media and plant growth regulators. The objectives of the research was to examine the effect of 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid dan 6-Benzyladenine in the process of embryogenic callus and regeneration potential of arabica coffee. The study was conducted at Agricultural Superior Seed Development Unit, Indonesian Agency for Agricultural Research and Development (IAARD) from July 2011 to December 2012. Plant material used was leaves of S795 variety which is collected by Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute. The research was arranged in completely randomized design with 6 replications, each replication consist of 5 explants. Callus induction used 5 treatments, i.e. 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l; 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l; and control (without 2,4-D and BA). Variables observed were number of callus, percentage of embryogenic callus, callus fresh weight and number of proembryo. Result showed that all treatments can produce the callus except control. Combination of 2,4-D 2 mg/l and BA 1 mg/l gave the highest of fresh weight of callus, percentage of embryogenic callus, and number of

proembryo. Regenerating callus of 16.67% with the number of sprouts of 6 per 0.2 gram only derived from combination of 2,4-D 1 mg/l BA and 2 mg/l.

Keywords: *Coffea arabica*, 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid, 6-Benzyladenine, somatic embryogenesis

PENDAHULUAN

Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) merupakan tanaman perkebunan yang dapat diperbanyak secara generatif dengan menggunakan biji dan vegetatif menggunakan stek, okulasi dan sambung pucuk. Perbanyakan menggunakan biji tidak menjamin benih yang dihasilkan akan sama dengan induknya, karena tanaman yang menyerbuk sendiri masih ada peluang untuk terjadinya penyerbukan silang. Perbanyakan vegetatif menghasilkan bibit yang sama dengan induknya, tetapi tidak semua cabang kopi dapat digunakan sebagai sumber bahan tanaman sehingga bibit yang dihasilkan terbatas.

Teknik kultur jaringan memberikan alternatif dalam perbanyakan bibit kopi. Teknik ini memungkinkan untuk memproduksi bibit yang relatif seragam dalam skala besar, dengan waktu yang lebih singkat, dan bebas hama penyakit. Berbagai pendekatan yang telah dipertimbangkan untuk perbanyakan kultur jaringan kopi di antaranya, organogenesis (menggunakan tunas adventif dan tunas aksilar), *mikrocutting*, dan embriogenesis somatik (Santana-Buzzy *et al.*, 2007; Andrés *et al.*, 2008).

Perbanyakan melalui embriogenesis somatik dari berbagai jenis eksplan telah dilakukan dengan menggunakan kultur anther, meristem, biji, hipokotil, epikotil, akar, dan daun. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa penggunaan eksplan daun kopi paling responsif dalam menghasilkan embrio somatik dibandingkan bagian tanaman yang lain (Carneiro, 1999; Oktavia *et al.*, 2003). Penggunaan eksplan daun pada kopi Arabika dalam proses embriogenesis somatik telah banyak dilakukan, di antaranya pada penelitian Etienne *et al.* (2002), Figueroa-Quiroz *et al.* (2002), Priyono (2004), dan Albarra'n *et al.* (2005).

Penelitian embriogenesis somatik kopi Arabika menggunakan kombinasi zat pengatur tumbuh yang berbeda telah dilaporkan oleh banyak peneliti. Neuenschwander dan Baumann (1992) telah berhasil menginduksi embrio dengan

menggunakan tiga kombinasi ZPT, yaitu *Benzyl Amino Purine* (BAP), 2,4-Dichlorophenoxyacetic Acid (2,4-D), dan

autoklaf pada suhu 121 °C selama 20 menit dengan tekanan 1,5 atm.

Induksi Kalus Embriogenik

Daun muda yang sudah membuka sempurna dipetik dari bibit kopi Arabika yang telah dipelihara di rumah kaca. Daun dibersihkan dengan air mengalir, direndam dalam fungisida yang berbahan aktif Mankozeb 80% dengan konsentrasi 0,2% selama 1 jam, lalu dibilas sampai bersih. Sterilisasi dilakukan dengan menggunakan alkohol 70% selama 3 menit dan sodium hipoklorit 10% selama 15 menit, kemudian daun dibilas sampai bersih menggunakan *aquadest* steril. Daun yang sudah steril dipotong-potong dengan ukuran ± 1 cm x 1 cm dan ditumbuhkan pada media kultur. Semua proses sterilisasi dan penanaman eksplan dilakukan di dalam *laminar air flow*.

Botol kultur yang berisi eksplan diinkubasi dalam ruang gelap pada temperatur ± 25 °C dengan kelembaban relatif $\pm 60\%$ selama 2 bulan. Kalus embriogenik yang terbentuk dipisahkan dari daun, ditimbang beratnya, kemudian dilakukan subkultur pada media yang sama dengan cara menimbang 0,2 gram kalus per botol.

Daya Regenerasi

Kalus embriogenik disubkultur ke media MS dengan 1/2 konsentrasi garam makro dan mikro yang dilengkapi vitamin B5, sukrosa 30 g/l, dan 250 mg/l *Polivynil Pyrolidon* (PVP) dengan penambahan kinetin 2 mg/l. Planlet dibesarkan pada media MS dengan 1/2 konsentrasi garam makro dan mikro yang dilengkapi vitamin B5, sukrosa 30 g/l tanpa pemberian ZPT. Botol diinkubasi dalam ruang terang dengan penyinaran selama 16 jam, intensitas penyinaran 1000-1500 luks, temperatur ± 25 °C dan kelembaban relatif $\pm 60\%$.

Analisis Statistik

Rancangan perlakuan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan 6 ulangan. Satu ulangan terdiri dari satu botol yang berisi 5 eksplan sehingga dalam satu ulangan diperlukan 30 eksplan. Parameter yang diamati adalah kecepatan eksplan membentuk kalus, jumlah kalus yang

terbentuk, persentasi kalus embriogenik, warna kalus, berat basah kalus, jumlah proembrio, dan kecambah yang terbentuk.

Data yang diperoleh diuji secara statistik dengan menggunakan program SAS 9.1, jika terdapat beda nyata maka dilakukan uji lanjut dengan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf uji 5%.

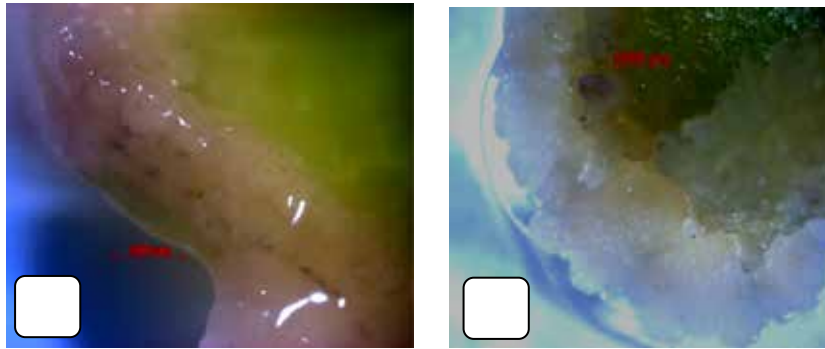
HASIL DAN PEMBAHASAN

Induksi Kalus Embriogenik

Pinggiran daun kopi mulai terlihat membengkak setelah tiga minggu pada semua media induksi kalus yang digunakan. Pada minggu ke empat pengkalusan di bagian bekas sayatan mulai terbentuk pada media kombinasi 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l dan 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l dan minggu berikutnya pada perlakuan yang lain kecuali pada perlakuan tanpa penambahan ZPT (Kontrol) (Gambar 1A). Hal yang sama dilaporkan oleh Ibrahim *et al.* (2012), perlakuan 2,4-D dan kinetin pada kopi Arabika mampu menghasilkan kalus.

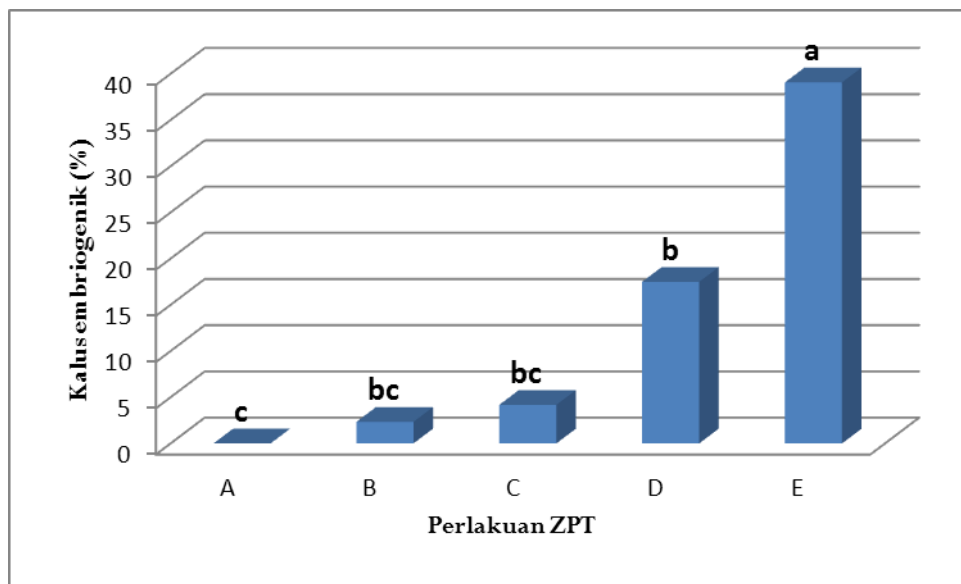
Pembentukan kalus terlihat semakin berkembang seiring dengan bertambahnya waktu. Dua bulan dalam media induksi, kalus yang terbentuk hanya disekitar bekas sayatan saja (Gambar 1B). Hal ini juga dijumpai pada penelitian Oktavia *et al.* (2003) dimana kalus hanya terbentuk dibekas luka sayatan, namun berbeda dengan hasil penelitian Priyono (1993) yang mendapatkan kalus dan embrio somatik pada permukaan maupun sisi daun. Perbedaan ini diduga karena ada perbedaan ukuran eksplan yang digunakan, perbedaan konsentrasi dan ZPT yang ditambahkan ke media inisiasi kalus, lamanya inisiasi, serta perbedaan respon dari genotipe tanaman yang digunakan sehingga tanggap jaringan juga berbeda.

Secara morfologi kalus yang terbentuk tidak semuanya embriogenik. Rataan persentasi pembentukan kalus embriogenik masih rendah, yaitu di bawah 50% (Gambar 2), walaupun ada beberapa satuan percobaan dari ulangan pada kombinasi perlakuan 2,4-D 1 mg/l dan BA 2 mg/l kalus embriogenik ada yang mencapai 90% (data tidak ditampilkan).



Gambar 1. Perkembangan pembentukan kalus pada media induksi dengan perlakuan kombinasi 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. (A) Empat minggu setelah induksi kalus dan (B) dua bulan setelah induksi kalus.

Figure 1. Callus development at induction medium of 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. (A) Four weeks after culture on induction medium and (B) two months after culture on induction medium.

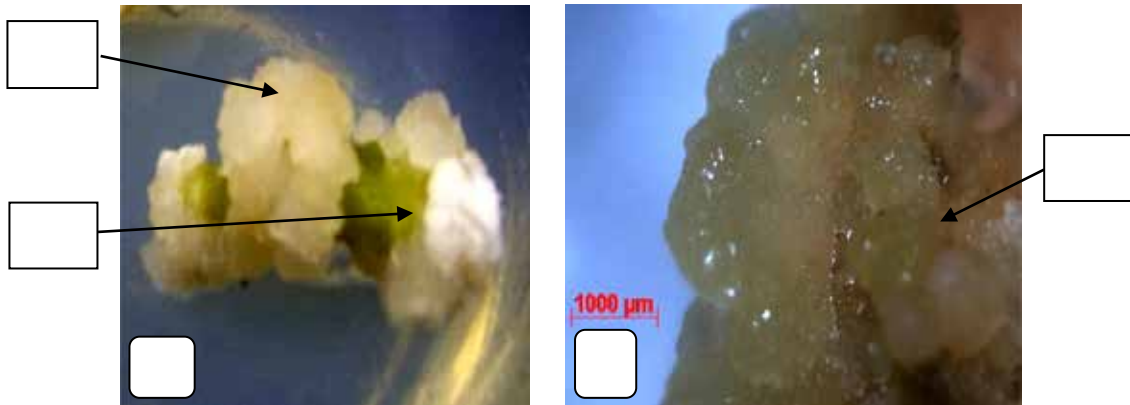


Gambar 2. Persentasi kalus embriogenik yang terbentuk 2 bulan setelah eksplan dikulturkan pada media induksi kalus. (A) Kontrol (Tanpa 2,4-D dan BA), (B) 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l, (C) 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l, (D) 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l, dan (E) 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. Huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%.

Figure 2. Percentage of embryogenic callus at two months after culture on medium callus induction. (A) Control (without 2,4-D and BA), (B) 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l, (C) 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l, (D) 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l, and (E) 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. Numbers followed by the same letters are not significantly different in DMRT at 5%.

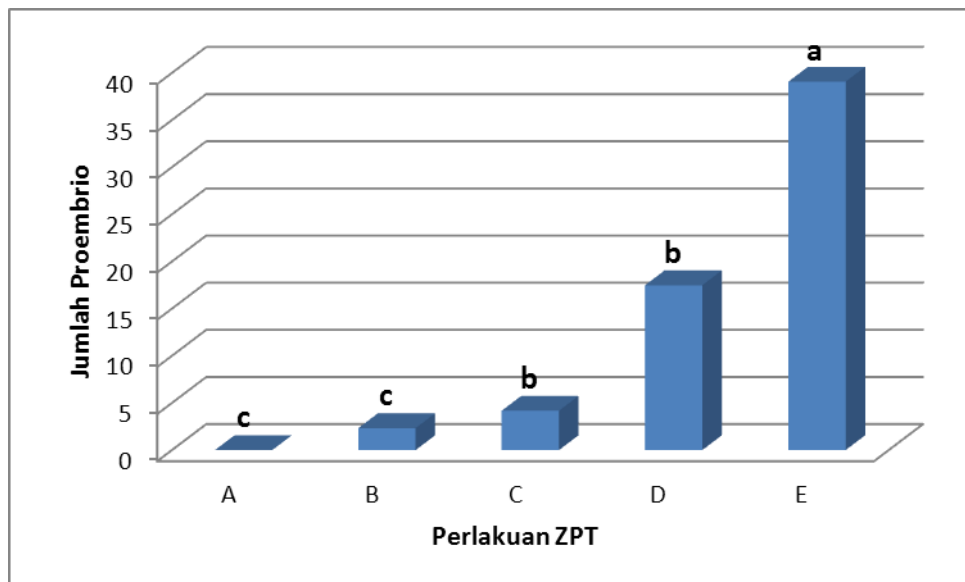
Berdasarkan warna kalus kopi yang terbentuk, kalus dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok, yaitu kalus yang berwarna kekuningan, putih kekuningan, dan putih. Kalus berwarna kekuningan dan putih kekuningan merupakan kalus embriogenik, sementara kalus yang berwarna putih merupakan kalus non embriogenik. Kalus ini biasanya tidak mempunyai kemampuan untuk beregenerasi sehingga dalam proses subkultur tidak

diikutsertakan (Gambar 3A). Kalus embriogenik merupakan kalus yang diharapkan mampu berkembang menjadi embrio somatik. Kalus kopi dengan tiga warna juga dilaporkan pada penelitian Riyadi dan Tirtoboma (2004) yang menggunakan kopi Arabika varietas Kartika, pada media Murashige-Skoog standar yang mengandung 30 g/l sukrosa dan diberi 2,4-D dan kinetin.



Gambar 3. (A) Keragaan kalus embriogenik (KE) dan non embriogenik (KN) (Tanda panah), (B) proembrio pada media induksi kalus (Tanda panah) di bawah mikroskop elektron.

Figure 3. (A) Performance of embryogenic callus (KE) and non-embryogenic callus (KN) (arrow), (B) proembryo on induction medium (arrow) observed under electron microscope



Gambar 4. Rataan jumlah proembrio yang terbentuk pada saat 2 bulan setelah eksplan dikulturkan pada media induksi kalus. (A) Kontrol (Tanpa 2,4-D dan BA), (B) 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l, (C) 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l, (D) 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l, dan (E) 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. Huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%.

Figure 4. Mean number of proembryo developed at two months after explant cultured on induction medium. (A) Control (without 2,4-D and BA), (B) 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l, (C) 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l, (D) 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l, and (E) 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. Numbers followed by the same letters are not significantly different in DMRT at 5%.

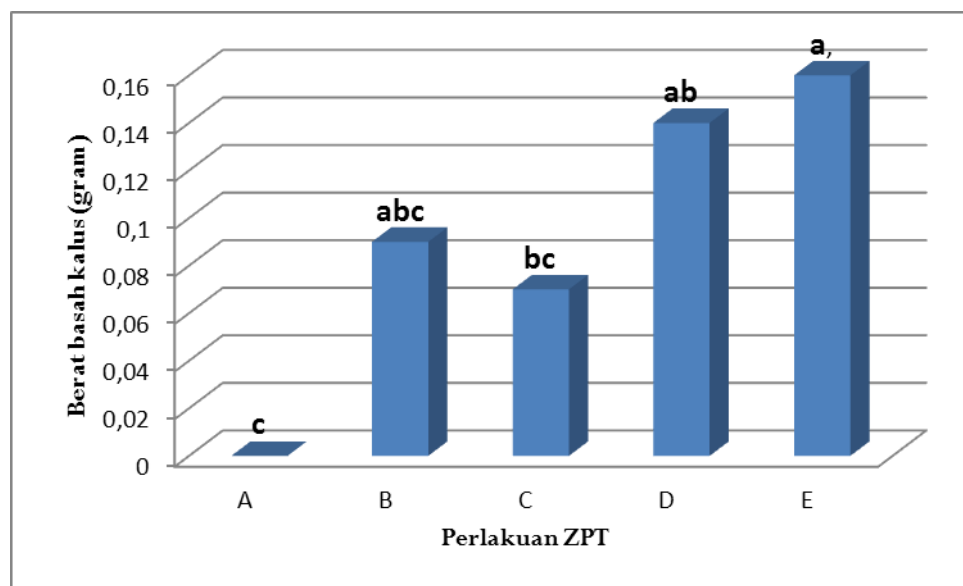
Pengamatan mikroskopik pada umur kultur 2 bulan, di samping terbentuknya kalus juga ditemukan adanya massa proembrio. Proembrio terlihat di bagian bawah dari daun yang berdekatan dengan bagian sayatan dengan warna putih dan permukaan yang licin (Gambar 3B). Massa proembrio yang dihasilkan tersebut mempunyai potensi untuk dikembangkan menjadi embrio globular, namun massa proembrio yang dihasilkan jumlahnya tidak sebanyak yang diinginkan.

Pemberian 2,4-D tunggal tanpa dikombinasikan dengan BA menghasilkan jumlah proembrio lebih sedikit jika dibandingkan ketika dikombinasikan dengan BA (Gambar 4). Jumlah proembrio terbanyak dijumpai pada perlakuan kombinasi 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. Grafik memperlihatkan terjadinya kenaikan jumlah proembrio yang dihasilkan sehingga masih dimungkinkan untuk meningkatkan konsentrasi zat pengatur tumbuh yang digunakan (Gambar 4). Chaudhury dan Qu (2000) menyatakan bahwa

auksin dan sitokinin yang diberikan bersama-sama dapat menstimulasi embriogenesis, akan tetapi diperlukan rasio tertentu dari kombinasi keduanya untuk menginduksi embrio somatik. Hal ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang melaporkan bahwa ketika jaringan eksplan kopi Arabika ditempatkan di media nutrisi yang mengandung zat pengatur tumbuh auksin dan sitokinin, sel-sel menjadi terdeferensiasi menjadi kalus dan massa proembrio (Neuenschwander dan Baumann, 1992; Etienne dan Bertrand, 2001; Riyadi dan Tirtoboma, 2004; Samson *et al.*, 2006; Mene'ndez-Yuffa' *et al.*, 2010). Untuk meningkatkan jumlah embrio dalam proses embriogenesis somatik, selain memperhatikan keseimbangan zat pengatur tumbuh, perlu mengatur keseimbangan ammonium (N) dari N tereduksi dan N teroksidasi, mengatur konsentrasi sumber energi, dan asam amino (Gray, 2005).

Berdasarkan data bobot kalus perlakuan kombinasi 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l menghasilkan kalus terbanyak. Gambar 5 memperlihatkan berat kalus bertambah dengan bertambahnya 2,4-D, sementara pemberian 2,4-D tanpa BA kalus yang terbentuk lebih sedikit. Hal ini terjadi karena tipe morfogenesis pada kultur jaringan sangat tergantung pada rasio antara auksin dan sitokinin yang diberikan. Kalus akan terbentuk jika terdapat rasio auksin dan sitokinin yang lebih tinggi. Konsentrasi auksin dan sitokinin yang berbeda mengakibatkan arah pertumbuhan yang berbeda sekalipun rasionya dalam jumlah yang sama (George and Sherrington, 1984; Tores, 1989).

Kalus dan proembrio yang terbentuk setelah 2 bulan disubkultur ke media yang sama. Proembrio yang terbentuk menjadi kalus kembali setelah 1 bulan disubkultur. Warna kalus yang tadinya putih kekuningan berubah menjadi kuning kecokelatan pada 2 bulan setelah disubkultur.



Gambar 5. Berat segar kalus pada 2 bulan setelah eksplan dikulturkan pada media induksi kalus. (A) Kontrol (Tanpa 2,4-D dan BA), (B) 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l, (C) 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l, (D) 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l, dan (E) 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. Huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan DMRT taraf 5%.

Figure 5. Fresh weight of callus at two months after explant cultured in induction medium. (A) Control (without 2,4-D and BA), (B) 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l, (C) 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l, (D) 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l, and (E) 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l. Numbers followed by the same letters are not significantly different in DMRT at 5%.



Gambar 6. Keragaan kecambah kopi Arabika yang terbentuk melalui proses embriogenesis somatik. (A) Globular (tanda panah), (B) torpedo, dan (C) planlet.

Figure 6. Regeneration performance of Arabica coffee sprouts generated through somatic embryogenesis. (A) Globular (arrow), (B) torpedo, and (C) planlet.

Daya Regenerasi

Kalus yang terbentuk kemudian disubkultur ke media yang diberi zat pengatur tumbuh kinetin 2 mg/l. Dua bulan di media ini pada perlakuan kombinasi 2,4-D 1 mg/l dan BA 2 mg/l kalus yang berwarna cokelat kehitaman timbul bintik-bintik putih yang menandakan mulai terbentuknya embrio somatik. Jika dilihat di bawah mikroskop elektron bintik putih tersebut merupakan kalus yang memasuki fase globular (Gambar 6A).

Globular yang terbentuk akan berkembang menjadi torpedo dan kotiledon. Kecambah kemudian dibesarkan di media MS tanpa pemberian zat pengatur tumbuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan George and Sherrington (1984) dan Evans *et al.* (1981) yang menyatakan bahwa awal dari proses embriogenesis somatik dimulai dengan terbentuknya tonjolan membulat, yang biasanya muncul dari eksplan atau kalus. Perkembangan embriogenesis somatik yang normal akan melalui tahapan proembrio, globular, bentuk hati, torpedo dan planlet.

Hasil pengamatan terhadap jumlah embrio somatik yang mampu berkecambah hanya berasal dari media kombinasi 2,4-D 1 mg/l dan BA 2 mg/l dengan persentasi 16,67%. Jumlah kecambah yang terbentuk per 0,2 gram kalus sebanyak 6 buah. Kecambah yang terbentuk terlihat normal dengan hipokotil, daun, dan akar tunggang (Gambar 6C).

KESIMPULAN

Kalus embriogenik berhasil diinduksi dari eksplan daun kopi Arabika. Perlakuan 2,4-D 1 mg/l + BA 0 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 1 mg/l; 2,4-D 1 mg/l + BA 2 mg/l; dan 2,4-D 2 mg/l + BA 1 mg/l dapat membentuk kalus kecuali perlakuan kontrol. Berat kalus, persentasi kalus embriogenik, dan jumlah proembrio tertinggi diperoleh pada media kombinasi 2,4-D 2 mg/l dan BA 1 mg/l. Kalus yang mampu beregenerasi berasal dari media kombinasi 2,4-D 1 mg/l dan BA 2 mg/l dengan persentasi 16,67% dengan jumlah kecambah sebanyak 6 buah per 0,2 gram kalus.

Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk lebih mengatur pemberian zat pengatur tumbuh, mengatur nisbah N tereduksi dan N teroksidasi, dan menambahkan asam amino seperti casein hidrolisat dan ekstrak malt. Dengan perbaikan komposisi media yang digunakan diharapkan kalus embriogenik yang terbentuk lebih banyak dengan daya regenerasi yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Badan Litbang Pertanian yang telah memberikan pendanaan melalui APBN pada Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Terimakasih juga penulis sampaikan kepada Dr. Syafaruddin yang telah memberikan bibit kopi

untuk digunakan sebagai sumber eksplan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Albarra'n, J. B. Bertrand, M. Lartaud, and H. Etienne. 2005. Cycle characteristics in a temporary immersion bioreactor affect regeneration, morphology, water, and mineral status of coffee (*Coffea arabica*) somatic embryos. *Plant Cell Tissue Organ Culture* 81: 27–36.
- Andrés, M., A. M. Gatica-Arias, G. Arrieta-Espinoza, and A. M. E. Esquivel. 2008. Plant regeneration via indirect somatic embryogenesis and optimisation of genetic transformation in *Coffea arabica* L. cvs. Caturra and Catuaí. *Electronic Journal of Biotechnology* © 2008 by Pontificia Universidad Católica de Valparaíso–Chile 11 (1): 1-9. [Februari 2013].
- Arimarsetiowati, R. 2011. Pengaruh auksin 2,4-D dan sitokinin 2-ip terhadap pembentukan embriogenesis somatik langsung pada eksplan daun *Coffea arabica* L. *Pelita Perkebunan* 27 (2): 68-77.
- Carneiro, M. F. 1999. Advances in coffee biotechnology. *AgBiotechnet* 1: 1-7.
- Chaudhury, A. and R. Qu. 2000. Somatic embryogenesis and plant regeneration of turf-type bermudagrass: Effect of 6-benzyladenine in calli induction medium. *Plant Cell Tissue Organ. Cult.* 60: 113-120.
- Etienne, H. and B. Bertrand, 2001. Trueness-to-type and agronomic characteristics of *Coffea arabica* trees micropropagated by the embryogenic cell suspension technique. *Tree Physiol.* 21: 1031-1038.
- Etienne, H., F. Anthony, S. Dussert, D. Fernandez, P. Lashermes, and B. Bertrand. 2002. Biotechnological applications for the improvement of coffee (*Coffea arabica* L.) *In Vitro Cellular & Developmental Biology* 38: 129-138.
- Evans, D. A., W. A. Sharp, and C. E. Flick. 1981. Growth and behavior of cell cultures. In *Embryogenesis and Organogenesis in Plant Tissue Culture: Methods and Application in Agriculture* (Thorpe, T.A. ed). Academic Press. New York. p. 45-59.
- Figuerola-Quiroz, F. R., C. F. J. Fuentes-Cerda, R. Rojas-Herrera, and V. M. Loyola-Vargas. 2002. Histological studies on the developmental stages and differentiation of two different somatic embryogenesis systems of *Coffea arabica*. *Plant Cell Reports* 20: 1141–1149.
- George, F. F. and Sherrington. 1984. *Plant Propagation by Tissue Culture*. Exegetic Ltd. England.
- Giridhar, P., V. Kumar, E. P. Indu, Ravishankar, and A. Chandrasekar. 2004. Thidiazuron induced somatic embryogenesis in *Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* P ex Fr. *Acta Botanica Croatica* 63 (1): 25-33.
- Gray, D. J. 2005. Propagation from nonmeristematic tissue culture: non zygotic embryogenesis. In Trigano, R. N. and D. J. Gray (Eds). RCR Press. LLC. New York. p. 187-200.
- Ibrahim, M. S. D., Sudarsono, Rubiyo, dan Syafaruddin. 2012. Pengaruh komposisi media terhadap pembentukan kalus menuju induksi embrio somatik kopi Arabika (*Coffea arabica*). *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri* 3 (1): 13-22.
- Mene'ndez-Yuffa, A., D. Dominique Barry-Etienne, B. Bertrand, F. Georget, and H. Etienne. 2010. A comparative analysis of the development and quality of nursery plants derived from somatic embryogenesis and from seedlings for large-scale propagation of coffee (*Coffea arabica* L.). *Plant Cell Tiss Organ Cult* 102: 297–307.
- Neuenschwander, B. and T. W. Baumann. 1992. A novel type of somatic embryogenesis in *Coffea arabica*. *Plant Cell Rep.* 10: 608-612.
- Oktavia, F., Siswanto, A. Budiani, dan Sudarsono. 2003. Embriogenesis somatik langsung dan regenerasi planlet kopi Arabika (*Coffea arabica*) dari berbagai eksplan. *Menara Perkebunan* 71 (2): 44-55.
- Priyono dan S. Danimihardja. 1991. Reproduksi embrio somatik kopi arabika dengan menggunakan BAP dan Kinetin serta regenerasi planlet dengan menggunakan Ca-P dan biotin. Dalam *Prosiding Seminar Bioteknologi Perkebunan dan Lokakarya Biopolimer Untuk Industri*. Pusat Antar Universitas IPB. Bogor, 10-11 Desember 1991.
- Priyono. 1993. Embriogenesis somatik langsung pada kultur *in vitro* eksplan daun kopi Arabika (*Coffea arabica*). *J II. Pert. Indon.* 3 (1): 16-20.
- Priyono. 2004. Kultur *in vitro* daun kopi untuk mengetahui kemampuan embriogenesis somatik beberapa varietas kopi. *Pelita Perkebunan* 20 (3): 110-122.
- Riyadi, A. dan Tirtoboma. 2004. Pengaruh 2,4-D terhadap induksi embrio somatik kopi arabika. *Buletin Plasma Nutraf* 10 (2): 82-89.
- Samson, N. P., C. Campa, L. Le Gal, M. Noirot, G. Thomas, T. S. Lokeswari, and A. de Kochko. 2006. Effect of primary culture medium composition on high frequency somatic embryogenesis in different *Coffea* species. *Plant Cell Tiss. Organ. Cult.* 86: 37–45.
- Santana-Buzzy, N., R. Rojas-Herrera, R. M. Galaz-Ávalos, J. R. Ku-Cauic, J. Mijangos-Cortés, and L. C. Gutierrez-Pacheco, A. Canto, F. Quiroz-Figueroa, V. M. Loyola-Vatgas. 2007. Advances in coffee tissue culture and its practical applications. *In Vitro Cellular & Developmental Biology* 43: 507-520.
- Tores, K. C. 1989. *Tissue Culture Techniques for Horticultural Crops*. Van Nostrand Reinhold. New York. 285 p.

KARAKTERISASI PROSES VULKANISASI MINYAK JARAK KASTOR DAN EVALUASI MUTU HASIL FAKTIS COKELAT

CHARACTERIZATION OF CASTOR OIL VULCANIZATION PROCESS AND QUALITY EVALUATION OF BROWN FACTICE PRODUCT

*Santi Puspitasari dan Adi Cifriadi

Pusat Penelitian Karet
Jalan Salak No 1, Bogor 16151 Indonesia

*shanty_bptkbgr@yahoo.co.id

(Tanggal diterima: 26 April 2013, direvisi: 16 Mei 2013, disetujui terbit: 28 Juni 2013)

ABSTRAK

Faktis cokelat yang berfungsi sebagai bahan bantu olah kompon karet disintesis melalui reaksi vulkanisasi minyak nabati pada suhu tinggi. Kebutuhan faktis cokelat untuk industri barang jadi karet domestik dipenuhi dari impor. Penelitian ini bertujuan mempelajari proses pembuatan dan evaluasi mutu faktis cokelat dari minyak jarak kastor pada skala laboratorium. Penelitian telah dilaksanakan pada periode bulan Januari hingga April 2013 di Laboratorium Pusat Penelitian Karet, Bogor. Tahapan dalam percobaan diawali dengan netralisasi minyak jarak kastor menggunakan larutan NaOH 14⁰Be. Minyak jarak kastor ternetralisasi selanjutnya direaksikan dengan ZnO (0 dan 0,2 gram) dan sulfur (50 gram) pada berbagai suhu (150, 160, 170 °C). Faktis cokelat yang diperoleh dievaluasi mutunya meliputi visualisasi fisik, sifat kimia, derajat ikatan silang, dan FTIR. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi optimum reaksi vulkanisasi diperoleh pada suhu 170 °C dengan dosis penambahan ZnO sebesar 0,2 gram. Pada kondisi tersebut diperoleh faktis cokelat yang memiliki spesifikasi mutu setara dengan faktis cokelat komersial mutu III.

Kata Kunci: Karet, minyak jarak kastor, faktis cokelat

ABSTRACT

Brown factice has a function as rubber processing aid. Brown factice is synthesized by vulcanization of vegetable oil at high temperature. Imported brown factice fulfill the needs of domestic rubber goods industries. The objective of this research was to study the synthesis and quality characterization of brown factice from Castor oil at laboratory scale. Research has been carried out from January to April 2013 in the Laboratory of Rubber Research Center, Bogor. The study was began with neutralization of castor oil with NaOH 14⁰Be. The neutralized castor oil was reacted with ZnO (0 and 0.2 grams) and sulphur (50 grams) at various temperature (150, 160, and 170 °C). The brown factice then characterized its quality included physical quality, chemical properties, crosslink density, and FTIR. The result showed that the optimum condition of vulcanization was at 170 °C and 0.2 grams of ZnO addition. This condition produced brown factice quality which equal to commercial brown factice grade III.

Keywords: Rubber, castor oil, brown factice

PENDAHULUAN

Faktis yang dikenal dengan istilah “minyak nabati tervulkanisasi” merupakan hasil reaksi vulkanisasi antara bagian tak jenuh dalam minyak nabati dengan bahan pemvulkanisasi (Ebewele *et al.*, 2010). Berdasarkan fungsinya, faktis dikelompokkan menjadi dua golongan yaitu faktis

putih dan faktis cokelat. Faktis putih digunakan sebagai bahan baku penghapus sedangkan faktis cokelat berfungsi sebagai bahan bantu olah kompon karet (Simpson, 2002). Reaksi vulkanisasi pembentukan faktis cokelat dijalankan pada suhu tinggi (130-160 °C) dengan sulfur sebagai bahan pemvulkanisasi (Elias, 1984). Reaksi vulkanisasi menyebabkan terjalannya ikatan silang antar

trigliserida yang dijematani oleh sulfur. Ikatan silang mengakibatkan faktis cokelat bersifat kenyal menyerupai karet. Jumlah ikatan silang dalam faktis cokelat yang dapat diketahui melalui pengukuran derajat ikatan silang turut mempengaruhi mutu faktis cokelat.

Pemanfaatan faktis cokelat sebagai bahan bantu olah dalam pembuatan kompon karet tercatat cukup besar. Menurut Fernando (1971), dosis penambahan faktis cokelat sangat bervariasi tergantung pada jenis barang jadi karet yang hendak diproduksi. Pada pembuatan sol sepatu, faktis cokelat ditambahkan sebesar 5-10 bagian seratus karet (bsk), 10-15 bsk pada pembuatan kabel dan *ebonite*, dan 20-30 bsk untuk produksi barang ekstrusi. Pemanfaatan terbesar faktis cokelat terserap dalam industri barang ekstrusi dari karet seperti selang. Hal ini dikarenakan faktis cokelat memiliki kemampuan dalam mempertahankan stabilitas dimensi barang yang diproduksi dengan teknik penjuluran (ekstruksi) terutama pada awal pemanasan saat vulkanisasi kompon karet (Simpson, 2002).

Di Indonesia, kebutuhan faktis cokelat untuk industri barang jadi karet seluruhnya dipenuhi dari luar negeri karena belum berdirinya pabrik penghasil faktis cokelat bertaraf nasional. Hal ini menjadi tantangan tersendiri terutama bagi industri bahan kimia karet untuk dapat memproduksi faktis cokelat yang secara perlahan mampu memsubstitusi faktis cokelat impor mengingat bahan baku faktis cokelat yang dapat dipenuhi dari sumber daya alam lokal. Minyak jarak kastor (*castor oil*) berpeluang digunakan sebagai sumber bahan baku faktis cokelat. Minyak jarak kastor memiliki bilangan iod sebesar 87,13 (Marlina *et al.*, 2004). Minyak nabati dengan bilangan iod di atas 80 menjadi syarat utama bahan baku faktis cokelat (Carrington, 1962). Faktor harga turut berpengaruh dalam pemilihan bahan baku pembuatan faktis cokelat. Harga minyak jarak kastor dapat dikatakan lebih rendah dibandingkan minyak nabati lain dengan tingkat bilangan iod diatas 80 seperti minyak canola dan minyak kedelai.

Pemilihan minyak jarak kastor sebagai salah satu alternatif minyak nabati untuk bahan baku faktis cokelat secara langsung dapat menambah diversifikasi produk olahan dan meningkatkan nilai

ekonomi dari minyak jarak kastor tersebut. Selama ini penggunaan minyak jarak kastor secara konvensional hanya terbatas untuk bahan bakar ramah lingkungan (biodiesel). Namun fakta di lapangan memperlihatkan bahwa bahan bakar yang disintesis dari minyak nabati termasuk minyak jarak kastor belum sepenuhnya berhasil hingga mencapai ke tahap komersialisasi, hanya PT. Pertamina yang berkomitmen mengembangkan penggunaan biosolar (sesuai dengan Kebijakan Pemerintah melalui Permen ESDM No. 32 tahun 2008).

Kebutuhan faktis cokelat impor sebagai bahan bantu olah di Indonesia dapat diprediksi berdasarkan produksi barang-barang karet tertentu yang umumnya menggunakan bahan bantu olah misalnya selang karet. Pada tahun 2012, kapasitas ekspor selang karet mencapai angka 4500 ton. Jika dosis penambahan faktis cokelat dalam kompon selang karet ditetapkan sebesar 20 bsk, maka jumlah konsumsi faktis cokelat untuk memenuhi kebutuhan ekspor selang karet sebanyak 900 ton. Pada saat ini harga faktis cokelat impor mencapai USD 4/kg. Dengan demikian substitusi impornya akan menghemat devisa sebesar USD 3,6 juta.

Penelitian bertujuan untuk mempelajari proses pembuatan faktis cokelat dari minyak jarak kastor pada skala laboratorium serta evaluasi mutu faktis cokelat yang diperoleh sebagai dasar dalam menentukan kondisi optimum reaksi vulkanisasi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Karet dari bulan Januari hingga April. Bahan yang digunakan antara lain minyak jarak kastor, NaOH, ZnO, dan Sulfur. Bahan kimia pendukung meliputi pereaksi untuk uji kadar ekstrak aseton, uji kadar sulfur bebas, dan uji derajat ikatan silang. Minyak jarak kastor diperoleh dari PT. Kimia Farma, Semarang dan memiliki bilangan iod awal sebesar 86,94. Prosedur dalam penelitian mengikuti tahapan sebagai berikut:

Netralisasi Minyak Jarak Kastor

Metode dalam netralisasi minyak jarak kastor mengadopsi metode netralisasi minyak yang diterapkan oleh Mardiyah (2011) sebagai berikut: minyak jarak kastor dipanaskan hingga suhu 60-70

°C. Selama pemanasan minyak jarak kastor diaduk agar distribusi suhu merata. Saat tercapai suhu 60-70 °C, ke dalam minyak jarak kastor ditambahkan larutan NaOH 14⁰Be sebanyak 110,45 ml/2400 ml minyak jarak kastor. Campuran kembali diaduk dan dipanaskan selama 15 menit kemudian didiamkan selama 30 menit. Setelah 30 menit, minyak jarak kastor dicuci menggunakan air hangat. Pencucian diulang hingga pH minyak jarak kastor menjadi netral. Jika warna minyak jarak kastor masih keruh, minyak jarak kastor dipanaskan hingga warna minyak jarak kastor menjadi jernih.

Reaksi Vulkanisasi Pembentukan Faktis Cokelat

Prosedur dalam pembuatan faktis cokelat dilakukan dengan memodifikasi metode yang telah diterapkan oleh Puspitasari *et al.* (2011) sebagai berikut sebanyak 200 ml minyak jarak kastor dituangkan ke dalam *bekker glass* 1000 ml. minyak jarak kastor dipanaskan hingga mencapai suhu reaksi yang dikehendaki (150, 160, dan 170 °C). Sesaat setelah tercapai suhu reaksi, ke dalam minyak jarak kastor ditambahkan secara berurutan ZnO (0 dan 0,2 gram) serta sulfur (50 gram). Perubahan yang mengiringi terjadinya reaksi vulkanisasi pembentukan faktis cokelat diamati setiap interval 2 menit meliputi perubahan suhu, warna, dan fasa. Reaksi vulkanisasi dihentikan saat terbentuk pasta faktis cokelat dan pengaduk sukar digerakkan. Pasta faktis cokelat dibiarkan mendingin dan memadat. Padatan faktis cokelat yang telah dingin dikeluarkan dari *bekker glass* selanjutnya digiling menggunakan mortar sehingga diperoleh serbuk faktis cokelat.

Evaluasi Mutu Faktis Cokelat

Evaluasi mutu faktis cokelat diperlukan sebagai dasar penentuan kondisi optimum reaksi vulkanisasi. Evaluasi mutu faktis cokelat di antaranya adalah uji visualisasi (warna, dan tekstur), sifat kimia (uji kadar ekstrak aseton, uji kadar sulfur bebas, kadar abu, pH), uji derajat ikatan silang serta FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*). Prosedur dalam uji derajat ikatan silang mengikuti metode yang digunakan oleh Nag dan Halder (2006) sebagai berikut faktis cokelat dicuci dengan CS₂ selama 24 jam. Setelah pencucian, faktis cokelat disaring dan dikeringkan

pada suhu kamar. Faktis cokelat kering kemudian diuji berat jenisnya. Sisa faktis cokelat untuk pengujian berat jenis, direndam dalam 50 ml *p-xylene* selama 48 jam pada suhu kamar. Akibat perendaman dalam *p-xylene*, faktis cokelat mengalami pengembangan (*swelling*). Faktis cokelat yang mengembang (*swollen factice*) ditimbang dan kembali ditentukan berat jenisnya. Derajat ikatan silang faktis cokelat dihitung berdasarkan Persamaan Flory-Rehner :

$$N' = - \frac{1}{2V_s} \frac{\ln(1 - v_r) + v_r + \chi v_r^2}{v_r^{\frac{2}{3}} - v_r/2}$$

N' adalah derajat ikatan silang polimer (mol/ml), V_s adalah volume molar *p-xylene* (ml/mol), V_r adalah fraksi mol *swollen factice*, adalah parameter interaksi faktis cokelat – *p-xylene* sebesar 0,437 (Shelly dan George, 1965 dalam Nag dan Halder, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Reaksi Vulkanisasi pada Pembentukan Faktis Cokelat

Berlangsungnya reaksi vulkanisasi dalam pembentukan faktis cokelat diindikasikan dengan terjadinya perubahan suhu, fasa, serta warna reaktan. Timbulnya gas H₂S sebagai hasil samping reaksi dan pemuaian volume reaktan turut mengiringi berjalannya reaksi vulkanisasi. Pada awal reaksi, campuran minyak jarak kastor dengan bahan kimia lainnya (reaktan) berwarna kuning jernih dan bersifat encer. Secara perlahan, campuran reaktan berubah warna menjadi cokelat, kental (pasta) serta timbul buih yang menandakan terjalannya ikatan silang antar trigliserida yang dijembatani oleh sulfur (gel faktis).

Pemuaian volume reaktan sebagai akibat terbentuknya gel faktis cokelat di awal reaksi yang diikuti oleh timbulnya gas H₂S. Pemuaian volume reaktan dapat mencapai 5 hingga 6 kali dari volume reaktan awal (Gambar 1). Pembentukan gas H₂S terjadi karena adanya penggantian atom H dengan atom S pada dua atom C pusat sebuah trigliserida (Cottow, 1962). Peristiwa eksotermis pada pembentukan faktis cokelat yang menyebabkan terjadinya perubahan suhu terbentuk karena adanya

pelepasan energi oleh atom C=C dalam molekul trigliserida yang digantikan oleh ikatan C-S dan S-S. Suhu eksotermis tertinggi tercapai sesaat setelah terbentuk gel faktis sebesar 184 °C.

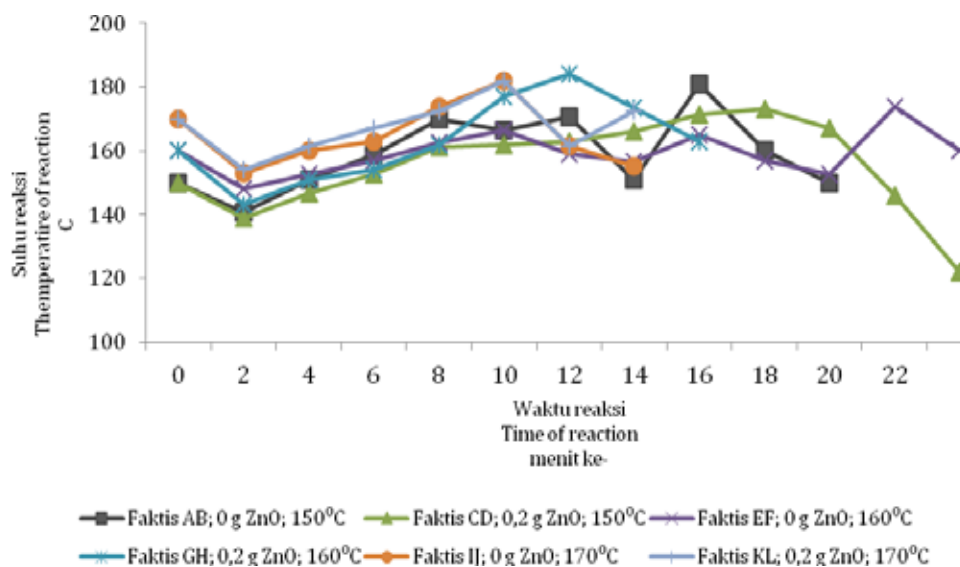
Penambahan reaktan padat (ZnO dan sulfur) menyebabkan suhu turun dan kembali naik dengan berlangsungnya reaksi. ZnO berperan sebagai bahan pengaktif dalam reaksi vulkanisasi yang mendorong kerja sulfur (bahan pemvulkanisasi) semakin optimal sehingga reaksi berlangsung lebih cepat.

Netralisasi minyak jarak kastor yang menurunkan kandungan asam lemak bebas

mempermudah pembentukan gel faktis. Fernando (1971) menyatakan bahwa asam lemak bebas dapat mencegah pembentukan gel faktis sehingga reaksi berlangsung lama. Puspitasari *et al.* (2010), menyatakan bahwa netralisasi minyak nabati harus dilakukan sebelum reaksi pembentukan faktis cokelat untuk meminimalisasi terjadinya reaksi samping yang dapat mengganggu berlangsungnya reaksi vulkanisasi. Selain itu, asam lemak bebas dapat menyebabkan faktis bersifat asam. Sifat asam dikhawatirkan dapat mengganggu kinerja bahan kimia karet lain saat faktis ditambahkan ke dalam pembuatan kompon karet.



Gambar 1. Pemuai volume faktis cokelat saat reaksi vulkanisasi
Figure 1. Expansion of brown factice during the vulcanization reaction



Gambar 2. Profil perubahan suhu terhadap waktu reaksi
Figure 2. Profile of temperature changes to time of reaction

Tabel 1. Kondisi reaksi vulkanisasi pembentukan faktis cokelat
Table 1. Vulcanization reaction condition on brown factice formation

Sampel	Dosis ZnO (g)	Perubahan suhu reaksi (°C)		Waktu reaksi (menit)	Waktu gel faktis (menit ke-)	Waktu eksotermis (menit ke-)
		Penambahan reaktan (ZnO, S)	Titik eksotermis tertinggi			
Suhu reaksi = 150 °C						
Faktis AB	0	139-142	171-184	29-35	9-10	12-18
Faktis CD	0,2	138-140	172-174	24-32	10-14	16-22
Suhu reaksi = 160 °C						
Faktis EF	0	144-152	174	22-25	6-8	10-15
Faktis GH	0,2	144-142	174	18	10-11	13-14
Suhu reaksi = 170 °C						
Faktis IJ	0	153	180-184	16-20	6-7	8-9
Faktis KL	0,2	154	180-184	16	4-5	11

Tabel 2. Visualisasi fisik faktis cokelat dan rendemen reaksi vulkanisasi
Table 2. Physical visualization of brown factice and vulcanization reaction yield

Sampel	Dosis ZnO (g)	Uji Visualisasi			Perhitungan rendemen		
		Warna	Tekstur	Bentuk	Berat awal (g)	Berat akhir (g)	Rendemen (%)
Suhu reaksi = 150 °C							
Faktis AB	0	Cokelat	Kenyal	Serbuk	250	228,49	91,40
Faktis CD	0,2	Cokelat terang	Kenyal	Serbuk	250,2	229,53	91,74
Suhu reaksi = 160 °C							
Faktis EF	0	Cokelat tua	Kenyal	Serbuk	250	216,15	86,46
Faktis GH	0,2	Cokelat tua	Kenyal	Serbuk	250,2	218,20	87,21
Suhu reaksi = 170 °C							
Faktis IJ	0	Cokelat gelap	Kenyal	Serbuk	250	215,28	86,11
Faktis KL	0,2	Cokelat	Kenyal	Serbuk	250,2	230,88	92,28

Evaluasi Mutu Faktis Cokelat

Mutu faktis cokelat dinilai berdasarkan visualisasi fisik dan sifat kimia. Sementara itu, perhitungan rendemen digunakan sebagai faktor pendukung dalam menentukan kondisi optimal reaksi. Visualisasi fisik faktis cokelat dan perhitungan rendemen reaksi vulkanisasi dirangkum dalam Tabel 2. Rendemen yang diperoleh pada reaksi vulkanisasi berada pada kisaran 86-92%. Faktis cokelat bermutu baik memiliki tekstur kenyal yang tidak lengket dan mudah dikeluarkan dari reaktor serta dihancurkan menjadi serbuk. Faktis cokelat yang lengket akan sukar dikeluarkan dari reaktor sedangkan faktis cokelat yang memiliki tekstur keras akan menyulitkan pada tahap penggerusan dalam mortar. Kedua faktor tersebut (lengket dan keras) dapat menurunkan rendemen reaksi yang diperoleh, karena menyebabkan kehilangan berat

faktis cokelat saat dikeluarkan dari reaktor dan dihancurkan dalam mortar.

Warna faktis cokelat ditentukan oleh tiga faktor yaitu kandungan asam lemak tak jenuh dalam minyak nabati, dosis penambahan sulfur, dan suhu reaksi. Dalam penelitian ini, kandungan asam lemak tak jenuh dan dosis penambahan sulfur ditetapkan konstan sedangkan suhu reaksi divariasikan. Semakin tinggi suhu maka akan semakin gelap warna faktis cokelat.

Sifat kimia faktis cokelat akan berpengaruh terhadap karakterisasi vulkanisasi kompon dan sifat fisik serta mekanik barang jadi karet saat faktis cokelat tersebut diaplikasikan dalam pembuatan kompon karet. Faktis cokelat terbukti dapat meningkatkan sifat fisika dan mekanik barang jadi karet yang dibuat dari karet alam dan karet sintetik jenis kloroprena. Sifat kimia faktis cokelat ditentukan berdasarkan parameter kadar ekstrak aseton, kadar sulfur bebas, kadar abu, pH, dan

derajat ikatan silang. Kadar ekstrak aseton menunjukkan jumlah minyak yang tidak ter vulkanisasi, jumlah sulfur yang tidak membentuk ikatan silang diperhitungkan melalui uji kadar sulfur bebas, dan kadar abu menggambarkan kandungan mineral anorganik dalam faktis cokelat (Loganathan, 1998). Untuk mengklasifikasikan mutu faktis cokelat, parameter-parameter dalam sifat kimia faktis cokelat tersebut harus dibatasi.

Tabel 3 menginformasikan hasil pengujian sifat kimia faktis cokelat. Kadar sulfur bebas berkisar 1,2–3,4%. Kadar sulfur bebas tersebut tergolong tinggi dan belum seluruhnya memenuhi spesifikasi kadar sulfur bebas pada faktis cokelat komersial yang mempersyaratkan sebesar $1,5 \pm 0,5\%$. Kadar sulfur bebas yang terlalu tinggi dalam faktis cokelat menimbulkan kerugian antara lain dapat memicu terjadinya pravulkanisasi kompon karet saat faktis cokelat atau bahkan pemasakan lanjut (*overcure*) saat ditambahkan dalam pembuatan kompon karet dan sulfur *blooming* pada barang jadi karet. Sulfur *blooming* adalah munculnya sulfur

karena terdifusi pada permukaan kompon karet maupun barang jadi karet. Sulfur *blooming* dapat menjadi masalah serius dalam industri manufaktur barang jadi karet (Dick, 2006).

Kadar abu faktis cokelat yang diperoleh cukup rendah 0,008–0,119%. Carrington (1962) menyatakan kadar abu faktis cokelat tidak boleh melebihi 5%. Kadar abu yang tinggi akan menurunkan sifat mekanik barang jadi karet. Kadar abu faktis cokelat dipengaruhi oleh penambahan ZnO. Faktis cokelat yang disintesis dengan penambahan 0,2 gram ZnO memiliki kadar abu yang lebih tinggi dibandingkan faktis yang disintesis tanpa penambahan ZnO. Hal ini disebabkan oleh ZnO yang bersifat sebagai oksida logam akan berubah menjadi abu saat pembakaran dan pengabuan. Selain oleh ZnO, kandungan abu dalam faktis cokelat turut dipengaruhi oleh komponen garam anorganik dalam minyak jarak kastor seperti senyawa karbonat, bikarbonat, dan sulfat. Senyawa tersebut terkandung dalam minyak jarak kastor karena berasal dari unsur hara dalam tanah (Puspitasari *et al.*, 2008).

Tabel 3. Sifat kimia dan derajat ikatan silang faktis cokelat
Table 3. Chemical properties and crosslink density of brown factice

Sampel	Dosis ZnO (g)	Sifat kimia				Derajat ikatan silang (mol/ml)
		Kadar ekstrak aseton (%)	Kadar sulfur bebas (%)	Kadar abu (%)	pH	
Suhu reaksi = 150 °C						
Faktis AB	0	56,59	3,42	0,030	4,25	2,7 x 10 ⁻⁵
Faktis CD	0,2	63,59	2,89	0,055	4,12	2,4 x 10 ⁻⁵
Suhu reaksi = 160 °C						
Faktis EF	0	68,12	2,91	0,026	3,74	1,8 x 10 ⁻⁵
Faktis GH	0,2	57,63	2,55	0,119	3,74	2,4 x 10 ⁻⁵
Suhu reaksi = 170 °C						
Faktis IJ	0	44,93	1,21	0,008	3,55	1,7 x 10 ⁻⁵
Faktis KL	0,2	54,59	3,22	0,050	3,33	3,1 x 10 ⁻⁵



Gambar 3. Warna faktis (1) cokelat terang, (2) cokelat, (3) cokelat tua, dan (4) cokelat gelap
Figure 3. Factice color (1) light brown, (2) brown, (3) dark brown, and (4) darker brown

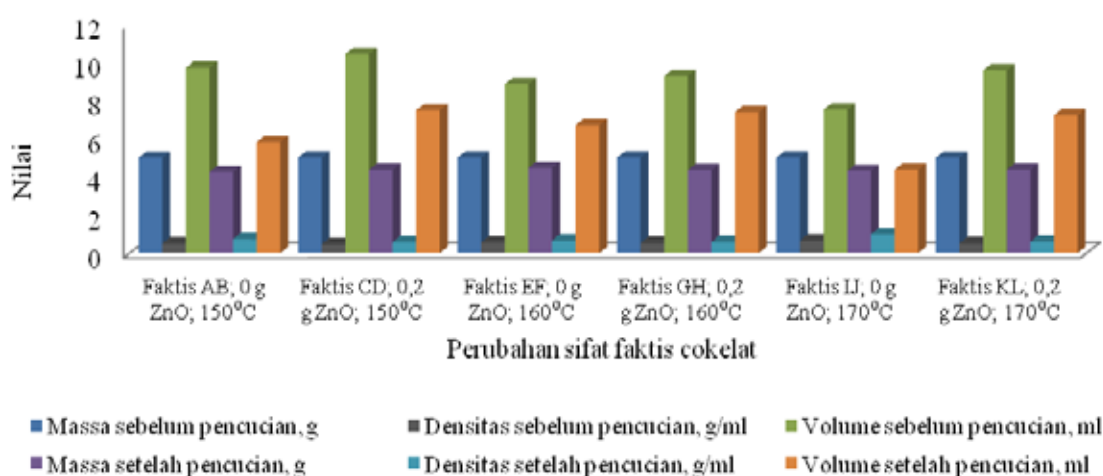
Berdasarkan pengujian pH diketahui faktis coklat bersifat asam. Sifat asam pada faktis coklat ditimbulkan karena terdapatnya sebagian gas H_2S yang terjebak dalam pori-pori faktis coklat. Faktis coklat bermutu baik seharusnya memiliki pH yang netral atau mendekati netral (Puspitasari *et al.*, 2012). Kadar ekstrak aseton faktis coklat berada pada kisaran 45-68%. Erhan dan Kleiman (1990) mempersyaratkan faktis coklat komersial mutu I memiliki kadar ekstrak aseton di bawah 20%, mutu II 20-35%, dan mutu III di atas 35%. Mengacu pada spesifikasi faktis coklat komersial, maka faktis coklat hasil penelitian diklasifikasikan pada faktis coklat komersial mutu III.

Derajat ikatan silang faktis coklat menggambarkan jumlah ikatan silang antar trigliserida yang dibentuk oleh sulfur saat reaksi vulkanisasi pembentukan faktis coklat. Semakin optimal reaksi vulkanisasi maka semakin tinggi derajat ikatan silang yang terbentuk sehingga dihasilkan faktis coklat bermutu tinggi. Nilai derajat ikatan silang faktis coklat tertinggi diperoleh pada reaksi vulkanisasi yang dikondisikan pada 170 °C dengan penambahan 0,2 gram ZnO . Pada kondisi ini fungsi ZnO sebagai bahan pengaktif reaksi vulkanisasi menunjukkan kinerja yang baik dalam membantu sulfur saat menjalin ikatan silang dengan trigliserida dalam minyak jarak kastor.

Erham dan Kleiman (1990) serta Ebewe *et al.* (2013) telah menunjukkan bahwa beberapa

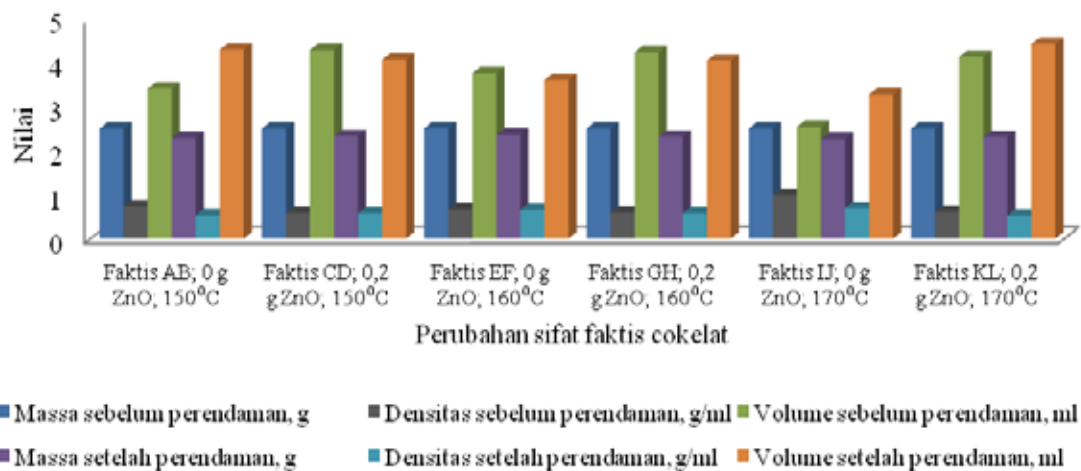
bahan pencepat (*accelerator*) dan bahan pengaktif (*polimerization initiators*) yang digunakan dalam reaksi vulkanisasi molekul karet dapat juga digunakan pada reaksi vulkanisasi minyak nabati dalam sintesis faktis coklat.

Pencucian faktis coklat menggunakan CS_2 pada tahap awal pengujian derajat ikatan silang menyebabkan terjadinya penurunan massa dan volume tetapi meningkatkan berat jenis faktis coklat (Gambar 4). Penurunan massa terjadi karena saat pencucian, kelebihan (*excess*) sulfur yang tidak bereaksi dengan trigliserida akan terlarut dalam CS_2 (Nag dan Halder, 2006). Perubahan sifat fisik faktis coklat juga terjadi saat perendaman dalam *p-xylene* (Gambar 5). Pada saat direndam dalam *p-xylene*, faktis coklat akan mengembang (*swelling*). Faktis coklat merupakan hasil polimerisasi yang terbentuk melalui tahap pengelatan (*gelling stage*). Polimer gel mampu menyerap pelarut dalam jumlah besar dan mengalami pengembangan tetapi tidak sampai larut. Pengembangan faktis coklat terjadi karena tercapainya kesetimbangan potensial kimia faktis coklat dengan *p-xylene*. Pengembangan hanya dialami oleh polimer yang struktur molekulnya membentuk ikatan silang tiga dimensi. Sifat *swelling* berkaitan erat dengan derajat ikatan silang. *Swelling* akan mengakibatkan ikatan silang dalam struktur rantai molekul faktis coklat saling menjauh.

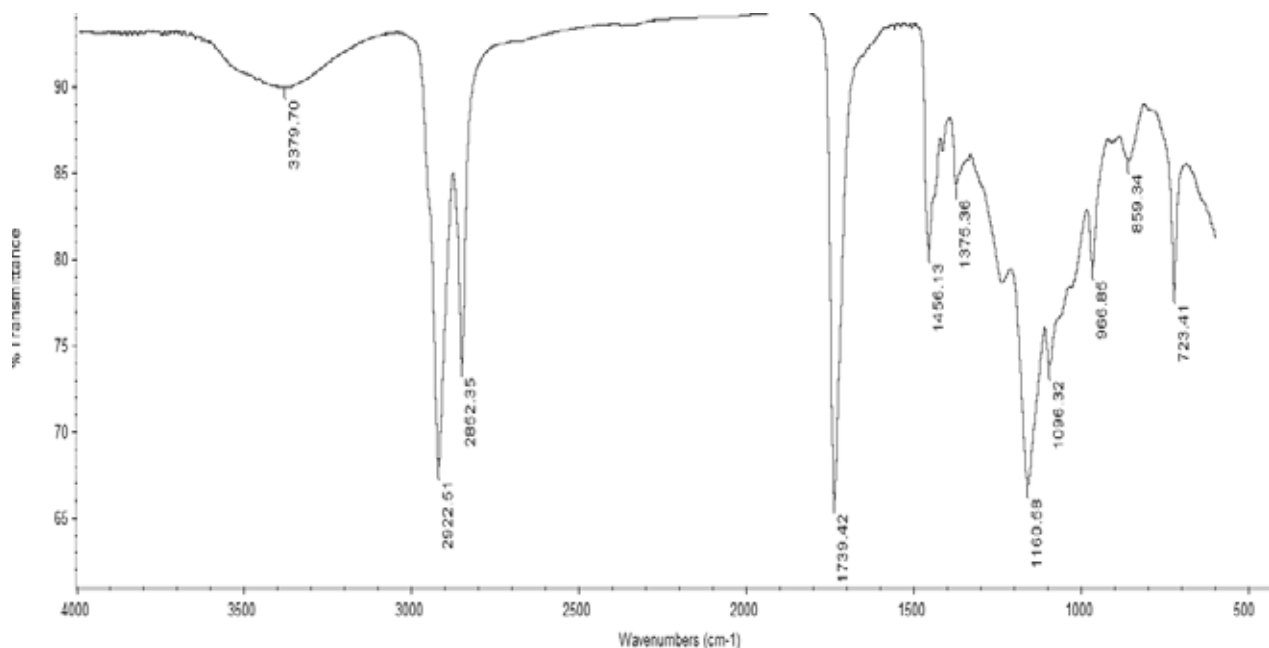


Gambar 4. Perubahan sifat fisika faktis coklat saat pencucian dengan CS_2

Figure 4. Physical properties changes of brown factice during washing process with CS_2



Gambar 5. Perubahan sifat fisika faktis coklat saat perendaman dalam *p*-xylene
Figure 5. Physical properties changes of brown factice during soak in *p*-xylene



Gambar 6. Spektrum FTIR (Fourier Transform Infrared) faktis coklat
Figure 6. Spectrum FTIR (Fourier Transform Infrared) of brown factice

Spektrum FTIR faktis coklat (Gambar 6) memperlihatkan adanya serapan yang lemah pada panjang gelombang 966 cm^{-1} yang merupakan puncak serapan gugus C=C. Sedangkan pada panjang gelombang 1160 cm^{-1} , 1739 cm^{-1} , dan $2922\text{--}2852\text{ cm}^{-1}$ tampak adanya intensitas serapan yang tajam dari gugus C=S, C=O, dan C-H. Dengan demikian diketahui bahwa reaksi vulkanisasi dalam pembentukan faktis coklat memutuskan ikatan rangkap C=C dalam trigliserida minyak jarak kastor dan mensubsitusinya menjadi

ikatan C=S. Ikatan C=O dan C-H adalah ikatan yang terdapat dalam struktur molekul asam lemak risinoleat. Ikatan ini tidak bereaksi dengan atom sulfur. Minyak jarak kastor mengandung sekitar 87% asam lemak risinoleat. Jumlahnya yang besar memberikan efek serapan yang tajam pada spektrum FTIR faktis coklat.

Menurut Muslich (2012) dan Flint (1955) dalam Bintarawati (2007) mekanisme pembentukan ikatan silang dalam faktis coklat mengikuti tahapan sebagai berikut rantai cabang

ketiga (terbawah) pada struktur molekul trigliserida yang digambarkan dalam bentuk huruf “E” akan berputar ke posisi perpanjangan rantai cabang kedua sehingga membentuk struktur trigliserida baru yang menyerupai struktur “garpu tala”. Perputaran ini dapat terjadi karena asam lemak pada rantai cabang ketiga (R3) tidak sama dan memiliki bobot molekul lebih rendah serta cabang yang lebih pendek dibandingkan asam lemak pada rantai pertama (R1) dan kedua (R2). Selanjutnya belerang yang ditambahkan akan mengikat rantai karbon tak jenuh secara intramolekul dan intermolekul pada saat minyak nabati mengalami reaksi vulkanisasi. Ikatan intermolekuler terbentuk melalui ikatan belerang dari ekor ke ekor dari dua molekul trigliserida yang berbeda dalam bentuk “garpu tala”, sedangkan ikatan intramolekuler melewati cabang “garpu tala” pada masing-masing gliserida dalam satu trigliserida yang sama.

KESIMPULAN

Kondisi optimum pada reaksi vulkanisasi pembentukan faktis cokelat dari minyak jarak kastor pada skala laboratorium (200 ml minyak/*batch*) terjadi pada suhu 170 °C dan dosis penambahan ZnO sebesar 0,2 g. Faktis berwarna cokelat dan bertekstur kenyal. Sifat kenyal dibentuk dari ikatan silang dengan derajat ikatan silang sebesar $3,1 \times 10^{-5}$ mol/ml. Kadar ekstrak aseton, kadar sulfur bebas, kadar abu, dan pH faktis cokelat secara berurutan sebesar 54,59%; 3,22%; 0,05%; dan 3,33%. Faktis cokelat tersebut dapat diklasifikasi sebagai faktis cokelat komersial mutu III.

DAFTAR PUSTAKA

- Bintarawati, D. 2007. Pembuatan faktis gelap dari campuran minyak jarak dengan minyak jagung untuk bahan olah karet. Skripsi Program Sarjana MIPA. Jurusan Kimia. Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto.
- Carrington, J. H. 1962. Manufacture and Testing of Factice. Symposium on Factice as an Aid to Productivity in the Rubber Manufacture. National College of Rubber Technology. London. p. 15-31.
- Cottow, F. H. 1962. Factice as an Aid to Productivity in the Rubber Industry. Reid Stationary Co Ltd, Manchester. p. 133
- Dick, J. S. 2006. Review of Common Rubber Factory Problems and Published Causes and Solution Part 1. www.questia.com [14 Mei 2013].
- Ebewele, R. O., A. F. Iyayi, and F. K. Hymore. 2010. Synthesis and characterization of vulcanized vegetable oil from rubber seed oil. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6 (4): 552–556.
- Ebewele, R. O., A. F. Iyayi., F. K. Hymore., S. O. Ohikhena., P. O. Akpaka, and U. Ukpeyibo. 2013. Polymer processing aid from rubber seed oil, a renewable resource: preparation and characterization. *African Journal of Agricultural Research* 8 (18): 1925–1928.
- Elias, H. G. 1984. Macromolecules: Synthesis, Materials, and Technology. Springer, USA.
- Erham, S. M. and R. Kleiman. 1990. Vulcanized meadowfoam oil. *JAACS*. 67 (10): 670-674.
- Fernando, M. R. N. 1971. Manufacture of dark factice from rubber seed oil. *Q. Jl. Rubb. Res. Inst. Ceylon* 47: 59–64.
- Flint, F. 1955. Factice: Relation of Structure to Properties. Transaction of the Institution of the Rubber Industry. The Institution of the Rubber Industry. London.
- Loganathan, K. S. 1998. Rubber Engineering. Tata McGraw Hill Publishing Company Ltd. New Delhi.
- Mardiyah, S. A. 2011. Pengaruh metode netralisasi dan kecepatan pengadukan terhadap mutu faktis gelap dari minyak jarak (*Castor Oil*). Skripsi Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Marlina, N. M. Surdia, C. L. Radiman, dan S. Achmad. 2004. Pengaruh variasi konsentrasi asam sulfat pada proses hidroksilasi minyak jarak (*castor oil*). *Jurnal Matematika dan Sains* 9 (2): 249–253.
- Muslich. 2012. Rekayasa pembuatan faktis gelap dari minyak jarak (*Castor Oil*). Disertasi Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nag, A. and S. K. Haldar. 2006. Studies on a newer process of purification of a vegetable oil and its utilization as factice. *KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe* 59 (6): 322–327.
- Puspitasari, S., M. I. Faturahman, D. R. Maspanger, H. Handayani, dan Y. Syamsu. 2008. Pembuatan faktis cokelat dari minyak jarak pagar menggunakan reaktor skala semi pilot. Prosiding Seminar Teknik Kimia “Kejuangan”. Universitas Pembangunan Nasional. Yogyakarta, 28 Januari 2008. Hlm. 1-6.
- Puspitasari, S., H. Handayani, dan M. I. Faturahman. 2010. Sintesis faktis cokelat berbahan baku *castor oil* pada variasi metode netralisasi FFA dan kecepatan pengadukan. Prosiding Seminar Nasional Ke-45, Kimia dalam Industri dan Lingkungan. Yogyakarta, 11 November 2010.

- Puspitasari, S., H. Handayani, dan M. I. Faturahman. 2011. Studi of vulcanized *Jatropha curcas* oil synthesize and reactor performace on semi pilot scale. Proceeding the 2nd International Seminar on Chemistry. Universitas Padjajaran. Jatinangor, 24-25 November 2011.
- Puspitasari, S., P. U. Jannah, dan Y. Syamsu. 2012. Sintesis dan aplikasi faktis cokelat dari minyak jarak pagar pada pembuatan vulkanisat selang gas LPG. *Jurnal Penelitian Karet* 30 (1): 54-64.
- Shelly, D. R. and W. George. 1965. Physico-chemical studies of factice from vegetable oil. In Nag, A. and S. K. Haldar. 2006. Studies on a Newer Process of Purification of a Vegetable Oil and Its Utilization as Factice. *KGK Kautschuk Gummi Kunststoffe* 59 (6): 322-327.
- Simpson. 2002. Rubber Basics. Rapra Technology Ltd. United Kingdom.

EVALUASI BAKTERI ENDOFIT UNTUK PENGENDALIAN NEMATODA *Pratylenchus coffeae* PADA TANAMAN KOPI

EVALUATION OF ENDHOPHYTIC BACTERIA IN CONTROLLING OF *Pratylenchus coffeae* IN COFFEE

*Rita Harni dan Khaerati

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

*rita_harni@yahoo.com

(Tanggal diterima: 2 April 2013, direvisi: 20 April 2013, disetujui terbit: 25 Juni 2013)

ABSTRAK

Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup dalam jaringan tanaman dan memberikan efek yang baik pada tanaman, dapat diisolasi dari akar, batang, daun, dan buah. Penelitian isolasi, seleksi, dan potensi bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae* pada tanaman kopi telah dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar dari bulan Januari sampai Desember 2012. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi isolat bakteri endofit yang potensial untuk mengendalikan nematoda pada tanaman kopi. Bakteri endofit diisolasi dari akar pertanaman kopi dari daerah Jawa Barat (KP. Pakuwon, Sukabumi, Garut, dan Pengalengan) dan Lampung (KP. Natar, KP. Cahaya Negeri, dan Liwa) menggunakan metode sterilisasi permukaan. Selanjutnya bakteri endofit diseleksi antagonismenya terhadap nematoda dan kemampuan memicu pertumbuhan tanaman. Hasil isolasi bakteri endofit dari akar kopi diperoleh 442 isolat dengan kerapatan populasi bakteri endofit 5×10^3 – $5,77 \times 10^6$ cfu/g berat basah akar. Dari 422 isolat yang diuji, 50 isolat (12,3%) di antaranya adalah isolat yang antagonis, 60 isolat (14,21%) terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil pengujian *in vitro* dan *in vivo* di rumah kaca diperoleh 3 isolat yang potensial menekan nematoda *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi, yaitu PG132, PG76, dan LW15.

Kata Kunci: Kopi, isolasi, seleksi, potensi, bakteri endofit, nematoda, *Pratylenchus coffeae*

ABSTRACT

Endophytic bacteria are bacteria that live inside plant tissues and give a good effect on the plant, and can be isolated from the roots, stems, leaves, and fruit. Isolation, selection and potential of endophytic bacteria to control nematodes (*Pratylenchus coffeae*) on coffee plant had been carried out in the Laboratory and Greenhouse of Research Institute for Industrial and Beverage Crops from January to December 2012. The objectives of the study was to evaluate the potential of endophytic bacterial isolates to control nematodes in coffee plants. Endophytic bacteria were isolated from coffee root crops samples from several areas in West Java (KP. Pakuwon, Sukabumi, Garut, Pengalengan) and Lampung (KP. Natar, KP. Cahaya Negeri and Liwa). Furthermore, the isolates were selected their antagonistic activities and plant growth *coffeae* plant. A total of 442 isolates endophytic bacteria was obtained from coffee root with a population density of 5×10^3 – 5.77×10^6 cfu/g of fresh weight roots, as many as 50 (12.3%) isolates performed antagonis on nematodes, 60 isolat (14.21%) isolates stimulated the growth of *coffeae* plant. Result *in vitro* and *in vivo* test, there were 3 potential endophytic bacterial isolates, namely PG132, PG76, and LW15, effective to control *P. coffeae* and increase the coffee growth.

Keywords: Coffee, isolation, selection, potential, endophytic bacteria, nematode, *Pratylenchus coffeae*

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan sebagai penghasil devisa negara dan sumber pendapatan petani. Luas areal perkebunan kopi Indonesia 1.235.802 ha dengan produksi 666.046 ton (Ditjenbun, 2012). Berdasarkan luasan tersebut 96% merupakan perkebunan rakyat, 902.341 ha (79,21%) merupakan kopi Robusta dan sisanya adalah jenis kopi Arabika. Produktivitas kopi Indonesia, yaitu 776 kg/ha, produktivitas ini masih rendah jika dibandingkan produktivitas potensial varietas/klon unggul kopi mencapai 1,5–2 ton/ha (Ditjenbun, 2012).

Rendahnya produktivitas kopi Indonesia salah satunya disebabkan oleh serangan nematoda parasit tanaman yaitu *Pratylenchus coffeae* dan *Radopholus similis*. Serangan nematoda ini dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu dan menurunkan produksi baik kuantitas maupun kualitas. Serangan *P. coffeae* pada kopi Robusta dapat menurunkan produksi sampai 57%, sedangkan serangan *R. similis* bersama-sama dengan *P. coffeae* pada kopi Arabika dapat mengakibatkan kerusakan 80% dan tanaman akan mati pada umur kurang dari 3 tahun. Nematoda *P. coffeae* merupakan nematoda endoparasit berpindah yang menyerang akar tanaman kopi dan menyebabkan terjadinya luka akar (*root lesion*) sehingga pengangkutan hara tanaman terganggu. Luka akibat serangan nematoda juga merupakan jalan masuk bagi patogen lain, seperti jamur dan bakteri.

Pengendalian nematoda menggunakan bakteri endofit merupakan salah satu komponen pengendalian ramah lingkungan yang pada akhir-akhir ini banyak digunakan sebagai pengendalian biologi. Bakteri endofit adalah bakteri yang hidup mengkolonisasi jaringan bagian dalam tanaman tanpa menyebabkan gangguan pada tanaman tersebut dan kebanyakan dari bakteri endofit adalah menguntungkan karena mampu sebagai agens biokontrol, pemacu pertumbuhan karena dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi tertentu, dan menghasilkan hormon pertumbuhan (Bacon dan Hinton, 2007).

Bakteri endofit dapat diisolasi dari berbagai jaringan tanaman seperti akar, batang, daun, buah, dan bunga. Kerapatan populasi dari bakteri endofit sangat tergantung pada jenis tanaman, tipe jaringan

(akar, batang, daun), umur tanaman, habitat, dan faktor lingkungan (McInroy dan Kloepper, 1999; Hallmann, 2001; Zinniel *et al.*, 2002; Hallmann dan Berg, 2006), geografis, spesies, genotipe tanaman, dan teknik budidaya (Hallmann dan Berg, 2006).

Penggunaan bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda pada tanaman kopi telah dilaporkan oleh Mekete *et al.* (2009), bakteri endofit *Bacillus pumilus* dan *B. mycoides* digunakan untuk mengendalikan nematoda *Meloidogyne incognita* pada tanaman kopi, kedua bakteri tersebut dapat menekan populasi dan jumlah puru akar nematoda 33% dan 39%. Di samping itu, beberapa peneliti juga melaporkan penggunaan bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda komoditas lain seperti: kentang, pisang, kapas, padi, nilam, dan beberapa tanaman hortikultura. Hallmann *et al.* (1997) menggunakan bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita*). Sikora dan Pocasangre (2006) dan Sikora *et al.* (2007) untuk mengendalikan nematoda ginjal (*Rotylenchulus reniformis*), nematoda kista (*Globodera pallida*), nematoda pelubang akar (*Radopholus similis*) dan Harni *et al.* (2007) menggunakannya untuk nematoda peluka akar (*Pratylenchus brachyurus*), baik pada skala laboratorium, rumah kaca maupun lapang.

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi isolat bakteri endofit yang potensial untuk mengendalikan nematoda pada tanaman kopi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Desember 2012 di Laboratorium dan Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi.

Eksplorasi Bakteri Endofit

Bakteri endofit dieksplorasi dari akar kopi yang diambil dari pertanaman kopi di beberapa daerah di Jawa Barat (KP. Pakuwon, Sukabumi, Garut, dan Pengalengan) dan Lampung (KP. Natar, KP. Cahaya Negeri, dan Liwa). Pemilihan lokasi eksplorasi karena daerah tersebut merupakan pusat pertanaman kopi, kecuali untuk Pakuwon yang merupakan kebun percobaan kopi Balai Penelitian

Tanaman Industri dan Penyegar. Metode pengambilan sampel dilakukan dengan cara mengambil akar tanaman kopi secara diagnostik, yaitu tanaman yang memperlihatkan pertumbuhan yang baik (sehat) di antara tanaman sakit, atau tanaman yang paling baik pertumbuhannya dibandingkan dengan tanaman di sekitarnya.

Isolasi Bakteri Endofit

Bakteri endofit dari akar kopi diisolasi menggunakan metode Hallmann (2001). Masing-masing sampel akar dicuci dengan air mengalir sampai bersih, dikeringkan dengan kertas tisu, dan ditimbang sebanyak 1 g. Permukaan akar disterilisasi dengan cara direndam selama 1 menit dalam larutan NaOCl 5% yang telah diberi 0,01% Tween 20, kemudian akar dibilas dengan air steril sebanyak 3 kali. Untuk memastikan proses sterilisasi permukaan akar berhasil atau tidak, maka akar diletakkan di atas permukaan media *Tryptic Soy Agar* (TSA) 10%, di dalam cawan petri kemudian diinkubasikan pada suhu kamar selama 48 jam. Adanya pertumbuhan mikroorganisme di sekeliling akar, berarti proses sterilisasi gagal dan akar tidak dapat digunakan, sedangkan tidak adanya pertumbuhan mikroorganisme berarti permukaan akar sudah steril dan proses isolasi bakteri endofit dapat dilanjutkan. Akar yang permukaannya sudah steril kemudian dihancurkan dengan mortar steril sampai halus. Ekstrak akar dicampur dengan 9 ml air steril dalam tabung reaksi, dikocok dengan menggunakan vorteks, selanjutnya 1 ml ekstrak diencerkan kembali ke dalam 9 ml air steril pada tabung reaksi, dengan demikian diperoleh tingkat pengenceran 10^{-2} . Selanjutnya dilakukan pengenceran dengan cara yang sama sehingga diperoleh pengenceran 10^{-3} . Dari pengenceran 10^{-3} diambil 0,1 ml ekstrak dan ditumbuhkan pada media TSA 10% lalu diinkubasi selama 48 jam pada suhu kamar. Koloni bakteri yang tumbuh pada media TSA 10% dihitung dan dimurnikan pada media TSA 100%. Bakteri yang sudah murni dimasukkan ke dalam eppendorf yang telah berisi air steril kemudian disimpan pada suhu 4

keefektifannya. Untuk kontrol tanaman hanya disiram dengan air steril. Satu minggu setelah perlakuan bakteri endofit, tanaman diinokulasi dengan nematoda. Inokulasi nematoda dilakukan dengan cara menuangkan suspensi nematoda di sekeliling tanaman pada kedalaman 1 cm. Populasi nematoda per tanaman adalah 500 ekor yang terdiri atas nematoda betina dan larva. Tiga bulan setelah inokulasi, tanaman dibongkar, akar dicuci, dan dikeringanginkan. Pengamatan dilakukan terhadap daya antagonis bakteri dan bobot pertumbuhan tanaman. Daya antagonis diamati dengan menghitung faktor reproduksi (pf/π) nematoda. Faktor reproduksi adalah perbandingan antara populasi akhir dengan populasi awal nematoda. Nematoda pada akar diekstraksi dengan metode *Funnel spray method*, sedangkan tanah diisolasi dengan metode corong Baerman. Bobot tanaman yang diamati adalah tinggi tanaman, berat tajuk, dan berat akar tanaman.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Endofit

Hasil isolasi bakteri endofit pada perakaran tanaman kopi dari beberapa daerah di Jawa Barat (KP. Pakuwon, Sukabumi, Garut, dan Pengalengan) dan Lampung (KP. Natar, KP. Cahaya Negeri, dan Liwa) diperoleh 422 isolat dengan kerapatan populasi bakteri endofit sangat bervariasi antara 5×10^3 – $5,77 \times 10^6$ cfu/g berat basah akar (Tabel 1). Kerapatan populasi tertinggi diperoleh pada kopi varietas Excelsa dari daerah Liwa yaitu $5,7 \times 10^6$ dan terendah kopi varietas Lokal dari daerah Sukabumi $5,0 \times 10^3$. Berbedanya kerapatan populasi bakteri terjadi karena perbedaan varietas, habitat, dan lingkungan dari tanaman kopi. Kerapatan bakteri yang diperoleh hampir sama dengan yang dilaporkan oleh Mekete *et al.* (2009) bahwa kerapatan populasi bakteri endofit pada tanaman kopi adalah $5,2 \times 10^2$ – $2,07 \times 10^6$ cfu/g akar.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi bakteri di daerah Pengalengan ($1,34 \times 10^6$) dan Liwa ($1,07 \times 10^6$) lebih tinggi dari lokasi lain seperti, KP. Pakuwon ($1,07 \times 10^5$), Garut ($2,8 \times 10^4$), KP. Cahaya Negeri ($3,8 \times 10^5$), dan KP. Natar ($4,2 \times 10^5$). Beragamnya populasi yang

didapat selain dipengaruhi varietas dipengaruhi oleh teknik budidaya. Pada daerah Pengalengan dan Liwa eksplorasi dilakukan pada tanaman kopi yang budidayanya tidak menggunakan bahan kimia sintetis seperti nematisida dan pupuk kimia. Sedang di daerah KP. Natar, KP. Cahaya Negeri, Garut, dan KP. Pakuwon tanaman kopi di budidayakan dengan penambahan input-input kimia seperti pemberian pupuk anorganik. Mekete *et al.* (2009) melaporkan bahwa teknik budidaya sangat mempengaruhi populasi bakteri endofit pada tanaman kopi. Kerapatan populasi endofit pada kopi semi hutan dan hutan lebih tinggi dibandingkan kopi di perkebunan skala besar.

Seleksi Isolat Bakteri Endofit yang Bersifat Antagonis

Hasil pengujian isolat bakteri endofit yang bersifat antagonis dari 422 isolat yang diuji diperoleh 51 isolat (12,3%) dengan daya bunuh terhadap nematoda 5-80%. Mekanisme bakteri endofit melindungi tanaman dari infeksi nematoda melalui beberapa cara di antaranya menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang bersifat nematisidal. Senyawa hasil metabolit sekunder yang dihasilkan bakteri endofit yang dapat membunuh nematoda adalah antibiotik, HCN, dan siderofor (Keel *et al.*, 1992; Notz *et al.*, 2001; Li *et al.*, 2002; Siddiqui dan Shaukat, 2003).

Seleksi Bakteri Endofit Pemicu Pertumbuhan

Hasil seleksi bakteri endofit yang bersifat pemicu pertumbuhan, dari 422 isolat yang diuji, 60 isolat (14,21%) dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Menurut Kloepper *et al.* (1999), bahwa bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara langsung, bakteri ini dapat menyediakan nutrisi bagi tanaman, seperti nitrogen, fosfat, dan mineral lainnya serta menghasilkan hormon pertumbuhan seperti etilen, auxin, dan sitokinin (Khalid *et al.*, 2004). Secara tidak langsung bakteri terlebih dahulu menekan pertumbuhan mikroorganisme pengganggu, yaitu *deleterious microorganisms rhizobacteria* (DMRO) melalui mekanisme kompetisi, predasi dan antibiotik yang dihasilkannya (Kloepper *et al.*, 1999).

Tabel 1. Kerapatan populasi bakteri endofit dalam sampel akar kopi dari beberapa daerah di Jawa Barat dan Lampung
Table 1. Population density of endophytic bacteria on coffee root isolated from several areas of West Java and Lampung

No	Lokasi	Varietas	Populasi bakteri endofit cfu/g akar	Isolat yang dimurnikan
1.	Garut	Ateng 1	12,8 x 10 ³	14
2.	Garut	Ateng 2	4,4 x 10 ⁴	18
3.	Pengalengan	Andungsari	1,1 x 10 ⁵	21
4.	Pengalengan	Prianger	1,7 x 10 ⁵	16
5.	Pengalengan	Tim-tim	3,71 x 10 ⁶	27
6.	Pengalengan	Ateng (daun coklat)	1,27 x 10 ⁶	19
7.	KP. Pakuwon	Kartika 1	3,0 x 10 ⁵	14
8.	KP. Pakuwon	Kartika 2	9,0x 10 ⁴	41
9.	Sukabumi	Lokal	5,0 x 10 ³	15
10.	KP. Natar	BP436	5,7 x 10 ⁵	8
11.	KP. Natar	BP939	2,84x 10 ⁵	10
12.	KP. Natar	BP504	4,2 x 10 ⁵	12
13.	KP. Cahaya Negeri	Exelsa	5,77 x 10 ⁵	8
14.	KP. Cahaya Negeri	Lokal	2,0 x 10 ⁵	21
15.	Liwa	Exelsa	5,7x10 ⁶	12
16.	Liwa	Wulung	2,06x10 ⁶	12
17.	Liwa	BP436	1,02x10 ⁶	8
18.	Liwa	SA237	6,2x10 ⁵	10
19.	Liwa	BP936	1,78x10 ⁶	9
21.	Liwa	BP254	1,14x10 ⁶	17
22.	Liwa	Aigawa	2,0x10 ⁵	9
23.	Liwa	BP47	2,3x10 ⁵	7
24.	Liwa	BP923	2,6x10 ⁵	5
25.	Liwa	BP913	1,5x10 ⁵	3
26.	Liwa	BP397	6,0x10 ⁴	5
27.	Liwa	BP288	5,9x10 ⁵	10
28.	Liwa	BP436	4,17x10 ⁶	13
29.	Liwa	BP935	6,3x10 ⁵	12
30.	Liwa	BP234	1,0x10 ⁵	12
31.	Liwa	BP489	6,3x10 ⁵	6
32.	Liwa	BP42	1,0x10 ⁵	6
33.	Liwa	BP308	4,27x10 ⁶	9
34.	Liwa	BP534	1,81x10 ⁶	8
35.	Liwa	BP418	5,2x10 ⁵	5
Jumlah				422

Seleksi Isolat Bakteri Endofit yang Bersifat Antagonis terhadap Nematoda *Pratylenchus coffeae* di Rumah Kaca

Hasil pengujian dari 18 isolat bakteri endofit terhadap nematoda *P. coffeae* di rumah kaca, semua isolat bersifat antagonis terhadap nematoda karena dapat menekan perkembangan nematoda di dalam akar dibandingkan kontrol dengan pf/pi 0,06-0,81, sedangkan pada kontrol pf/pi=1,20 (Tabel 2). Terjadinya hal tersebut karena bakteri endofit merupakan agens antagonis terhadap nematoda sehingga dapat menekan perkembangan *P. coffeae* di dalam akar. Bakteri antagonis, yaitu bakteri yang dapat menghambat reproduksi nematoda sehingga populasi akhir lebih rendah dari populasi awal, dengan salah satu indikatornya adalah kemampuan bakteri endofit menghambat laju perkembangan nematoda (pf/pi) di akar.

Hasil penelitian isolat bakteri endofit terhadap nematoda *P. coffeae* menunjukkan bahwa semua isolat yang diuji dapat menekan secara nyata populasi nematoda dibandingkan kontrol (tanaman diinokulasi nematoda) (Tabel 2). Pengaruh tertinggi pada perlakuan isolat PG132, PG76, LW15, LW13, dan PG56 nyata lebih baik dibanding dengan isolat-isolat lain dengan populasi nematoda 30, 33, 40, 46, dan 47 ekor. Populasi nematoda *P. coffeae* tertinggi terdapat pada perlakuan kontrol, yaitu 598 ekor dan terendah pada perlakuan PG132, yaitu 30 ekor. Hal ini disebabkan oleh bakteri endofit dapat melindungi akar tanaman kopi dari infeksi nematoda, dengan cara mengkolonisasi jaringan internal akar dan menghasilkan metabolit yang dapat menekan perkembangan nematoda (Hallmann, 2001).

Tabel 2. Pengaruh isolat bakteri endofit terhadap populasi nematoda, faktor reproduksi dan efek antagonis dalam akar kopi 12 minggu setelah aplikasi
Table 2. The effect of endophytic bacteria isolates on population of nematode, reproduction factor and antagonistic effect in coffee roots at 12 weeks after application

No.	Isolat	Populasi nematoda	Pf/pi	Pengurangan populasi (%)	Efek antagonis
1.	LW28	248	0,50	58,53	+
2	LW33	270	0,54	54,85	+
3	PG2	80	0,16	86,62	+
4	PG94	243	0,49	59,36	+
5	MER	404	0,81	32,44	+
6	TT	197	0,39	67,06	+
7	PG56	47	0,09	92,14	+
8	L45	297	0,59	50,33	+
9	LW19	257	0,51	57,02	+
10	PG36	231	0,46	61,37	+
11	LW13	46	0,09	92,31	+
12	LW15	33	0,07	94,48	+
13	LW16	57	0,11	90,47	+
14	PG132	30	0,06	94,98	+
15	PG43	48	0,10	91,97	+
16	PG76	40	0,08	93,31	+
17	PG33	379	0,76	36,62	+
18	L24	382	0,76	36,12	+
19	K+	598	1,20	-	-

Keterangan : Efek antagonis + bila bakteri dapat menekan populasi nematoda dengan pf/pi kurang dari pf/pi pada tanaman kontrol + (tanaman hanya diinokulasi dengan nematoda), sedang antagonis – bila bakteri tidak dapat menekan populasi nematoda (pf/pi kontrol +). Pf/pi = perbandingan populasi akhir dengan populasi awal.

Notes : The effect of antagonistic + if bacteria can reduce the population of nematode with pf/pi less than pf/pi in control + (plants only inoculated with the nematode), antagonistic – if bacteria can not reduce the population of nematode (pf/pi pf/pi control +). Pf/pi=comparison of final population with early population.

Tabel 3. Pengaruh bakteri endofit terhadap tinggi tanaman, bobot akar dan bobot tajuk tanaman kopi 12 minggu setelah aplikasi
Table 3. The effect of endophytic bacteria on plant height, root weight, and canopy height of coffee at twelve weeks after application

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Bobot tajuk (g)	Bobot akar (g)
LW28	20,9	11,60	4,86
LW33	23,6	11,84	4,56
PG2	21,2	12,22	4,87
PG94	22,6	12,86	3,31
MER	20,6	9,14	3,46
TT	23,0	12,96	3,80
PG56	39,3	13,09	4,65
L45	22,8	11,40	2,89
LW19	26,6	12,98	3,04
PG36	25,2	12,84	4,72
LW13	32,6	15,07	3,41
LW15	24,6	15,49	4,00
LW16	26,6	12,37	4,81
PG132	27,0	16,38	7,16
PG43	33,0	13,74	4,74
PG76	28,4	14,94	6,09
PG33	23,8	13,29	2,97
L24	24,6	12,22	1,93
K+	21,6	10,81	2,15

Persentase penurunan populasi nematoda *P. coffeae* oleh bakteri endofit sangat nyata pada tanaman kopi dibanding kontrol. Penurunan persentase populasi tertinggi pada penggunaan isolat PG132, yaitu sebesar 94,98% kemudian diikuti oleh isolat LW15, PG76, LW13, dan PG56

berturut-turut, yaitu 94,48%; 93,31%; 92,31%; dan 92,14% (Tabel 2). Terjadinya penurunan populasi nematoda *P. coffeae* pada akar kopi karena perlakuan bakteri endofit dapat menekan penetrasi dan reproduksi nematoda di dalam akar (Sikora *et al.*, 2007).

Hasil penelitian terhadap pertumbuhan tanaman kopi menunjukkan bahwa beberapa isolat bakteri endofit dapat memicu pertumbuhan (tinggi tanaman, berat tajuk, dan berat akar) dibandingkan kontrol (Tabel 3). Tinggi tanaman tertinggi adalah pada perlakuan isolat PG56, yaitu 39,3 cm, selanjutnya berturut-turut isolat-isolat PG43, LW13, PG76, dan PG132, yaitu 33; 32; 28,4; dan 27 cm, sedangkan pada kontrol tinggi tanaman 21,6 cm.

Pengaruh isolat bakteri endofit terhadap berat tajuk dan berat akar tanaman nyata lebih baik dibandingkan kontrol. Isolat terbaik adalah PG132, PG76, LW15, LW13, dan PG43 (Tabel 3). Terjadinya peningkatan pertumbuhan seperti tinggi tanaman, berat tajuk dan berat akar disebabkan oleh penekanan populasi nematoda oleh bakteri endofit sehingga kerusakan akar berkurang. Di samping itu bakteri endofit dapat merangsang pembentukan akar lateral dan jumlah akar sehingga dapat memperluas penyerapan unsur hara (Vasudevan *et al.*, 2002).

KESIMPULAN

Hasil isolasi bakteri endofit dari akar kopi diperoleh 442 isolat dengan kerapatan populasi bakteri endofit 5×10^3 – $5,77 \times 10^6$ cfu/g berat basah akar. Berdasarkan hasil penelitian dari 422 isolat yang diuji, 50 isolat (12,3%) di antaranya adalah isolat antagonis, 60 isolat (14,21%) terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil pengujian *in vitro* dan *in vivo* di rumah kaca diperoleh 3 isolat yang potensial menekan nematoda *P. coffeae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi, yaitu PG132, PG76, dan LW15.

DAFTAR PUSTAKA

- Bacon, C. W. and S. S. Hinton. 2007. Bacterial Endophytes: The Endophytic Niche, Its Occupants, and Its Utility. In Gnanamanickam S. S. Gnanamanickam (Ed). Plant-Associated Bacteria. Springer, Berlin. p. 155–194.
- Baker, K. F. and R. J. Cook. 1974. Biological Control of Microbial Plant Pathogen. Freeman. San Francisco.
- Benhamou, W. H. N., J. W. Kloepper, A. Quadt-Hallman, and S. Tuzun. 1996. Induction of defense-related ultrastructural modifications in pea root tissues inoculated with endophytic bacteria. *Plant Physiology* 112: 919-929.
- Ditjenbun. 2012. Kopi. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.
- Hallmann, J., A. Quadt-Hallmann, W. F. Mahaffee, and J. W. Kloepper. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. *Canadian Journal of Microbiology* 43: 895-914.
- Hallmann, J. 2001. Plant interaction with endophytic bacteria. In Jeger M. J. and N. J. Spence. (Eds). Biotic Interaction In Plant-Pathogen Associations. CAB International.
- Hallmann, J. and G. Berg. 2006. Spectrum and population dynamics of bacterial root endophytes. In Schulz B., C. Boyle, and T. Sieber. (Eds). *Soil Biology Microbial Root Endophytes* 9: 15-31.
- Harni, R., A. Munif, Supramana, dan I. Mustika. 2007. Pemanfaatan bakteri endofit untuk mengendalikan nematode peluka akar (*Pratylenchus brachyurus*) pada tanaman nilam. *Jurnal Hayati* 14 (1): 7-12.
- Keel, C., U. Schneider, M. Maurhofer, C. Voisard, J. Laville, U. Burger, P. Wirthner, D. Haas, and G. Defago. 1992. Suppression of root disease by *Pseudomonas fluorescens*. CHAO: Importance of the bacterial secondary metabolite 2,4 diacetylphloroglucinol. *Mol. Plant-Microbe Interact* 5: 4-13.
- Khalid, A., M. Arshad, and Z. A. Zahir. 2004. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat (abstract). *App Microb.* 96: 473.
- Kloepper, J. W., R. Rodriguez-Kabana, J. A. McInroy, and R. W. Young. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne disease and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australasian Plant Pathology* 28: 21-26.
- Li, W., D. P. Roberts, P. D. Dery, L. S. F. Meyer, S. Lohrke, R. D. Lumsden, and K. P. Hebbar. 2002. Broad spectrum antibiotic activity and disease suppression by the potential biocontrol agent *Burkholderia ambifaria* BC-F. *Crop Protection* 21: 129-135.
- McInroy, J. A. and J. W. Kloepper. 1995. Population dynamics endophytic bacteria in field-grown sweet corn and cotton. *Canadian Journal of Microbiology* 41: 3895-3901.
- Mekete, T., J. Hallmann, K. Sebastian, and R. Sikora. 2009. Endophytic bacteria from Ethiopian coffee plants and their potential to antagonize *Meloidogyne incognita*. *Nematology* 11 (1): 117-127.

- Notz, R., M. Maurhofer, U. Schnider-Keel, B. Duffy, D. Haas, and G. Défago. 2001. Biotic factors affecting expression of the 2,4-diacetylphloroglucinol biosynthesis gene *phlA* in *Pseudomonas fluorescens* biological control strain CHA0 in the rizosphere. *Phytopathology* 91: 873-881.
- Siddiqui, I. A. and S. S. Shaukat. 2003. Endophytic bacteria: prospects and opportunities for the biological control of plant parasitic nematodes. *Nematological Mediterranea* 31: 111-120.
- Sikora, R. A. and L. Pocasangre. 2006. The concept of a suppressive banana plant: root health management with a biological approach. Proceedings of the XVII ACROBAT international congress, Joinville – Santa Catarina, Brazil 2006. Vol. I'. (Eds) Soprano, E., F. A. Tcacenco, L. A. Lichtemberg, and M. C. Silva. Association for Cooperation in Research on Banana in the Caribbean and Tropical America: Joinville, Brazil. p. 241–248.
- Sikora, R. A., K. Schafer, and A. A. Dababat. 2007. Modes of action associated with microbially induced in planta suppression of plant parasitic nematodes. *Australasian Plant Pathology* 36: 124-134.
- Vasudevan, P., M. S. Reddy, S. Kavitha, P. Velusamy, and R.S.D. Paulraj. 2002. Role of biological preparations in enhancement of rice seedling growth and grain yield. *Current Science* 83: 1140-1143.
- Zinniel, D. K., P. Lambrecht, N. B. Harris, Z. Feng, D. Kuczmarski, and P. Higley. 2002. Isolation and characterization of endophytic colonizing bacteria from agronomic crops and prairie plants. *App. Env. Microbiology* 68: 2198-2208.

ANALISIS FAKTOR PENENTU ADOPSI BENIH UNGGUL KARET

ANALYSIS OF DETERMINANT FACTORS IN ADOPTION OF RUBBER SUPERIOR SEEDS

*Bedy Sudjarmoko, Dewi Listyati, dan Abdul Muis Hasibuan

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

[*bedysdm@yahoo.com](mailto:bedysdm@yahoo.com)

(Tanggal diterima: 26 Maret 2013, direvisi: 12 April 2013, disetujui terbit: 27 Juni 2013)

ABSTRAK

Adopsi benih unggul karet untuk perluasan dan peremajaan tanaman pada perkebunan rakyat masih sangat rendah. Padahal benih unggul menjadi salah satu faktor penting dalam peningkatan produktivitas dan kualitas produk, serta dalam efisiensi produksi. Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul karet, khususnya pada perkebunan rakyat dalam rangka mendukung kebijakan pengembangan karet nasional. Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Sarolangko, Jambi pada Januari-Desember 2012. Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Analisis data menggunakan model persamaan struktural/*Structural Equation Modeling* (SEM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa adopsi benih unggul karet dipengaruhi secara langsung oleh harapan petani (*Product Performance Expectancy/PPE*), *Social and Technical Influence* (STI), dan harga benih unggul karet. Untuk meningkatkan adopsi benih unggul oleh petani karet, diperlukan pengembangan atribut-atribut benih unggul, terutama umur panen dan kualitas benih. Percepatan proses adopsi benih unggul karet juga dapat dilakukan melalui kegiatan diseminasi teknologi, penyebaran buku-buku panduan, petunjuk teknis, petunjuk pelaksanaan, *leaflet* dan poster, serta teknik advokasi melalui kelompok tani.

Kata Kunci: Karet, benih unggul, adopsi, SEM

ABSTRACT

The adoption of rubber superior seeds by farmers for replanting and new planting is still very low. Whereas, the superior seeds to be one important factor in increasing the productivity and quality of products, as well as in production efficiency. The objective of study was to determine factors affecting the adoption of rubber superior seeds, especially to support national policy in developing of smallholder rubber development. The study was conducted in Sarolangko District, Jambi on January-December 2012. The primary and secondary data was used in this study, and then analyzed with *Structural Equation Modeling* (SEM). The results showed that the adoption of rubber superior seeds was directly affected by expectations farmers (*Product Performance Expectancy/PPE*), *Social and Technical Influence/STI*, and price of rubber superior seeds. To increase the adoption of rubber superior seeds it need the development of their attributes, especially in harvest old and quality of seeds. Also, to accelerate the adoption of rubber superior seeds can be done by the extentions in using of rubber superior seeds, and by dissemination of technologies through the handbooks, guidelines/technical manual/leaflet/poster/brochure, as well as the advocacy technic through the farmer groups.

Keywords: Rubber, superior seeds, adoption, SEM

PENDAHULUAN

Penggunaan benih unggul menjadi salah satu faktor penentu dalam produksi tanaman, tidak hanya menentukan tingkat produktivitas yang dapat dicapai, tetapi juga kualitas produk yang dihasilkan dan efisiensi proses produksi. Sekitar 60% dari peningkatan produktivitas tanaman pertanian ditentukan oleh mutu genetik varietas tanaman yang digunakan. Selain meningkatkan produktivitas, benih unggul mampu mengurangi resiko kegagalan hasil karena kekeringan, gangguan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT), meningkatkan kandungan nutrisi, dan akhirnya meningkatkan daya saing (Hasnam, 2007).

Adopsi benih unggul karet oleh petani pada perkebunan rakyat masih sangat rendah, baik untuk program peremajaan maupun perluasan tanaman. Sebagai contoh, di Sumatera Selatan yang menjadi salah satu sentra produksi karet utama di Indonesia, dalam lima tahun terakhir ini, diperkirakan hanya sekitar 50% petani karet yang sudah mengadopsi benih unggul (Wahyudi, 2011). Hal ini dapat mengakibatkan produktivitas tanaman karet menjadi sangat rendah, hanya 880 kg/ha/tahun, dibanding potensinya yang mencapai 1,5-2,0 ton/hektar/tahun (Ditjenbun, 2012).

Upaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman karet dapat dilakukan melalui mobilisasi penggunaan benih unggul. Percepatan adopsi benih unggul karet dapat dipacu dengan adanya peran kelembagaan yang mendukung (Giroh *et al.*, 2012). Lembaga yang mampu menyediakan benih unggul karet dengan mudah dan murah, akan mendorong minat petani untuk mengadopsi penggunaan benih unggul dengan lebih cepat. Peran lembaga penangkar benih dan lembaga yang mendistribusikan ke petani sangat penting untuk mempercepat tingkat adopsi. Giroh *et al.*, (2012) menyebutkan bahwa lembaga penyuluhan berpengaruh signifikan terhadap adopsi benih unggul karet. Selain peran lembaga tersebut, pendapat lain bahkan mengungkapkan juga tentang pentingnya dukungan lembaga keuangan dalam proses adopsi teknologi (Adhikari, 2010; Olaniyi, 2010). Selain meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman, adopsi benih unggul mampu meningkatkan daya saing produk karet

Indonesia di tengah ketatnya persaingan pasar global.

Adopsi teknologi pertanian oleh petani ditentukan oleh kebutuhan dan kemampuan petani untuk menerapkan teknologi tersebut di lapangan. Peluang petani untuk mengadopsi suatu teknologi sangat dipengaruhi oleh kemampuan petani untuk memikul resiko yang ditimbulkan, karakter dari teknologi itu sendiri, dan faktor lingkungan usahatani (Wahyudi *et al.*, 2003). Faktor-faktor tersebut dapat bersifat internal atau berasal dari eksternal petani. Faktor internal dapat berupa umur, pendidikan, dan pengalaman usahatani petani itu sendiri, serta luas lahan usahatani (Sudjarmoko, 2010). Sedangkan karakter teknologi lebih bersifat eksternal sebab ketersediaan dan akses terhadap teknologi tidak dapat ditentukan oleh petani itu sendiri. Mengidentifikasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap adopsi teknologi sangat penting untuk dilakukan agar proses adopsi teknologi oleh petani dapat dilakukan sesuai dengan harapan.

Masalah penyediaan dan penyebaran benih unggul karet ke petani dan pengguna lainnya, bukan proses sederhana yang mudah dilakukan. Perlu metode yang efektif dan efisien dalam menyediakan dan menyebarkan benih unggul karet. Apabila faktor-faktor yang berpengaruh terhadap proses adopsi diketahui dengan tepat maka proses adopsi benih unggul karet oleh petani akan berlangsung lebih cepat. Dengan demikian, program pemerintah dalam mengembangkan karet nasional akan lebih cepat tercapai. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul karet, khususnya pada perkebunan rakyat dalam rangka mendukung kebijakan pengembangan karet nasional.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dengan metode survei di empat desa pada dua kecamatan, yaitu Desa Bukit Murau, Perdamaian dan Pasar Singkut (Kecamatan Singkut) serta Desa Pematang Kalina Kecamatan Pelawan), Kabupaten Sarolangun, Jambi, pada bulan Januari-Desember 2012. Penentuan lokasi penelitian dilakukan secara

purposive dengan pertimbangan lokasi tersebut merupakan sentra dan atau daerah pengembangan karet, serta memiliki petani penangkar benih unggul karet dengan pengalaman lebih dari tiga tahun.

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara mendalam (*indept interview*) dengan petani karet, petani penangkar serta asosiasi penangkar benih karet. Jumlah responden sebanyak 102 orang petani karet, 8 orang petani penangkar, dan satu asosiasi penangkar benih karet. Petani karet masing-masing 20 orang di desa Bukit Murau, 50 orang di desa Perdamaian, 15 orang di desa Pasar Singkut, dan 17 orang di desa Pematang Kalina. Petani penangkar benih karet sebanyak 8 orang, masing-masing 3 orang di desa Pasar Singkut, 2 orang di desa Perdamaian, dan 3 orang di desa Pematang Kalina.

Responden penelitian diambil secara *purposive*, yaitu petani karet yang sudah mengusahakan tanaman karet lebih dari 10 tahun dengan pertimbangan memiliki pengalaman yang dapat diobservasi secara obyektif. Petani penangkar benih karet diambil yang sudah berstatus menjadi penangkar lebih dari 4 tahun dan menjadi anggota kelompok tani penangkar. Asosiasi penangkar diambil dari asosiasi penangkar benih karet yang ada dan telah melaksanakan kegiatan menghimpun, mengadvokasi serta aktif memasarkan benih unggul hasil para petani penangkar yang terhimpun dalam kelompok tani, baik di dalam maupun luar provinsi. Data sekunder diperoleh dari Direktorat Jenderal Perkebunan, Bappeda dan Dinas Perkebunan setempat.

Data primer yang dikumpulkan meliputi indikator dari parameter tingkat adopsi benih unggul karet oleh petani responden, faktor internal, *Product Performance Expectancy* (PPE), harga benih unggul, ketersediaan benih unggul, dan *Social and Technical Influence* (STI). Indikator-indikator tersebut meliputi tahap mengevaluasi,

menggunakan, mempertimbangkan untuk menggunakan, mempelajari, dan mengetahui (tingkat adopsi benih unggul). Faktor internal meliputi umur, pendidikan, dan pengalaman usahatani responden. PPE meliputi produktivitas tanaman, ketahanan terhadap hama dan penyakit, umur panen, umur produktif, efisiensi penggunaan pupuk, pemeliharaan tanaman, kualitas benih, dan daya tumbuh benih. Indikator harga meliputi tingkat harga dan kesesuaian harga dengan kualitas. Ketersediaan meliputi ketersediaan benih unggul dan akses terhadap benih unggul. Indikator STI meliputi kegiatan demplot, penyuluhan, penyediaan buku panduan/ juklak/ juknis/ leaflet/ poster, aktivitas kelompok tani dan bantuan pemerintah (Tabel 1).

Analisis Data

Data primer hasil kuesioner diolah dengan menggunakan model persamaan struktural (*Structural Equation Modeling/SEM*) dibantu program statistik AMOS versi 7.0. SEM dipilih karena mampu menjelaskan keterkaitan variabel secara kompleks serta efek langsung dan tidak langsung dari satu atau beberapa variabel terhadap variabel lainnya. Model melibatkan 6 variabel laten dan 25 variabel manifes. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut

1. Tahapan eksplorasi

Menyusun atau mengidentifikasi variabel/indikator dimana variabel/indikator merupakan fungsi dari variabel/indikator yang lain. Identifikasi variabel/indikator menghasilkan enam variabel laten yang diduga mempengaruhi tingkat adopsi benih unggul oleh petani karet (Tabel 1). Tiap-tiap variabel laten direfleksikan oleh 2–8 variabel indikator. Dengan demikian, model persamaan struktural adopsi benih unggul karet melibatkan enam variabel laten dan 25 variabel indikator.

Tabel 1. Identifikasi variabel/indikator yang mempengaruhi adopsi benih unggul karet
Table 1. Identification of variable/indicator that influence to high yielding rubber clones adoption

No	Variabel laten	Variabel manifes/Indikator
A	Tingkat adopsi benih unggul (Adopsi)	1 Mengevaluasi (A1)
		2 Mempertimbangkan untuk menggunakan (A2)
		3 Menggunakan (A3)
		4 Mempelajari (A4)
		5 Konfirmasi keputusan (A5)
B	Faktor Internal (F_Internal)	1 Umur (B1)
		2 Pendidikan (B2)
		3 Pengalaman (B3)
C	Product Performance Expectancy (PPE)	1 Produktivitas (C1)
		2 Ketahanan terhadap hama dan penyakit (C2)
		3 Umur panen (C3)
		4 Umur produktif (C4)
		5 Efisiensi pupuk (C5)
		6 Pemeliharaan (C6)
		7 Kualitas benih (C7)
		8 Daya tumbuh (C8)
D	Harga (Harga)	1 Tingkat harga (D1)
		2 Kesesuaian harga dengan kualitas (D2)
E	Ketersediaan (Sedia)	1 Ketersediaan (E1)
		2 Akses (E2)
F	Social and Technical Influence (STI)	1 Demplot (F1)
		2 Penyuluhan (F2)
		3 Buku panduan/juklak/juknis/leaflet/poster (F3)
		4 Kelompok tani (F4)
		5 Bantuan pemerintah (F5)

2. Penyusunan hubungan antar variabel/indikator dalam SEM benih unggul karet

Menyusun hubungan antar variabel/indikator dalam SEM adopsi benih unggul karet yang akan digunakan. Dugaan awal SEM untuk tingkat adopsi benih unggul karet, disajikan pada Gambar 1.

Persamaan struktural dari model yang disajikan pada Gambar 1 :

Adopsi = f (F_Internal, PPE, Sedia, Harga, STI)..... (1)

PPE = f (F_Internal, Harga, STI)..... (2)

Harga = f (Sedia, STI)..... (3)

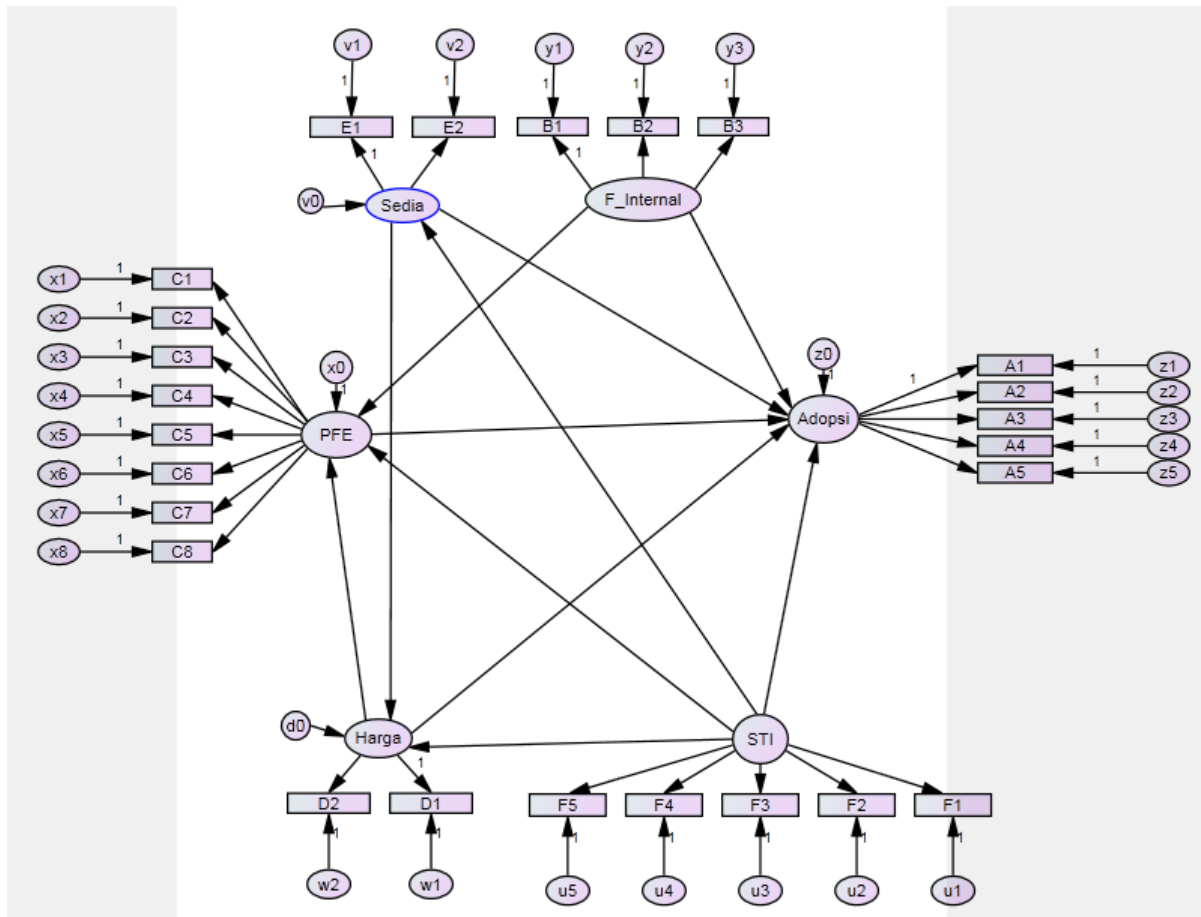
Sedia = f (STI)..... (4)

Tujuan utama dari analisis SEM adalah menguji *goodness of fit* suatu model, yaitu kesesuaian

antara model teoritis dengan data empiris. Kriteria *goodness of fit* sebagai berikut (Wijaya, 2009):

Tabel 2. Kriteria *goodness of fit* adopsi benih unggul karet
Table 2. Criteria of *goodness of fit* in rubber superior seeds adoption

No	Kriteria indeks ukuran	Nilai acuan
1	Chi kuadrat (	



Gambar 1. Model spesifikasi adopsi benih unggul karet melalui Structural Equation Modeling (SEM)
Figure 1. Specification model for adoption of rubber superior seeds by Structural Equation Modeling (SEM)

Masing-masing kriteria tersebut akan menguji keandalan model yang digunakan dalam analisis dengan ketentuan sebagai berikut (Wijaya, 2009):

1. Chi kuadrat (χ^2) dan P-value merupakan alat uji untuk mengukur *overall fit*. Model dikategorikan baik jika memiliki $\chi^2/df = 0$, yang berarti tidak ada perbedaan antara model teoritis dan empiris. Tingkat signifikansi model yang ditetapkan adalah $P < 0,05$.
2. CMIN/df (*Normed Chi Square*) merupakan ukuran yang diperoleh dari nilai χ^2 yang dibagi dengan derajat bebas (*degree of freedom*). Nilai yang direkomendasikan 3,00.
3. RMSEA (*Root Mean Square Error of Approximation*) menunjukkan *goodness of fit* yang diharapkan model diestimasi

merupakan indeks untuk dapat diterimanya model yang menunjukkan sebuah *close fit* dari model itu didasarkan pada *degree of freedom*.

4. GFI (*Goodness of Fit Index*) digunakan untuk menghitung proporsi tertimbang dari varians dalam matriks kovarians sampel yang dijelaskan oleh matriks kovarians populasi yang terestimasi. Indeks ini mencerminkan tingkat kesesuaian model secara keseluruhan. Nilai GFI yang semakin mendekati 1 menunjukkan tingkat kesesuaian model yang lebih baik.
5. AGFI (*Adjusted GFI*) merupakan GFI yang disesuaikan dengan *degree of freedom* yang tersedia untuk menguji diterima tidaknya model. Nilai AGFI yang semakin besar menunjukkan model semakin fit.

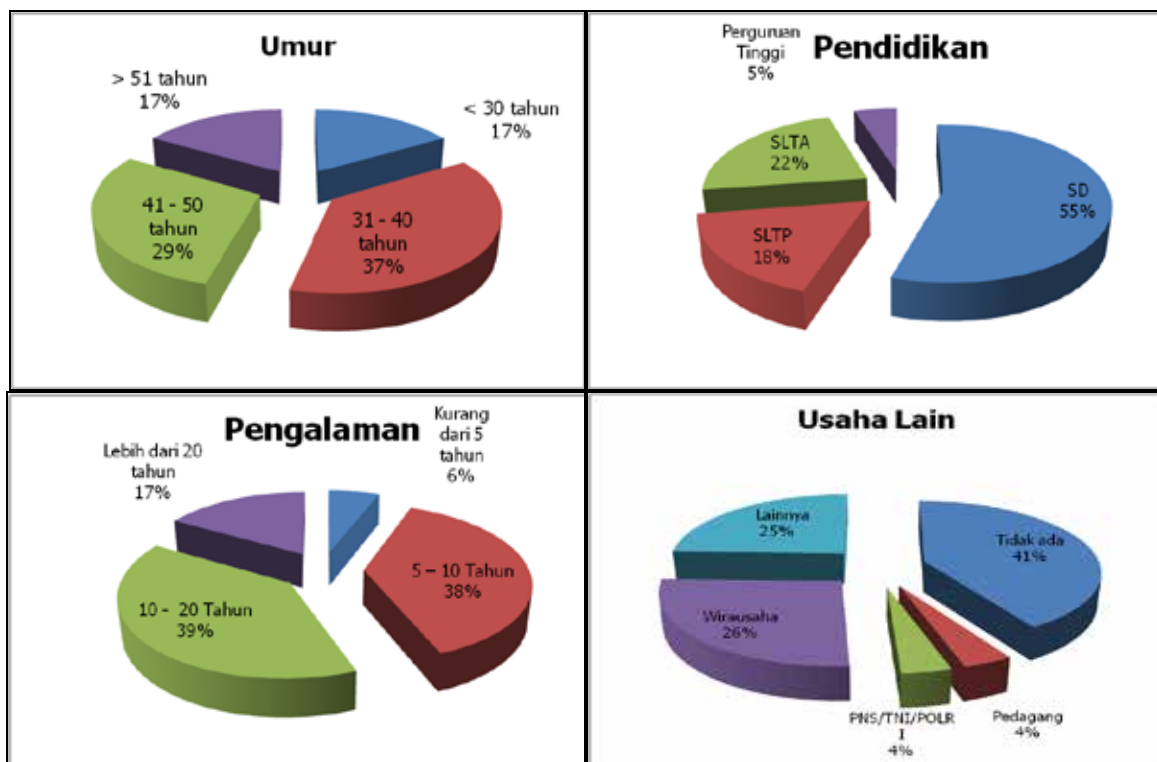
HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Responden

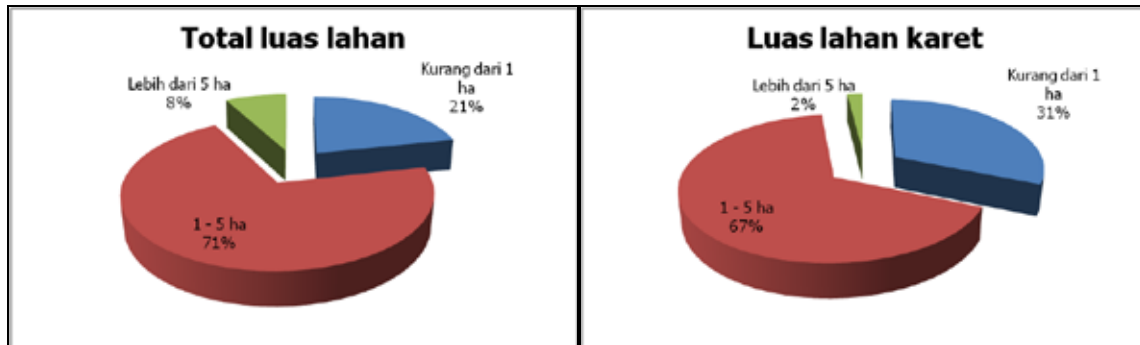
Responden penelitian memiliki karakteristik yang sangat beragam, mulai dari tingkat umur, pendidikan, pengalaman berusahatani serta aktivitas petani selain usahatani karet (Gambar 2). Sebagian besar responden masih berada pada kisaran umur produktif, lebih dari 50% memiliki umur di bawah 40 tahun. Kondisi tersebut sangat penting karena dengan umur yang relatif muda maka peluang untuk mengadopsi benih unggul karet lebih tinggi dibanding petani yang lebih tua. Oleh karena sifatnya sebagai tanaman tahunan, dengan mengadopsi benih unggul maka memungkinkan bagi petani karet untuk menikmati hasilnya dalam jangka waktu yang lebih lama.

Dari sisi pendidikan, sebagian besar responden hanya memiliki pendidikan setingkat SLTP (lebih dari 70%). Bahkan sebanyak 55% hanya mengenyam pendidikan setingkat sekolah dasar, sedangkan petani yang memiliki tingkat

pendidikan setingkat SLTA hanya sebesar 22%. Namun, sebanyak 5% sudah mengenyam pendidikan tinggi. Rendahnya tingkat pendidikan petani dapat menjadi faktor penghambat adopsi benih unggul. Pengalaman petani responden dalam mengelola usahatani karet relatif cukup lama. Sebanyak 56% responden sudah memiliki pengalaman usahatani karet lebih dari 10 tahun. Usaha lain di luar usahatani karet sangat penting bagi petani dalam rangka mendukung permodalan yang diperlukan dalam mengelola usahatani karet. Sebanyak 59% responden memiliki usaha lain di luar usahatani karet. Dengan demikian, sebagian besar responden tidak menggantungkan sumber mata pencahariannya terhadap usahatani karet. Petani mendapat dukungan permodalan dari sumber pendapatan lain untuk mengelola usahatani karet. Dukungan pendapatan lain ini dapat dijadikan sebagai sumber permodalan dalam proses mengadopsi benih unggul karet.



Gambar 2. Karakteristik responden (petani)
Figure 2. Characteristics of respondents (farmers)



Gambar 3. Kepemilikan lahan usahatani responden (petani)
Figure 3. Farm land tenure of respondents (farmers)

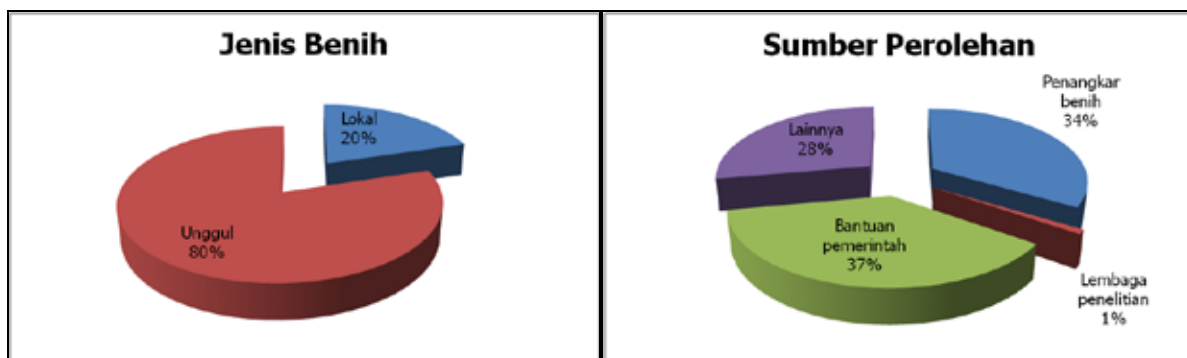
Kepemilikan Lahan

Rata-rata kepemilikan lahan petani responden tergolong cukup luas, baik yang digunakan langsung untuk usahatani karet maupun untuk usahatani lainnya seperti kelapa sawit, tanaman pangan (padi dan palawija) dan usaha lainnya (Gambar 3). Sebanyak 79% responden memiliki total lahan lebih dari satu hektar. Responden yang memiliki lahan kurang dari satu hektar hanya sebesar 21%. Rata-rata kepemilikan lahan petani adalah 3,06 ha. Sebagian besar lahan yang dimiliki petani digunakan untuk usahatani karet, karena komoditas ini merupakan primadona di lokasi penelitian. Hal ini tergambarkan dari luas lahan usahatani karet yang dimiliki petani dimana 69% responden memiliki lahan karet lebih dari 1 ha dengan rata-rata 2,26 ha per petani. Deskripsi responden ini penting dilakukan karena variabel tingkat pendidikan, pengalaman usahatani, luas lahan usahatani, dan status pekerjaan sampingan petani, ternyata sangat berpengaruh terhadap proses adopsi teknologi pada perkebunan rakyat (Sudjarmoko, 2010). Hasil penelitian lainnya juga

mengungkapkan bahwa jumlah tanggungan keluarga dan pendapatan usahatani juga berpengaruh terhadap proses adopsi teknologi (Listiyati *et al.*, 2011).

Penggunaan Benih Unggul

Adopsi benih unggul karet di lokasi penelitian tergolong sangat baik, 80% responden sudah menggunakan benih unggul dari klon-klon karet yang sudah dilepas (Gambar 4). Umumnya benih unggul tersebut diperoleh petani melalui bantuan pemerintah (37%). Sebanyak 62% benih unggul tersebut diperoleh petani melalui usaha sendiri, baik dengan membeli langsung kepada penangkar benih (34%) maupun melalui sumber lainnya seperti dari petani lain (28%), sedangkan perolehan benih langsung melalui akses lembaga penelitian hanya 1%. Tingginya petani dalam memperoleh benih unggul karet melalui usaha sendiri, mengindikasikan bahwa kesadaran petani dalam mengadopsi benih unggul karet sudah sangat baik dan tidak lagi terlalu mengandalkan bantuan pemerintah semata.



Gambar 4. Penggunaan dan sumber perolehan benih unggul oleh petani
Figure 4. The use of superior seeds and its sources by farmers



Gambar 5. Pertimbangan penggunaan benih unggul karet oleh petani

Figure 5. Farmer's reasons in using rubber superior seeds

Tabel 3. Kelayakan model persamaan struktural awal adopsi benih unggul karet

Table 3. Feasibility of initial structural equation model for adoption of rubber superior seeds

No	Kriteria indeks ukuran	Nilai acuan	Hasil pengujian	Keterangan
1	Chi kuadrat (χ^2)	Sekecil mungkin	578,388	Tidak Fit
2	P – value		0,000	Tidak Fit
3	CMIN/df		3,361	Tidak Fit
4	RMSEA		0,116	Marjinal Fit
5	GFI	Mendekati 1	0,664	Marjinal Fit
6	AGFI	Mendekati 1	0,589	Tidak Fit

Keterangan/Notes: CMIN/df=Normed Chi Square, RMSEA=Root Mean Square Error of Approximation, GFI=Goodness of Fit Index, AGFI=Adjusted GFI

Pertimbangan utama petani mengadopsi benih unggul karet adalah tingginya produktivitas tanaman yang dihasilkan. Alasan ini merupakan pertimbangan mayoritas responden (40%) dalam mengadopsi benih unggul karet. Pertimbangan lainnya adalah umur sadap yang lebih pendek (11%) dan ketersediaan benih (11%) (Gambar 5). Umur sadap yang lebih pendek menjadi salah satu pertimbangan karena benih lokal memiliki umur sadap yang jauh lebih panjang dibandingkan benih unggul sehingga petani harus menunggu lebih lama untuk dapat memanen tanaman karet. Sedangkan pertimbangan ketersediaan dipilih karena akses untuk mendapatkan benih unggul karet di lokasi penelitian dipandang cukup mudah karena penangkar benih karet sudah cukup berkembang.

Hasil Analisis Melalui SEM

1. Kelayakan model

Hasil analisis SEM untuk model awal yang dirancang menunjukkan bahwa model yang dibangun belum memenuhi kriteria *goodness of fit* sebagaimana syarat yang ditentukan (Tabel 3). Dari enam kriteria yang diuji, hanya dua kriteria (RMSEA dan GFI) masuk kategori marjinal fit, sedangkan empat kriteria lainnya tidak fit. Untuk

itu, perlu dilakukan respesifikasi terhadap model yang digunakan. Hasil respesifikasi model persamaan struktural untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi petani dalam mengadopsi benih unggul karet disajikan pada Gambar 6. Uji kesesuaian model hasil respesifikasi disajikan pada Tabel 4. Berdasarkan hasil uji kriteria *goodness of fit*, model adopsi benih unggul karet hasil respesifikasi sudah layak untuk digunakan.

Dari enam kriteria yang diuji, terdapat empat kriteria yang menyatakan bahwa model tersebut fit, dan hanya dua kriteria tidak fit. Kriteria yang tidak fit seperti χ^2 dapat terjadi karena kriteria tersebut merupakan ukuran yang sangat sensitif terhadap jumlah observasi. Oleh karena itu, evaluasi alternatif yang digunakan adalah rasio antara χ^2 dengan derajat bebas (df) (Hoe, 2008). Bila rasio tersebut memiliki nilai lebih kecil dari 3, maka model yang digunakan dinyatakan fit. Dengan nilai χ^2/df sebesar 2,229 mengindikasikan bahwa model persamaan struktural adopsi benih unggul karet fit untuk digunakan. Nilai GFI dan AGFI sebesar 0,692 dan 0,616 (lebih mendekati 1) mengindikasikan bahwa tingkat kesesuaian model yang digunakan semakin baik.

Tabel 4. Kelayakan respesifikasi model persamaan struktural adopsi benih unggul karet
Table 4. Feasibility of structural equation model respecification for adoption of rubber superior seeds

No	Kriteria indeks ukuran	Nilai acuan	Hasil pengujian	Keterangan
1	Chi kuadrat (χ^2)	Sekecil mungkin	621,465	Tidak Fit
2	P – value		0,000	Tidak Fit
3	CMIN/df		2,354	Fit
4	RMSEA		0,116	Marjinal Fit
5	GFI	Mendekati 1	0,676	Marjinal Fit
6	AGFI	Mendekati 1	0,601	Marjinal Fit

Keterangan/Notes: CMIN/df=Normed Chi Square, RMSEA=Root Mean Square Error of Approximation, GFI=Goodness of Fit Index, AGFI=Adjusted GFI

2. Refleksi variabel laten oleh variabel indikator

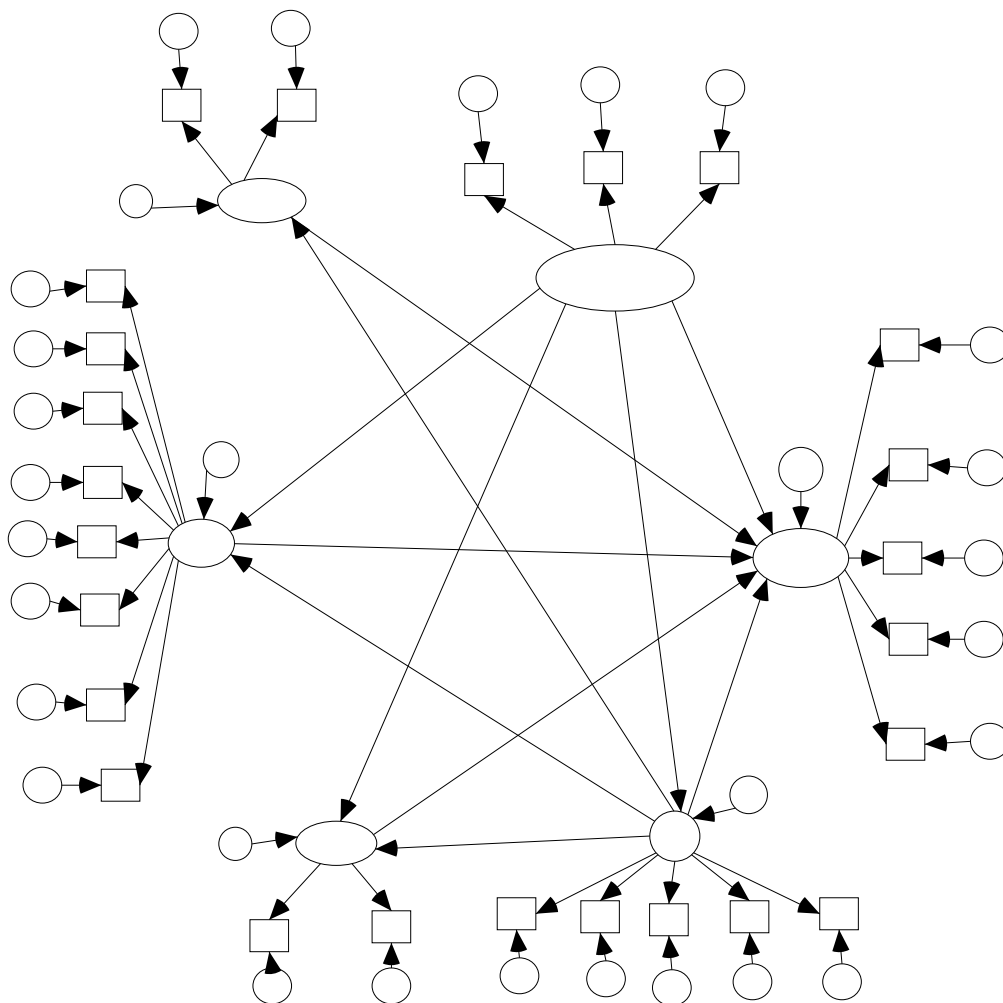
Refleksi variabel laten oleh variabel indikator sangat penting untuk mengetahui bahwa setiap variabel laten dapat diukur melalui variabel-variabel indikator yang telah disusun. Jika variabel laten tidak dapat diukur melalui variabel indikator maka variabel laten tersebut juga dianggap sebagai variabel yang tidak terukur. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel laten adopsi benih unggul direfleksikan oleh petani pada tahap

mempertimbangkan dan mulai menggunakan benih unggul, mempelajari keunggulan dan kelemahannya, serta tahap mengkonfirmasi keputusan adopsi benih unggul untuk usahatani. Keempat indikator adopsi tersebut nyata dengan indeks positif pada taraf 5%. Faktor internal direfleksikan oleh pengalaman petani dalam berusahatani pada taraf nyata 5% serta tingkat pendidikan petani pada taraf nyata 15%, dan keduanya memiliki indeks yang berlawanan (Tabel 5).

Tabel 5. Refleksi variabel laten oleh variabel indikator
Table 5. Reflection of laten variables by indicator variables

	Hubungan	Estimasi	Standard Error	Critical Value	P-value	Label
A1	<--- Adopsi	1,000				
A2	<--- Adopsi	1,031	0,421	2,448	0,014	*
A3	<--- Adopsi	1,305	0,418	3,119	0,002	*
A4	<--- Adopsi	1,058	0,390	2,715	0,007	*
A5	<--- Adopsi	1,558	0,535	2,912	0,004	*
B1	<--- F_Internal	1,000				
B2	<--- F_Internal	-0,208	0,137	-1,520	0,129	***
B3	<--- F_Internal	0,680	0,227	2,992	0,003	*
C1	<--- Product Performance Expectancy	1,000				
C2	<--- Product Performance Expectancy	-0,528	0,494	-1,069	0,285	
C3	<--- Product Performance Expectancy	1,093	0,383	2,851	0,004	*
C4	<--- Product Performance Expectancy	-0,478	0,498	-0,960	0,337	
C5	<--- Product Performance Expectancy	0,339	0,388	0,874	0,382	
C6	<--- Product Performance Expectancy	-0,279	0,488	-0,573	0,567	
C7	<--- Product Performance Expectancy	1,957	0,440	4,444	0,000	*
C8	<--- Product Performance Expectancy	0,387	0,372	1,040	0,299	
D1	<--- Harga	1,000				
D2	<--- Harga	0,790	0,286	2,763	0,006	*
E1	<--- Sedia	1,000				
E2	<--- Sedia	1,173	0,245	4,786	0,000	*
F1	<--- Social and Technical Influence	1,000				
F2	<--- Social and Technical Influence	1,869	0,989	1,890	0,059	**
F3	<--- Social and Technical Influence	2,393	1,288	1,858	0,063	**
F4	<--- Social and Technical Influence	1,924	1,038	1,854	0,064	**
F5	<--- Social and Technical Influence	1,416	0,777	1,822	0,068	

Keterangan/Notes: *) Nyata pada taraf 5% / significant at 5% level
**) Nyata pada taraf 10% / significant at 10% level
***) Nyata pada taraf 15% / significant at 15% level



Gambar 6. Model persamaan struktural faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul karet oleh petani
Figure 6. Structural equation model for factors that affect the adoption of rubber superior seeds by farmers

Tabel 6. Hubungan antar variabel laten dalam adopsi benih unggul karet
Table 6. The relationship among laten variables in adoption of rubber superior seeds

Hubungan		Estimasi	Standard Error	Critical Value	P-Value	Label
Adopsi	<--- Product Performance Expectancy	0,916	0,359	2,548	0,011	*
Adopsi	<--- Social and Technical Influence	0,783	0,524	1,495	0,135	***
Adopsi	<--- Sedia	-0,115	0,092	-1,256	0,209	
Adopsi	<--- F_Internal	0,065	0,048	1,345	0,179	
Adopsi	<--- Harga	-0,158	0,097	1,633	0,103	***

Keterangan/ Notes: *) Nyata pada taraf 5%/ significant at 5% level
***) Nyata pada taraf 15%/ significant at 15% level

Product Performance Expectancy (PPE) merupakan atribut-atribut benih unggul karet yang diharapkan oleh petani. Indikator-indikator yang merefleksikan PPE nyata pada taraf 5% adalah umur panen dan kualitas benih dengan indeks yang positif. Umur panen ini dianggap penting karena

benih unggul karet memiliki usia matang sadap yang jauh lebih tinggi dibanding benih lokal sehingga indikator tersebut menjadi atribut yang sangat berpengaruh terhadap PPE. Demikian juga dengan kualitas benih unggul menjadi indikator penting karena banyaknya benih asalan yang

beredar dengan kualitas rendah walaupun telah melewati proses sertifikasi. Produktivitas tanaman, ketahanan terhadap hama dan penyakit, umur produktif, efisiensi penggunaan pupuk, pemeliharaan dan daya tumbuh benih tidak merefleksikan PPE terhadap benih unggul karet. Harga karet direfleksikan secara positif nyata pada taraf 5% oleh tingkat kesesuaian harga benih dengan kualitasnya. Variabel ketersediaan dapat direfleksikan oleh indikator akses petani terhadap benih unggul karet.

Variabel laten *Social and Technical Influence* (STI) merupakan variabel/faktor-faktor eksternal yang secara sosial maupun teknis diduga berpengaruh terhadap tingkat adopsi benih unggul karet oleh petani. Indikator yang dapat merefleksikan STI yang nyata dengan indeks positif adalah kegiatan penyuluhan mengenai benih unggul, buku panduan/petunjuk pelaksanaan/petunjuk teknis/ *leaflet*/ poster/ brosur, serta bantuan pemerintah untuk pengadaan benih unggul karet. Dari lima indikator tersebut, kegiatan penyuluhan, buku panduan/petunjuk pelaksanaan/petunjuk teknis/ *leaflet*/ poster/ brosur, dan peran kelompok tani mampu merefleksikan STI nyata pada taraf 10%, sedangkan bantuan pemerintah untuk pengadaan benih unggul karet dianggap tidak merefleksikan STI (Tabel 5).

3. Faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul

Hubungan antar variabel laten dalam model persamaan struktural merupakan indikator yang sangat penting untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul karet (Tabel 6). Hasil analisis menunjukkan bahwa adopsi benih unggul oleh petani dipengaruhi secara langsung (*direct effect*) oleh PPE (*Product Performance Expectancy*) pada taraf nyata 5%, sedangkan STI dan harga benih nyata nyata pada taraf 15%.

PPE berpengaruh secara positif terhadap adopsi benih unggul mengindikasikan bahwa harapan petani terhadap benih unggul karet merupakan faktor yang sangat penting dalam proses adopsi. Hal ini berarti, atribut-atribut yang melekat pada benih unggul karet yang diharapkan petani memiliki keunggulan dibandingkan benih asalan merupakan hal yang sangat penting dan berpengaruh untuk proses adopsi benih unggul.

Dengan demikian, diperlukan upaya-upaya perbaikan atribut benih unggul karet sesuai dengan yang diharapkan petani untuk mempercepat proses adopsi benih unggul oleh petani.

Pengaruh langsung STI terhadap adopsi benih unggul karet mengindikasikan bahwa semakin tinggi aktivitas penyuluhan, peranan kelompok tani dan penyediaan buku panduan/juklak/juknis/*leaflet*/poster, maka akan dapat meningkatkan adopsi benih unggul karet oleh petani. Dengan demikian, percepatan proses adopsi benih unggul karet dapat digerakkan melalui indikator-indikator STI seperti meningkatkan intensitas kegiatan penyuluhan mengenai penggunaan benih unggul karet, diseminasi teknologi benih unggul karet melalui penyebaran buku-buku panduan, petunjuk teknis penggunaan benih unggul, *leaflet*, dan poster mengenai benih unggul, serta advokasi melalui kelompok tani dalam penggunaan benih unggul. Selain itu, adopsi benih unggul melalui bantuan pemerintah dalam bentuk bantuan benih unggul kepada petani juga bagian dari STI yang dapat mempercepat proses adopsi benih unggul.

Selain PPE dan STI, harga juga merupakan variabel yang berpengaruh terhadap adopsi benih unggul karet pada taraf nyata 15%. Estimasi hubungan antara harga dengan adopsi benih unggul sebesar -0,158 menunjukkan bahwa semakin tinggi harga benih unggul, maka proses adopsi benih menjadi semakin lambat. Sebaliknya, semakin murah harga benih unggul, maka proses adopsinya oleh petani karet akan semakin cepat. Dalam upaya mempercepat proses adopsi benih unggul inilah bantuan pemerintah dalam pengadaan benih unggul karet menjadi penting untuk dilakukan. Benih unggul karet berkualitas yang murah dan mudah dijangkau oleh petani akan menjadi faktor pendorong bagi percepatan proses adopsi oleh petani karet.

KESIMPULAN

Adopsi benih unggul karet dipengaruhi secara langsung oleh harapan petani terhadap benih unggul karet (*Product Performance Expectancy*/PPE), *Social Technical Influence* (STI), dan harga benih unggul karet. Untuk meningkatkan adopsi benih unggul oleh petani karet, perlu upaya-upaya

pengembangan atribut-atribut benih unggul, terutama umur panen (usia matang sadap) dan kualitas benih. Percepatan proses adopsi benih unggul karet juga dapat dilakukan melalui kegiatan penyuluhan mengenai penggunaan benih unggul dan diseminasi teknologi melalui penyebaran buku-buku panduan, petunjuk teknis, petunjuk pelaksanaan, *leaflet* dan poster, serta advokasi melalui kelompok tani.

DAFTAR PUSTAKA

- Adhikari, D. R. 2010. Technology Adoption Behavior Under Credit Constraint. LAP Lambert Academic Publishing.
- Barrett, P. 2007. Structural equation modeling: Adjudging model fit. *Person. and Indiv. Diff.* 42: 815-824.
- Ditjenbun. 2012. Statistik Perkebunan Indonesia 2009-2012: Karet. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta. 52 hlm.
- Giroh, D. Y., M. Abubakar, F. E. Balogun, V. Wuranti, and O. J. Ogbonor. 2006. Adoption of rubber quality innovations among smallholder rubber farmers in two farm settlements of delta state, Nigeria. *Journal of Sustainable Development in Agriculture and Development* 2 (1): 74-79.
- Giroh, D. Y., D. M. Joyce, and J. N. Korieocha. 2012. A probit analysis of the propensity to adopt improved rubber clones among small holder farmers in Southern Nigeria. *New York Science Journal* 5 (9): 104 – 107.
- Hasnam. 2007. Status perbaikan dan penyediaan bahan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L). Prosiding Lokakarya II Status Teknologi Tanaman.
- Hoe, S. L. 2008. Issues and procedures in adopting structural equation modeling technique. *Journal of Applied Quantitative Methods* 3 (1): 76 – 83.
- Hooper, D., J. Coughlan, and M. Mullen. 2008. Structural equation modeling: Guidelines for determining model fit. *Electronics J. of Buss. Res. Meth.* 6 (1) : 53-60.
- Listyati, D., B. Sudjarmoko, dan A. M. Hasibuan. 2011. Peluang adopsi inovasi budidaya gambir di Sumatera Barat. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri* 2 (1): 81–88.
- Olaniyi, O.J. 2010. Factors influencing adoption of rubber-based techniques among small-holder farmers in Delta State, Nigeria. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 8 (2): 391-394.
- Sudjarmoko, B. 2010. Analisis adopsi teknologi jambu mete di Nusa Tenggara Timur. *Buletin Tanaman Rempah dan Obat* 21 (1): 69-79.
- Wahyudi, A., S. Taher, dan R. Wati. 2003. Analisis keberlanjutan adopsi kapas transgenik di Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 9 (4): 135-140.
- Wahyudi, A. 2011. Adopsi benih unggul gerbang adopsi inovasi perkebunan rakyat. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 33 (4): 18–20.
- Wijaya, T. 2009. Analisis Structural Equation Modeling. Universitas Atma Jaya. Yogyakarta.

PENGARUH MIKROBA PELARUT FOSFAT TERHADAP PERTUMBUHAN DAN SERAPAN HARA P BENIH KAKAO (*Theobroma cacao* L.)

EFFECT OF PHOSPHATE SOLUBILIZING MICROBES ON THE GROWTH AND P NUTRIENT UPTAKES OF CACAO SEEDLINGS (*Theobroma cacao* L.)

*Maman Herman dan Dibyo Pranowo

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

*maman.herman@gmail.com

(Tanggal diterima: 14 Maret 2013, direvisi: 2 April 2013, disetujui terbit: 20 Juni 2013)

ABSTRAK

Mikroba pelarut fosfat (MPF) diketahui memiliki kemampuan untuk melarutkan P tidak tersedia di dalam tanah menjadi bentuk yang mudah diserap oleh perakaran tanaman sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi pemupukan anorganik, namun demikian pengaruhnya terhadap benih kakao (*Theobroma cacao* L.) belum banyak diketahui. Oleh karena itu, telah dilakukan penelitian untuk menguji pengaruh mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan hara P benih kakao. Penelitian dilakukan di rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi mulai Januari sampai Desember 2012. Perlakuan yang dicoba yaitu A) subsoil (kontrol), B) subsoil + NPK, C) subsoil + pukan (1:1), D) subsoil + zeolit (0,5 kg/10 kg), E) subsoil + pukan + zeolit, F) subsoil + MPF, G) subsoil + NPK + MPF, H) subsoil + pukan + NPK + MPF, I) subsoil + zeolit + NPK + MPF, dan J) subsoil + pukan + zeolit + NPK + MPF. MPF diisolasi dari tanah perakaran kakao rakyat di Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa inokulasi MPF yang dikombinasikan dengan pemberian pupuk NPK mampu meningkatkan tinggi tanaman dan bobot biomassa benih kakao sampai umur 12 minggu setelah perlakuan. Perlakuan MPF + NPK menghasilkan tinggi tanaman, bobot biomassa, dan serapan P tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Isolat MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK mampu meningkatkan serapan hara P oleh benih kakao sampai 3,07 kali.

Kata Kunci: *Theobroma cacao* L., benih, mikroba pelarut fosfat, MPF, pertumbuhan, serapan hara P

ABSTRACT

Phosphate solubilizing microbes (PSM) has been known capable of dissolving unavailable phosphates in the soil to the form that easily absorbed by crops so that increases crop growth and inorganic fertilizer efficiency, however in cacao it has not been known. The objective of the study was to evaluate the role of phosphate solubilizing microbes to the growth and P nutrient uptake by cacao (*Theobroma cacao* L.) seedlings. The experiment was conducted in the Greenhouse of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi from January to December 2012. Treatments were arranged as follows: A) Subsoil (control), B) Subsoil + NPK, C) Subsoil + organic matter (1:1), D) Subsoil + zeolite (0.5 kg/10 kg), E) Subsoil + organic matter + zeolites, F) Subsoil + PSM, G) Subsoil + NPK + PSM, H) Subsoil + organic matter + NPK + PSM, I) Subsoil + zeolite + NPK + PSM, dan J) Subsoil + organic matter + zeolite + NPK + PSM. The results showed that PSM combined with NPK enhanced plant height and weight of the biomass of cacao seedling until 12 weeks after treatment (WAT). The treatment of PSM+NPK resulted in the highest plant height, biomass, and P nutrient uptake compared with others. PSM combined with NPK fertilizer are able to increase threefold P nutrient uptake by cacao seedling.

Keywords: *Theobroma cacao* L., seedlings, phosphate solubilizing microbes, PSM, growth, P nutrient uptakes

PENDAHULUAN

Pengurusan hara oleh tanaman biasanya dikompensasi dengan pemberian pupuk anorganik, yang penggunaannya diperkirakan terus meningkat dari tahun ke tahun karena tingkat efisien pupuk yang rendah. Penggunaan N oleh tanaman hanya 50% (Saikia dan Jain, 2007), P hanya 15-20% (Ginting *et al.*, 2006), dan K hanya 23% (Ispandi dan Munif, 2004) dari pupuk yang diberikan. Oleh karena itu, diperlukan teknologi yang dapat meminimalkan penggunaan pupuk anorganik tanpa mengorbankan produktivitas tanaman. Konsep pertanian yang berkelanjutan antara lain berusaha meminimalkan penggunaan input kimia seperti pupuk anorganik dalam upaya mempertahankan atau meningkatkan kualitas lingkungan. Salah satunya adalah dengan pemanfaatan mikroba sebagai agen hayati pelarut hara untuk meningkatkan efisiensi pemupukan P.

Pemanfaatan mikroba yang berada di sekitar atau berasosiasi dengan perakaran tanaman memiliki peranan yang sangat penting karena disamping dapat menambat unsur hara juga menghasilkan hormon tumbuh, menekan penyakit tular tanah, dan melarutkan unsur hara yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman (Husen *et al.*, 2006). Keberadaan mikroba tersebut dapat dimanfaatkan sebagai fasilitator peningkatan efektivitas dan efisiensi pupuk yang diberikan. Keuntungan lain dari penggunaan mikroorganisme untuk tanaman adalah lebih ramah terhadap lingkungan. Teknologi pemanfaatan mikroba penambat dan pengurai unsur-unsur hara telah banyak dikembangkan dan terbukti sangat efektif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan pada berbagai jenis tanaman budidaya (Husen *et al.*, 2006; Widawati dan Suliasih, 2006; Koesrini dan William, 2009; Anas dan Rakhmadina, 2012), namun untuk tanaman kakao, teknologi ini belum banyak dikaji.

Unsur fosfor (P) adalah unsur hara esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam proses fotosintesis dan perkembangan akar tanaman (Havlin *et al.*, 1999). Kekahatan P pada benih kakao akan menghambat perkembangan akar yang dapat berakibat terhambatnya proses fotosintesis sehingga perkembangan daunnya tidak normal.

Pemenuhan kebutuhan unsur hara P dengan memanfaatkan mikroba pelarut P (MPF) telah banyak dikembangkan dan sangat efektif melarutkan unsur hara P, terutama pada tanah masam dan basa yang mengalami fiksasi P cukup tinggi oleh oksida Al, Fe, dan kation Ca (Hartono, 2000). Rendahnya ketersediaan P pada tanah-tanah masam atau basa merupakan salah satu masalah yang banyak dijumpai pada kebun kakao yang diusahakan pada lahan yang secara alami miskin unsur hara. Kandungan fosfat dalam bentuk organik pada tanah masam seperti oxisols dan ultisols bervariasi dari 20-80% (Richardson, 1994; Ginting *et al.*, 2006), bahkan kurang dari 20%, tergantung bahan induknya, sementara ketersediaannya di dalam tanah bagi tanaman hanya 0,01% dari total P (Ginting *et al.*, 2006). Pemanfaatan mikro organisme pelarut fosfat diharapkan dapat mengatasi masalah P pada tanah masam (Rao dan Sinha, 1962).

Upaya lain dalam meningkatkan kualitas tanah adalah memanfaatkan zeolit. Zeolit merupakan bahan galian non logam atau mineral industri multiguna karena memiliki sifat-sifat fisika dan kimia unik, yaitu sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul dan katalisator (Eddy, 2006). Zeolit, pada bidang pertanian, digunakan sebagai pembenah tanah untuk mereklamasi tanah-tanah terdegradasi. Pembenah tanah zeolit dapat meningkatkan hasil tanaman, bahkan takaran pupuk anorganik dapat dikurangi (Al-Jabri, 2010).

Mikroorganisme tanah memerlukan energi untuk aktivitas metabolismenya, salah satu sumbernya adalah bahan organik yang berasal dari pupuk kandang. Penggunaan pupuk kandang sebagai sumber bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah, meningkatkan pertumbuhan, dan produksi tanaman sudah tidak diragukan lagi. Bahan organik di dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan hara N dan P melalui mekanisme proses mineralisasi maupun fiksasi N dan pelepasan P terfiksasi oleh asam-asam organik (Havlin *et al.*, 1999).

Pemanfaatan MPF tetap memerlukan pupuk anorganik karena jumlahnya di dalam tanah terbatas dan tidak cukup memadai untuk tumbuh kembang tanaman kakao. NPK adalah pupuk majemuk sebagai sumber unsur hara N, P, dan K

yang merupakan unsur hara esensial bagi tanaman, namun tingkat efisiensinya masih rendah sehingga diharapkan dengan inokulasi mikroba pelarut P akan meningkatkan efisiensinya dan unsur hara yang tersedia lebih banyak dimanfaatkan oleh tanaman daripada tersimpan sebagai koloid tanah.

Tujuan penelitian adalah menguji pengaruh mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan hara P pada benih kakao.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kaca, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Desember 2012. Tanaman percobaan yang digunakan adalah benih kakao lindak klon M-01 dari Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Benih ditanam dalam *polybag* ukuran 15x25 cm berisi tanah latosol (2 kg/*polybag*). Isolat mikroba pelarut P yang digunakan adalah hasil eksplorasi di perkebunan kakao rakyat Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Isolasi mikroba pelarut P menggunakan media selektif "Pikovskaya" menurut metode Gaur (1981).

Hasil isolasi mikroba yang terindikasi sebagai pelarut P (MPF) diuji efektifitasnya terhadap pertumbuhan benih kakao di rumah kaca. Isolat mikroba diinokulasikan pada media tanam dalam *polybag* di rumah kaca dengan cara diinkubasikan selama 14 hari dengan susunan perlakuan seperti pada Tabel 1. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan ulangan tiga kali.

Media tanam yang digunakan adalah jenis tanah latosol yang diambil dari kebun percobaan (KP.) Pakuwon pada kedalaman 50-100 cm (sub soil) dengan sifat tanah seperti pada Tabel 2. Tanah dikeringanginkan dan dihaluskan di rumah kaca sampai lolos ayakan 5 mm kemudian disterilkan. Pupuk kandang sapi (Pukan) yang telah matang diayak, bahan kasar dan kotoran yang tidak lolos ayakan dibuang. Tepung zeolit diayak sampai lolos ayakan 70 mesh. Semua bahan, secara terpisah, masing-masing disterilkan menggunakan *autoclave* kemudian dicampur merata sesuai kombinasi perlakuan seperti Tabel 1. Campuran dimasukkan ke dalam *polybag* dengan ukuran 15x25 cm, disusun rapat dan ditutup plastik untuk diinkubasikan di

rumah kaca selama dua minggu. Media dalam *polybag* disusun di rumah kaca sesuai rancangan. Setiap perlakuan menggunakan 5 *polybag* sehingga jumlah media yang dipersiapkan seluruhnya 150 *polybag*. Setiap *polybag* diberi alas piring plastik untuk menghindari kontaminasi antar perlakuan. Setiap *polybag* dipisahkan dengan jarak 25 cm antar poros atau 10 cm antar sisi *polybag*. Pupuk NPK dihaluskan dan diberikan dengan takaran 10 g/kg tanah 2 minggu sebelum inokulasi MPF.

Buah kakao dari klon M-01 yang telah matang fisiologis, sehat, dan berukuran normal diambil bijinya, dibersihkan dari *pulp* dan *plasenta*, dicuci bersih dan direndam dalam larutan fungisida (Dithane M-45) 0,2% selama 2 jam, kemudian disemai di atas pasir dalam kotak kayu yang telah disterilkan dan disiram setiap hari. Benih yang telah berkecambah yang memiliki ukuran relatif sama diseleksi untuk ditanam pada media dalam *polybag* yang telah diinkubasikan. Penanaman kecambah benih kakao dilakukan dengan cara membenamkan biji dengan posisi ujung calon akar menghadap ke bawah di tengah-tengah lingkaran *polybag* sedalam ± 2 cm. Isolat MPF cair dengan kepadatan 10^8 cfu/ml sebanyak 20 ml disiramkan ke dalam media tanah dalam *polybag* 2 minggu setelah penanaman kecambah benih kakao.

Tabel 1. Susunan perlakuan mikroba pelarut fosfat (MPF) pada benih kakao di rumah kaca

Table 1. Arrangement of phosphate solubilizing microbes (PSM) treatment on cacao seedlings in the green house

Kode perlakuan	Kombinasi media
A	Tanah subsoil tanpa campuran (kontrol)
B	Tanah subsoil + NPK
C	Tanah subsoil + pukan (1:1)
D	Tanah subsoil + zeolit (0.5 kg/10 kg)
E	Tanah subsoil + pukan + zeolit
F	Tanah subsoil + MPF
G	Tanah subsoil + NPK + MPF
H	Tanah subsoil + pukan + NPK + MPF
I	Tanah subsoil + zeolit + NPK + MPF
J	Tanah subsoil + pukan + zeolit + NPK + MPF

Parameter yang diamati meliputi: pertambahan tinggi tanaman, lingkaran pangkal batang (1 cm dari permukaan tanah), jumlah daun, bobot biomas (kering oven) akar, batang, dan tajuk tanaman serta kadar unsur hara P dalam akar, batang, dan daun. Pada minggu ke 12 setelah perlakuan dipilih 3 contoh tanaman, dicabut

dengan hati-hati, dibersihkan dari tanah yang melekat untuk kemudian dilakukan analisis bobot biomas akar, batang, dan daun serta analisis kandungan unsur hara P untuk menentukan serapan hara P oleh benih kakao. Serapan P merupakan hasil perkalian antara kadar hara (dalam %) dengan bobot kering biomasnya.

Tabel 2. Sifat tanah yang digunakan dalam percobaan
Table 2. Soil properties used in the experiment

Parameter	Nilai	*Keterangan
pH	4,40	sangat masam
C (%)	0,81	sangat rendah
N (%)	0,04	sangat rendah
P (ppm)	0,25	sangat rendah
K (me/100g)	1,19	sangat rendah
Ca (me/100g)	6,28	sedang
Na (me/100g)	1,67	sangat rendah
Mg (me/100g)	1,76	sedang
KTK (me/100g)	8,19	rendah
Tekstur (%)		
Pasir	20,12	
Liat	69,53	
Debu	10,35	
Kelas Tekstur		liat

Sumber : *Lembaga Penelitian Tanah (1983) dalam Hardjowigeno (1987)

Source : *Soil Research Institut (1983) In Hardjowigeno (1987)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertambahan Tinggi Tanaman

Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap pertambahan tinggi benih kakao pada umur 6, 9, dan 12 minggu setelah perlakuan (MSP) seperti disajikan pada Tabel 3. Perlakuan media tanpa inokulan MPF, pada umur 3 sampai 9 MSP tidak menunjukkan perbedaan terhadap pertambahan tinggi tanaman yang nyata dibandingkan kontrol. Pada umur 12 MSP, perlakuan NPK mampu meningkatkan pertambahan tinggi benih secara nyata ($P < 0,05$) dibandingkan kontrol, begitu juga dengan perlakuan pupuk kandang (pukan)+zeolit, sementara perlakuan zeolit tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dengan kontrol.

Di antara perlakuan dengan inokulum MPF, perlakuan MPF tunggal tidak mampu meningkatkan pertambahan tinggi benih secara nyata dibandingkan kontrol pada umur 3, 6, 9, dan 12 MSP. Apabila MPF dikombinasikan dengan pemberian zeolit + NPK (I) pada umur 6, 9, dan

12 MSP, aplikasi MPF memperlihatkan pengaruh nyata dibanding kontrol. Pada umur 12 MSP, perlakuan MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK (G), pukan + NPK (H), dan zeolit + NPK (I) mampu meningkatkan pertambahan tinggi benih yang berbeda nyata dibanding kontrol. Aplikasi MPF + NPK yang dikombinasikan dengan zeolit (I) mampu meningkatkan tinggi benih secara nyata dibandingkan kontrol tetapi tidak berbeda nyata dibanding perlakuan NPK (B), pukan + zeolit (E), NPK + MPF (G), dan pukan + NPK + MPF (H) (Tabel 3).

Berdasarkan hasil penelitian ini, peranan MPF dalam meningkatkan pertambahan tinggi tanaman baru kelihatan jika dikombinasikan dengan pemberian pupuk NPK. Peranan MPF disini dalam mengurai unsur hara P dari NPK yang telah diberikan dan mencegah P yang terurai terkelat oleh koloid tanah sehingga pertumbuhan tanaman tampak lebih baik. Hal ini terlihat dari pertambahan tinggi benih kakao pada umur 6, 9, dan 12 MSP yang nyata lebih tinggi pada perlakuan NPK + MPF (G) dibanding dengan pemberian pupuk NPK (B) tanpa diinokulasi dengan MPF ataupun pemberian MPF (F) saja secara tunggal (Tabel 3).

Peranan MPF terhadap tinggi benih kakao, tampaknya melalui dua fungsi. Pertama, MPF sebagai pelarut hara P, memfasilitasi penyediaan unsur P yang cukup untuk perkembangan perakaran dan suplai hara P ke daun yang merupakan salah satu unsur yang dibutuhkan dalam proses fotosintesis. Hasil fotosintesis terakumulasi di batang, dimana menurut Gardner *et al.* (1985), 60-80% hasil asimilasi di daun ditransfer ke bagian organ lain dari tanaman seperti akar dan batang. Kedua, MPF menghasilkan fitohormon seperti *Indole Acetic Acid* (IAA) dan *Gibberellic Acid* (GA3) (Nenwani *et al.*, 2010). IAA dan GA3 merupakan fitohormon yang berfungsi merangsang pemanjangan sel pada titik tumbuh.

Peranan MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK dalam meningkatkan pertambahan tinggi tanaman memberikan pengaruh yang sama apabila dikombinasikan dengan penambahan zeolit (I). Hal ini berarti penambahan zeolit tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Ini dapat dilihat dari pertambahan tinggi tanaman yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan zeolit + NPK +

MPF (I). Zeolit adalah bahan galian non logam yang multi guna karena memiliki sifat kimia sebagai penyerap, penukar ion, penyaring molekul, dan sebagai katalisator (Eddy, 2006). Zeolit banyak digunakan sebagai pembenah tanah dan bahan campuran pupuk karena sifatnya sebagai *soil amandement*. Dalam penelitian ini zeolit tidak menunjukkan peranannya terhadap pertambahan tinggi tanaman. Hal ini mungkin disebabkan karena MPF lebih dominan memegang peranan

menggantikan sebagian fungsi zeolit sebagai pembenah tanah atau mungkin peran NPK dan MPF lebih tampak dalam penyediaan hara bagi pertambahan tinggi benih. Hasil penelitian ini sejalan dengan aplikasi inokulum mikroba pelarut P yang disertai dengan pupuk anorganik NPK 50% dari takaran optimal pada benih lada (*Piper nigrum L.*) meningkatkan serapan hara N, P, dan K (Herman *et al.*, 2012).

Tabel 3. Pertambahan tinggi benih kakao pada umur 3, 6, 9, dan 12 minggu setelah perlakuan (MSP)

Table 3. Height increament of cacao seedlings at 3, 6, 9, and 12 weeks after treatments (WAT)

Perlakuan	Pertambahan tinggi benih (cm)			
	3 MSP	6 MSP	9 MSP	12 MSP
A. Kontrol	4,38 ab	8,51 cd	12,98 cd	18,21 e
B. NPK	2,17 b	8,44 cd	16,61 cd	30,64 bc
C. Pukan (1:1)	3,83 ab	10,13 bc	17,90 bc	23,80 cde
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	2,07 b	5,37 d	12,10 cd	19,50 de
E. Pukan+zeolit	2,20 b	9,30 cd	15,97 cd	28,53 bcd
F. MPF	1,89 b	5,29 d	10,82 d	24,79 cde
G. NPK+MPF	6,00 a	17,93 a	26,50 a	45,03 a
H. Pukan+NPK+MPF	2,11 b	7,81 cd	15,21 cd	30,77 bc
I. Zeolit+NPK+MPF	5,13 a	14,33 ab	23,27 ab	35,97 ab
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	3,59 ab	8,99 cd	16,85 c	25,55 cde
KK (%)	17,82	15,04	12,06	11,58

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in each coloum are not significantly different at 5% level of LSD

Tabel 4. Pertambahan lingkaran pangkal batang benih kakao pada umur 3, 6, 9, dan 12 minggu setelah perlakuan (MSP)

Table 4. Girth increament of cacao seedlings at 3, 6, 9, and 12 weeks after treatment (WAT)

Perlakuan	Pertambahan lingkaran pangkal batang (cm)			
	3 MSP	6 MSP	9 MSP	12 MSP
A. Kontrol	0,053 a	0,157 a	0,263 ab	0,410 abcd
B. NPK	0,060 a	0,143 a	0,223 bc	0,380 abcd
C. Pukan (1:1)	0,067 a	0,143 a	0,237 abc	0,360 bcd
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	0,047 a	0,137 a	0,210 c	0,337 d
E. Pukan+zeolit	0,047 a	0,130 a	0,220 bc	0,350 cd
F. MPF	0,053 a	0,150 a	0,250 abc	0,457 ab
G. NPK+MPF	0,067 a	0,163 a	0,283 a	0,463 a
H. Pukan+NPK+MPF	0,056 a	0,147 a	0,237 abc	0,397 abcd
I. Zeolit+NPK+MPF	0,057 a	0,163 a	0,267 ab	0,447 abc
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	0,053 a	0,143 a	0,237 abc	0,380 abcd
KK (%)	14,53	9,35	6,75	8,58

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in each coloum are not significantly different at 5% level of LSD

Pertambahan Lingkar Pangkal Batang

Analisis statistik menunjukkan bahwa semua perlakuan menghasilkan pertambahan lingkar pangkal batang yang relatif sama mulai umur 3 sampai 6 MSP (Tabel 4). Pada umur 9 MSP, di antara perlakuan tanpa inokulum MPF, pemberian zeolit menekan pertambahan lingkar pangkal batang secara nyata dibanding kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Hal tersebut terlihat dari lingkar pangkal batang yang lebih kecil dibanding kontrol. Di antara perlakuan dengan pemberian inokulum MPF tidak menunjukkan pertambahan lingkar pangkal batang yang berbeda. Kombinasi perlakuan NPK + MPF (G) hanya berbeda nyata dengan perlakuan NPK (B), zeolit (D), dan kombinasi pukan+zeolit (E). Pada umur 12 MSP, di antara perlakuan tanpa inokulum MPF tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap pertambahan lingkar pangkal batang. Hal yang sama terlihat di antara perlakuan dengan inokulum MPF. Perlakuan MPF hanya mampu meningkatkan pertambahan lingkar pangkal batang secara nyata dibanding perlakuan pukan (C), zeolit (D), dan pukan + zeolit (E), tetapi tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibanding perlakuan lainnya.

Berdasarkan hal tersebut peranan MPF terhadap pertambahan lingkar pangkal batang tidak memiliki peluang yang cukup berarti. Metabolisme yang terjadi di dalam tanaman pada masa pertumbuhan awal lebih dominan pada pemanjangan sel dan hal ini dipacu oleh produksi hormon oleh MPF seperti IAA dan GA3 sehingga

tanaman tumbuh meninggi lebih dominan (Gardner *et al.*, 1985; Nenwani *et al.*, 2010).

Pertambahan Jumlah Daun

Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan tidak berpengaruh nyata terhadap pertambahan jumlah daun benih kakao pada umur 3 dan 6 MSP (Tabel 5). Pada umur 9 MSP, hanya perlakuan zeolit + NPK + MPF (I) yang mampu meningkatkan pertambahan jumlah daun terbanyak dan berbeda nyata dibanding kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya. Pada umur 12 MSP, di antara perlakuan tanpa inokulum MPF, hanya perlakuan NPK (B) mampu meningkatkan pertambahan jumlah daun terbanyak secara nyata dibanding kontrol dan pukan (C), tetapi tidak berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya. Di antara perlakuan dengan inokulum MPF, hanya perlakuan zeolit + NPK + MPF (I) yang secara nyata meningkatkan pertambahan jumlah daun dibanding pukan + zeolit + NPK + MPF (J) dan tidak berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya. Perlakuan zeolit+NPK+MPF (I) mampu meningkatkan jumlah daun secara nyata dibanding kontrol, pukan (C), zeolit (D), dan pukan + zeolit + NPK (J). Dengan demikian, perlakuan inokulum MPF hanya mampu meningkatkan pertambahan jumlah daun apabila dikombinasikan dengan zeolit dan NPK dan pengaruhnya sama saja dengan perlakuan NPK (B), pukan + zeolit (E), MPF ((F), NPK + MPF (G), dan pukan + NPK + MPF (H).

Tabel 5. Pertambahan jumlah daun benih kakao pada umur 3, 6, 9, dan 12 minggu setelah perlakuan (MSP)

Table 5. Increment in numbers of leaves of cacao seedlings at 3, 6, 9, and 12 weeks after treatments (WAT)

Perlakuan	Pertambahan jumlah daun (helai)			
	3 MSP	6 MSP	9 MSP	12 MSP
A. Kontrol	2,93 a	6,07 a	7,60 b	8,93 c
B. NPK	2,93 a	6,67 a	9,47 ab	15,67 ab
C. Pukan (1:1)	3,47 a	5,93 a	7,87 ab	9,20 c
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	2,60 a	5,00 a	8,07 ab	11,40 bc
E. Pukan+zeolit	2,93 a	7,20 a	9,93 ab	14,93 ab
F. MPF	3,00 a	6,67 a	8,60 ab	13,27 abc
G. NPK+MPF	2,87 a	6,87 a	9,47 ab	15,53 ab
H. Pukan+NPK+MPF	2,73 a	6,07 a	8,33 ab	13,40 abc
I. Zeolit+NPK+MPF	3,07 a	7,13 a	11,13 a	17,13 a
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	2,93 a	5,00 a	6,60 b	8,53 c
KK (%)	16,54	13,41	13,57	13,82

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in each coloum are not significantly different at 5% level of LSD

Tabel 6. Bobot biomassa akar, batang, dan daun benih kakao (kering oven) umur 12 minggu setelah perlakuan (MSP)
Table 6. Biomass dry weight of roots, stem, and leaves of cacao seedlings at 12 weeks after treatment (WAT)

Perlakuan	Bobot biomassa (kering oven) (g)			
	Akar	Batang	Daun	Jumlah
A. Kontrol	2,41 ab	5,01 a	3,89 de	11,31 bc
B. NPK	1,71 ab	5,45 a	6,83 bc	13,99 bc
C. Pukan (1:1)	2,16 ab	4,64 a	4,08 cde	10,89 bc
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	1,49 b	3,14 a	5,98 bcde	10,62 bc
E. Pukan+zeolit	1,66 ab	3,47 a	5,85 bcde	10,97 bc
F. MPF	1,66 ab	3,73 a	6,56 bcd	11,94 bc
G. NPK+MPF	2,62 a	7,88 a	10,18 a	20,67 a
H. Pukan+NPK+MPF	1,45 b	4,26 a	6,32 bcd	12,03 bc
I. Zeolit+NPK+MPF	2,47 a	6,19 a	8,08 ab	16,74 ab
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	1,85 ab	3,31 a	3,33 e	8,48 c
KK (%)	17,18	15,40	16,09	17,18

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji BNT pada taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in each coloum are not significantly different at 5% level of LSD

Berdasarkan hal tersebut peranan MPF terhadap pertambahan jumlah daun akan sama hasilnya apabila diaplikasikan secara tunggal (F) dan dikombinasikan dengan pemberian pukan dan atau NPK (F dan G) serta kombinasi pukan + zeolit (E). Dengan demikian, aplikasi MPF, baik diberikan secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pemberian pukan dan atau NPK atau zeolit mampu meningkatkan pertambahan jumlah daun benih kakao.

Bobot Biomassa

Analisis statistik menunjukkan bahwa perlakuan berpengaruh nyata terhadap bobot biomassa akar dan daun benih kakao kering oven, tetapi tidak berbeda nyata terhadap bobot biomassa batang benih kakao sampai umur 12 MSP (Tabel 6). Di antara perlakuan tanpa inokulum MPF, semua perlakuan tidak menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap bobot biomassa akar. Di antara perlakuan dengan MPF, perlakuan kombinasi NPK + MPF (G) dan zeolit + NPK + MPF (I) menunjukkan bobot biomassa akar tertinggi secara nyata dibanding kombinasi pukan + NPK + MPF (H). Kedua kombinasi perlakuan tersebut juga menunjukkan bobot biomassa akar tertinggi secara nyata dibanding perlakuan zeolit (D), tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan lainnya (Tabel 6). Di antara perlakuan tanpa MPF, pemberian NPK (B) nyata memberikan bobot biomassa daun tertinggi dibanding kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dibanding perlakuan lainnya.

Di antara perlakuan dengan MPF, perlakuan NPK + MPF (G) memberikan bobot biomassa daun tertinggi secara nyata dibanding perlakuan lainnya kecuali dengan perlakuan zeolit + NPK + MPF (I). Perlakuan NPK + MPF (G) juga memberikan bobot biomassa daun tertinggi dibanding semua perlakuan tanpa inokulum MPF. Pengaruh perlakuan yang nyata terhadap bobot biomassa akar dan daun berpengaruh nyata pula terhadap bobot biomassa total benih kakao (Tabel 6). Di antara semua perlakuan yang diuji, perlakuan NPK + MPF (G) memberikan bobot biomassa tertinggi secara nyata dibanding semua perlakuan lainnya kecuali dengan perlakuan zeolit + NPK + MPF (I).

Berdasarkan hal tersebut, tampak peranan MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering biomassa benih kakao, khususnya terhadap akar dan daun. Akar merupakan bagian tanaman yang berfungsi menyerap air dan hara dari dalam tanah, menyalurkannya ke daun lewat batang untuk menunjang proses fotosintesis di dalam daun menghasilkan bahan yang selanjutnya di distribusikan kembali ke seluruh bagian tanaman. Peranan MPF disini, menyediakan sejumlah unsur hara P untuk diserap akar. Unsur P yang tersedia sangat dibutuhkan untuk perkembangan akar tanaman yang lebih baik. Unsur ini juga dibutuhkan oleh bagian daun dalam proses fotosintensis. Peranan MPF dalam mengurai unsur hara P diketahui melalui mekanisme sekresi asam-asam organik berbobot molekul rendah seperti oksalat,

suksinat, fumarat, dan malat. Asam organik ini akan bereaksi dengan bahan pengikat fosfat seperti Al^{3+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , atau Mg^{2+} membentuk khelat organik yang stabil sehingga mampu membebaskan ion fosfat terikat dan oleh karena itu dapat diserap oleh tanaman (Suriadikarta dan Simanungkalit, 2006).

Semua perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap bobot kering oven batang benih kakao (Tabel 6). Ini mungkin karena dalam masa pertumbuhan, aktivitas akar menyerap air dan hara langsung ditransfer ke daun untuk mendukung pertumbuhan daun dan proses fotosintesis, sementara itu hasil fotosintesis ditransfer kembali melalui batang ke akar untuk mendukung perkembangan dan menjalankan fungsinya menyerap unsur hara dan air (Gardner *et al.*, 1985).

Serapan Hara P

Serapan hara P oleh benih kakao sampai umur 12 MSP disajikan pada Tabel 7. Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa serapan P oleh akar dan batang benih kakao terendah diperoleh pada perlakuan zeolit (D) dan tertinggi diperoleh pada perlakuan MPF + PK (G), sedangkan yang diserap oleh daun benih kakao terendah diperoleh pada perlakuan kontrol (A) dan tertinggi pada perlakuan NPK + MPF (G), secara keseluruhan (akar, batang, dan daun) diperoleh serapan P terendah pada perlakuan kontrol (A) dan tertinggi pada perlakuan NPK + MPF (Tabel 7). Serapan P oleh benih kakao ini seiring dengan tingkat pertumbuhan vegetatif tanaman yang tercermin dari bobot biomassa tanaman (Tabel 6). Apabila dibandingkan kontrol, kecuali pada bagian akar dan

batang, peningkatan serapan P pada semua perlakuan lebih dari satu. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian MPF baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan zeolit, pupuk kandang, dan NPK mampu meningkatkan serapan hara P oleh benih kakao 1,21 sampai 3,07 kali pada umur 12 MSP.

Peranan MPF yang dikombinasikan dengan pupuk NPK terlihat jelas dari serapan hara P oleh akar, batang, maupun daun yang tertinggi dibanding perlakuan lainnya. Hal tersebut sangat erat hubungannya dengan pertumbuhan tinggi benih (Tabel 3), lingkaran pangkal batang (Tabel 4), dan bobot biomassa benih (Tabel 6). Nuryani *et al.* (1993) mengemukakan bahwa jerapan fosfat pada tanah latosol berkorelasi dengan Fe dan Al oksida bebas dan takaran pemberian fosfat yang ditambahkan berpengaruh terhadap jumlah fosfat yang dijerap dan dilepaskan. Semakin tinggi takaran pemberian fosfat semakin banyak fosfat yang dilepaskan tetapi juga semakin banyak fosfat yang dijerap.

Dari hasil penelitian di atas, menunjukkan peranan MPF dalam meningkatkan pertumbuhan benih kakao dan bobot biomassa akar dan daun sampai umur 12 minggu setelah perlakuan (MSP). Hal tersebut terkait dengan peningkatan ketersediaan P tanah dan secara tidak langsung akan meningkatkan serapan unsur hara lainnya seperti N dan K serta peranannya dalam memacu produksi hormon pertumbuhan tanaman. Nitrogen memiliki peranan penting dalam pertumbuhan ruas batang dan proses perluasan sel pada fase vegetatif, khususnya meningkatkan tinggi tanaman, sementara kalium berperan penting dalam memperkuat dinding sel (Gardner *et al.*, 1985).

Tabel 7. Serapan P oleh benih kakao umur 12 minggu setelah perlakuan (MSP)

Table 7. Phosphorus uptakes by cacao seedling at 12 weeks after treatment (WAT)

Perlakuan	Serapan P (mg)				Peningkatan serapan hara P			
	Akar	Batang	Daun	Jumlah	Akar	Batang	Daun	Jumlah
A. Kontrol	6,68	13,91	10,81	31,40	1,00	1,00	1,00	1,00
B. NPK	6,92	22,06	27,66	56,65	1,04	1,59	2,56	1,80
C. Pukan (1:1)	10,49	22,48	19,79	52,76	1,57	1,62	1,83	1,68
D. Zeolit (0,5 kg/10 kg)	5,01	10,54	20,09	35,64	0,75	0,76	1,86	1,14
E. Pukan+zeolit	7,93	16,60	28,00	52,53	1,19	1,19	2,59	1,67
F. MPF	5,26	11,85	20,83	37,94	0,79	0,85	1,93	1,21
G. NPK+MPF	12,23	36,77	47,49	96,49	1,83	2,64	4,39	3,07
H. Pukan+NPK+MPF	9,08	26,63	39,53	75,24	1,36	1,92	3,66	2,40
I. Zeolit+NPK+MPF	11,02	27,56	35,97	74,55	1,65	1,98	3,33	2,37
J. Pukan+zeolit+NPK+MPF	12,44	22,27	22,44	57,15	1,86	1,60	2,08	1,82

Beberapa mekanisme pelarutan P oleh mikroba pelarut fosfat (MPF) adalah dengan pelepasan asam organik dan anorganik, dan ekskresi proton yang menyertai asimilasi NH_4^+ . Selain itu, juga terdapat mekanisme pelepasan enzim fosfatase yang memineralisasi P organik (Vega, 2007). Bakteri pelarut fosfat dapat memproduksi beberapa asam organik seperti asam monokarboksilat (asetat, format), monokarboksilat hidroksi (laktat, glukonat, dan glikolik), monocarboxylic, ketoglukonat, dekarboksilat (oksalat dan suksinat), dikarboksilat hidroksi (malat dan maleat) dan asam trikarboksilat hidroksi (sitrat) (Ramkumar dan Kannapiran, 2011). Bakteri pelarut fosfat juga dapat menghasilkan fitohormon seperti *Indole Acetic Acid* (IAA) dan *Gibberellic Acid* (GA3), produksi siderofor, dan antagonis terhadap patogen (Nenwani *et al.*, 2010; Ramkumar dan Kannapiran, 2011; Parani dan Saha, 2012).

Beberapa hasil penelitian penggunaan mikroba pelarut P pada berbagai jenis tanaman menunjukkan hasil yang positif terhadap pertumbuhan dan serapan hara. Penggunaan mikroba pelarut P seperti *Bacillus pantothenicus*, *Klebsiella aerogenes*, *Chromobacterium lividum*, dan *Bacillus megaterium* pada tanaman caysin (*Brassica caventis* Oed.) menghasilkan bobot daun segar dan bobot tanaman segar (Widawati dan Suliasih, 2006). Aplikasi inokulum mikroba pelarut P yang disertai dengan pupuk anorganik NPK 50% dari takaran optimal pada benih lada (*Piper nigrum* L.) memberikan pengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman dan jumlah cabang serta dapat meningkatkan bobot segar dan kering tajuk, serapan hara N, P, dan K (Herman *et al.*, 2012). Penggunaan MPF yang dikombinasikan dengan guano kelelawar dan kompos daun gamal dapat meningkatkan tinggi tanaman sebanyak 70,83%, jumlah cabang sebesar 153,20%, dan jumlah daun 92,26% dibandingkan kontrol dan terdapat interaksi yang nyata antara MPF, guano kelelawar, dan kompos daun glirisida terhadap peningkatan tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah daun lada perdu (Ruhnayat, 2007). Goenadi *et al.* (1997) menemukan bahwa penggunaan pupuk hayati emas (PHE) sebanyak 50 kg per hektar dan 50 % pupuk anorganik pada tanaman karet menghasilkan produksi lateks lebih tinggi dibanding hanya menggunakan pupuk

inorganik saja. PHE adalah pupuk hayati yang mengandung mikroba penambat N dan P. Hasil penelitian Nasaruddin (2012) menunjukkan bahwa inokulasi *Azotobacter* dan mikoriza, keduanya merupakan mikroba pelarut P, berkorelasi positif secara linier dengan pertumbuhan benih kakao dan berkorelasi positif kuadrat dengan bobot kering akar benih kakao sampai umur 4 bulan setelah tanam.

Pengaruh pemberian MPF yang tidak konsisten terhadap tinggi tanaman, lingkaran pangkal batang, dan jumlah daun mungkin disebabkan karena setiap bagian tanaman dalam fase pertumbuhan memiliki fungsi dan peranan masing-masing. Daun merupakan organ tanaman yang fungsinya lebih pada proses asimilasi menghasilkan bahan untuk ditransfer ke bagian organ lainnya. Gardner *et al.* (1985) mengatakan bahwa 60-80% hasil asimilasi di daun ditransfer ke bagian organ lain dari tanaman seperti akar dan batang. Sementara batang merupakan bagian organ yang paling banyak menerima dan mengakumulasi hasil asimilasi daun. Fungsi MPF yang dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan hara oleh tanaman juga berfungsi menghasilkan fitohormon antara lain auksin (IAA) yang berfungsi dalam merangsang pemanjangan sel dalam batang. Oleh karena itu, serapan hara P yang tinggi oleh benih kakao (Tabel 7) diiringi pula secara konsisten oleh pertumbuhan tinggi benih (Tabel 3) dan bobot biomassa benih (Tabel 6).

KESIMPULAN

Inokulasi mikroorganisme pelarut fosfat yang dikombinasikan dengan pemberian NPK mampu meningkatkan tinggi tanaman dan bobot biomassa benih kakao sampai umur 12 MSP. Perlakuan MPF + NPK menghasilkan tinggi tanaman, bobot biomassa dan serapan P tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Isolat MPF yang dikombinasikan dengan pemberian NPK mampu meningkatkan serapan hara P oleh benih kakao sampai 3,07 kali. Diperlukan pengujian pada tanaman dewasa di pertanaman untuk mengetahui lebih lanjut efektifitas MPF terhadap efisiensi pemupukan anorganik.

DAFTAR PUSTAKA

- A-Jabri, M. 2010. Inovasi teknologi pembenah tanah zeolit untuk memperbaiki lahan pertanian terdegradasi. Prosiding Seminar Nasional Sumberdaya Lahan Pertanian. Buku II: Konservasi Lahan, Pemupukan, dan Biologi Tanah. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Bogor, 30 November-1 Desember 2010.
- Anas, I. dan V. D. Rakhmadina. 2012. Effect of oligochitosan, vitazyme, biofertilizer on growth and yield of rice. FNCA Biofertilizer Newsletter, Forum of Nuclear Cooperation in Asia (FNCA) Biofertilizer Project. Issue No. 11, March 2013. p. 5-6.
- Eddy, H. R. 2006. Potensi dan pemanfaatan zeolit di Provinsi Jawa Barat dan Banten. *Buletin Sumberdaya Geologi* 1 (2): 1-13.
- Gardner, F. P., R. B. Pearce, dan R. L. Mitchell. 1985. Fisiologi Tanaman Budidaya. Penerbit Universitas Indonesia UI-Press. Jakarta 1991. 428 hlm.
- Gaur, A. C. 1981. Phosphomicroorganism and Varians Transformation in Compost Technology. FAO Project Field Document No.13. Rome: FAO.
- Ginting, R. C. B, R. Stakaranwati, dan E. Husen. 2006. Mikroorganisme Pelarut Fosfat. *Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Penelitian Tanah. Hlm. 265-271.
- Goenadi, D. H., R. Stakaranwati, Y. Away, dan Herman. 1997. Produksi Biofertilizer untuk Efisiensi Penggunaan Pupuk dalam Budidaya Tanaman yang Aman Lingkungan. Unit Penelitian Bioteknologi Perkebunan. Bogor.
- Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu Tanah. PT. Melton Putra. Jakarta. 233 hlm.
- Hartono, A. 2000. Pengaruh pupuk fosfor, bahan organik, dan kapur terhadap pertumbuhan serapan P pada tanah masam Latosol Dramaga. *Gakuryoku* (6) 1: 73-78.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Sixth Ed. Prentice Hall. New Jersey.
- Herman, M., K. D. Sasmita, dan D. Pranowo. 2012. Pemanfaatan mikroba rizosfer untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara pada tanaman lada. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri* 3 (2): 143-150.
- Husen, R., R. Stakaranwati, dan R. D. Hastuti. 2006. Rhizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman. *Dalam Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Penelitian Tanah. Hlm. 191-209.
- Ispandi, A. dan A. Munif. 2004. Efektivitas pupuk PK dan frekuensi pemberian pupuk K dalam meningkatkan serapan hara dan produksi kacang tanah di lahan kering Alfisol. *Jurnal Ilmu Pertanian* 11 (2): 11-24.
- Koesrini dan E. William. 2009. Pengaruh bahan amelioran terhadap pertumbuhan dan hasil tiga varietas buncis di atas sistem surjan pada lahan sulfat masam potensial. *J. Agrom. Indonesia* 37 (1): 34-39.
- Nasaruddin. 2012. Respon pertumbuhan benih kakao terhadap inokulasi *Azotobacter* dan mikoriza. *J. Agrivigor* 11 (2): 300-315.
- Nenwani, V., P. Doshi, T. Saha, dan S. Rajkumar. 2010. Isolation and characterization of a fungal isolate for phosphate solubilization and plant growth promoting activity. *Journal of Yeast and Fungal Research* 1 (1): 009-014.
- Nuryani, H. U. S., T. Notohadiningrat, T. Sutanto, dan B. Radjaguguk. 1993. Faktor jerapan dan pelepasan fosfat di tanah andosol dan latosol. *Jurnal BPPS-UGM* 6 (4B): 1-11.
- Parani, K. dan B. K. Saha. 2012. Prospects of using phosphate solubilizing *Pseudomonas* as bio fertilizer. *European Journal of Biological Sciences* 4 (2): 40-44.
- Ramkumar, S. dan E. Kannapiran. 2011. Isolation of total heterotrophic bacteria and phosphate solubilizing bacteria and *in vitro* study of phosphatase activity and production of phytohormones by PSB. *Archives of Applied Science Research* 3 (5): 581-586.
- Rao, S. and W. C. B. and M. K. Sinha. 1962. Phosphate dissolving microorganism in the soil and rhizosphere. *Indian K. Sci.* 23: 272-278.
- Richardson, A. E. 1994. Soil microorganisms and phosphorous availability. In *Soil Biota: Management in Sustainable Farming Systems*. (Eds.) Pankhurst C.E., B.M. Double, and V.V.S.R. Gupta. CSIRO, Victoria. p.50-62.
- Ruhnayat, A. 2007. Pemanfaatan Pupuk Bio dan Pupuk Alam untuk Mendukung Budidaya Organik Pada Tanaman Lada dan Vanili. <http://balittro.litbang.deptan.go.id>. [12 Juni 2009].
- Saikia, S. P. and V. Jain. 2007. Biological nitrogen fixation with non-legumes: an achievable target or a dogma?. *Current Sci.* 92 (3): 317-322.
- Suriadikarta, R. D. M. dan D. A. Simanungkalit. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Vega, N. W. O. 2007. A review on beneficial effects of rhizosphere bacteria on soil nutrient availability and plant nutrient uptake. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín* 60 (1): 3621-3643.
- Widawati, S. dan Suliasih. 2006. Augmentasi bakteri pelarut fosfat (BPF) potensial sebagai pemacu pertumbuhan caysin (*Brasica caventis* Oed.) di tanah marginal. *Biodiversitas* 7 (1): 10-14.

SELEKSI GENOTIPE UNGGUL KOPI ROBUSTA SPESIFIK LOKASI

SELECTION FOR SUPERIOR ROBUSTA COFFEE GENOTYPES OF LOCATION-SPECIFIC

*Dani, Cici Tresniawati, dan Enny Randriani

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
[*danithok@gmail.com](mailto:danithok@gmail.com)

(Tanggal diterima: 4 April 2013, direvisi: 18 April 2013, disetujui terbit: 28 Juni 2013)

ABSTRAK

Seleksi genotipe unggul kopi Robusta yang memiliki karakteristik biji besar, kandungan kafein rendah, dan citarasa baik sangat penting dilakukan dalam rangka meningkatkan nilai ekonomi kopi Robusta di pasar global. Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan seleksi genotipe kopi Robusta terbaik berdasarkan kriteria-kriteria tersebut di atas. Waktu pelaksanaan penelitian pada bulan Januari-Desember 2012. Bahan seleksi berupa populasi lima genotipe kopi Robusta hasil seleksi petani (MCJ-1, SCJ-1, PKCJ-1, PHCJ-1, dan SuCJ-1) yang telah banyak dibudidayakan di wilayah Kabupaten Curup, Provinsi Bengkulu. Kriteria seleksi berdasarkan karakteristik mutu fisik dan morfometrik biji beras, kandungan kafein, dan mutu citarasa seduhan. Pengujian mutu fisik biji beras, kandungan kafein, dan mutu citarasa seduhan dilaksanakan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember. Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa genotipe PKCJ-1 memiliki karakteristik ukuran biji paling besar dan kandungan kafein paling rendah. Genotipe PHCJ-1 dan SCJ-1 paling baik dalam hal citarasa dan telah memenuhi kategori salah satu kriteria kopi spesialti. Dengan demikian, berdasarkan kriteria seleksi yang telah ditetapkan, ketiganya terpilih sebagai genotipe harapan.

Kata Kunci: Kopi Robusta, seleksi genotipe, kafein rendah, mutu citarasa

ABSTRACT

Selection of Robusta coffee genotypes which have superior characteristics, such as large beans size, low caffeine content, and good cup quality taste, is essential in order to increase its economic value in the world market. The objectives of the research was to select the superior genotype(s) of Robusta coffee based on characteristics as mentioned above. The research was carried out at Januari to December 2012. Material used was five genotypes of farmer-selected Robusta coffee (MCJ-1, SCJ-1, PKCJ-1, PHCJ-1, and SuCJ-1) recently grown in many areas across Curup Regency, Bengkulu Province. Selection criteria was physical quality and morphometric characteristics of green beans, caffeine content, and cup quality. The laboratory test was conducted at the Center for Indonesian Coffee and Cocoa Research Institute (ICCRI), Jember. The results showed that the genotype of PKCJ-1 has the largest in size of bean and the lowest in caffeine content. On the other hand, PHCJ-1 and SCJ-1 genotypes are the best in terms of taste and meets of ones criteria for specialty coffee grade. Thus, these three genotypes were selected as a candidate of superior genotypes.

Keywords: Robusta coffee, clonal selection, low caffeine, cup quality

PENDAHULUAN

Pengembangan tanaman kopi, khususnya jenis Robusta, di masyarakat petani seringkali menggunakan bahan tanam asal biji yang tidak jelas tetuanya (*illegitim*) dengan alasan lebih mudah dan murah. Rentang ketinggian tempat di mana kopi Robusta dikembangkan juga sangat lebar mulai dataran rendah hingga tinggi seperti yang terjadi di wilayah Provinsi Bengkulu (Ditjenbun, 2011). Pola tersebut telah memicu munculnya genotipe-genotipe baru yang memiliki karakteristik fenotipik yang sangat beragam.

Kopi Robusta (*Coffea canephora* var Robusta) secara alami merupakan spesies diploid ($2n=2x=22$) menyerbuk silang (*allogamous*) (Priolli *et al.*, 2008) dan didukung oleh sifat dapat membuahi sendiri (*self incompatible*) yang dikendalikan oleh lokus tunggal (lokus-S) (Lashermes *et al.*, 1996). Oleh sebab itu, struktur populasi yang terbentuk bersifat polimorfis dan individu-individu di dalamnya sangat heterosigot (Herrera *et al.*, 2012).

Kondisi pertanaman yang tidak seragam di satu sisi kurang menguntungkan karena daya dan mutu hasil yang diperoleh juga bervariasi.

Meskipun demikian, dari populasi tersebut dapat dipilih individu-individu superior dan kemudian diperbanyak secara klonal sehingga akan menghasilkan populasi pertanaman yang lebih seragam. Sebagian petani kreatif di beberapa daerah di Indonesia telah melakukan seleksi dan pengembangan secara klonal beberapa genotipe kopi Robusta yang dinilai unggul dan beradaptasi baik dengan kondisi agroekosistem setempat. Sebagai contoh di wilayah Kabupaten Curup, Provinsi Bengkulu mulai berkembang luas “kopi sambung”, yaitu pertanaman kopi hasil sambung pucuk (*top grafting*). Entres yang digunakan berasal dari genotipe-genotipe hasil seleksi petani setempat dan masing-masing memiliki nama lokal.

Kriteria seleksi genotipe unggul yang diterapkan oleh petani pada umumnya masih sederhana, yaitu hanya berdasarkan karakter-karakter kuantitatif yang mudah diamati seperti ukuran biji besar dan produktivitas tinggi. Di sisi lain, pada konteks global, seleksi mulai lebih ditekankan kepada komponen mutu mengingat produksi kopi dunia yang sudah berlebih dan rendahnya harga di pasaran (Leroy *et al.*, 2006). Oleh sebab itu, pemulia tanaman perlu membantu petani dengan menambahkan kriteria seleksi penting lainnya yang terkait dengan mutu.

Ukuran paling penting dalam hal kualitas kopi adalah citarasa. Pengujian citarasa kopi dilakukan dalam rangka memberikan penilaian secara objektif sekaligus memberikan gambaran dasar profil citarasa dalam terminologi yang sudah ditetapkan. Beberapa atribut dasar yang dievaluasi meliputi *aroma*, *flavor*, *body*, dan *acidity* (www.ico.org).

Selain citarasa, komponen mutu kopi yang juga penting adalah kandungan kafein. Permintaan pasar dunia terhadap kopi dengan kandungan kafein rendah semakin meningkat sejalan dengan semakin tingginya kesadaran konsumen tentang efek kafein terhadap kesehatan (Vinod dan Suryakumar, 2004). Kafein (1,3,7-trimethylxanthine) merupakan alkaloid dari kelompok xanthine yang dapat memberikan efek positif pada kadar yang rendah, tetapi dapat menyebabkan berbagai gangguan kesehatan apabila dikonsumsi pada dosis tinggi (Tello *et al.*, 2011).

Penelitian ini bertujuan untuk menyeleksi genotipe-genotipe kopi Robusta unggul

berdasarkan kriteria ukuran biji besar, kandungan kafein rendah, dan citarasa seduhan baik. Genotipe-genotipe terpilih selanjutnya akan diusulkan untuk dilepas sebagai varietas unggul baru dan sekaligus sebagai material genetik untuk program perbaikan genetik kopi Robusta di masa mendatang.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Desa Suka Rami, Kecamatan Bermani Ulu, Kabupaten Curup, Bengkulu dari bulan Januari sampai Desember 2012. Lokasi berada pada ketinggian tempat 670 m di atas permukaan laut. Topografi lahan datar hingga berbukit dengan kemiringan lereng < 45%. Materi genetik yang digunakan merupakan pertanaman kopi Robusta terpilih milik petani setempat berdasarkan hasil survey pendahuluan. Terdapat lima genotipe kopi Robusta hasil seleksi petani, yaitu MCJ-1, SCJ-1, PHCJ-1, PKCJ-1, dan SuCJ-1 yang ditanam secara acak pada hamparan yang sama dan relatif homogen. Jarak tanam yang digunakan 2 m x 2 m. Lima genotipe kopi Robusta tersebut merupakan hasil sambung pucuk pada batang bawah kopi Robusta asal biji *illegitium* yang ditanam tahun 1994. Penyambungan dilakukan tahun 2010 sehingga umur tanaman saat ini baru memasuki tahun ketiga.

Pengamatan karakteristik morfometrik biji dilakukan terhadap 100 biji kopi beras (*green bean*) yang diambil dari tiga tanaman contoh secara acak untuk masing-masing genotipe. Lima genotipe yang diuji berada pada hamparan yang sama dan kondisinya relatif homogen. Karakter morfometrik biji yang diamati meliputi: panjang biji, lebar biji, tebal biji, rasio panjang/lebar biji, dan volume biji. Volume biji dihitung menggunakan persamaan $V = \frac{2}{3} \pi abc$, dengan a, b, dan c masing-masing adalah panjang, lebar, dan tebal biji (Ismail *et al.*, 2013). Analisis ragam dan perbandingan nilai rata-rata menggunakan program SAS versi 9.1.

Pengujian mutu fisik, kimia, dan cita rasa dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, Jember. Sampel biji kopi beras yang digunakan untuk pengujian sebanyak 500 gram untuk masing-masing genotipe. Pengolahan biji sesuai dengan standar pengolahan basah dan pengeringan sinar matahari penuh. Buah kopi hasil panen dikupas secara manual dengan tangan.

Mutu fisik yang diuji adalah ukuran biji dengan mengacu kepada SNI 01-2907-2008. Komponen mutu kimia biji kopi yang diuji hanya terbatas pada kandungan kafein berdasarkan prosedur *Official Method of Analysis* (AOAC). Penilaian mutu seduhan meliputi komponen-komponen bau sedap (*aroma*), perisa (*flavor*), rasa kental (*body*), rasa asam (*acidity*), rasa pahit (*bitterness*), *balance*, *clean up*, *sweetness*, *overall* dengan tingkat kesukaan panelis (*preference*). Nilai minimum untuk *Specialty Grade* adalah 80.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Morfometrik dan Mutu Fisik Biji

Hasil pengujian yang mengacu pada SNI 01-2907-2008 diketahui bahwa ukuran biji lima genotipe harapan kopi Robusta di atas termasuk dalam kategori besar karena tidak lolos ayakan dengan diameter lubang 6,5 mm (Tabel 1). Hasil tersebut sesuai dengan nilai rata-rata karakter lebar biji beras masing-masing genotipe yang mencapai >7 mm (Tabel 2). Kadar air biji berada pada kisaran yang aman untuk penyimpanan sebagaimana yang dianjurkan Bucheli *et al.* (1998) dalam Ismail *et al.* (2013), yaitu 10–12%.

Genotipe PKCJ-1 menghasilkan biji yang nyata paling besar dibandingkan empat genotipe

lainnya. Hal tersebut dapat dilihat dari variabel panjang, lebar, tebal, dan volume biji yang nilainya nyata paling tinggi (Tabel 2). Dengan demikian, genotipe PKCJ-1 terpilih sebagai genotipe harapan berdasarkan karakteristik ukuran biji. Menurut Hicks (2002) penggolongan (*grading*) biji kopi pertama kali didasarkan pada ukuran dan bentuk. Harga kopi beras (*green bean*) berukuran lebih besar cenderung mendapatkan harga yang relatif lebih tinggi (Priyono dan Sumirat, 2012; Karanja *et al.*, 2013), meskipun terbukti tidak nyata berkorelasi positif dengan mutu cita rasa (Kathurima *et al.*, 2009).

Genotipe SCJ-1 memiliki karakteristik bentuk biji paling lonjong dengan nilai rata-rata rasio panjang/lebar biji paling tinggi, yaitu mencapai 1,56. Biji genotipe PKCJ-1 dan PHCJ-1 sedikit lebih membulat dengan nilai rata-rata rasio panjang/lebar biji masing-masing 1,37. Genotipe MCJ-1 dan SuCJ-1 memiliki biji yang bentuknya paling bulat dengan nilai rata-rata rasio panjang/lebar biji masing-masing sebesar 1,25 dan 1,26. Menurut Murthy dan Naidu (2011) biji kopi Robusta memiliki bentuk cenderung bulat dibandingkan kopi Arabika yang cenderung oval. Berdasarkan nilai rasio panjang/lebar biji di atas diketahui bahwa genotipe SCJ-1 menghasilkan biji dengan bentuk lonjong menyerupai kopi Arabika.

Tabel 1. Karakteristik mutu fisik biji beras lima genotipe harapan kopi Robusta
Table 1. Green beans physical quality characteristics of five Robusta coffee genotypes

Karakteristik	Genotipe				
	MCJ-1	SCJ-1	PKCJ-1	PHCJ-1	SuCJ-1
Kadar air	11,4%	10,30%	11,10%	10,40%	10,50%
Biji lolos ayakan diameter 6,5 mm	0%	0%	0%	0%	0%
Ukuran biji	Besar	Besar	Besar	Besar	Besar

Tabel 2. Karakteristik morfometrik biji beras lima genotipe harapan kopi Robusta
Table 2. Green beans morphometric characteristics of five Robusta coffee genotypes

Karakteristik	Genotipe				
	MCJ-1	SCJ-1	PKCJ-1	PHCJ-1	SuCJ-1
Panjang (P)	10,80 c	11,86 b	12,58 a	11,75 b	9,90 d
Lebar (L)	8,61 b	7,63 c	9,19 a	8,58 b	7,84 c
Tebal (T)	5,00 bc	4,78 c	5,72 a	5,14 b	5,16 b
Rasio P terhadap L	1,25 c	1,56 a	1,37 b	1,37 b	1,26 c
Volume (V)	310,52 c	288,42 cd	442,08 a	347,42 b	268,50 d

Keterangan : P, L, dan T dalam satuan mm, sedangkan V dalam satuan mm³. Huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

Notes : P, L, and T in mm, whereas V in mm³. The same letter on the same row means no significant differences at significance level of 5%

Tabel 3. Kandungan kafein biji lima genotipe harapan kopi Robusta
Table 3. Caffeine content of green beans of five Robusta coffee genotypes

Karakteristik	Genotipe				
	MCJ-1	SCJ-1	PKCJ-1	PHCJ-1	Su CJ-1
Kandungan kafein (%)	1,30	1,90	0,90	1,30	1,00

Kandungan Kafein Biji

Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa kandungan kafein kelima genotipe kopi Robusta di atas berada pada kisaran 0,9-1,9% (Tabel 3). Genotipe PKCJ-1 dan SuCJ-1 memiliki kandungan kafein yang sangat rendah, yaitu masing-masing 0,9% dan 1,0%. Nilai tersebut lebih rendah dibandingkan kisaran kandungan kafein kopi Robusta, yaitu 1,2–3,8% (Sureshkumar *et al.*, 2010; Ashihara *et al.*, 2011), atau bahkan berada dalam kisaran kandungan kafein kopi Arabika, yaitu 0,8–1,4% (www.ico.org). Dengan demikian, genotipe PKCJ-1 dan SuCJ-1 terpilih sebagai genotipe unggul harapan berdasarkan karakteristik kandungan kafein.

Keragaman kandungan kafein dalam biji kopi dapat terkait dengan banyak faktor, termasuk di dalamnya varietas (McCusker *et al.*, 2003). Hasil analisis genetik yang telah dilakukan oleh Priolli *et al.* (2008) menunjukkan bahwa kandungan kafein dalam biji kopi diturunkan secara kuantitatif dan dikendalikan oleh gen-gen dengan pengaruh aditif. Pola pewarisan tersebut menghasilkan kisaran fenotipik yang lebar sehingga terdapat peluang

untuk melakukan seleksi terhadap genotipe-genotipe yang memiliki kandungan kafein sangat rendah.

Mutu Citarasa Seduhan

Hasil pengujian karakteristik mutu seduhan menunjukkan bahwa genotipe SCJ-1 dan PHCJ-1 memiliki mutu citarasa paling baik dengan nilai akhir masing-masing 80,63 (*excellent*) (Tabel 4). Nilai tersebut sudah sedikit melampaui nilai minimum untuk kategori kopi spesialti, yaitu 80. Berdasarkan karakteristik mutu cita rasa tersebut maka genotipe SCJ-1 dan PHCJ-1 terpilih sebagai genotipe unggul harapan.

Genotipe SCJ-1 menunjukkan skor *bitter/sweet* (rasa pahit/manis) paling tinggi, yaitu mencapai 10, sedangkan genotipe PHCJ-1 memiliki penilaian paling baik dalam hal karakteristik *body*. Menurut Yusianto (1999) dalam Widyotomo *et al.* (2012), karakteristik *body* merupakan kekentalan dari seduhan kopi yang nilainya akan berkurang seiring dengan semakin menurunnya kadar kafein.

Tabel 4. Karakteristik mutu citarasa lima genotipe kopi Robusta
Table 4. Cup quality characteristics of five Robusta coffee genotypes

Karakteristik	Genotipe				
	MCJ-1	SCJ-1	PKCJ-1	PHCJ-1	Su CJ-1
<i>Fragrance/Aroma*</i>	7,50	7,13	7,38	7,25	6,88
<i>Flavor</i>	7,63	7,25	7,50	7,50	6,38
<i>Aftertaste</i>	7,50	7,25	7,38	7,50	6,38
<i>Salt/Acid</i>	7,00	7,13	7,25	7,50	6,50
<i>Bitter/Sweet</i>	7,38	10,00	7,63	7,75	6,50
<i>Mouthfeel/Body</i>	7,63	7,38	7,63	7,88	7,00
<i>Uniform cups</i>	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
<i>Balance</i>	7,50	7,25	7,38	7,63	6,38
<i>Clean Cup</i>	10,00	10,00	10,00	10,00	5,00
<i>Over all</i>	7,63	7,25	7,25	7,23	6,38
Nilai akhir **	79,75	80,63	79,63	80,63	67,38

Keterangan : * Notasi Skor: 6,00 – 6,75 = Baik; 7,00 – 7,75 = Sangat baik; 8,00 – 8,75 = Excellent; 9,00 – 9,75 = outstanding

** Notasi skor akhir : Nilai minimum untuk kelas spesialti = 80

Notes : * Score Notation: 6.00 – 6.75 = Good, 7.00 – 7.75 = Very good, 8.00 – 8.75 = Excellent, 9.00 – 9.75 = outstanding

** Final Score notation : Minimum value for specialty grade = 80

Sistem pengolahan kopi termasuk pengeringan kopi merupakan salah satu faktor keberhasilan terbentuknya biji kopi yang bermutu baik (Hulupi dan Sipayung, 2005). Meskipun kondisi ideal untuk produksi kopi terpenuhi seperti unsur hara tanah, naungan, pengairan serta varietas unggul maka tidak akan menghasilkan kualitas kopi dengan citarasa yang tinggi tanpa teknik yang apabila tidak diikuti dengan perlakuan yang optimal dalam hal panen, prosesing, penyimpanan, dan seduhan.

Kopi dengan mutu dan citarasa yang baik disebut juga dengan kopi spesialti. Istilah kopi spesialti ditujukan untuk produk kopi Arabika di daerah tertentu yang mempunyai sifat-sifat khas yang menonjol dengan kualitas stabil, diolah secara khusus oleh para roaster, dan diperdagangkan secara khusus dalam bentuk kopi sangrai, kopi bubuk, atau kopi seduhan di pasar-pasar ritel tertentu. Perdagangan kopi spesialti mulai marak pada dasawarsa 1980-an sebagai salah satu cara untuk menerobos pasar kopi. Akhir-akhir ini kopi Robusta spesialti juga sudah mulai dibicarakan, tetapi masih dalam jumlah yang sangat terbatas (Mawardi, 1999).

Kopi Robusta yang masuk dalam kategori spesialti disebut dengan *fine Robusta* dan diperdagangkan dengan merek nama daerah asal kopi ditanam atau nama pelabuhan tempat kopi diekspor. Harga kopi *fine Robusta* yang telah diakui akan memperoleh harga yang lebih tinggi (premium). Dalam situ web JPPN (2013) disebutkan bahwa harga kopi *fine Robusta* di India mencapai USD 100-200 per kg, jauh di atas harga kopi Robusta biasa yang hanya Rp 28 ribu per kg. Berdasarkan hasil pengujian mutu citarasa, genotipe kopi Robusta SCJ-1 dan PHCJ-1 berpeluang untuk menghasilkan biji kopi dengan kualitas tinggi sehingga dapat dikategorikan sebagai *fine Robusta*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian karakteristik fisiko kimia dan mutu citarasa lima genotipe kopi Robusta di Bengkulu terpilih tiga genotipe harapan, yaitu PKCJ-1, PHCJ-1, dan SCJ-1. Genotipe PKCJ-1 memiliki karakteristik ukuran biji paling besar dan kandungan kafein paling rendah.

Genotipe PHCJ-1 dan SCJ-1 paling baik dalam hal citarasa dan telah memenuhi kategori kopi spesialti yang ditunjukkan oleh skor akhir lebih besar dari 80.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashihara, H., M. Kato, and A. Crozier. 2011. Distribution, Biosynthesis and Catabolism of Methylxanthines in Plants. In B.B. Fredholm (ed.), *Methylxanthines, Handbook of Experimental Pharmacology* 200, DOI 10.1007/978-3-642-13443-2_2, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Ditjenbun. 2011. Statistik Perkebunan Indonesia. Kopi. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta.
- Herrera, J. C., H. A. Cortina, F. Anthony, N. S. Prakash, P. Lashermes, A. L. Gaitan, M. A. Cristancho, R. Acuna, and D.R. Lima. 2012. *Coffea (Coffea spp.)*. In Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement—Medicinal Plants. CRC Press. p. 589-640.
- Hicks, A. 2002. Post-harvest Processing and Quality Assurance for Speciality/Organic Coffee Products. <http://www.journal.au.edu/au techno/2002/jan2002/article2.pdf>. [18 April 2013]
- Hulupi, R. dan A. Sipayung. 2005. Varietas kopi arabika dari Sumatera Utara "Sigarar Utang". *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* 21 (1): 49-59.
- Ismail, I., M. S. Anuar, and R. Shamsudin. 2013. Effect on the physico-chemical properties of Liberica green coffee beans under ambient storage. *Internation Food Research Journal* 20 (1): 255-264.
- JPPN. 2013. Permintaan Kopi Spesial Naik. <http://berita.plasa.msn.com/bisnis/jppn/permintaan-kopi-spesial-naik-1#scpshrjwfb> [10 April 2013]
- Karanja, R. H. N., G. N. Njoroge, J. M. Kihoro, M. W. Gikungu, and L. E. Newton. 2013. The role of bee pollinators in improving berry weight and coffee cup quality. *Asian Journal of Agricultural Sciences* 5 (3): 52-55.
- Kathurima, C. W., B. M. Gichimu, G. M. Kenji, S. M. Muhoho, and R. Boulanger. 2009. Evaluation of beverage quality and green bean physical characteristics of selected Arabica coffee genotypes in Kenya. *African Journal of Food Science* 3 (11): 365-371.
- Lashermes, P., E. Couturon, N. Moreau, M. Paillard, and J. Louarn. 1996. Inheritance and genetic mapping of self-incompatibility in *Coffea canephora* Pierre. *Theor. Appl. Genet.* 93: 458-462.
- Leroy, T., F. Ribeyre, B. Bertrand, P. Charmetant, M. Dufour, C. Montagnon, P. Marraccini, and D. Pot. 2006. Genetics of coffee quality. Minireview. *Braz. J. Plant Physiol.* 18 (1): 229-242.

- Mawardi, S. 1999. Kopi spesialti sebagai alternatif pengembangan kopi di Indonesia. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* 15 (1): 28-40.
- McCusker, R. R., B. A. Goldberger, and E. J. Cone. 2003. Caffeine content of specialty coffee. *Journal of Analytical Toxicology* 27: 520-522.
- Murthy, P. S. and M. M. Naidu. 2011. Improvement of robusta Coffee Fermentation with Microbial Enzymes. *European Journal of Applied Sciences* 3 (4): 130-13.
- Priolli, R. H. G., P. Mazzafera, W. J. Siqueira, M. Moller, M. I. Zucchi, L. C. S. Ramos, P. B. Gallo, and C. A. Colombo. 2008. Caffeine inheritance in interspecific hybrids of *Coffea arabica* x *Coffea canephora* (Gentianales, Rubiaceae). *Genet. Mol. Biol.* 31 (2): 498-504.
- Sureshkumar, V.B, N.S. Prakash and K.V. Mohanan, 2010. A Study of *Coffea racemosa* x *Coffea canephora* var. *robusta* Hybrids in Relation to Certain Critically Important Characters. *International Journal of Plant Breeding and Genetics* 4: 30-35.
- Priyono dan U. Sumirat. 2012. Mapping of quantitative trait loci (QTLs) controlling cherry and green bean characters in the robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre). *Journal of Agricultural Science and Technology* 2: 1029-1039.
- Tello, J., M. Viguera, and L. Calvo. 2011. Extraction of caffeine from Robusta coffee (*Coffea canephora* var. *Robusta*) husks using supercritical carbon dioxide. *J. of Supercritical Fluids* 59: 53– 60.
- Vinod, K. and M. Suryakumar. 2004. *Breeding for Quality Improvement in Plantation Crops*. In Proceedings of the training programme on "Plant Breeding Approaches for Quality Improvement of Crops", Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore, India. Downloaded from <http://kkvinod.webs.com>. p. 535-547.
- Widyotomo, S., H. K. Purwadaria, dan C. Ismayadi. 2012. Peningkatan Mutu dan Nilai Tambah Kopi Melalui Pengembangan Proses Fermentasi dan Dekafeinasi. Prosiding Seminar Hasil Penelitian Insentif Riset. Kementerian Riset dan Teknologi.

PENGARUH MIKORIZA DAN AMELIORAN TERHADAP PERTUMBUHAN BENIH KOPI

EFFECTS OF MYCORRHIZAS FUNGI AND AMELIORANTS ON THE GROWTH OF COFFEE SEEDLINGS

*Usman Daras¹⁾, Octivia Trisilawati²⁾, dan Iing Sobari¹⁾

¹⁾ Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

²⁾ Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No 1, Bogor 16111 Indonesia

*usman_daras@yahoo.com

(Tanggal diterima: 24 Maret 2013, direvisi: 14 April 2013, disetujui terbit: 30 Juni 2013)

ABSTRAK

Tanah yang telah ditanami tanaman kopi seringkali tidak mampu menyediakan nutrisi yang dibutuhkan secara memadai untuk kelangsungan hidup tanaman itu sendiri. Oleh karena itu, penggunaan pupuk anorganik dan organik sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan nutrisi. Selain pupuk organik dan anorganik, beberapa pupuk hayati yang diformulasikan dari mikroba tanah non patogen seperti jamur mikoriza juga telah digunakan untuk tujuan pengembangan pertanian. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap pertumbuhan benih kopi. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar Sukabumi pada bulan Februari-Desember 2012. Rancangan penelitian adalah acak kelompok faktorial dua faktor dengan 3 ulangan. Faktor-faktor yang diuji adalah penggunaan mikoriza (tanpa mikoriza, mikoriza dari rizosfer kopi, dan mikoriza dari rizosfer jambu mete) dan amelioran (tanpa amelioran, kompos, kapur, dan kapur dicampur kompos). Peubah yang diamati meliputi tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, dan bobot kering daun, batang, dan akar, serta tingkat infeksi mikoriza pada akar kopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan inoculum mikoriza, baik yang berasal dari rizosfer tanaman kopi maupun jambu mete mampu memperbaiki pertumbuhan benih kopi. Mikoriza yang berasal dari rizosfer kopi memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan yang berasal dari rizosfer jambu mete, sedangkan penggunaan amelioran maupun kombinasinya tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan benih kopi.

Kata Kunci: Mikoriza, benih kopi, amelioran, pertumbuhan

ABSTRACT

It is often the soil on which coffee is grown is not able to supply all nutrients needed by plant adequately for its life cycle. Hence, both inorganic and organic fertilizers are used to meet nutrient requirement. In addition to organic and inorganic fertilizers, some biofertilizers formulated from nonpathogenic soil microbes such as mycorrhizas fungi has been developed for agricultural purposes. The objective of this study was to analyze the effects of mycorrhizas fungi and ameliorants on the growth of Robusta coffee seedlings. The study was carried out at a green house of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi from April to December 2012. Two factors examined were: (1) the use of mycorrhizal fungus (without mycorrhizas, added mycorrhizas fungi isolated from coffee plant rhizosphere, and those from cashew trees rhizosphere), and (2) ameliorant application (without ameliorant, compost, lime, and mixed lime with compost). The factors were arranged in a randomized complete block design with 3 replicates and plot size of 16 plants. Variables observed are plant height, diameter of girth, number of leaves, dry weight of leaves, stem, roots, and infection level of mycorrhizas in coffee roots. The result showed that the mycorrhizas fungus (arised from coffee or cashew rhizosphere) significantly affect on the growth of coffee seedlings. The coffee seedlings treated with mycorrhizas fungi isolated from coffee rhizosphere was better than those of cashew rhizosphere. Whereas, the ameliorant and their combinations not significantly affect on the growth of coffee seedling.

Keywords: Mycorrhizas fungi, coffee seedlings, ameliorant, growth

PENDAHULUAN

Produktivitas kopi Indonesia, terutama kopi rakyat tergolong masih rendah. Banyak faktor yang diperkirakan menjadi penyebabnya, termasuk kurangnya pemeliharaan tanaman. Penggunaan pupuk, khususnya pupuk kimia, jarang dilakukan petani. Kalaupun dipupuk, jumlah pupuk yang diberikan jauh di bawah kebutuhan tanaman sehingga tidak memberikan dampak terhadap kenaikan hasil. Jumlah pupuk yang diberikan mungkin sebagian besar tidak dapat dimanfaatkan tanaman. Di Lampung misalnya, tanaman kopi sebagian besar diusahakan pada tanah podsolik merah kuning (ultisol), yang secara alami memiliki tingkat kesuburan rendah. Tanah mineral demikian membutuhkan pengelolaan spesifik apabila hendak dijadikan media tumbuh tanaman yang produktif.

Tanah-tanah mineral masam seperti podsolik, status unsur P sering menjadi kendala produksi tanaman. Kelarutan Al dan/ Fe yang tinggi menyebabkan P tanah sebagian besar dalam bentuk ikatan Al-P dan atau Fe-P sulit diserap tanaman (Haynes dan Mokolobate, 2001). Oleh sebab itu, penggunaan amelioran seperti kapur dan bahan organik antara lain ditujukan untuk mengurangi kelarutan Al dan Fe yang tinggi, dan menaikkan pH tanah ke kisaran ideal untuk tanaman kopi. Kondisi pH tanah ideal untuk tanaman kopi berkisar 5,8–6,2, tetapi di Brasil pada kisaran pH tanah 6,0–6,5 (<http://www.coffeeresearch.org/agriculture/soil.htm>). Apabila pH tanah lebih rendah dari 5,5 dianjurkan dilakukan pengapuran untuk mengurangi potensi keracunan unsur Mn dan Al (Nunez *et al.*, 2011). Manfaat pengapuran tidak hanya untuk menetralkan Mn, Al, dan Fe terlarut yang tinggi, tetapi juga penyediaan Ca (Hasanudin *et al.*, 2007; Nunez *et al.*, 2011).

Pendekatan lain adalah melalui pemanfaatan atau optimalisasi mikoriza, yaitu mikroba tanah yang banyak dijumpai di daerah perakaran (rizosfer). Menurut Verbruggen *et al.* (2013) mikroba tanah mempunyai potensi sangat besar dalam usaha meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman input rendah. Peran mikoriza telah banyak menjadi kajian ahli pertanian, hortikultura bahkan kehutanan (Atkinson *et al.*, 2002; Jeffries *et al.*, 2003; Bonfante dan Genre, 2010). Peran utamanya antara

lain adalah meningkatkan ketersediaan unsur hara P (Andrade *et al.*, 2009; Brundrett, 2009; Bücking *et al.*, 2012;), N, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn dan Cu (Clark dan Zeto, 2000; Leake *et al.*, 2004; Simard dan Durall, 2004; Hart dan Trevors, 2005). Beberapa hasil studi melaporkan bahwa mikoriza berkontribusi hingga 90% dari kebutuhan hara P tanaman (Van der Heijden *et al.*, 2006). Selain itu, asosiasi mikoriza mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik (penyakit) dan abiotik (kekeringan) (Auge, 2001).

Hifa mikoriza yang masif memungkinkan dapat mengeksplorasi tanah dalam volume besar dan permukaan *absorptive* akar yang diperluas 100 sampai 1000 kali (www.mycorrhizae.com). Oleh sebab itu, tanaman bermikoriza mempunyai potensi besar mampu menyerap unsur hara dan air dari tanah lebih banyak. Mikoriza juga dilaporkan mampu memperbaiki struktur dan agregasi tanah melalui pengaruh hifa atau eksudat glikoprotein. Hifa jamur memiliki kemampuan istimewa, yakni pada saat akar tanaman kesulitan menyerap air, hifa jamur mampu menyerap air dari pori-pori tanah. Selain itu, jamur tersebut mampu menghasilkan antibiotik untuk melawan penyakit, dan membentuk hormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, yang berfungsi sebagai perangsang pertumbuhan tanaman.

Untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi serapan hara yang tinggi, tanaman kopi memerlukan peran mikoriza (Rillig dan Mummey, 2006). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa jamur tersebut secara alami banyak ditemukan pada tanah-tanah perkebunan kopi, termasuk pada perakarannya (Muleta *et al.*, 2007). Bahkan, kopi sering dianggap sebagai tanaman yang sangat tergantung pada keberadaan mikoriza (Sieverding dan Toro, 1986; Siqueira *et al.*, 1998; Habte dan Bittenbender, 1999). Lopes *et al.* (1983) melaporkan sebanyak 22 spesies mikoriza ditemukan pada perakaran tanaman kopi di sentra-sentra produksi kopi di Brasil.

Peran bahan organik sebagai pembenah tanah adalah memperbaiki sifat fisik tanah. Di samping itu, secara langsung atau tidak membantu mengubah unsur hara yang kurang tersedia menjadi tersedia. Walaupun jumlahnya sedikit, dekomposisi bahan organik juga melepaskan unsur hara lain (Baon *et al.*, 2003). Tujuan dari penelitian ini

adalah untuk menganalisis pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap pertumbuhan benih kopi.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan dua tahap, yaitu (1) eksplorasi sumber isolat mikoriza dari beberapa perkebunan kopi rakyat di Kabupaten Lampung Utara dan (2) uji keefektifan mikoriza pada tanaman kopi.

Eksplorasi Isolat Mikoriza Tanaman Kopi

Eksplorasi isolat arbuskular mikoriza (FMA) kopi dilakukan pada bulan Maret 2012 melalui survey di beberapa perkebunan kopi rakyat di Kabupaten Lampung Utara, pada ketinggian 140-1100 m dari permukaan laut (Tabel 1). Contoh tanah diambil dari lapisan 0-30 cm di daerah sekitar perakaran (rizosfer) dan contoh akar tanaman kopi diambil secara acak di beberapa bagian akar.

Tabel 1. Lokasi pengambilan sampel mikoriza di beberapa daerah pertanian kopi Kabupaten Lampung Utara
Table 1. Mycorrhizal sampling sites in several coffee planting areas in North Lampung

No. Contoh	Lokasi pengambilan sampel	Ketinggian tempat (m)	Pohon penayang kopi
A	Ds. Pulo Panggung, Kec. Abung Tinggi	140	Glirisidia, petai, nangka
B	Ds. Simpang Sari, Kec. Sumber Jaya	800	Glirisidia, lamtoro, nangka
C	Ds. Talang Sawah, Kec. Way Tenong	900	Glirisidia, alpukat
D	DS. Sanyir, Kec. Way Tenong	1.100	Glirisidia, lamtoro, legume
E	Ds. Tanjung Agung, Kec. Batu Brak	800	Glirisidia, lamtoro
F	Kebun AEKI Liwa	800	Lamtoro

Mikoriza hasil eksplorasi diperbanyak dengan cara *trapping* sampel tanah dari rizosfer kopi menggunakan media zeolit dan tanaman inang (sorgum) di Laboratorium Balittro, Bogor selama 3 bulan. Hasil perbanyakan ini digunakan untuk penelitian di rumah kaca.

Uji Keefektifan Mikoriza dan Amelioran pada Tanaman Kopi

Uji keefektifan mikoriza dilakukan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan

Penyegar Sukabumi dari bulan Mei sampai dengan Desember 2012. Isolat mikoriza yang berasal dari dua sumber, yaitu (1) mikoriza asal tanaman kopi rakyat di Kabupaten Lampung Utara dan (2) mikoriza asal tanaman jambu mete Lombok (NTB). Tanaman percobaan yang digunakan adalah benih kopi Robusta berumur 1,5 bulan, berasal dari Lampung dan media tumbuhnya adalah tanah podsolik merah kuning (PMK) atau ultisol Jasinga. Tanah PMK diambil dari lapisan tanah dengan kedalaman 20–40 cm dari permukaan tanah.

Perlakuan yang diuji terdiri atas dua faktor. Faktor pertama adalah penggunaan mikoriza, terdiri dari 3 macam, yaitu M0 = tanpa mikoriza; M1 = mikoriza kopi (300 spora/pot) dan M2 = mikoriza jambu mete, yaitu campuran mikoriza *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Glomus* sp3, *Glomus* sp4, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margarita*, *Gigaspora* sp. dan *Enthospora* sp. (300 spora/pot). Faktor kedua adalah penggunaan amelioran (L), terdiri dari 4 macam, yaitu L0 = Tanpa amelioran; L1 = pupuk organik (3% C-organik), L2 = kapur (2 ton/ha), dan L3 = pupuk organik + kapur (L1+L2).

Pupuk organik yang digunakan berupa kompos, sedangkan kapur dalam bentuk CaCO_3 . Amelioran tersebut dicampur dengan tanah yang telah disterilisasi dan diaduk rata, kemudian dimasukkan ke dalam pot-pot percobaan sebanyak 3 kg/pot. Media tanam dalam pot tersebut disiram dengan air sampai kapasitas lapang selama 2 minggu sebelum benih kopi ditanam.

Perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok faktorial 3 ulangan, dengan jumlah tanaman/plot sebanyak 6 tanaman. Dua bulan setelah benih kopi ditanam, inokulum mikoriza dengan karier campuran zeolit dan tanah diberikan di daerah perakaran. Selanjutnya, tanaman kopi dalam pot percobaan disiram secara berkala, dengan frekuensi 2-3 hari sekali sampai kapasitas lapang.

Parameter yang diamati secara periodik meliputi tinggi tanaman, diameter batang pada ketinggian 1,0 cm di atas tanah, jumlah daun, bobot kering, luas daun, dan tingkat infeksi mikoriza pada akar. Luas daun diukur dengan menggunakan *leaf area meter*, sedangkan tingkat infeksi akar diukur berdasarkan metode pewarnaan *tryphan blue* dari Phillips dan Hayman (1970) dan McGonigle *et al.* (1990). Untuk mengetahui

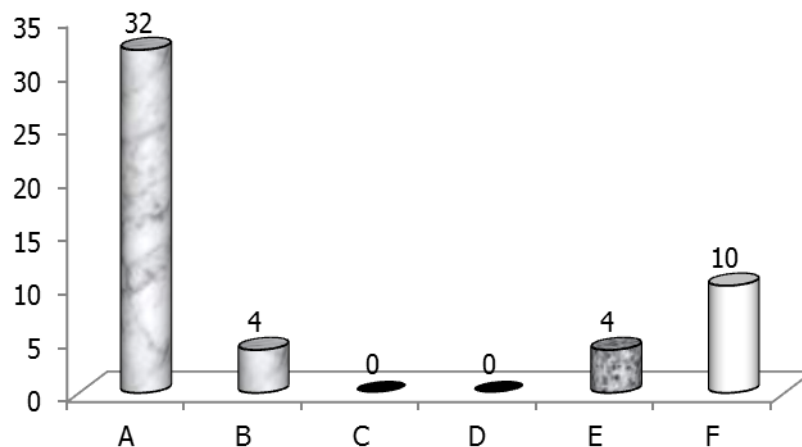
pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati digunakan uji BNJ pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Eksplorasi Isolat Mikoriza Tanaman Kopi

Tingkat infeksi FMA tertinggi di lokasi A dan terendah di lokasi C dan D (Gambar 1). Populasi mikoriza yang lebih banyak pada tanah-

tanah dengan pH < 6,15 dan kandungan C-organik < 5%. Di kebun kopi milik AEKI (lokasi F) dengan pH tanah 6,15 dan kandungan C-organik 6,48%, populasi mikoriza hanya 10 spora/50 g tanah. Sementara itu, di lokasi lain dengan pH tanah dan C-organik, masing-masing pada kisaran 4,69-6,01 dan 1,47-4,28%, populasi mikoriza bervariasi dari 18-40 spora/50 g tanah. Populasi mikoriza terendah (10 spora/50g tanah) di kebun kopi AEKI Liwa (lokasi F) (Tabel 2).



Gambar 1. Persentase infeksi *Fungi Mycorrhiza Arbuscular* (FMA) dari rizosfer tanaman kopi (A= Desa Pulo Panggung, Abung Tinggi; B= Desa Simpang Sari, Sumber Jaya; C= Desa Talang Sawah, Way Tenong; D= Desa Sanyir, Way Tenong; E= Desa Tanjung Agung, Batu Brak; F= Kebun AEKI Liwa)

Figure 1. Percentages of Arbuscular Mycorrhiza Fungi (AMF) root infection from coffee rhizosphere (A= Pulo Panggung, Abung Tinggi; B= Simpang Sari, Sumber Jaya; C= Talang Sawah, Way Tenong; D= Sanyir, Way Tenong; E= Tanjung Agung, Batu Brak; F= AEKI Research Station, Liwa)

Tabel 2. Hasil analisis beberapa sifat-sifat fisiko-kimia tanah dan kandungan spora mikoriza

Table 2. Some physico-chemical properties of soil samples and its content of mycorrhiza spores

Jenis analisis/Kandungan mikoriza	Lokasi					
	A	B	C	D	E	F
pH	4,69	5,09	5,23	5,20	6,01	6,15
C-org (%)	1,47	2,08	2,77	3,47	4,28	6,48
N-Total (%)	0,22	0,28	0,40	0,54	0,56	0,84
P (Bray-1), P ₂ O ₅ , ppm	2,58	2,14	6,80	3,28	8,01	5,00
Basa_dd (cmol/kg)						
K	0,07	0,37	0,13	0,17	1,52	0,59
Ca	1,68	2,42	5,55	3,05	7,76	13,66
Mg	0,52	0,94	0,81	0,73	1,61	2,36
Al_dd (cmol/kg)	3,70	0,67	1,44	0,14	0,04	0,00
KTK (cmol/kg)	13,63	20,46	29,59	34,45	36,27	44,68
KB (%)	17,39	18,87	22,54	12,13	30,69	37,69
Tekstur (%)						
Pasir	60,45	54,78	84,10	79,07	72,50	69,66
Debu	15,07	22,25	6,49	11,24	15,65	22,87
Liat	24,48	22,97	9,41	9,69	11,85	7,47
Kandungan mikoriza (spora/50 g tanah)	21	21	18	40	24	10

Keterangan/Notes : A = Ds. Pulo Panggung, Kec. Abung Tinggi, B = Ds. Simpang Sari, Kec. Sumber Jaya, C = Ds. Talang Sawah, Kec. Way Tenong, D = Ds. Sanyir, Kec. Way Tenong, E = Ds. Tanjung Agung, Kec. Batu Brak, F = Kebun AEKI

Pengaruh Mikoriza dan Amelioran

1. Tinggi tanaman

Hasil analisis menunjukkan pemberian inokulum mikoriza dan amelioran tidak memperlihatkan pengaruh interaksi terhadap pertumbuhan tinggi tanaman kopi. Faktor tunggal perlakuan mikoriza memberikan pengaruh yang nyata, sedangkan perlakuan amelioran tidak berpengaruh nyata (Tabel 3).

Pada saat tanaman berumur 3 bulan setelah tanam (BST), perlakuan mikoriza belum memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman kopi, pengaruhnya mulai terlihat ketika tanaman berumur 4 sampai 6 BST. Pada 4 BST, penggunaan mikoriza berasal dari rizosfer kopi dan jambu mete menghasilkan tinggi tanaman yang nyata lebih besar dibanding tanpa mikoriza (kontrol), tetapi tidak berbeda nyata antar perlakuan mikoriza dari rizosfer kopi dan jambu mete. Penggunaan mikoriza kopi dan mikoriza jambu mete mampu menaikkan rata-rata tinggi tanaman, masing-masing 53% dan 31% lebih tinggi daripada kontrol. Selanjutnya, pada saat tanaman berumur 5 dan 6 BST, perlakuan mikoriza asal rizosfer kopi memberikan efek nyata lebih baik dibandingkan mikoriza asal rizosfer jambu mete.

Mikoriza, baik berasal dari kelompok ekto-ataupun endo-mikoriza bersimbiosis dengan tanaman inang (Bonfante dan Genre, 2010). Mikoriza memperoleh C organik (sumber energi) dalam bentuk karbohidrat (sukrosa, glukosa, dan fruktosa) dari tanaman inang (Smith dan Read, 2008), sedangkan tanaman inang memperoleh suplai unsur hara seperti P (Kisinyo dan Othieno, 2003; Andrade *et al.*, 2009; Bücking *et al.*, 2012), N, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, dan Cu (Clark dan Zeto, 2000) dari tanah melalui peran miselium mikoriza. Peran yang paling menonjol dari mikoriza bagi tanaman inang adalah daya afinitas yang tinggi terhadap *transporter* fosfat inorganik (Pi). Melalui peran hifa dan Pi tersebut, polifosfat yang terakumulasi pada permukaan hifa diubah menjadi bentuk protein, yang kemudian ditranslokasi ke sepanjang miselium dan masuk ke jaringan tanaman inang (Hijikata *et al.*, 2010). Jaringan hifa yang terbentuk sangat masif pada perakaran tanaman inang dan tanah sekitar akar (rizosfer) merupakan karakter penting yang memungkinkan jamur tersebut mampu mengeksplorasi tanah dalam volume besar sehingga memiliki potensi besar untuk menyerap unsur hara dan air.

Tabel 3. Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap tinggi tanaman kopi (bulan setelah tanam, BST)
Table 3. Effects of mycorrhiza and ameliorant on plant height of coffee seedlings (months after planting, MAP)

Perlakuan	Tinggi tanaman kopi (cm)					
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST
Penggunaan mikoriza						
M0, tanpa mikoriza	7,2 a	7,6 a	8,3 a	9,6 a	11,1 a	13,3 a
M1, mikoriza rizosfer kopi	6,7 a	7,5 a	9,0 a	12,9 b	16,5 c	22,7 c
M2, mikoriza rizosfer jambu mete	7,4 a	7,9 a	9,0 a	11,8 b	14,3 b	18,4 b
Penggunaan amelioran						
L0, tanpa amelioran						
L1, pupuk organik	7,6 a	8,1 a	9,3 a	12,1 a	14,8 a	19,6 a
L2, kapur	6,5 a	7,2 a	8,4 a	10,9 a	13,5 a	17,5 a
L3, pupuk organik + kapur	7,0 a	7,5 a	8,6 a	11,4 a	14,1 a	17,0 a
	7,3 a	7,9 a	8,8 a	11,2 a	13,7 a	18,3 a
KK (%)	13,8	11,3	10,7	16,9	19,7	25,1

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%
Notes : The numbers followed by the same letters of each column are not significantly different based on LSD test at 5 % level

Tabel 4. Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap diameter batang kopi menurut umur tanaman (bulan setelah tanam, BST)
Table 4. Effects of mycorrhiza and ameliorant on girth diameter of coffee seedlings (months after planting, MAP)

Perlakuan	Diameter batang (mm)					
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST
Penggunaan mikoriza						
Tanpa mikoriza (M0)	1,7 a	2,1 a	2,3 a	2,4 a	2,7 a	3,3 a
Mikoriza kopi (M1)	1,8 a	2,1 a	2,5 a	2,9 b	3,7 c	4,9 c
Mikoriza Jambu mete (M2)	1,8 a	2,1 a	2,3 a	2,7 b	3,3 b	4,2 b
Penggunaan amelioran						
Tanpa ameliorant (L0)	1,8 a	2,1 a	2,4 a	2,8 a	3,3 a	4,2 a
Pupuk organik (L1)	1,7 a	2,1 a	2,4 a	2,7 a	3,3 a	4,2 a
Kapur (L2)	1,7 a	2,1 a	2,4 a	2,8 a	3,3 a	4,1 a
Pupuk organik + kapur (L3)	1,8 a	2,1 a	2,3 a	2,6 a	3,1 a	4,0 a
KK (%)	10,7	7,2	8,6	11,9	14,7	19,4

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letters of each column are not significantly different based on LSD test of 5 % level

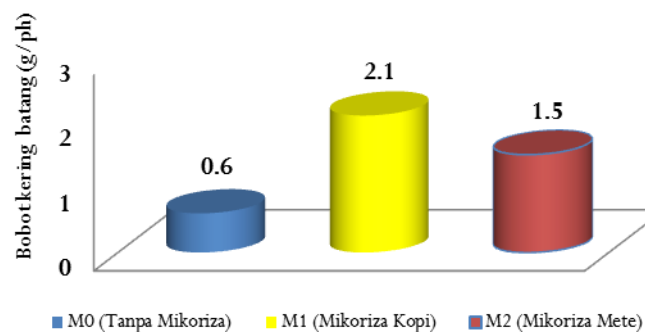
2. Diameter dan bobot kering batang

Pengaruh mikoriza terhadap diameter batang mulai terlihat nyata sejak tanaman berumur 4 BST (Tabel 4). Pada umur 4 BST, diameter batang terbesar dijumpai pada tanaman kopi yang diinokulasi dengan mikoriza kopi berbeda nyata dengan kontrol, tetapi tidak berbeda nyata dengan mikoriza jambu mete. Pada umur 5 dan 6 BST, penggunaan mikoriza kopi menghasilkan diameter batang yang nyata lebih besar dibandingkan kontrol maupun mikoriza jambu mete.

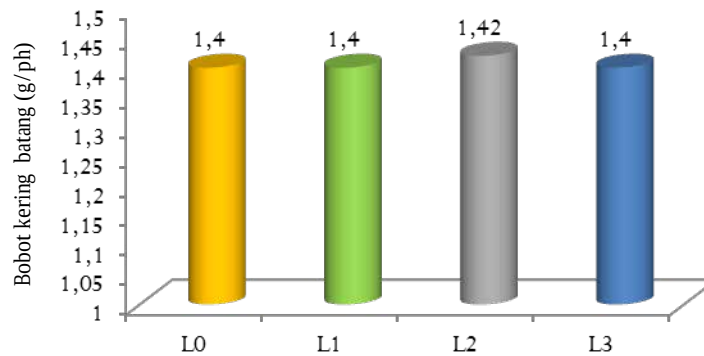
Terjadinya peningkatan diameter batang oleh perlakuan mikoriza diperkirakan berhubungan erat dengan sistem perakaran kopi yang terbentuk dan tingkat infeksi akar oleh mikoriza. Infeksi

mikoriza akan membentuk sistem perakaran yang baik sehingga tanaman mampu mengeksplorasi unsur hara dan air dari tanah secara optimal sehingga tanaman kopi mampu tumbuh dan berkembang secara baik.

Tidak terdapat pengaruh interaksi antara mikoriza dan amelioran terhadap bobot kering batang. Selanjutnya, bobot kering batang terbesar diperoleh pada perlakuan dengan mikoriza kopi (M1), diikuti perlakuan mikoriza jambu mete (M2) dan terendah pada kontrol (M0) (Gambar 2). Sedangkan pemberian amelioran (pupuk organik, kapur, dan kombinasinya) tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap bobot kering batang (Gambar 3).



Gambar 2. Pengaruh mikoriza terhadap bobot kering batang
Figure 2. Effect of mycorrhiza on dry weight of coffee stem



Gambar 3. Pengaruh amelioran terhadap bobot kering batang (L0=Tanpa ameliorant, L1=Pupuk organik, L2=Kapur, L3=Pupuk organik+kapur)

Figure 3. Effect of added ameliorants on dry weight of coffee trunk (L0=without ameliorant, L1=Organic fertilizer, L2=Lime, L3=Organic fertilizer+lime)

3. Jumlah, luas, dan bobot kering daun

Pengaruh mikoriza terhadap jumlah daun kopi mulai terlihat lebih awal, yaitu sejak tanaman kopi berumur 2 BST sampai umur 6 BST (Tabel 5). Mikoriza yang berasal dari tanaman kopi (M1) memiliki keunggulan dibandingkan mikoriza berasal dari jambu mete, bahkan mikoriza yang

berasal dari jambu mete tidak berbeda pengaruhnya dengan kontrol. Tanaman kopi yang diberi perlakuan mikoriza yang berasal dari rizosfer tanaman kopi (M1) memperlihatkan pertumbuhan yang lebih jagur dengan warna daun hijau gelap bila dibandingkan tanpa mikoriza (Gambar 4).

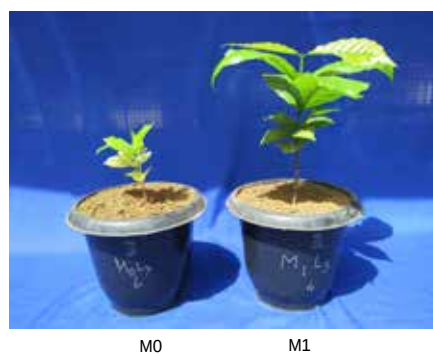
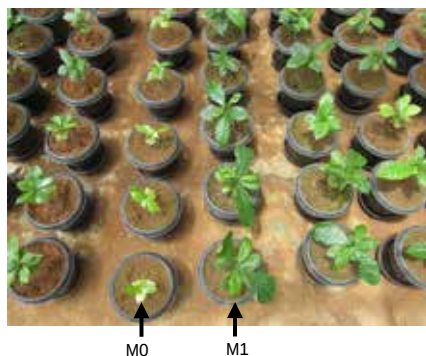
Tabel 5. Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap jumlah daun kopi menurut umur tanaman (bulan setelah tanam, BST)

Table 5. Effects of mycorrhizal fungi and ameliorant on the average of coffee leaf according to plant age (months after planting, MAP)

Perlakuan	Jumlah daun/pohon					
	1 BST	2 BST	3 BST	4 BST	5 BST	6 BST
Penggunaan mikoriza						
Tanpa mikoriza (M0)	2,2 a	3,7 a	5,8 a	8,5 a	10,8 a	13,3 a
Mikoriza kopi (M1)	2,2 a	4,2 b	7,2 b	10,5 b	12,5 b	15,2 b
Mikoriza jambu mete (M2)	2,2 a	4,1 ab	6,4 a	9,2 a	10,9 a	13,7 a
Penggunaan amelioran						
Tanpa amelioran (L0)	2,1 a	4,1 a	6,7 ab	9,8 a	11,9 a	14,6 a
Pupuk organik (L1)	2,2 a	4,1 a	6,4 ab	9,3 a	11,6 a	14,2 a
Kapur (L2)	2,3 a	3,9 a	6,9 b	9,8 a	11,4 a	13,9 a
Pupuk organik + kapur (L3)	2,2 a	3,8 a	5,9 a	8,7 a	10,8 a	13,5 a
KK (%)	20,1	15,5	14,5	13,3	11,8	12,7

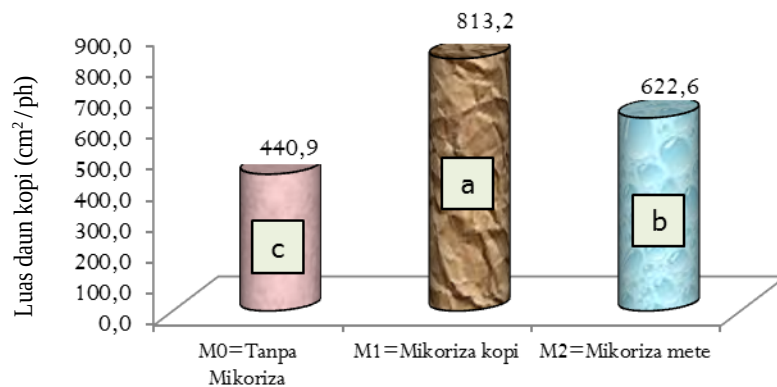
Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata dengan uji BNT pada taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letters of each column are not significantly different based on LSD test at 5 % level

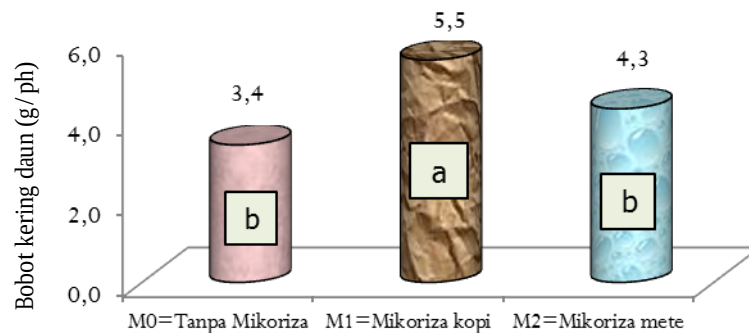


Gambar 4. Pertumbuhan tanaman kopi: Tanpa mikoriza (M0); dan menggunakan mikoriza kopi (M1)

Figure 4. The growth of coffee seedlings: Untreated (M0) and treated from coffee mycorrhiza rhizosphere (M1)



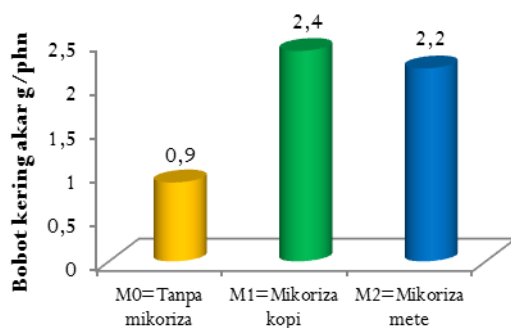
Gambar 5. Pengaruh mikoriza terhadap luas daun kopi
Figure 5. Effect of mycorrhiza on leaf area of coffee



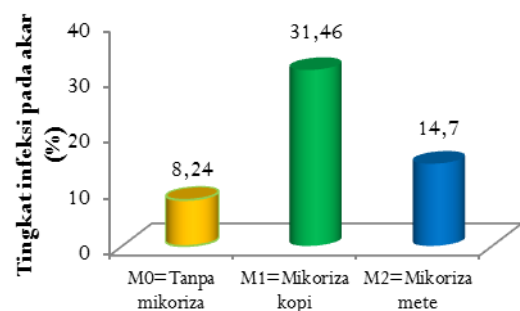
Gambar 6. Pengaruh mikoriza terhadap bobot kering daun kopi
Figure 6. Effect of mycorrhiza on dry weight of coffee leaves

Secara kuantitatif, kejaguran tanaman juga tercermin pada komponen luas daun yang dihasilkan. Penggunaan mikoriza kopi menghasilkan luas daun nyata lebih besar dibanding tanpa mikoriza maupun mikoriza jambu mete (Gambar 5). Hal yang sama dijumpai pada

komponen bobot kering daun. Perlakuan mikoriza asal rizosfer kopi menghasilkan bobot kering daun yang jauh lebih besar dibandingkan perlakuan mikoriza asal rizosfer jambu mete maupun kontrol (Gambar 6).



Gambar 7. Pengaruh mikoriza terhadap bobot kering akar kopi
Figure 7. Effect of mycorrhiza on dry weight of coffee root



Gambar 8. Pengaruh mikoriza terhadap tingkat infeksi mikoriza pada akar kopi
Figure 8. Effect of mycorrhiza on infection level of mycorrhizal in coffee roots

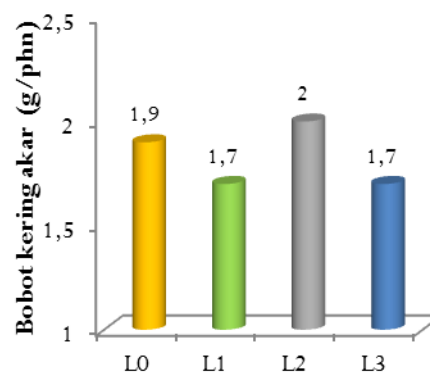
4. Bobot kering akar dan tingkat infeksi mikoriza pada akar

Pengaruh mikoriza kopi (M1) juga menghasilkan bobot kering akar kopi yang lebih besar daripada perlakuan mikoriza jambu mete (M2) maupun kontrol (M0) (Gambar 7). Hal ini sejalan dengan tingkat infeksi mikoriza pada akar tanaman kopi (Gambar 8). Bertambahnya persentase tingkat infeksi akar oleh mikoriza diikuti oleh peningkatan bobot kering akar yang dihasilkan. Miller *et al.* (1995) menyatakan bahwa panjang akar merupakan indikator yang baik untuk mengukur efektifitas mikoriza karena berhubungan erat dengan kontak akar dengan tanah. Zhu dan Miller (2003) melaporkan bahwa biomassa mikoriza dapat mencapai 54 -900 kg/ha, bahkan dapat mencapai 3000 kg/ha (Lovelock *et al.*, 2004). Miselium eksternalnya dapat mencapai 3% dari bobot akar (Jakobsen dan Rosendahl, 1990), dan setiap cm akar dapat mempunyai panjang miselium 10-100 m (McGonigle dan Miller, 1999). Selanjutnya Verbruggen *et al.* (2012) melaporkan bahwa inokulasi mikoriza dapat menaikkan kolonisasi sekitar 29%, dan meningkatkan bobot biomassa tanaman sebesar 23 %.

Respon positif penggunaan mikoriza terhadap peningkatan bobot kering akar kopi dan tingkat infeksi mikoriza yang relatif cukup besar (31,46%) diikuti oleh perbaikan komponen pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, diameter batang, dan bobot kering daun. Hal ini dapat terjadi karena asosiasi mikoriza diduga mampu memperbaiki proses penyerapan unsur hara dari tanah.

Terdapat banyak faktor yang diduga berkontribusi terhadap hasil inokulasi mikoriza pada suatu tanaman inang. Hubungan tanaman inang dengan genotipe mikoriza telah terbukti melalui hasil penelitian ini, yaitu penggunaan isolat mikoriza asal rizosfer kopi lebih sesuai dibandingkan isolat mikoriza dari jambu mete. Adanya hubungan fungsional yang spesifik antara tanaman inang dengan mikoriza telah dilaporkan oleh Klironomos (2003) dan Leake *et al.* (2004). Namun demikian, secara ekologis keberhasilan simbiosis mikoriza tidak hanya bergantung pada hubungan tanaman inang dengan genotipe mikoriza saja, tetapi tergantung juga dengan kondisi lingkungannya (Ricardo *et al.*, 2011).

Kondisi lingkungan seperti faktor tanah sangat menentukan jenis-jenis mikoriza yang mampu berkembang (Hamel, 2007; Helgason dan Fitter, 2009), meskipun hubungan tersebut belum sepenuhnya dipahami (Feddermann *et al.*, 2010). Faktor tanah mempunyai peran kunci dalam menilai efektifitas penggunaan mikoriza pada tanaman (Johnson *et al.*, 2005; Mechri *et al.*, 2008; Gryndler *et al.*, 2009). Oleh sebab itu, maka faktor-faktor yang diperkirakan sangat mempengaruhi efektifitas mikoriza perlu dipahami secara baik sebelum inovasi teknologi mikoriza diterapkan pada tanaman di lapangan (Ricardo *et al.*, 2011).



Gambar 9. Pengaruh amelioran terhadap bobot kering akar (L0=tanpa amelioran, L1=pupuk organik, L2=kapur, L3=pupuk organik+kapur)

Figure 9. Effect of ameliorant on dry weight of roots (L0=without ameliorant, L1=organic fertilizer, L2=lime, L3=organic fertilizer+lime)

Adanya respon positif dari tanaman kopi terhadap penggunaan mikoriza karena dua kondisi yang mendukung. *Pertama*, kompatibilitas mikoriza dengan tanaman inang (kopi Robusta). Namun, hasil lain yang juga menarik bahwa penggunaan mikoriza dari rizosfer jambu mete (M2) ternyata memberikan respon cukup baik meskipun tidak sebaik dari rizosfer kopi. Artinya, penggunaan mikoriza jambu mete juga cukup kompatibel dengan tanaman kopi. *Kedua*, pemilihan jenis tanah Ultisol Jasinga sebagai objek studi. Karakter umum jenis tanah tersebut memiliki kesuburan yang rendah, termasuk status unsur hara P, yaitu 1,57 ppm (Lampiran 1). Oleh sebab itu, pemberian mikoriza memberikan respon positif terhadap pertumbuhan tanaman. Namun respon positif ini

tidak disebabkan oleh faktor tunggal status P yang rendah saja, tetapi pengaruh yang sangat kompleks yang diinisiasi oleh kolonisasi mikoriza dan infeksi akar kopi. Hifa yang masif memperluas permukaan absorptif akar sehingga mampu menyerap unsur-unsur hara yang lain (Clark dan Zeto, 2000; Schweiger dan Jakobsen., 2000; Andrade *et al.*, 2009).

Perlakuan penggunaan amelioran tidak berpengaruh signifikan terhadap bobot kering akar. Tanaman kopi yang tidak diberi amelioran (L0) menghasilkan akar sebesar 1,9 g per pohon, sedangkan perlakuan kapur (L1), pupuk organik (L2), dan kombinasinya (L3) masing-masing menghasilkan bobot kering akar 1,7, 2,0, dan 1,7 g per pohon (Gambar 9).

KESIMPULAN

Penggunaan inokulum mikoriza, baik yang berasal dari rizosfer tanaman kopi maupun jambu mete mampu memperbaiki pertumbuhan benih kopi. Respon positif diperlihatkan oleh pertumbuhan tinggi tanaman, luas daun, dan diameter batang, serta bobot kering batang, daun, dan akar tanaman kopi. Mikoriza yang berasal dari rizosfer kopi memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan yang berasal dari rizosfer jambu mete. Sedangkan penggunaan amelioran kapur, bahan organik, dan kombinasinya tidak memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman kopi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrade, S. A. L., P. Mazzafera¹, M. A. Schiavinato, and A. P. D. Silveira. 2009. Arbuscularmycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science* 147: 105–115.
- Auge, R. M. 2001. Water relations, drought, and vesiculararbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11: 3–42.
- Atkinson, D, J. Baddeley, N. Goicoechea, J. Green, M. Sanchez-Diz, and C. A. Watson. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi in low input agriculture. In S. Gianinazzi, H. Schuepp, J. M. Barea, and K. Haselwanter (Eds). *Mycorrhiza Technology in Agriculture: From genes to bioproducts*. Switzerland.
- Baon, J. B, S. Abdoellah, A. Pujiyanto, R. Wibawa, N. Erwiyono, A. M Zaenudin, E. Mardiono, dan S. Wiryadiputra. 2003. Pengelolaan kesuburan tanah perkebunan kopi untuk mewujudkan usahatani yang ramah lingkungan. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* 19 (2): 107-123.
- Bonfante, P. and A. Genre. 2010. Mechanisms underlying beneficial plant–fungus interactions in mycorrhizal symbiosis. *Nature Communications*. Macmillan Publishers Limited. p. 1-11. www.nature.com/naturecommunications
- Brundrett, M. C. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant Soil* 320: 1–41.
- Bücking, H., E. Liepold, and P. Ambilwade. 2012. The role of the mycorrhizal symbiosis in nutrient uptake of plants and the regulatory mechanisms underlying these transport processes. In *Plant Science. Biology and Microbiology Department*, South Dakota State University. USA. p. 107-138.
- Clark, R. B. and S. K. Zeto. 2000. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. *Journal of Plant Nutrition* 23: 867–902.
- Feddermann, N., R. Finlay, T. Boller, and M. Elfstrand. 2010. Functional diversity in arbuscular mycorrhiza—the role of gene expression, phosphorous nutrition and symbiotic efficiency. *Fungal Ecol.* 3: 1–8.
- Gryndler, M, H. Hrselová, T. Cajtham, M. Havráňková, V. Rezá

- Haynes, R. J. and M. S. Mokolobate. 2001. Amelioration of Al toxicity and P deficiency in acid soils by additions of organic residues: a critical review of the phenomenon and the mechanisms involved. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59: 47–63.
- Helgason, T. and A. H. Fitter. 2009. Natural selection and the evolutionary ecology of the arbuscular mycorrhizal fungi (Phylum Glomeromycota). *J. Exp. Bot.* 60: 2465–2480.
- Hijkata, N., M. Murase, C. Tani, R. Ohtomo, M. Osaki, and T. Ezawa. 2010. Polyphosphate has a central role in the rapid and massive accumulation of phosphorus in extraradical mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus. *New Phytol.* 186: 285–289.
- Jakobsen, I. and L. Rosendahl. 1990. Carbon inflow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. *New Phytologist* 115: 77–83.
- Jeffries, P., S. Gianinazzi, S. Perotto, K. Turnau, and J. M. Barea. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biol Fertil Soils* 37: 1–16.
- Johnson, D., J. R. Leake, and D. J. Read. 2005. Liming and nitrogen fertilization affects phosphatase activities, microbial biomass and mycorrhizal colonisation in upland grassland. *Plant Soil* 271: 157–164.
- Kisinyo, P. O. and C. O. Othieno. 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in phosphorus acquisition in tropical agriculture – A review. *African Crop Science Conference Proceedings* 6: 416–423.
- Klironomos, J. N. 2003. Variation in plant response to native and exotic arbuscular mycorrhizal fungi. *Ecology* 84: 2292–2301.
- Leake, J. R., D. Johnson, D. P. Donnelly, G. E. Muckle, L. Boddy, and D. J. Read. 2004. Networks of power and influence: The role of mycorrhizal mycelium in controlling plant communities and agroecosystem functioning. *Can. J. Bot.* 82: 1016–1045.
- Lopes, E. S., E. Oliveira, R. Dias, and N. C. Schenck. 1983. Occurrence and distribution of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in central Sao Paulo State, Brazil. *Turrialba* 33: 417–422.
- Lovelock, C. E., S. F. Wright, D. A. Clark, and R. W. Ruess. 2004. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest. *Journal of Ecology* 92 (2): 278–287.
- McGonigle, T. P., and M. H. Miller. 1999. Winter survival of extraradical hyphae and spores of arbuscular mycorrhizal fungi in the field. *Appl. Soil Ecol.* 12: 41–50.
- McGonigle, T. P., M. H. Miller, D. G. Evans, G. L. Fairchild, and J. A. Swan. 1990. A new method which gives an objective measure of colonization of roots by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *New Phytologist* 115: 495–501.
- Mechri, B., F. B. Mariem, M. Baham, S. B. Elhadj, and M. Hammami. 2008. Change in soil properties and the soil microbial community following land spreading of olive mill wastewater affects olive trees key physiological parameters and the abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biol Biochem* 40: 152–161.
- Miller, R. M., D. R. Reinhardt, and J. D. Jastrow. 1995. External hyphal production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pasture and tallgrass prairie community. *Oecologia* 103: 17–23.
- Muleta, D., F. Assefa, S. Nemomissa, and U. Granhall. 2007. Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga natural coffee forest, southwestern Ethiopia. *Forest Ecology and Management* 241: 145–154.
- Nunez, P. A., A. Pimentel, I. Almonte, D. Sotomayor-Ramírez, N. Martínez, A. Pérez, and C. M. Céspedes. 2011. Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea* spp.) production systems and management recommendations for the Barahona province, Dominican Republic. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 11 (1): 127–140.
- Phillips, J. M. and D. S. Hayman. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transact Brit Mycol Soc* 55: 158–161.
- Ricardo, A., H. Peraza, C. Hamel, F. Fernández, R. L. Ferrer, and E. Furrázola. 2011. Soil–strain compatibility: the key to effective use of arbuscular mycorrhizal inoculants? *Mycorrhiza* 21: 183–193.
- Rillig, M. C. and D. L. Mummey. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171: 41–53.
- Schweiger, P. and J. Jakobsen. 2000. Laboratory and field methods for measurement of hyphal uptake of nutrients in soil. *Plant and Soil* 226: 237–244.
- Sieverding, E. and S. T. Toro. 1986. The genus *Entrophospora* in Colombia. In *Physiological and Genetical Aspects of Mycorrhizae* (Eds) V. Gianinazzi-Pearson and S. Gianinazzi. Paris, France. p. 621–626.
- Simard, S. W. and D. M. Durall. 2004. Mycorrhizal networks: A review of their extent, function, and importance. *Can J Bot* 82: 1140–65.
- Smith, S. E. and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. 3rd Eds. Academic Press. Cambridge, UK.

- Siqueira, J. O., O. J. Saggin-Junior, W. W. Flores-Aylas, and P. T. G. Guimaraes. 1998. Arbuscular mycorrhizal inoculation and superphosphate application influence plant development and yield of coffee in Brazil. *Mycorrhiza* 7: 293–300.
- Van der Heijden, M. G. A., R. Streitwolf-Engel, R. Riedl, S. Siegrist, A. Neudecker, K. Ineichen, T. Boller, A. Wiemken, and I. R. Sanders. 2006. The mycorrhizal contribution to plant productivity, plant nutrition, and soil structure in experimental grassland. *New Phytol.* 172: 739-752.
- Verbruggen, E, G. A. Marcel, van der Heijden, M. C. Rillig, and E. T. Kiers. 2013. Mycorrhizal fungal establishment in agricultural soils: Factors determining inoculation success. *New Phytologist* 197: 1104–1109.
- Zhu, Y. G. and R. M. Miller. 2003. Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil—plant systems. *Trends Plant Sci.* 8: 407–409.

Lampiran 1. Beberapa sifat-sifat fisik dan kimia tanah Podsolik Merah Kuning (PMK, Ultisol) Jasinga Bogor
Appendix 1. Some physical and chemical properties of red yellow Podsollic (Ultisol) soil, Jasinga Bogor

Sifat tanah	:	Nilai
pH H ₂ O	:	4,8
KCl	:	3,8
C-organik (%)	:	1,5
N-Total (%)	:	0,16
C/N ratio	:	9,4
P _{tsd} (P ₂ O ₅) – Bray I (ppm)	:	1,57
Basa _{dd} (cmol/kg), NH ₄ Ac 1M		
Ca	:	1,24
Mg	:	0,46
K	:	0,15
Na	:	0,62
Al _{dd} (cmol/kg)	:	2,5
KTK (cmol/kg)	:	37,8
Tekstur (%)		
Pasir	:	37,9
Debu	:	47,1
Liat	:	15,0

PERANAN EKSTRAK BABADOTAN DAN BAWANG PUTIH SERTA MINYAK KEMIRI SUNAN TERHADAP SERANGAN PENGGEREK BUAH KAKAO

THE ROLE OF GOAT WEED AND GARLIC EXTRACTS AND PHILIPPINE TUNG OIL ON COCOA POD BORER INFESTATION

*Funny Soesanthy dan Samsudin

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
*f_soesanthy75@yahoo.com

(Tanggal diterima: 15 Maret 2013, direvisi: 5 April 2013, disetujui terbit: 27 Juni 2013)

ABSTRAK

Penggerek buah kakao (PBK), *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera: Gracillariidae), merupakan hama penting pada tanaman kakao yang menyebabkan penurunan hasil secara kualitas dan kuantitas. Salah satu usaha pengendalian PBK adalah menggunakan pestisida nabati karena bersifat ramah lingkungan dan tidak membahayakan kesehatan. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh daun babadotan dan umbi bawang putih yang dilarutkan dengan air, etanol, metanol, dan heksan, serta minyak kemiri sunan [*Reutalis trisperma* (Blanco) Airy Shaw] dalam melindungi buah kakao dari serangan PBK. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari-Desember 2012, bahan uji yang digunakan adalah babadotan-air (BA), babadotan-etanol (BE), babadotan-metanol (BM), babadotan-heksan (BH), bawang putih-air (PA), bawang putih-etanol (PE), bawang putih-metanol (PM), bawang putih-heksan (PH), minyak kemiri sunan (KS), pestisida kimia berbahan aktif

PENDAHULUAN

Penggerek buah kakao (PBK), *Conopomorpha cramerella* Snell. (Lepidoptera: Gracillariidae) merupakan hama penting pada tanaman kakao (*Theobroma cacao* L. Sterculiaceae) di Asia Tenggara terutama di kepulauan Malaya (Malaysia, Filipina, Borneo, dan Indonesia). Menurut Chisholm *et al.* (2006), kerugian petani akibat serangan penggerek buah kakao secara langsung maupun akibat penurunan kualitas hasil mencapai US\$300 juta atau sekitar 20% dari harga perdagangan dunia. Kerugian secara ekonomi lebih terasa di Indonesia sebagai produsen kakao terbesar ketiga di dunia (World Cocoa Foundation, 2008) karena serangan hama ini sudah menyebar hampir di seluruh provinsi penghasil kakao di Indonesia (Djamaluddin dan Sjarifuddin, 2006; Disbunhort Sulawesi Tenggara, 2008).

PBK merupakan hama yang sangat merusak karena menyebabkan biji kakao tidak berkembang, biji saling melekat dan berwarna hitam. Stadia larva tinggal di dalam buah sampai menjelang berkepompong. Hal inilah yang menyebabkan PBK lebih sulit dikendalikan dibandingkan hama lainnya (Depparaba, 2002). Rata-rata persentase serangan PBK berkisar 92,82% sampai 99,68%, dengan persentase kehilangan hasil berkisar 38,11% sampai 81,19% (Sulistyowati *et al.*, 2007).

Penelitian yang dikembangkan saat ini adalah pemanfaatan pestisida nabati. Pemanfaatan pestisida nabati memiliki prospek yang baik sebagai teknologi alternatif pengganti pestisida sintetik untuk mengendalikan PBK. Hal tersebut karena pestisida nabati lebih mudah terdegradasi (*biodegradable*) di lapangan sehingga tidak terakumulasi dalam rantai makanan, mempunyai toksisitas terhadap mamalia yang sangat rendah, cara kerjanya yang lebih selektif, dan dapat mengubah perilaku spesies serangga target seperti attraktan, repelen dan deteren (Rahman dan Talukder, 2006). Menurut Asaad dan Willis (2012), beberapa jenis formula pestisida nabati seperti mimba, CEES 50 EC, bio protector-2, bio protector-1, dan asimba 50 EC efektif digunakan dalam pengendalian hama PBK di lapang. Pestisida nabati tersebut mengandung bahan aktif berasal dari minyak atsiri, yaitu minyak cengkeh dan serai wangi.

Bahan tanaman lain yang potensial untuk mengendalikan PBK adalah daun babadotan (*Ageratum conyzoides*), umbi bawang putih (*garlic*), dan minyak kemiri sunan (*Reutalis trisperma* [Blanco] Airy Shaw). Menurut Renuga dan Sahayaraj (2009), babadotan mengandung zat alkaloid pirilozidina. Pemberian ekstrak *A. conyzoides* dan *A. vulgaris* dapat menurunkan total kandungan protein pada bagian kepala ulat *Spodoptera litura*. Menurut Moreira *et al.* (2004), ekstrak babadotan-heksan dapat membunuh ngengat *Diaphania hyalinata* (Pyralidae), dan selanjutnya Moreira *et al.* (2007) mengemukakan bahwa ekstrak tersebut juga dapat menyebabkan kematian pada *Rhizopertha dominica* (Bostrichidae). Bawang putih mengandung zat Allicin. *Earias vitella* (Fab.) (Noctuidae) yang disemprot ekstrak bawang putih dapat menghambat oviposis dan kegagalan penetasan telur.

Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh daun babadotan dan umbi bawang putih yang dilarutkan dengan air, etanol, metanol dan heksan, serta minyak kemiri sunan dalam melindungi buah kakao dari serangan PBK.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi dan di perkebunan kakao PT Bumiloka Swakarya, Jampang, Sukabumi mulai bulan Januari-Desember 2012. Bahan tumbuhan yang digunakan sebagai bahan uji adalah simplisia daun babadotan, umbi bawang putih, dan minyak kemiri sunan. Insektisida berbahan aktif -sihalotrin digunakan sebagai bahan pembanding. Jenis pestisida ini berspektrum luas dan biasa dipakai oleh petani kakao.

Ekstraksi Bahan Nabati

1. Sediaan minyak kemiri sunan

Biji kemiri sunan berasal dari Garut, Jawa Barat. Biji yang telah kering dikempa untuk diambil minyaknya. Minyak disimpan di dalam jerigen pada suhu ruang sampai siap digunakan untuk pengujian.

2. Sediaan ekstrak kasar daun babadotan dan umbi bawang putih

Babadotan yang dipakai diambil dari wilayah sekitar Parungkuda, Sukabumi. Daun dicuci bersih dan dikeringanginkan, kemudian dihaluskan dengan blender dan diayak dengan pengayak bermata 0,5 mm. Demikian juga dengan umbi bawang putih. Umbi diperoleh dari pasar di wilayah Bogor. Bawang putih dikupas, dicuci bersih, dan dikeringanginkan. Pembuatan ekstrak kasar daun babadotan dan umbi bawang putih mengikuti metode Dadang dan Prijono (2008). Pelarut yang digunakan adalah etanol, metanol, heksan, dan air. Ekstrak kasar dimasukkan ke dalam botol kaca dan disimpan dalam lemari es pada suhu 5 °C sampai digunakan untuk pengujian.

Uji Kandungan Fitokimia

Kandungan fitokimia minyak kemiri sunan, ekstrak kasar daun babadotan dan umbi bawang putih dianalisis di Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor. Kelompok senyawa yang ingin diketahui di dalam pengujian ini adalah terpenoid, steroid, flavonoid, alkaloid, dan saponin secara kualitatif. Senyawa-senyawa tersebut mempengaruhi perilaku serangga, bahkan dapat menyebabkan kematian.

Uji Bahan Nabati di Perkebunan Kakao

Penelitian dilakukan di areal perkebunan kakao yang banyak terdapat serangan PBK. Jarak tanam 3X3 m². Perlakuan yang diuji adalah (1) ekstrak kasar babadotan-air (BA), (2) babadotan-etanol (BE), (3) babadotan-metanol (BM), (4) babadotan-heksan (BH), (5) bawang putih-air (PA), (6) bawang putih-etanol (PE), (7) bawang putih-metanol (PM), (8) bawang putih-heksan (PH), (9) minyak kemiri sunan (KS), (10) pestisida kimia (kontrol negatif), dan (11) air (kontrol positif). Ekstrak-ekstrak tersebut bersifat sebagai penolak hama (*repellent*) sehingga diharapkan imago PBK menjauh dan tidak bertelur pada buah kakao.

Percobaan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok, 11 perlakuan, 6 ulangan, dan tiap ulangan dipilih 10 buah kakao yang berukuran 9-10 cm. Buah terpilih diasumsikan belum terserang PBK. Ekstrak dilarutkan dengan air hingga diperoleh konsentrasi 1%. Aplikasi dilakukan dengan menyemprotkan larutan ke seluruh

permukaan buah secara merata, sebanyak dua kali dengan interval sebulan sekali. Pada bulan ketiga setelah perlakuan, buah kakao sudah ada yang siap di panen. Pengamatan dilakukan terhadap tingkat serangan PBK dan kerusakan buah yang dipanen.

Persentase buah yang terserang PBK dihitung dengan menggunakan rumus:

$$P = [(a)/(a+b)] \times 100 \%$$

Keterangan :

P = persentase buah kakao yang terserang PBK

A = jumlah buah kakao terserang PBK

B = jumlah buah kakao sehat

Kategori tingkat kerusakan buah didasarkan pada persentase biji lengket yang dinyatakan dalam 4 kategori, yaitu serangan bebas, ringan, sedang, dan berat (Tabel 1).

Tabel 1. Kategori tingkat kerusakan buah akibat serangan PBK

Table 1. Categories of pod damage level due to CPB infestation

Kategori tingkat kerusakan buah	Kriteria biji lengket	Nilai pembobot
Bebas	Semua biji kakao mudah dikeluarkan dari kulit buah, antar biji tidak lengket	0
Ringan	Semua biji dapat dikeluarkan dari kulit, biji tidak terlalu lengket (biji lengket <10%).	1
Sedang	Biji saling lengket tetapi masih dapat dikeluarkan dari kulit buah (biji lengket 10-50%).	3
Berat	Biji saling lengket dan tidak dapat dikeluarkan dari kulit buah (biji lengket >50%)	9

Sumber: Sulistyowati *et al.* (2007)

Intensitas serangan hama PBK pada buah kakao (X) dihitung dengan rumus :

$$X = [(0*Sh) + (1*R) + (3*S) + (9*B)] / (A)$$

Keterangan :

X = nilai intensitas serangan PBK

Sh = jumlah buah sehat

R = jumlah buah terserang ringan

S = jumlah buah terserang sedang

B = jumlah buah terserang berat

A = nilai skor tertinggi

Persentase kehilangan hasil dihitung berdasarkan persamaan intensitas serangan yang dikemukakan oleh Wardhani *et al.* (1997), yaitu dengan rumus:

$$Y = -0,0210 + 0,1005 X$$

Keterangan :

Y = Kehilangan hasil

X = Nilai intensitas serangan PBK

Nilai yang diperoleh dari persamaan di atas dikalikan dengan 100% untuk menunjukkan persentase kehilangan hasil akibat serangan PBK. Hasil pengamatan tingkat serangan PBK dan persentase kehilangan hasil pada perlakuan bahan uji dibandingkan dengan kontrol.

Nilai efikasi perlakuan juga dihitung berdasarkan pada tingkat serangan PBK dan persentase kehilangan hasil, yaitu dengan rumus ABBOT (Cyba-Geigy, 1982 dalam Sulistyowati *et al.*, 2007):

$$E = [(X - Y) / X] * 100\%$$

Keterangan:

E = nilai efikasi

X = persentase serangan pada kontrol

Y = persentase serangan pada perlakuan

Kriteria nilai efikasi adalah sebagai berikut:

1. Kategori
2. Kategori baik, jika nilai E = 50-69%
3. Kategori kurang baik, jika nilai E = 30-49%
- 4.

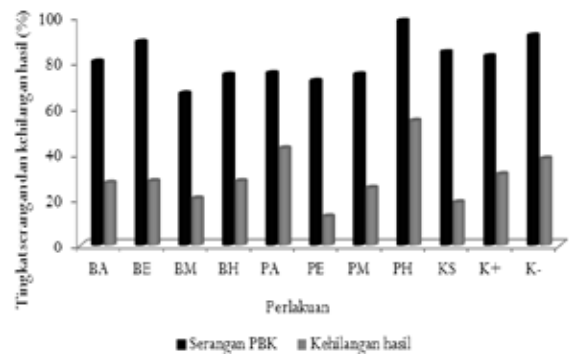
HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Bahan Nabati di Perkebunan Kakao

Upaya melindungi buah kakao dari serangan PBK dengan menggunakan ekstrak nabati menunjukkan hasil yang positif. Hasil analisis data persentase serangan PBK dan kehilangan hasil pada buah kakao ditampilkan pada Gambar 1. Secara umum terlihat bahwa persentase serangan PBK di lokasi penelitian cukup tinggi. Walaupun demikian tingkat serangan PBK pada buah, tidak selalu menggambarkan tingkat kehilangan hasil panen. Jadi walaupun buah menunjukkan gejala telah terserang PBK, belum tentu biji di dalam buah

mengalami kerusakan. Hal ini dipengaruhi oleh waktu buah tersebut diserang PBK.

Hama PBK aktif meletakkan telur pada saat buah berumur 75 hari (Sulistyowati *et al.*, 2002 dan Sulistyowati, 2003), dan pada saat itu buah berukuran sekitar 11 cm. Jika PBK menyerang buah yang telah berukuran lebih dari 15 cm atau berumur lebih dari 120 hari, umumnya kerusakan di dalam buah tidak terjadi. Hal ini dikarenakan pada saat itu buah telah memasuki masa pematangan dan buah sudah sempat dipanen ketika larva belum mencapai biji. Lama stadium telur PBK berkisar 2-7 hari, sedangkan larva berganti kulit 4 kali dalam waktu 14-18 hari di dalam buah kakao (Sjafaruddin, 1997). Ekstrak bawang putih dengan pelarut heksan tidak mampu melindungi buah kakao dari infestasi PBK. Hal ini terlihat dari persentase serangan PBK dan kehilangan hasil panen yang tertinggi (Gambar 1).



BA = babadotan-air, BE = babadotan-ethanol, BM = babadotan-methanol, BH = babadotan-hexane, PA = bawang putih-air, PE = bawang putih-ethanol, PM = bawang putih-methanol, PH = bawang putih-hexane, KS = minyak kemiri sunan, K+ = air, K- = -sihalotrin

BA = goat weed-water, BE = goat weed-ethanol, BM = goat weed-methanol, BH = goat weed-hexane, PA = garlic-water, PE = garlic-ethanol, PM = garlic-methanol, PH = garlic-hexane, KS = philippine tung oil, K+ = water, K- = -sihalotrin

Gambar 1. Rata-rata persentase serangan PBK dan kehilangan hasil pada buah contoh setelah penyemprotan dengan ekstrak babadotan, bawang putih dan minyak kemiri

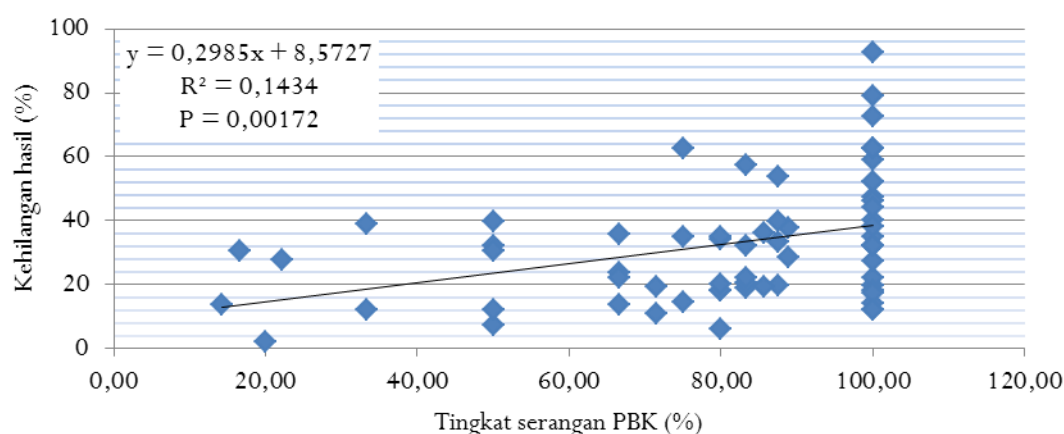
Figure 1. Average of percentage of CPB infestation and yield losses of sample pods after spraying with goat weed and garlic extracts as well as philippine tung oil

Regresi linear antara persentase serangan PBK dengan persentase kehilangan hasil panen dengan nilai R² sebesar 0,1434 diperlihatkan pada

Gambar 2. Berdasarkan pada regresi tersebut maka dapat diduga bahwa pada kondisi tidak ada serangan ($x=0$) maka persentase kehilangan hasil sekitar 8,572%, sedangkan jika serangan PBK meningkat sebesar 1% maka persentase kehilangan hasil juga akan mengalami peningkatan sebesar 0,298%.

Buah yang disemprot dengan ekstrak bawang putih dengan pelarut etanol (PE) diserang oleh PBK sama seperti pada perlakuan kontrol. Walaupun demikian, persentase kehilangan hasil buah kakao berbeda nyata dengan kontrol, baik

kontrol air maupun -sihalotrin. Persentase kehilangan hasil pada perlakuan PE sebesar 13,99%, sedangkan pada kontrol, yaitu yang disemprot air sebesar 33,63%, dan -sihalotrin sebesar 37,83%. Dengan demikian, ekstrak PE mampu menekan kehilangan hasil sebesar 58,40% dibanding kontrol air. Berdasarkan nilai efikasi, ekstrak ini termasuk kategori baik dengan nilai 63,01% dapat memperkecil kehilangan hasil akibat serangan PBK (Tabel 2).



Gambar 2. Hubungan antara tingkat serangan PBK (%) dan kehilangan hasil (%) buah kakao
Figure 2. Relationship between CPB infestation and yield loss of cocoa pod

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap tingkat serangan dan tingkat kehilangan hasil, serta nilai efikasinya terhadap PBK
Table 2. Treatments effect on level of CPB infestation and yield loss, and their efficacy value

Perlakuan	Tingkat serangan PBK (%)	Tingkat kehilangan hasil (%)	Nilai efikasi terhadap (%)*	
			Serangan PBK	Kehilangan hasil
BA	80,00 ab	27,38 ab	12,73	27,62
BE	88,89 ab	25,69 ab	3,03	32,09
BM	66,27 a	21,49 ab	27,71	43,19
BH	74,35 ab	28,11 ab	18,89	25,69
PA	75,00 ab	42,26 bc	18,18	-11,71
PM	74,44 ab	24,81 ab	18,79	34,41
PE	71,67 ab	13,99 a	21,82	63,01
PH	97,92 b	54,08 c	-6,81	-42,96
KS	82,34 ab	26,90 ab	10,18	28,89
Air (Kontrol +)	84,16 ab	33,63 b	8,19	11,10
-sihalotrin (Kontrol -)	91,67 ab	37,83 bc	0,00	0,00

Keterangan : *) dibandingkan -sihalotrin; BA = babadotan-air, BE = babadotan-etanol, BM = babadotan-metanol, BH = babadotan-heksan, PA = bawang putih-air, PE = bawang putih-etanol, PM = bawang putih-metanol, PH = bawang putih-heksan, dan KS = minyak kemiri sunan

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji BNT taraf 5%

Notes : *) compared to -sihalotrin; BA = goat weed-water, BE = goat weed-ethanol, BM = goat weed-methanol, BH = goat weed-hexane, PA = garlic-water, PE = garlic-ethanol, PM = garlic-methanol, PH = garlic-hexane, and KS = philippine tung oil
Numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to LSD test at 5% level

Ekstrak PE memiliki bau yang khas. Bau yang berasal dari ekstrak bawang putih dengan pelarut etanol tidak disukai oleh PBK karena lebih menyengat dibandingkan perlakuan lainnya. Bawang putih mengandung komponen kimia yang mengandung sulfur dan berbau tidak enak. Komponen kimia ini terdiri dari *allyl sulfide*, *allyl disulfate*, *allyl mercaptane*, *alun allicin* dan *alliin*. Oleh karena itu, ekstrak nabati dari bawang putih yang dilarutkan dengan etanol dapat digunakan sebagai salah satu bahan pembuatan formula pestisida nabati untuk melindungi buah dari serangan PBK. Ekstrak nabati BA, BE, BM, BH, dan KS menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan insektisida sintetik, namun demikian ekstrak-ekstrak tersebut masih dapat dimanfaatkan sebagai bahan substitusi penggunaan insektisida sintetik di lapang apabila kondisi memungkinkan.

Uji Fitokimia Bahan Nabati

Kandungan senyawa kimia yang terdapat dalam ekstrak nabati dan minyak nabati perlu diketahui untuk mengetahui jenis senyawa yang mempengaruhi perilaku serangga. Hasil pemeriksaan senyawa fitokimia pada bahan-bahan tersebut menunjukkan kandungan dan kadar yang berbeda. Semua bahan uji menunjukkan hasil positif terhadap pengujian golongan senyawa alkaloid, saponin, triterpenoid, dan glikosida (Tabel 3). Senyawa-senyawa tersebut dipercaya dapat mempengaruhi tingkah laku dan fisiologi serangga (Dadang dan Prijono, 2008). Beberapa penelitian mengenai pengaruh senyawa metabolit sekunder tersebut telah dilakukan pada beberapa jenis arthropoda, antara lain kumbang (Moreira *et al.*, 2007; Denloye, 2010), nematoda (Pavaraj *et al.*, 2010; Pon'e *et al.*, 2011), lepidoptera (Renuga dan Sahayaraj, 2009; Pandey *et al.*, 2011), dan kutu daun (Assis *et al.*, 2007).

Tabel 3. Penapisan fitokimia ekstrak kasar babadotan dan bawang putih, serta minyak kemiri sunan
Table 3. Phytochemical screening of crude extracts of goat weed and garlic, and philippine tung oil

Bahan uji	Golongan Senyawa							
	Alkaloid	Saponin	Tanin	Fenolik	Flavonoid	Triterpenoid	Steroid	Glikosida
BA	+	+	+	+	-	+	+	+
BE	+	+	+	+	+	+	+	+
BM	+	+	+	+	+	+	+	+
BH	+	+	+	+	+	+	+	+
PA	+	+	-	-	-	+	-	+
PE	+	+	-	-	+	+	-	+
PM	+	+	-	-	+	+	-	+
PH	+	+	-	-	+	+	-	+
KS	+	+	-	+	+	+	-	+

Keterangan : - = tidak mengandung senyawa tersebut; + = mengandung senyawa tersebut;
BA = babadotan-air, BE = babadotan-etanol, BM = babadotan-metanol, BH = babadotan-heksan, PA = bawang putih-air, PE = bawang putih-etanol, PM = bawang putih-metanol, PH = bawang putih-heksan, KS = minyak kemiri sunan
Notes : - = not contain these compounds; + = contain these compounds;
BA = goat weed-water, BE = goat weed-ethanol, BM = goat weed-methanol, BH = goat weed-hexane, PA = garlic-water, PE = garlic-ethanol, PM = garlic-methanol, PH = garlic-hexane, KS = philippine tung oil

Tabel 4. Kadar golongan senyawa saponin, flavonoid, dan tanin dalam ekstrak kasar dan minyak kemiri sunan
Table 4. The amount of saponins, flavonoids, and tannins compounds in crude extracts and philippine tung oil

Golongan senyawa	Bahan uji								
	BA	BE	BM	BH	PA	PE	PM	PH	KS
	 Kadar (%)								
Saponin	1,97	1,82	1,89	1,89	2,05	1,92	2,12	1,86	2,00
Flavonoid sebagai quersetin	0,26	2,66	4,02	4,83	0,76	0,72	0,96	0,77	0,03
Tanin (%)	6,25	4,22	5,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Keterangan : BA = babadotan-air, BE = babadotan-etanol, BM = babadotan-metanol, BH = babadotan-heksan, PA = bawang putih-air, PE = bawang putih-etanol, PM = bawang putih-metanol, PH = bawang putih-heksan, KS = minyak kemiri sunan
Notes : BA = goat weed-water, BE = goat weed-ethanol, BM = goat weed-methanol, BH = goat weed-hexane, PA = garlic-water, PE = garlic-ethanol, PM = garlic-methanol, PH = garlic-hexane, KS = philippine tung oil

Senyawa alkaloid merupakan salah satu kelompok metabolit sekunder tumbuhan yang jumlahnya paling besar. Ciri khas alkaloid adalah adanya satu atau lebih atom nitrogen pada senyawa siklik. Senyawa ini berperan sebagai pelindung tumbuhan dari serangan herbivora, yaitu mempengaruhi tingkah laku dan fisiologi hewan tersebut terutama serangga. Kebanyakan alkaloid berasa pahit (Dadang dan Prijono, 2008; Okigbo *et al.*, 2009). Tipe senyawa alkaloid pada babadotan adalah *pyrrolizidine alkaloids* (PA), yaitu *lycopsamine* dan *echinatine*. Keduanya bersifat toksik (Wiedenfeld dan Roder, 1991).

Saponin juga terdapat pada semua bahan perlakuan. Senyawa ini bersifat seperti sabun jika dilarutkan dalam air. Rasanya pahit dan bersifat *astringent*. Senyawa ini dapat menyebabkan hemolisis sel-sel darah merah pada hewan (Okwu, 2005; Francis *et al.*, 2012). Menurut Chaib (2010), saponin memiliki sifat insektisida yang dapat mempengaruhi perilaku makan, pertumbuhan, dan bahkan mematikan serangga. Kadar saponin tertinggi diperoleh dari ekstrak bawang putih dengan pelarut metanol (Tabel 4). Saponin mudah terekstraksi dengan pelarut etanol dan metanol.

Flavonoid ditemukan pada semua bahan uji, baik pada babadotan, bawang putih, maupun kemiri sunan, kecuali pada babadotan dan bawang putih dengan pelarut air (Tabel 3). Walaupun demikian, kandungan flavonoid sebagai quersetin dapat terdeteksi pada kedua jenis ekstrak dengan pelarut air tersebut. Senyawa quersetin adalah salah satu zat aktif kelas flavonoid yang secara biologis sangat kuat (Baghel *et al.*, 2012). Umumnya flavonoid terdapat pada tumbuhan yang mengandung zat warna. Kemungkinan zat-zat tersebut kurang terekstraksi dengan baik dalam pelarut air. Kadar quersetin pada babadotan paling tinggi daripada bawang putih dan kemiri sunan (Tabel 4). Hal ini disebabkan zat warna babadotan lebih pekat dari bawang putih, yaitu hijau kehitaman, sedangkan pada kemiri sunan walaupun berwarna kuning pekat, zatnya berbentuk minyak yang mengikat warna. Menurut Okigbo *et al.* (2010), flavonoid disintesis oleh tanaman sebagai respon terhadap infeksi mikroba, dan senyawa ini efektif melawan beragam mikroorganisme.

Senyawa tanin, fenolik, dan steroid hanya ditemukan pada ekstrak daun babadotan, baik yang

diekstrak dengan air, etanol, metanol, maupun heksan (Tabel 3 dan 4). Tanin merupakan senyawa kimia golongan senyawa polifenol. Senyawa ini mampu menghalangi penyerapan protein oleh tubuh (anti nutrisi) karena menghambat proteolitik menguraikan protein menjadi asam amino (Deaville *et al.*, 2010). Pembentukan kompleks ini karena ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, dan ikatan kovalen antara kedua senyawa tersebut (McSweeney, 2001). Menurut Ahadi (2003), tanin alami larut dalam air dan memberikan warna pada air dengan warna bervariasi. Oleh karena itu, kadar kandungan tanin dalam ekstrak babadotan dengan pelarut air diperoleh paling tinggi (Tabel 4).

KESIMPULAN

Penyemprotan ekstrak bawang putih dengan pelarut etanol konsentrasi 1% sebanyak dua kali dengan interval sebulan sekali pada buah kakao berukuran 9 cm dapat menurunkan kehilangan hasil sebesar 58,40% dengan nilai efikasi 63,01%. Ekstrak tersebut dapat dipakai sebagai salah satu bahan formula nabati untuk mengendalikan PBK.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahadi, M. R. 2003. Kandungan tanin terkondensasi dan laju dekomposisi pada serasah daun *rhizospora mucronata* lamk pada ekosistem tambak tumpangsari, Purwakarta, Jawa Barat. Skripsi Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Asaad, M. dan M. Willis. 2012. Kajian pestisida nabati yang efektif terhadap hama penggerek buah kakao (PBK) pada tanaman kakao di Sulawesi Selatan. *Suara perlindungan tanaman* 2 (2): 24-34.
- Assis, F. A., J. C. Moraes, and G. A. Assis. 2007. Efeito de extrato aquoso de bulbos de alho sobre o pulgao *Myzuz persicae* (Sulzer). *Rev. Ecosistema* 32 (1): 63-66.
- Baghel, S. S., N. Shrivastava, R. S. Baghel, P. Agrawal, and S. Rajput. 2012. A review of quercetin: Antioxidant and anticancer properties. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences* 1 (1): 146-160.
- Chaib, I. 2010. Saponins as insecticides: a review. *Tunisian Journal of Plant Protection* 5 (1): 39-50.
- Chisholm, R. H., J. Toledano, and M. N. Benalt. 2006. The role of the World Bank in supporting agriculture in Asia: the place for technology and innovation. Presentation at the 2006 Cocoa Symposium held Feb. 9-10, 2006 at The National Academies, Washington, DC. (www.cocoasyposium.com/2006/abstracts). [23 Maret 2012]

- Dadang dan Prijono. 2008. Insektisida Nabati: Prinsip, Pemanfaatan, dan Pengembangan. Departemen Proteksi Tanaman. Bogor. 163 hlm.
- Deaville, E. R., D. I. Givens, dan I. Mueller-Harvey. 2010. Chesnut and Mimmosa tannin silages: Effect in sheep differ for apparent digestibility, nitrogen utilization and losses. *Anim. Feed Sci.* 157: 129-138.
- Denloye, A. A. 2010. Bioactivity of powder and extracts from garlic, *Allium sativum* L. (Alliaceae) and spring Onion, *Allium fistulosum* L. (Alliaceae) against *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) on Cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp (Leguminosae) Seeds. *Psyche* Vol 2010, Article ID 958348. 5 p. Doi:10.1155/2010/958348
- Depparaba, F. 2002. Penggerek buah kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) dan penanggulangannya. *Jurnal Litbang Pertanian* 21 (2): 69-74.
- Dinas Perkebunan dan Hortikultura. 2008. Data Luas Serangan OPT Kabupaten Kolaka. Pemerintah Daerah Provinsi Sulawesi Tenggara. Kendari, Sulawesi Tenggara.
- Djamaluddin, R. dan M. Sjarifuddin. 2006. Kehilangan hasil akibat serangan hama penggerek buah kakao. Prosiding Seminar Nasional dan Ekspose Hasil Penelitian. Balai Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian. Kendari.
- Francis, G., Z. S. Kerem, H. P. S. Makkar, and K. Becker. 2002. The biological action of saponins in animal systems: a review. *British Journal of Nutrition* 88: 587-605.
- McSweeney, C. S., B. Palmer, D. M. McNeil, and D. O. Krause. 2001. Microbial interactions with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 91: 83-93.
- Moreira, M. D., M. C. Picanço, L. C. A. Barbosa, R. N. C. Guedes, M. R. de Campos, and G. A. Silva. 2004. Toxicity of leaf extracts of *Ageratum conyzoides* to Lepidoptera pests of horticultural crops. *Biological Agricultural and Horticultural* 22: 251-260.
- Moreira, M. D., M. C. Picanço, L. C. A. Barbosa, R. N. C. Guedes, M. R. Campos, G. A. Silva, and J. C. Martins. 2007. Plant compounds insecticide activity against Coleoptera pests of stored products. *Pesq. agropec. bras.* 42 (7): 909-915.
- Okigbo R. N., C. L. Anuagasi, and J. E. Amadi. 2009. Advances in selected medicinal and aromatic plants indigenous to Africa. *J. Med. Plant. Res.* 3 (2): 086-095.
- Okwu, D. E. 2005. Phytochemicals, Vitamins and Mineral contents of two Nigeria Medicinal plants. *Int. J. Mol. Med. Adv. Sci.* 1 (4): 375-381.
- Pandey, S., J. P. Pandey, and R. K. Tiwari. 2011. Effect of some botanicals on hemocytes and molting of *Papilio demoleus* larvae. *J. Entomol.* 9 p. DOI: 10.3923/je.2011
- Pavaraj, M., K. Karthikairaj, and M. K. Rajan. 2010. Effect of leaf extract of *Ageratum conyzoides* on the biochemical profile of blackgram *Vigna mungo* infected by root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *J. Biopest* 3 (1 Special Issue): 313-316.
- Pon'e, J. W., O. F. Tankoua, J. Yondo, M. C. Komtangi, M. Mbida, and C. F. Bilong Bilong. 2011. The In Vitro Effects of Aqueous and Ethanolic Extracts of the Leaves of *Ageratum conyzoides* (Asteraceae) on Three Life Cycle Stages of the Parasitic Nematode *Heligmosomoides bakeri* (Nematoda: Heligmosomatidae). *Veterinary Medicine International* Article ID 140293. 5 p. DOI:10.4061/2011/140293
- Rahman, A. dan F. A. Talukder. 2006. Bioefficacy of some plant derivatives that protect grain against the pulse beetle, *Callosobruchus maculatus*. *Journal of Insect Science* 6 (3): 1-10.
- Renuga, B. F. dan K. Sahayaraj. 2009. Influence of botanicals in total head protein of *Spodoptera litura* (Fab.). *Journal of Biopesticides* 2 (1): 52-55.
- Sjarifuddin. 1997. Pengendalian Penggerek Buah Kakao. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. Kendari.
- Sulistiyowati, E., D. J. Yohanes, dan E. Mufrihati. 2002. Kajian Ekobiologi dan Metode Pengendalian Jasad Pengganggu Utama untuk Mendukung PHT Pada Tanaman Kakao. Laporan Proyek Penelitian PHT Perkebunan Rakyat TA 2001. 24 hlm.
- Sulistiyowati, E. 2003. Pengendalian Hama Utama, Teknik Pengamatan dan Pengendaliannya Pada Tanaman Kakao, Teknik Budidaya dan Pengolahan Hasil Kakao. Puslitkoka. Jember.
- Sulistiyowati, E., E. Mufrihati, dan S. Wardani. 2007. Potensi insektisida berbahan aktif ganda sipermetrin plus klorpirifos dalam mengendalikan penggerek buah kakao, *Conopomorpha cramerella* Snell. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia* 23 (3): 159-167.
- Wardani, S., H. Winarno, dan E. Sulistiyowati. 1997. Model pendugaan kehilangan hasil akibat serangan hama penggerek buah kakao. *Pelita Perkebunan* 13: 33-39.
- Wiedenfeld, H. and E. Roder. 1991. Pyrrolizidine alkaloids from *Ageratum conyzoides*. *Planta Med.* 57: 578-579.
- World Cocoa Foundation. 2008. World Cocoa Foundation website www.worldcocoafoundation.org/info-center [7 Januari 2012].

ANALISIS FAKTOR-FAKTOR YANG MEMPENGARUHI ADOPSI BENIH UNGGUL KOPI DI LAMPUNG

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING THE ADOPTION OF COFFEE SUPERIOR SEEDS IN LAMPUNG

*Dewi Listyati, Bedy Sudjarmoko, dan Abdul Muis Hasibuan

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

[*dewi_listyati@yahoo.com](mailto:dewi_listyati@yahoo.com)

(Tanggal diterima: 20 Maret 2013, direvisi: 10 April 2013, disetujui terbit: 26 Juni 2013)

ABSTRAK

Pengembangan kopi (*Coffea* sp.) di Indonesia sebagian besar merupakan perkebunan rakyat. Produktivitasnya masih rendah karena umumnya tidak menggunakan benih unggul, sedangkan benih unggul memiliki peranan penting dalam mencapai keberhasilan usahatani kopi. Penelitian bertujuan mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pertimbangan petani dalam mengadopsi benih unggul kopi. Penelitian dilakukan secara survey di Provinsi Lampung pada bulan September-Oktober 2012. Analisis data dilakukan secara deskriptif serta menggunakan *Structural Equation Model* (SEM). Hasil analisis menunjukkan bahwa adopsi benih unggul kopi oleh petani dipengaruhi secara langsung oleh persepsi petani terhadap benih dan ketersediaan benih unggul. Kedua variabel ini memberikan pengaruh yang positif terhadap adopsi benih unggul kopi. Beberapa indikator yang merefleksikan persepsi petani terhadap benih unggul kopi, yaitu produktivitas, ketahanan terhadap hama dan penyakit, umur panen, umur produktif, efisiensi penggunaan pupuk, kemudahan dalam pemeliharaan, dan kualitas benih. Sedangkan faktor eksternal dan karakteristik petani memberikan pengaruh tidak langsung terhadap adopsi teknologi melalui persepsi terhadap benih dan ketersediaan benih.

Kata Kunci: *Coffea* sp., adopsi, benih unggul, persepsi

ABSTRACT

Coffee (*Coffea* sp.) development in Indonesia are mostly in smallholders plantation. Their productivity are still low due to generally not using the superior seeds, while superior seeds have an important role in achieving the success of coffee farming. The objective of this research was to determine the factors that affected farmers to adopt coffee superior seeds. This research was conducted in survey methods in Lampung Province from September to October 2012. Data were analyzed using descriptive and *Structural Equation Model* (SEM). Results showed that the adoption of superior seeds by farmers were affected directly by perception on seeds and availability of superior seeds. Both of these variables have a positive effect to increase adoption. Several indicators that reflect the farmers perception on coffee superior seeds were productivity, resistance to pests and diseases, harvesting age, productive age, fertilizer use efficiency, ease of cultivation, and seeds quality. The external factor and farmer characteristics are affect indirectly on adoption through perception and availability of seeds.

Keywords: *Coffea* sp., adoption, superior seed, perception

PENDAHULUAN

Pengembangan kopi di Indonesia sudah dimulai sejak dari jaman pendudukan Belanda, namun sampai sekarang masih menghadapi masalah seperti produktivitas yang rendah. Peningkatan produktivitas tanaman kopi Indonesia berturut-turut dari tahun 2008-2010 sebesar 716 kg/ha, 723 kg/ha, dan 740 kg/ha masih jauh di bawah potensi produksinya, yaitu 2 ton/ha (Ditjenbun, 2011). Rendahnya produktivitas tanaman kopi disebabkan oleh banyak faktor, terutama karena pengusahaan kopi di Indonesia didominasi oleh perkebunan rakyat dengan skala usaha kecil, teknologi pengelolaan sederhana, menggunakan benih asalan bukan benih unggul, dan banyak tanaman yang sudah berumur tua atau rusak karena terserang hama/penyakit.

Umumnya tanaman yang berasal dari benih asalan produksinya rendah dan kemungkinan akan lebih rentan terhadap serangan hama/penyakit, bila dibandingkan menggunakan benih unggul. Kopi adalah tanaman tahunan, oleh karena itu usaha kebun kopi merupakan investasi jangka panjang yang sangat rentan terhadap berbagai risiko. Sebagai alternatif yang efisien untuk mengantisipasi risiko tersebut, maka adopsi teknologi terutama penggunaan benih unggul sangat perlu. Penggunaan benih unggul untuk komoditas kopi dapat dipandang sebagai sarana lindung nilai terhadap risiko produksi yang sangat rentan terjadi jika menggunakan benih asalan (Kondouri *et al.*, 2006). Sebagaimana dinyatakan Hasnam (2007) peran benih varietas unggul sangat penting sebagai teknologi yang digunakan untuk menentukan batas produktivitas yang bisa dicapai, kualitas produk yang dihasilkan, efisiensi berproduksi, dan lain-lain. Wahyudi (2011) mengemukakan bahwa adopsi benih unggul merupakan salah satu penentu keberhasilan pembangunan perkebunan dan merupakan pintu masuk bagi inovasi lainnya karena benih unggul akan menunjukkan kinerjanya bila disertai aplikasi inovasi lainnya.

Benih mempunyai peran penting, tetapi sebagian petani kopi masih menggunakan benih asalan dan setiap petani tentu memiliki alasan mengapa belum mengadopsi benih kopi yang unggul. Pertimbangan dan keputusan petani untuk mengadopsi benih unggul atau tidak dipengaruhi

oleh banyak faktor. Upaya akselerasi adopsi benih unggul oleh petani sangat diperlukan agar usahatani kopi mampu memberikan tingkat keuntungan yang lebih tinggi kepada petani. Oleh karena itu, proses adopsi inovasi teknologi termasuk benih unggul merupakan proses yang sangat kompleks karena proses tersebut merupakan proses mental yang mengakibatkan perubahan perilaku petani. Hal ini dapat dipandang baik dari sisi pengetahuan (*cognitive*), sikap (*affective*), maupun ketrampilan (*psychomotor*) sehingga memutuskan untuk mengadopsi suatu inovasi. Proses adopsi teknologi menjadi rumit juga turut dipengaruhi oleh faktor teknis dan sosial ekonomi (Mardiharini *et al.*, 1990).

Beberapa penelitian tentang adopsi teknologi sudah dilakukan, di antaranya oleh Weir dan Knight (2000) dan Abdoulaye (2002) yang menyatakan bahwa pengetahuan petani terhadap teknologi sangat berpengaruh dalam mengadopsi teknologi. Menurut Olwande *et al.* (2009) umur, pendidikan, kredit, akses ke pasar, dan potensi agroekologi juga berperan sangat penting. Selain itu, faktor penting yang berpengaruh adalah intervensi faktor eksternal seperti penyuluhan dan kelembagaan di tingkat petani (Hoshide, 2002; Pribadi *et al.*, 2002; Giroh, *et al.*, 2006; Bittinger, 2010). Hasil penelitian Listyati *et al.*, (2011) melaporkan adopsi teknologi gambir sangat dipengaruhi oleh tingkat pendidikan petani, jumlah tanggungan keluarga, luas lahan usahatani serta pendapatan usahatani. Selanjutnya Wahyudi dan Hasibuan (2011) menunjukkan adopsi teknologi lada oleh petani sangat ditentukan tingkat kemampuan petani yang diindikasikan dari tingkat penghasilan petani (modal), pengetahuan petani (pendidikan, pelatihan dan aktivitas penyuluhan) serta pengalaman petani dalam berusahatani lada.

Berbagai klon benih unggul kopi sudah ada namun sebagian petani masih belum mengadopsinya. Menurut Rogers (2003) proses adopsi terdiri dari 5 tahap, yaitu (1) tahap pengetahuan (*knowledge*), dalam tahap ini, seseorang belum memiliki informasi mengenai inovasi baru. Untuk itu informasi mengenai inovasi tersebut harus disampaikan melalui berbagai saluran komunikasi yang ada, bisa melalui media elektronik, media cetak, maupun komunikasi interpersonal di antara masyarakat; (2) tahap

persuasi (*persuasion*), yaitu tahap dimana proses adopsi lebih banyak dalam tingkat pemikiran calon pengguna. Seseorang akan mengukur keuntungan yang akan ia dapat jika mengadopsi inovasi tersebut secara personal. Berdasarkan evaluasi dan diskusi dengan orang lain, ia mulai cenderung untuk mengadopsi atau menolak inovasi tersebut; (3) tahap pengambilan keputusan (*decision*), yaitu tahap seseorang membuat keputusan akhir apakah mereka akan mengadopsi atau menolak sebuah inovasi. Setelah melakukan pengambilan keputusan, masih terdapat kemungkinan perubahan dalam proses pengadopsian; (4) tahap implementasi (*implementation*), yaitu seseorang mulai menggunakan inovasi sambil mempelajari lebih jauh tentang inovasi tersebut; dan (5) tahap konfirmasi (*confirmation*), yaitu tahap dimana setelah sebuah keputusan dibuat, seseorang kemudian akan mencari pembenaran atas keputusan mereka. Apakah inovasi tersebut diadopsi ataupun tidak, seseorang akan mengevaluasi akibat dari keputusan yang mereka buat. Setelah tahap ini, masih terdapat peluang seseorang kemudian mengubah keputusan yang tadinya menolak jadi menerima inovasi setelah melakukan evaluasi, dan sebaliknya.

Beberapa tahapan yang dilalui dalam proses adopsi teknologi seperti yang diuraikan di atas serta banyaknya faktor yang berpengaruh menyebabkan proses adopsi benih unggul kopi oleh petani menjadi sangat perlu untuk diketahui. Hal ini penting sebagai informasi bagi seluruh pemangku kepentingan dalam upaya percepatan adopsi benih unggul kopi oleh petani. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi pertimbangan petani dalam mengadopsi benih unggul kopi di Provinsi Lampung.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan secara survey pada bulan September-Oktober 2012. Lokasi penelitian dipilih secara sengaja (*purposive*) di Kabupaten Lampung Barat (Kecamatan Air Hitam, Way Tenong, Balik Bukit, Sumber Jaya) yang merupakan sentra utama kopi di Provinsi Lampung, dan di Kabupaten Lampung Utara

(Kecamatan Abung Tinggi). Petani responden diambil secara acak sebanyak 105 orang.

Data yang digunakan adalah data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui wawancara langsung dengan petani kopi dengan menggunakan kuesioner, sedangkan data sekunder diperoleh dari Direktorat Jenderal Perkebunan dan Dinas Perkebunan Provinsi Lampung. Analisis data dilakukan secara deskriptif serta menggunakan *Structural Equation Model* (SEM), yang dalam penerapannya dapat menggunakan beberapa perangkat lunak di antaranya LISREL dan AMOS (Wijanto, 2008). Model persamaan struktural (SEM) disusun berdasarkan hasil identifikasi variabel laten yang diduga berpengaruh terhadap adopsi benih unggul kopi. Identifikasi variabel laten tersebut dilakukan berdasarkan hasil studi pustaka dan hasil-hasil penelitian sebelumnya. Variabel indikator merupakan variabel-variabel terukur yang mampu merefleksikan perilaku variabel laten. Formulasi model persamaan struktural faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul kopi menggambarkan hubungan antar variabel laten (Gambar 1). Secara matematis model persamaan struktural tersebut sebagai berikut:

$$\text{Adopsi benih} = \mathbf{b}_1 \text{Karakteristik petani} + \mathbf{b}_2 \text{Ketersediaan benih} + \mathbf{b}_3 \text{Harga benih} + \mathbf{b}_4 \text{Pengaruh eksternal} + \mathbf{g} \text{Persepsi terhadap benih} \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Persepsi terhadap benih} = \mathbf{b}_5 \text{Harga benih} + \mathbf{b}_6 \text{Pengaruh eksternal} + \mathbf{b}_7 \text{Karakteristik petani} + \mathbf{b}_8 \text{Ketersediaan benih} \dots\dots\dots(2)$$

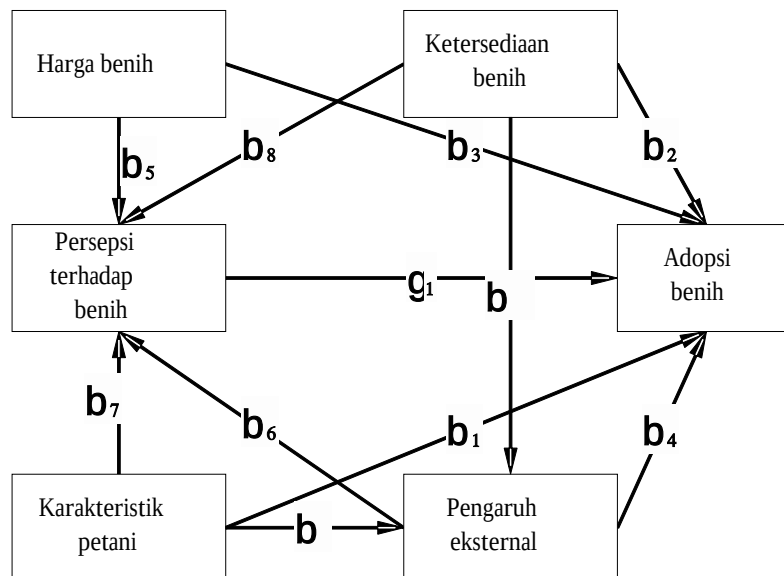
$$\text{Pengaruh eksternal} = \mathbf{b}_9 \text{Karakteristik petani} + \mathbf{b}_{10} \text{Ketersediaan benih} \dots\dots\dots(3)$$

Untuk mengukur variabel laten yang terlibat dalam model persamaan struktural, digunakan variabel indikator (*manifest*) dari masing-masing variabel laten (Tabel 1).

Untuk menguji kebaiknaan (*goodness of fit*) model SEM, digunakan kriteria *Chi-Square* (

Tabel 1. Variabel laten dan indikator model SEM adopsi benih unggul kopi
Table 1. Latent and manifest variable of coffee superior seed adoption SEM model

No	Variabel laten	Simbol	Variabel indikator
A	Adopsi benih unggul	Y_1	Tahap pengetahuan (<i>knowledge</i>)
		Y_2	Tahap persuasi (<i>persuasion</i>)
		Y_3	Tahap pengambilan keputusan (<i>decision</i>)
		Y_4	Tahap implementasi (<i>implementation</i>)
		Y_5	Tahap konfirmasi (<i>confirmation</i>)
B	Karakteristik petani	$X_{1.1}$	Umur petani
		$X_{1.2}$	Tingkat pendidikan petani
		$X_{1.3}$	Pengalaman dalam berusahatani
C	Faktor eksternal	$X_{2.1}$	Demplot penggunaan benih unggul
		$X_{2.2}$	Penyuluhan tentang benih unggul
		$X_{2.3}$	Buku panduan / juklak / juknis / leaflet / poster
		$X_{2.4}$	Kelompok tani
		$X_{2.5}$	Bantuan pemerintah
D	Harga benih	$X_{3.1}$	Harga benih/bibit
		$X_{3.2}$	Kesesuaian harga benih dengan kualitasnya
E	Ketersediaan benih	$X_{4.1}$	Ketersediaan benih
		$X_{4.2}$	Akses / kemudahan mendapatkan benih
F	Persepsi terhadap benih	$X_{5.1}$	Produktivitas tanaman dengan menggunakan benih unggul
		$X_{5.2}$	Ketahanan terhadap hama dan penyakit
		$X_{5.3}$	Kecepatan panen
		$X_{5.4}$	Umur produktif
		$X_{5.5}$	Efisiensi penggunaan pupuk
		$X_{5.6}$	Kemudahan pemeliharaan
		$X_{5.7}$	Kualitas benih
		$X_{5.8}$	Daya tumbuh benih



Gambar 1. Model persamaan struktural faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul kopi
Figure 1. Structural equation model for factors that affecting coffee superior seeds adoption

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Provinsi Lampung merupakan penghasil utama kopi di Indonesia meskipun dari luasannya menempati posisi kedua setelah Provinsi Sumatera

Selatan yang memiliki luas 256.138 ha serta produksi 138.385 ton. Luas perkebunan kopi di Lampung 162.342 ha dengan produksinya mencapai 145.025 ton atau 21,11% dari total produksi kopi Indonesia tahun 2010 (686.921 ton) sehingga secara nasional perannya cukup penting di

sektor perkebunan (Ditjenbun, 2011). Secara geografis Provinsi Lampung terletak pada 103°40'-105°50' BT dan 6°45'-3°45' LS dengan batas-batas wilayah sebagai berikut: sebelah utara dengan Provinsi Sumatera Selatan dan Bengkulu, sebelah selatan dengan Selat Sunda, sebelah timur dengan Laut Jawa dan sebelah barat dengan Samudera Indonesia. Luas wilayah Provinsi Lampung tercatat 3.528.835 ha yang terdiri dari 12 kabupaten dan 2 kota. Kabupaten Lampung Barat merupakan kabupaten terluas (495.040 ha), sedangkan wilayah yang terkecil Kota Metro (6.179 ha). Berdasarkan Schmidt dan Ferguson, daerah Lampung dibagi menjadi 3 tipe hujan, yaitu tipe hujan A, B, dan C. Tipe hujan B meliputi daerah yang luas, sedangkan tipe hujan A terdapat di dua kelompok, yaitu sekitar Bukit Kemuning, Tulang Buyut, Blambangan Umpu membujur ke arah Timur Laut Tenggara, sepanjang Bukit Barisan, dan Teluk Semangka. Tipe hujan C di sekitar Gedong Tataan, Tegineneng, dan Metro. Topografi daerah Lampung dibedakan atas daerah berbukit sampai bergunung, daerah berombak sampai bergelombang, daerah daratan, rawa pasang surut, dan daerah river basin. Jenis tanah di daerah Lampung terdiri dari 8 jenis tanah, yaitu alluvial, regusol, hydromorf, laterit, andosol, podsolik coklat, latosol, dan podsolik merah kuning.

Sampai saat ini sektor perkebunan di provinsi Lampung perannya cukup penting sebagai sumber pendapatan masyarakat, pendapatan daerah, dan penyumbang devisa. Total produksi kopi Robusta dan Arabika di Provinsi Lampung pada tahun 2010 mencapai 145.025 ton dari areal seluas 162.342 ha. Perkebunan kopi di Provinsi Lampung berkembang luas tersebar di berbagai kabupaten dengan didominasi kopi Robusta (lebih dari 99,9%), dan sebagian besar dari kopi yang dihasilkan dari wilayah ini untuk diekspor. Pada tahun 2010 volume ekspor kopi dari Lampung mencapai 266.658,01 ton dengan nilai US\$ 386.670.049 (Disbun Provinsi Lampung, 2011). Sampai saat ini tanaman kopi di Lampung semuanya merupakan perkebunan rakyat dan menjadi sumber pendapatan bagi 230.823 KK petani. Pada tahun 2011 luasnya 161.577 ha dengan produksi 144.526 ton (Ditjenbun, 2012). Dari luasan tersebut,

sebanyak 37,28% berada di Kabupaten Lampung Barat (Tabel 2).

Permasalahan utama yang dihadapi petani kopi adalah rendahnya produktivitas tanaman yang masih berkisar 0,7-1,0 ton biji kopi per hektar, sedangkan potensinya dapat mencapai 2 ton per hektar. Masih banyak dijumpai petani yang mengembangkan kopi Robusta dengan menggunakan bahan tanam dari pohon yang berbuah lebat atau dari benih sapuan. Hal ini menjadi salah satu penyebab rendahnya produktivitas tanaman yang dicapai karena kopi Robusta bersifat menyerbuk silang. Oleh karena itu, penanamannya harus poliklonal, 3-4 klon untuk setiap satuan hamparan kebun. Kopi Robusta apabila ditanam pada kondisi lingkungan berbeda juga sering menunjukkan reaksi berbeda. Komposisi klon kopi Robusta untuk suatu kondisi lingkungan tertentu harus berdasarkan pada stabilitas daya hasil, kompatibilitas (keserempakan saat berbunga) antar klon untuk kondisi lingkungan tertentu serta keseragaman ukuran biji. Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas tanaman kopi Robusta adalah dengan menggunakan bahan tanam berupa benih kopi dari klon unggul sesuai dengan kondisi lingkungan setempat.

Lampung dikenal sebagai sentra penghasil kopi Robusta sedangkan, kopi Arabika kurang sesuai. Dari data statistik perkebunan Lampung (2011) kopi Arabika hanya seluas 45 ha dengan produksi 10 ton yang diusahakan oleh 64 KK petani. Produktivitasnya sangat rendah hanya 345 kg/ha karena 35,55% tanaman kopi Arabika dalam keadaan tua atau rusak (TTR). Lokasi penyebaran kopi Arabika di Lampung terdapat di Kabupaten Lampung Barat 5 ha (TM 4 ha dan TTR 1 ha) dan Pesawaran seluas 40 ha (TM 25 ha dan TTR 15 ha).

Sebagai upaya untuk meningkatkan produksi, produktivitas, dan mutu tanaman perkebunan berkelanjutan, Provinsi Lampung memperoleh Dana Tugas Pembantuan (TP) Provinsi dari Direktorat Jenderal Perkebunan. Program tersebut di antaranya untuk perluasan, peremajaan dan rehabilitasi tanaman kopi di Kabupaten Lampung Barat seluas 80 ha dengan bantuan bibit 800 batang (Disbun Provinsi Lampung, 2011).

Tabel 2. Luas areal dan produksi kopi Robusta Perkebunan Rakyat di Provinsi Lampung tahun 2011
Table 2. Area and production of smallholders Robusta coffee in Lampung Province, 2011

No.	Kabupaten	Luas areal (Ha)				Produksi (ton)	Produktivitas (kg/ha)	Jumlah petani (KK)
		Tanaman belum menghasilkan	Tanaman menghasilkan	Tanaman tua rusak	Total			
1	Lampung Selatan	91	971	218	1.280	911	938	1.829
2	Lampung Tengah	258	1.323	22	1.603	870	658	2.290
3	Lampung Timur	74	826	11	911	545	660	1.301
4	Lampung Utara	2.278	14.004	308	16.590	12.217	872	23.700
5	Way Kanan	270	20.176	1.488	21.934	19.427	963	31.334
6	Lampung Barat	3.469	55.892	875	60.236	61.229	1.095	86.051
7	Tulang Bawang	18	52	21	91	39	750	130
8	Tanggamus	2.896	37.314	4.312	44.883	36.810	986	63.603
9	Bandar Lampung	120	104	-	222	23	221	320
10	Pesawaran	50	4.650	118	5.149	3.819	821	6.883
11	Pringsewu	399	8.255	134	9.063	8.325	1.008	12.554
12	Tulang Bawang Barat	76	80	-	125	76	950	223
13	Mesuji	25	301	53	404	225	748	541
Provinsi Lampung		10.024	143.948	7.560	161.532	144.516	1.004	230.759

Sumber / Source: Ditjenbun (2012)

Karakteristik Petani Responden

Untuk mengetahui adopsi benih unggul kopi, dilakukan wawancara dengan petani kopi sebanyak 105 orang. Petani responden yang diwawancara memiliki karakteristik yang sangat beragam (Tabel 3).

Tabel 3. Karakteristik petani responden
Table 3. Farmers characteristics

No	Uraian	Persentase
1	Umur Responden	
a.	Kurang dari 30 tahun	10,48
b.	31 - 40 tahun	35,24
c.	41 - 50 tahun	37,14
d.	Lebih dari 51 tahun	17,14
2	Tingkat Pendidikan Responden	
a.	SD	63,81
b.	SLTP	15,24
c.	SLTA	20,95
d.	Perguruan Tinggi	0,00
3	Pengalaman berusahatani kopi	
a.	Kurang dari 5 tahun	10,48
b.	5 - 10 Tahun	36,19
c.	10 - 20 Tahun	33,33
d.	Lebih dari 20 tahun	20,00
4	Usaha lain di luar usahatani kopi	
a.	Tidak ada	29,52
b.	Pedagang	7,62
c.	PNS/TNI/POLRI	0,95
d.	Wirausaha	20,00
e.	Lainnya	41,90
5	Luas lahan	
a.	Kurang dari 1 ha	44,76
b.	1 - 3 ha	49,52
c.	Lebih dari 3 ha	5,71
6	Luas kebun kopi	
a.	Kurang dari 1 ha	60,00
b.	1 - 3 ha	37,14
c.	Lebih dari 3 ha	2,86

Berbagai hasil penelitian menunjukkan bahwa umur memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan tingkat adopsi teknologi, umur yang relatif muda pada umumnya lebih terbuka terhadap teknologi baru sehingga lebih berpeluang untuk mengadopsinya. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa komposisi umur petani kopi di bawah 40 tahun hanya 45,72%. Selain umur, tingkat pendidikan juga berperan sangat penting terhadap adopsi teknologi dimana petani dengan tingkat pendidikan yang lebih tinggi lebih mudah mengadopsi teknologi seperti benih unggul. Tingkat pendidikan petani kopi didominasi tingkat pendidikan yang masih sangat rendah, sebanyak 63,81% petani kopi hanya mengenyam pendidikan sekolah dasar (SD).

Pengalaman petani juga berperan penting dalam adopsi benih unggul. Namun demikian, sebagai tanaman tahunan pengalaman berusahatani erat kaitannya dengan awal penanaman tanaman kopi yang dilakukan oleh petani sehingga petani yang terlibat dalam usahatani lebih lama dalam usahatani kopi memiliki peluang yang lebih rendah dalam mengadopsi benih unggul. Hasil survey menunjukkan bahwa sebanyak 53,33% petani kopi memiliki pengalaman berusahatani lebih dari 10 tahun. Usaha lain di luar usahatani kopi berperan penting dalam rangka menyokong ekonomi rumah tangga petani serta berpeluang sebagai penyedia modal tambahan bagi petani dalam rangka mengadopsi benih unggul. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar petani kopi

memiliki usaha lain di luar usahatani kopi. Hal ini dapat dilihat dari jumlah petani yang tidak memiliki usaha lain, yaitu 29,52%. Terkait dengan penguasaan lahan usahatani kopi yang relatif sempit memiliki pola yang hampir sama dengan komoditas lain di Indonesia. Dalam hal keterkaitannya dengan adopsi benih unggul, penguasaan lahan yang sempit cenderung menyebabkan keengganan petani untuk menggunakan benih unggul. Hasil survey menunjukkan bahwa luas kepemilikan lahan petani kopi di bawah 1 ha mencapai 44,76%. Bahkan luas lahan yang digunakan untuk usahatani kopi di bawah 1 ha mencapai 60%. Hal ini mengindikasikan bahwa usahatani kopi masih diusahakan dalam skala yang relatif kecil. Namun demikian, usahatani kopi sudah dijadikan petani sebagai komoditas utama dimana sebagian besar lahan yang dimiliki digunakan untuk menanam komoditas ini.

Model Persamaan Struktural Adopsi Benih Unggul Kopi

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul kopi digunakan model persamaan struktural. Sebelum menganalisis hubungan antar variabel, terlebih dahulu dilakukan evaluasi terhadap tingkat kebaikan model yang telah diestimasi. Evaluasi dilakukan dengan menggunakan beberapa kriteria, yaitu *Chi-Square* (χ^2), *P-value*, *CMIN/df*, *Root Mean Square Error of*

Approximation (RMSEA), *Goodness of Fit Index* (GFI), dan *Adjusted Goodness of Fit Index* (AGFI). Hasil pengujian kebaiksuaian model awal yang dilakukan menunjukkan bahwa dari 6 kriteria yang diuji, hanya 1 kriteria yang *Food fit* (CMIN/df), dan satu kriteria marjinal fit (GFI) (Tabel 4). Untuk itu, perlu dilakukan respesifikasi terhadap model untuk mendapatkan model yang lebih fit sehingga layak untuk menggambarkan kondisi empiris.

Hasil respesifikasi model menunjukkan bahwa ada perbaikan kebaiksuaian model dari model awal. Dari 6 kriteria yang diuji, satu kriteria menyatakan bahwa model tersebut fit, tiga kriteria marjinal fit dan dua kriteria tidak fit (Tabel 5). Kriteria yang tidak fit seperti χ^2 dapat disebabkan kriteria tersebut merupakan ukuran yang sangat sensitif terhadap jumlah observasi sehingga evaluasi alternatif yang digunakan adalah rasio antara χ^2 dengan derajat bebas (df) (Hoe, 2008). Dengan kriteria tersebut, rasio antara χ^2 dengan derajat bebas (df) yang lebih kecil dari 3 sudah memenuhi persyaratan bahwa model tersebut cukup fit (Kline, 2011). Dengan demikian, nilai χ^2/df yang diperoleh sebesar 1,961. Hal ini mengindikasikan bahwa model persamaan struktural adopsi benih unggul kopi cukup fit. Nilai GFI sebesar 0,745 mengindikasikan bahwa sebesar 74,5% dari varians dan covarians dapat dijelaskan oleh model.

Tabel 4. Kebaiksuaian model awal persamaan struktural adopsi benih unggul kopi
Table 4. Goodness of fit for initial superior seed adoption structural equation model

No	Kriteria indeks ukuran	Nilai acuan	Hasil pengujian	Keterangan
1	Chi-Square (χ^2)	Sekecil mungkin	614,794	Tidak Fit
2	P-value		0,000	Tidak Fit
3	CMIN/df		2,277	Good Fit
4	RMSEA		0,111	Tidak Fit
5	GFI	Mendekati 1	0,694	Marjinal Fit
6	AGFI	Mendekati 1	0,631	Tidak Fit

Keterangan/Notes: CMIN/df=Normed Chi Square, RMSEA=Root Mean Square Error of Approximation, GFI=Goodness of Fit Index, AGFI=Adjusted GFI

Tabel 5. Kebaiksuaian model persamaan struktural adopsi benih unggul kopi hasil respesifikasi
Table 5. Goodness of fit for respecification superior seed adoption structural equation model

No	Kriteria indeks ukuran	Nilai acuan	Hasil pengujian	Keterangan
1	Chi-Square (χ^2)	Sekecil mungkin	490,257	Tidak fit
2	P-value		0,000	Tidak fit
3	CMIN/df		1,961	Good fit
4	RMSEA		0,096	Marjinal fit
5	GFI	Mendekati 1	0,745	Marjinal fit
6	AGFI	Mendekati 1	0,668	Marjinal fit

Keterangan/Notes: CMIN/df=Normed Chi Square, RMSEA=Root Mean Square Error of Approximation, GFI=Goodness of Fit Index, AGFI=Adjusted GFI

Penelitian ini menggunakan 6 variabel laten, yaitu adopsi benih unggul, karakteristik petani, pengaruh eksternal, harga benih, ketersediaan benih, dan persepsi terhadap benih. Variabel laten pada model SEM merupakan variabel tidak terukur sehingga untuk mengukurnya dilakukan melalui variabel indikator masing-masing. Hasil pengolahan data untuk model SEM kopi menunjukkan bahwa variabel laten adopsi

benih unggul mampu direfleksikan oleh empat variabel indikatornya pada taraf 1%, yaitu tingkat adopsi sudah mencapai tahap persuasi (*persuasion*), tahap pengambilan keputusan (*decision*), tahap implementasi (*implementation*), dan tahap konfirmasi (*confirmation*) (Tabel 6). Karakteristik petani juga dapat direfleksikan oleh indikator tingkat pendidikan pada taraf 1% dan pengalaman berusahatani kopi pada taraf nyata 5%.

Tabel 6. Refleksi variabel laten oleh variabel indikator pada model SEM adopsi benih unggul kopi
Table 6. Reflection of latent variable by manifest variable in coffee superior seed adoption SEM model

	Hubungan	Estimate	Standart Error	Critical ratios for differences	P-value	Label
Y ₁	<---	Adopsi benih	1.000			
Y ₂	<---	Adopsi benih	0.945	0.083	11.443	0.000 *
Y ₃	<---	Adopsi benih	0.351	0.108	3.258	0.001 *
Y ₄	<---	Adopsi benih	0.935	0.114	8.183	0.000 *
Y ₅	<---	Adopsi benih	0.570	0.107	5.321	0.000 *
X _{1,1}	<---	Karakteristik petani	1.000			
X _{1,2}	<---	Karakteristik ketani	-0.599	0.193	-3.106	0.002 *
X _{1,3}	<---	Karakteristik petani	2.776	1.136	2.443	0.015 **
X _{2,1}	<---	Faktor eksternal	1.000			
X _{2,2}	<---	Faktor eksternal	1.244	0.169	7.364	0.000 *
X _{2,3}	<---	Faktor eksternal	1.016	0.143	7.108	0.000 *
X _{2,4}	<---	Faktor eksternal	1.010	0.135	7.465	0.000 *
X _{2,5}	<---	Faktor eksternal	1.032	0.148	6.975	0.000 *
X _{3,1}	<---	Harga benih	1.000			
X _{3,2}	<---	Harga benih	2.882	4.966	0.580	0.562
X _{4,1}	<---	Ketersediaan benih	1.000			
X _{4,2}	<---	Ketersediaan benih	0.975	0.108	9.051	0.000 *
X _{5,1}	<---	Persepsi thd benih	0.557	0.113	4.935	0.000 *
X _{5,2}	<---	Persepsi thd benih	0.970	0.160	6.067	0.000 *
X _{5,3}	<---	Persepsi thd benih	1.146	0.195	5.875	0.000 *
X _{5,4}	<---	Persepsi thd benih	1.266	0.174	7.261	0.000 *
X _{5,5}	<---	Persepsi thd benih	1.234	0.169	7.285	0.000 *
X _{5,6}	<---	Persepsi thd benih	1.192	0.172	6.927	0.000 *
X _{5,7}	<---	Persepsi thd benih	1.459	0.169	8.627	0.000 *
X _{5,8}	<---	Persepsi thd benih	1.000			

Keterangan : *) Nyata pada taraf 1% **) Nyata pada taraf 5%
Notes : *) Significant at 1% level **) Significant at 5% level

Tabel 7. Hubungan antar variabel laten pada model SEM adopsi benih unggul kopi
Table 7. Correlation between latent variable in coffee superior seed adoption SEM model

	Hubungan	Estimate	Standart Error	Critical ratios for differences	P-value	Label
Faktor eksternal	<---	Karakteristik petani	0.552	0.192	2.881	0.004 *
Ketersediaan benih	<---	Faktor eksternal	0.718	0.136	5.269	0.000 *
Persepsi terhadap benih	<---	Faktor eksternal	0.291	0.089	3.292	0.000 *
Persepsi terhadap benih	<---	Karakteristik petani	0.225	0.107	2.107	0.035 **
Persepsi terhadap benih	<---	Ketersediaan benih	0.046	0.066	0.695	0.487
Persepsi terhadap benih	<---	Harga benih	0.021	0.032	0.639	0.523
Adopsi benih	<---	Persepsi terhadap benih	0.582	0.136	4.285	0.000 *
Adopsi benih	<---	Ketersediaan benih	0.376	0.090	4.183	0.000 *
Adopsi benih	<---	Karakteristik petani	-0.079	0.124	-0.638	0.523
Adopsi benih	<---	Harga benih	-0.052	0.047	-1.109	0.268
Adopsi benih	<---	Faktor eksternal	-0.015	0.105	-0.145	0.885

Keterangan : *) Nyata pada taraf 1% **) Nyata pada taraf 5%
Notes : *) Significant at 1% level **) Significant at 5% level

Variabel laten faktor eksternal merupakan variabel pengaruh faktor-faktor eksternal, baik secara sosial maupun teknis yang diduga berpengaruh terhadap tingkat adopsi benih unggul kopi oleh petani. Dalam rancangan model SEM, 4 indikator dapat merefleksikan faktor eksternal pada taraf nyata 1%. Indikator-indikator tersebut adalah kegiatan penyuluhan mengenai benih unggul, buku panduan, petunjuk pelaksanaan, petunjuk teknis, *leaflet*, poster, brosur mengenai benih unggul kopi, peran kelompok tani dalam mengadvokasi petani untuk menggunakan benih unggul serta bantuan pemerintah untuk pengadaan benih unggul kopi.

Variabel laten harga benih kopi tidak dapat direfleksikan oleh seluruh variabel indikatornya pada taraf nyata 1%, sedangkan variabel laten ketersediaan hanya direfleksikan oleh kemudahan dalam mengakses/memperoleh benih unggul kopi pada saat dibutuhkan pada taraf nyata 1%. Variabel laten persepsi petani terhadap benih merupakan atribut-atribut benih unggul kopi yang diharapkan petani. Indikator-indikator yang mampu merefleksikan persepsi terhadap benih pada taraf nyata 1%, yaitu produktivitas, ketahanan terhadap hama dan penyakit, kecepatan/umur panen, umur produktif, efisiensi penggunaan pupuk, kemudahan dalam pemeliharaan, dan kualitas benih.

Salah satu cara mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi benih unggul kopi, maka dapat dilihat dari variabel-variabel laten yang berpengaruh nyata, baik secara langsung (*direct effect*) maupun tidak langsung (*indirect effect*) terhadap variabel laten adopsi. Dari Tabel 7 dapat diketahui bahwa adopsi benih unggul kopi oleh petani dipengaruhi secara langsung (*direct effect*) oleh persepsi terhadap benih dan ketersediaan benih unggul pada taraf nyata 1%. Kedua variabel ini memberikan pengaruh yang positif sehingga peningkatan persepsi terhadap benih dan ketersediaan menyebabkan adopsi benih unggul kopi meningkat.

Peningkatan persepsi terhadap benih dapat diartikan sebagai peningkatan indikator-indikator yang merefleksikan persepsi terhadap benih unggul kopi, yaitu produktivitas, ketahanan terhadap hama dan penyakit, umur panen, umur produktif, efisiensi penggunaan pupuk, kemudahan dalam pemeliharaan, dan kualitas benih. Peningkatan terhadap setiap indikator tersebut menyebabkan

peningkatan adopsi benih unggul kopi oleh petani. Dengan demikian, upaya peningkatan adopsi benih unggul oleh petani dapat dilakukan dengan peningkatan terhadap indikator-indikator tersebut. Demikian juga dengan adanya hubungan positif antara ketersediaan benih dengan adopsi, peningkatan ketersediaan benih di lapangan akan dapat meningkatkan adopsi benih oleh petani.

Faktor eksternal dan karakteristik petani memberikan pengaruh tidak langsung (*indirect effect*) terhadap adopsi teknologi melalui persepsi terhadap benih dan ketersediaan benih unggul kopi. Faktor eksternal berpengaruh positif persepsi terhadap benih dan ketersediaan benih unggul kopi pada taraf nyata 1%. Demikian juga faktor internal memberikan pengaruh yang positif terhadap persepsi terhadap benih dan ketersediaan benih pada taraf nyata 5%.

KESIMPULAN

Adopsi benih unggul kopi oleh petani dipengaruhi secara langsung (*direct effect*) dan positif oleh persepsi petani terhadap benih dan ketersediaan benih unggul serta dipengaruhi secara tidak langsung oleh faktor eksternal dan karakteristik petani. Agar adopsi benih unggul kopi semakin meningkat maka perlu diupayakan pengembangan atribut-atribut benih unggul kopi yang sesuai dengan harapan petani terutama ketahanan terhadap hama dan penyakit, umur produktif tanaman, efisiensi penggunaan pupuk, kemudahan dalam pemeliharaan dan ketersediaannya saat diperlukan petani. Pengaruh tidak langsung faktor eksternal terhadap adopsi juga sangat penting. Oleh karena itu, perlu peningkatan diseminasi teknologi melalui penyediaan buku panduan petunjuk pelaksanaan/petunjuk teknis/*leaflet*/poster/brosur mengenai benih unggul kopi serta optimalisasi aktivitas penyuluhan.

Upaya untuk meningkatkan adopsi benih unggul kopi oleh petani membutuhkan dukungan konkrit dari lembaga penangkar benih, penghasil teknologi (litbang), dan lembaga penyuluhan. Lembaga penangkar benih unggul kopi harus melakukan inovasi agar mampu menyediakan benih unggul sesuai dengan program pengembangan yang ditetapkan dan mudah dijangkau oleh petani. Lembaga penghasil teknologi baik litbang milik

pemerintah maupun yang dikelola swasta, harus meningkatkan teknologi benih unggul kopi yang dihasilkan. Ketahanan terhadap hama dan penyakit, umur produktif tanaman, efisiensi penggunaan pupuk, dan kemudahan pemeliharaan tanaman menjadi tuntutan petani terhadap benih kopi yang harus dihasilkan. Sedangkan lembaga-lembaga penyuluhan, baik yang dikelola pemerintah pusat maupun pemerintah daerah harus meningkatkan frekuensi dan intensitas penyuluhannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdoulaye, T. A. 2002. Farm level analysis of agricultural technological change: Inorganic fertilizer use on dryland in Western Niger. A Thesis Doctor of Philosophy. Graduate School, Purdue University.
- Bittinger, A. K. 2010. Crop Diversification and technology adoption: The role of market isolation in Ethiopia. Thesis of Master of Science. Department of Agricultural Economics and Economics, Montana State University. Montana.
- Disbun Provinsi Lampung. 2011. Laporan Tahunan Dinas Perkebunan Provinsi Lampung. Bandar Lampung.
- Disbun Provinsi Lampung. 2011. Statistik Perkebunan Tahun 2010. Bandar Lampung.
- Ditjenbun. 2012. Statistik Perkebunan Indonesia 2011-2013: Kopi. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta. 87 hlm.
- Ditjenbun. 2011. Statistik Perkebunan Indonesia 2010-2011: Kopi. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta. 77 hlm.
- Ditjenbun. 2012. Statistik Perkebunan Indonesia 2011-2013: Kopi. Direktorat Jenderal Perkebunan. Jakarta. 87 hlm.
- Giroh, D. Y., M. Abubakar, F. E. Balogun, V. Wuranti, and O.J. Ogbebor. 2006. Adoption of rubber quality innovations among smallholder rubber farmers in two farm settlements of Delta State, Nigeria. *Journal of Sustainable Development in Agriculture and Environment* 2 (1): 74-79.
- Hasnam. 2007. Status perbaikan dan penyediaan bahan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). Prosiding lokakarya II Status Teknologi Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L.). Puslitbangbun.
- Hoe, S. L. 2008. Issues and procedures in adopting structural equation modeling technique. *Journal of Applied Quantitative Methods* 3 (1): 76-83.
- Hoshide, A. K. 2002. Impact of technology adoption: Comparing returns to the farming sector in maine under altrenative technology regimes. Thesis of Master of Science. The Graduate School, The University of Maine.
- Kline, R. B. 2011. Principles and Practice of Structural Equation Modeling. Third Edition. Guilford Press, New York. 427 p.
- Kondouri, P., C. Nauges, and V. Tzouvelekas. 2006. Endogenous technology adoption under production uncertainty. Theory and application to irrigation technology. *American Journal of Agricultural Economics* 88 (3): 657-670.
- Listiyati, D., B. Sudjarmoko, dan A. M. Hasibuan. 2011. Peluang adopsi inovasi budidaya gambir di Sumatera Barat. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri* 2 (1): 81-88.
- Mardiharini, M., Muchlas M. Taufik, dan Tahlim Sudaryanto. 1990. Studi diagnostik pembangunan usahatani kedelai di Desa Karya Mukti, Kab. Karawang. *Jurnal Agro Ekonomi* 9 (1).
- Olwande, J., G. Sikei, and M. Mathenge. 2009. Agricultural Technology Adoption: A Panel Analysis of Smallholder Farmers' Fertilizer use in Kenya. Contributed paper prepared for presentation at the African Economic Research, Consortium Conference on Agriculture for Development. Mombasa, Kenya, May 28th-29th, 2009.
- Pribadi, Y., A. Ratnawati, I. W. Rusastra, dan S. Hartoyo. 2002. Analisis produksi dan faktor penentuan adopsi polatanam sawit dupa pada usahatani di lahan pasang surut Kalimantan Selatan. *Forum Pasca Sarjana* 25 (3): 187-196.
- Rogers, E. M. 2003. Diffusions of Innovations. Fifth Edition. Simon & Schuster Publisher.
- Wahyudi, A. 2011. Adopsi benih unggul gerbang adopsi inovasi perkebunan rakyat. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 33 (4): 18-20.
- Wahyudi, A. dan A. M. Hasibuan. 2011. Faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi teknologi lada di Kabupaten Belitung. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri* 2 (1): 65 - 74.
- Weir, S. and J. Knight. 2000. Adoption and Diffusion of Agricultural Innovations in Ethiopia: The Role of Education. CSAE Working Paper Series, Centre for the Study of African Economies. University of Oxford. England.
- Wijanto, S. H. 2008. Structural Equation Modeling dengan Lisrel 8.8. Konsep dan Tutorial. Edisi Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta. 476 hlm.

PENGARUH FERMENTASI TERHADAP CITARASA KOPI LUWAK PROBIOTIK

THE EFFECT OF FERMENTATION ON FLAVOR QUALITY OF PROBIOTIC CIVET COFFEE

*Rubiyo dan Juniaty Towaha

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

[*rubiyo_rb@yahoo.co.id](mailto:rubiyo_rb@yahoo.co.id)

(Tanggal diterima: 20 April 2013, direvisi: 8 Mei 2013, disetujui terbit: 25 Juni 2013)

ABSTRAK

Semakin tingginya permintaan akan kopi luwak, menyebabkan produksinya tidak bisa hanya mengharapkan dari hewan luwak liar maupun luwak budidaya. Salah satu alternatif adalah dengan penggunaan mikroba probiotik yang hidup pada saluran pencernaan hewan luwak yang dapat menghasilkan kopi terfermentasi dengan citarasa dan aroma yang khas. Penelitian produksi kopi luwak probiotik Robusta secara mikrobiologis untuk mendapatkan kualitas citarasa terbaik telah dilaksanakan di Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Provinsi Bali dari bulan Maret hingga Desember 2012. Tujuan penelitian adalah mendapatkan teknik periode fermentasi probiotik yang tepat dalam menghasilkan kualitas citarasa dan aroma kopi Robusta yang mendekati kualitas kopi luwak Robusta asli. Fermentasi dilakukan dalam 2 tahap, yaitu (1) fermentasi dilakukan dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari *intestum tenue* (usus halus) luwak dan (2) fermentasi dilakukan dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari *caecum* (usus buntu) luwak. Perlakuan yang diuji adalah P1=fermentasi tahap I selama 4 hari dan tahap II selama 4 hari, P2=fermentasi tahap I selama 5 hari dan tahap II selama 5 hari, P3=fermentasi tahap I selama 6 hari dan tahap II selama 6 hari, P4=fermentasi tahap I selama 7 hari dan tahap II selama 7 hari, dan sebagai pembanding P5=biji kopi luwak Robusta asli dari pembudidaya luwak. Hasil penelitian mendapatkan bahwa produksi kopi luwak secara probiotik merupakan cara pembuatan kopi luwak yang jauh lebih praktis daripada produksi kopi luwak melalui budidaya luwak. Kopi luwak probiotik Robusta yang mempunyai citarasa terbaik diperoleh pada perlakuan P3 dengan total skor citarasa 79,92, dengan citarasa yang sedikit lebih baik dibandingkan kopi luwak Robusta asli.

Kata Kunci: Kopi luwak, produksi, probiotik, Robusta

ABSTRACT

The higher demand for civet coffee, causing production can not only expect from wild civet and civet cultivation. One alternative is to use probiotic microbes that live in the civet digestive that can produce fermented coffee with flavor and distinctive aroma. Research on the production of Robusta probiotic civet coffee microbiological to get the best flavor quality has been carried out in the laboratory of BPTP in Bali Province from March to December 2012. The objective of this research was to determine the appropriate probiotic fermentation period to produce flavor and aroma quality of Robusta coffee which are approaching the quality of the original Robusta civet coffee. Fermentation is done in 2 phases: the first phase, the fermentation is done with probiotic microbes isolated from *intestum tenue* of cive; and second phase, the fermentation is done with probiotic microbes isolated from the *caecum* of civet treatments examined are P1 = first phase fermentation for 4 days and second phase for 4 days; P2 = first phase fermentation for 5 days and second phase for 5 days; P3 = first phase fermentation for 6 days and second phase for 6 days; P4 = first phase fermentation for 7 days and second phase for 7 days, and as a comparison P5 = original Robusta civet coffee. The results found that civet coffee production in probiotic is a way of making a much more practical than production of civet coffee cultivation. The best flavor of Robusta probiotic civet coffee is obtained in P3 treatment with a total score of cupping test is 79,92, has a slightly better flavor than original Robusta civet coffee.

Keywords: Civet coffee, production, probiotic, Robusta

PENDAHULUAN

Kopi luwak (*civet coffee*) adalah salah satu produk kopi khas Indonesia yang dihasilkan dari feses hewan luwak (*Paradoxurus hermaphroditus*), setelah hewan tersebut mengkonsumsi buah kopi matang. Luwak memilih buah kopi yang mempunyai tingkat kematangan yang optimum berdasarkan rasa dan aroma, memakannya dengan mengupas kulit luarnya, lalu menelan biji serta lendirnya (Hadipernata *et al.*, 2011b). Dalam sistem pencernaan luwak, biji kopi mengalami proses fermentasi secara alami pada tingkat suhu yang optimal dengan bantuan mikroba dan enzim yang ada pada pencernaan luwak (Marcone, 2004a; Marcone, 2004b; Nuga-Ramitra, 2012). Proses fermentasi tersebut memberikan perubahan komposisi kimia pada biji kopi yang dapat meningkatkan kualitas citarasa kopi luwak menjadi berbeda dengan kopi biasa sehingga kopi luwak mempunyai citarasa dan aroma yang spesifik dan istimewa (Marcone, 2004b; Panggabean, 2011; Koapgi, 2012). Menurut hasil penelitian Marcone (2004b) dan Mahendradatta *et al.* (2011) peningkatan kualitas citarasa kopi luwak diakibatkan oleh kandungan protein yang rendah dan kandungan lemak yang tinggi dibandingkan kopi biasa. Kandungan protein yang rendah dapat menurunkan rasa pahit, sedangkan kandungan lemak yang tinggi dapat meningkatkan *body* (Marcone, 2004b; Buffo dan Cardelli-Freire, 2004).

Keistimewaan citarasa dan asal-usulnya yang unik, menyebabkan kopi luwak semakin diminati kalangan penikmat kopi lokal maupun dunia sehingga meningkatkan permintaan produk tersebut, dengan harga yang fenomenal. Semakin besarnya permintaan akan kopi luwak, maka produsen tidak bisa hanya mengharapkan produksi dari hewan luwak liar saja, karenanya kini mulai berkembang usaha budidaya luwak guna memproduksi kopi luwak (Panggabean, 2011; Hadipernata *et al.*, 2011a; Koapgi, 2012). Teknik ini dapat meningkatkan kapasitas produksi kopi luwak dibanding hanya mengharapkan dari feses luwak liar. Namun budidaya luwak ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain (1) biaya produksi menjadi mahal, mengingat di luar musim panen kopi, luwak tetap memerlukan biaya pakan dan (2)

dapat mengancam kelestarian luwak liar di alam (Sinar Tani, 2010). Oleh karena itu, diperlukan alternatif cara pembuatan kopi luwak yang ramah lingkungan tanpa mengurangi mutu kopi luwak yang dihasilkan.

Salah satu alternatif adalah dengan penggunaan mikroba probiotik yang hidup pada saluran pencernaan hewan luwak, mengingat mikroba dan enzim yang terdapat dalam saluran pencernaan tersebut dipercaya dapat menghasilkan kopi yang terfermentasi menjadi lebih unik dengan citarasa dan aroma yang khas (Marcone, 2004a; Dewi, 2012). Mikroba probiotik adalah mikroba yang berperan dalam pencernaan makanan yang hidup dalam saluran pencernaan. Mikroba probiotik merupakan kultur tunggal maupun campuran dari mikroba hidup yang dapat membantu pencernaan hewan/manusia (Guarner *et al.*, 2008). Menurut Guntoro (2010), BPATP (2010) dan Hill *et al.* (2012) pada hewan luwak proses pencernaan oleh mikroba yang intensif berlangsung pada organ *intestinum tenue* (usus halus) dan *caecum* (usus buntu). Ada beberapa jenis mikroba yang efektif untuk hidrolisa protein dan karbohidrat pada saluran pencernaan hewan monogastrik termasuk luwak, yaitu *Lactobacillus* dan *Bifidobacterium* (Kawuri, 2008). Jenis mikroba tersebut dapat ditemukan dengan konsentrasi cukup tinggi disepanjang organ *intestium tenue* dan *caecum* (Guntoro, 2010). Dengan menggunakan mikroba probiotik yang hidup di kedua organ saluran pencernaan tersebut dalam fermentasi dan didukung dengan bahan baku (buah kopi petik merah) yang terseleksi secara ketat diharapkan akan diperoleh kopi dengan citarasa yang mendekati kopi luwak asli.

Hasil penelitian Guntoro (2010) mendapatkan bahwa fermentasi biji kopi olah basah dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari organ pencernaan luwak menghasilkan produk kopi yang memiliki cita rasa dan aroma yang mendekati kopi luwak asli. Adapun peneliti ITRI (*Industrial Technology Research Institute*) Taiwan maupun Puslitkoka dengan mikroba probiotik bakteri asam laktat dari genus *Lactobacillus* dan *Leuconostoc* yang diisolasi dari feses luwak menghasilkan kualitas produk kopi yang hampir setara dengan kualitas kopi luwak asli (Kompasiana, 2012; Trubus, 2013). Dari aspek citarasa dan kenikmatannya,

kopi luwak probiotik lebih lembut dan memiliki citarasa kopi yang lebih kuat dibanding kopi luwak asli (Guntoro, 2010; Sinar Tani, 2010). Keberhasilan dari teknik produksi kopi luwak secara fermentasi dengan mikroba probiotik, maka akan memberikan beberapa keuntungan, yaitu (1) produksi lebih mudah diprogramkan serta tidak terbata, (2) biaya menjadi lebih murah, (3) bebas dari aroma tanah, (4) lebih higienis, dan (5) dapat menghilangkan perasaan jijik bagi konsumen tertentu (BPATP, 2010; Sinar Tani, 2010).

Pemanfaatan mikroba probiotik yang diisolasi dari organ *intestium tenue* dan *caecum* saluran pencernaan hewan luwak yang digunakan untuk fermentasi biji kopi. Penelitian bertujuan mendapatkan teknik periode fermentasi probiotik yang tepat dalam menghasilkan kualitas citarasa dan aroma kopi yang mendekati kualitas kopi luwak asli.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret hingga Desember 2012, meliputi: kegiatan panen dan seleksi buah kopi, pasca panen (pengupasan kulit, fermentasi, penjemuran dan pembubukan), uji kualitas fisik, dan uji citarasa (*cupping test*). Kegiatan panen dan seleksi bahan baku biji kopi gelondongan dilakukan di Desa Belanga dan Desa Belantih, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli, Provinsi Bali. Adapun kegiatan pengupasan kulit buah, fermentasi hingga pengupasan kulit tanduk dan pengukuran rendemen dilakukan di Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Bali, Denpasar. Untuk uji kualitas fisik dan citarasa kopi dilakukan di Laboratorium Puslitkoka, Jember.

Bahan baku buah kopi yang dipergunakan adalah kopi Robusta varietas Tugusari. Buah kopi dipanen petik merah dan diseleksi secara ketat, kemudian dikupas kulit buahnya dengan mesin pengupas (*pulper*). Biji kopi basah yang telah terkupas tersebut (paling lama 2 jam setelah pelepasan kulit) diberi perlakuan fermentasi dengan mikroba probiotik. Secara umum fermentasi dilakukan dalam 2 tahap, yaitu (1) tahap I, fermentasi dilakukan dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari *intestum tenue* (usus halus) luwak

dan (2) tahap II, fermentasi dilakukan dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari *caecum* (usus buntu) luwak.

Adapun perlakuan yang diberikan adalah sebagai berikut :

P1=Biji kopi basah difermentasi tahap I selama 4 hari dan tahap II selama 4 hari.

P2=Biji kopi basah difermentasi tahap I selama 5 hari dan tahap II selama 5 hari.

P3=Biji kopi basah difermentasi tahap I selama 6 hari dan tahap II selama 6 hari.

P4=Biji kopi basah difermentasi tahap I selama 7 hari dan tahap II selama 7 hari.

Sebagai pembandingan adalah P5=Biji kopi luwak Robusta asli dari pembudidaya luwak.

Setelah fermentasi berakhir biji kopi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Rendemen

Hasil analisis statistik pada Tabel 1 memperlihatkan bahwa perlakuan fermentasi probiotik terhadap biji kopi Robusta tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap rendemen biji kopi kering. Walaupun demikian, terlihat bahwa semakin lama biji kopi difermentasi, menyebabkan rendemen biji kopi menjadi semakin mengecil. Hal tersebut dikarenakan pada proses fermentasi terjadi penurunan kandungan bahan seperti protein, polifenol dan karbohidrat yang terurai (Lin, 2010; Murthy dan Naidu, 2011). Didukung oleh Selmar *et al.* (2004) dan Rios *et al.* (2007) bahwa selama proses fermentasi terjadi pembentukan senyawa yang bersifat *volatile* (mudah menguap) seperti alkohol, aldehid, dan ester.

Produksi kopi luwak probiotik Robusta ini mempunyai rendemen biji kopi HS dan biji kopi beras dengan kisaran masing-masing 27,19-27,36% dan 20,28-20,44% (Tabel 1). Nilai rendemen tersebut lebih besar bila dibandingkan nilai rendemen biji kopi HS dan biji kopi beras pada

produksi kopi luwak melalui budidaya yang mempunyai nilai rendemen masing-masing 19,35% dan 14,54% (Hadipernata *et al.*, 2011a).

Pengujian Kualitas Fisik

Pengamatan visual mendapatkan bahwa warna biji kopi semakin gelap dengan semakin lamanya waktu fermentasi, ini menunjukkan bahwa penetrasi mikroba ke dalam biji kopi akan semakin kuat dengan semakin lamanya waktu fermentasi. Hal ini sesuai dengan pernyataan Marcone (2004b) serta Hadipernata dan Nugraha (2012) dalam penelitiannya terhadap identifikasi fisik biji kopi luwak asli, bahwa terjadi perubahan warna biji kopi menjadi lebih gelap setelah proses pencernaan dalam perut luwak.

Pada Tabel 2 memperlihatkan bahwa kadar air yang memenuhi spesifikasi persyaratan mutu SNI 01-2907-2008, yaitu mempunyai kadar air <12,5% adalah biji kopi P2, P3, dan P4. Sedangkan biji kopi P1 dan P5 tidak memenuhi spesifikasi persyaratan mutu SNI 01-2907-2008, dikarenakan mempunyai kadar air >12,5% (BSN, 2008).

Tabel 1. Rendemen biji kopi kering Robusta hasil fermentasi probiotik
Table 1. The yield of dried Robusta coffee beans resulted from probiotic fermentation

Perlakuan	Biji kering dengan kulit tanduk (kopi HS)	Biji kering tanpa kulit tanduk (kopi beras)	Biji kering sangrai	Kopi bubuk
	Rendemen dari gelondongan (%)			
P1	27,31 a	20,44 a	16,09 a	14,10 a
P2	27,36 a	20,37 a	15,96 a	14,06 a
P3	27,24 a	20,39 a	16,04 a	14,11 a
P4	27,19 a	20,28 a	15,80 a	14,04 a

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada lajur yang sama tidak berbeda nyata pada uji sidik ragam ($\alpha=0,05$)
P1-P4 = Kopi difermentasi dengan probiotik luwak pada berbagai level waktu

Notes : Numbers followed by the same letter in the same row are not significantly different at analysis of variance ($\alpha=0,05$)
P1-P4 = Fermented coffee with civet probiotic at various levels of time

Tabel 2. Kualitas fisik biji kopi Robusta hasil fermentasi probiotik
Table 2. Physical quality of Robusta coffee beans resulted from probiotic fermentation

Parameter	P1	P2	P3	P4	P5
Kadar air (%)	12,8	12,5	11,7	12,5	12,8
Kadar kotoran (%)	0	0	0	0	0
Nilai cacat	48,8	44,3	65,7	72,2	17,3
Lolos ayakan diameter 6,5 mm (%)	0	0	0	0	0

Keterangan : P1-P4 = Kopi difermentasi dengan probiotik luwak pada berbagai level waktu
P5 = Kopi luwak asli

Notes : P1-P4 = Fermented coffee with civet probiotic at various levels of time
P5 = Original Robusta civet coffee

Kadar kotoran maupun lolos ayakan diameter 6,5 mm mempunyai nilai 0, sehingga biji kopi P1, P2, P3, P4 dan P5 memenuhi spesifikasi persyaratan mutu SNI 01-2907-2008. Dikarenakan lolos ayakan diameter 6,5 mm, maka biji kopi Robusta tersebut digolongkan berukuran kecil (BSN, 2008). Adapun berdasarkan sistem nilai cacat, maka biji kopi P1 dan P2 digolongkan sebagai mutu 4a, P3, dan P4 digolongkan mutu 4b, dan P5 digolongkan mutu 2 (BSN, 2008). Tingginya nilai cacat pada P1, P2, P3, dan P4 kemungkinan pengaruh dari gangguan pada alat pengupas kulit tanduk (*huller*) pada saat pengolahan yang tidak berjalan normal sehingga terjadi banyaknya biji kopi yang cacat.

Uji Citarasa

Hasil pengujian citarasa pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa kopi P3 memiliki total skor citarasa yang paling tinggi dibandingkan perlakuan lainnya maupun kopi luwak asli yaitu 79,92. Hal ini berarti bahwa waktu fermentasi dengan mikroba probiotik yang optimal untuk mendapatkan citarasa terbaik kopi luwak probiotik Robusta adalah difermentasi tahap I selama 6 hari (dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari *intestum tenue* luwak) dan tahap II selama 6 hari (dengan mikroba probiotik yang diisolasi dari *caecum* luwak).

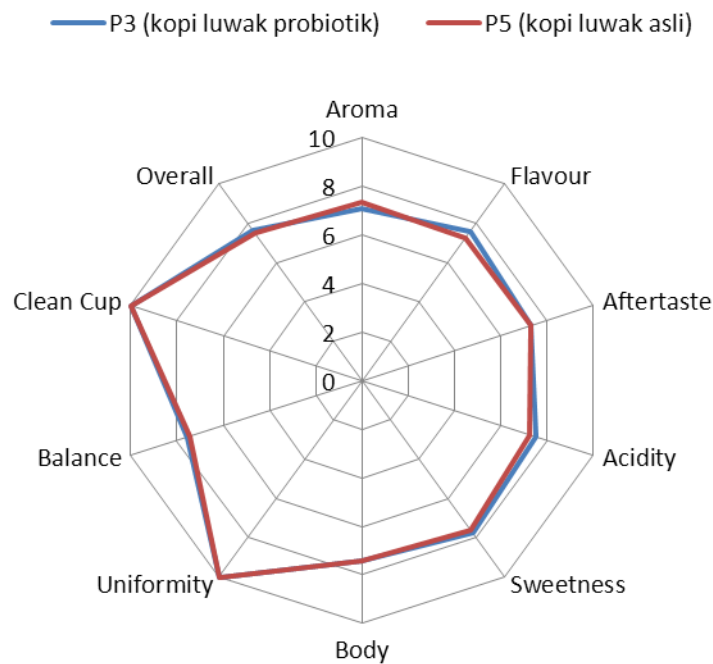
Pada proses fermentasi terjadi peristiwa kimiawi yang sangat berguna dalam pembentukan karakter citarasa kopi, yaitu pembentukan senyawa prekursor citarasa seperti asam organik, asam amino, dan gula reduksi (Jackels dan Jackels, 2005; Redgwell dan Fischer, 2006; Lin, 2010). Perlakuan P3 merupakan perlakuan fermentasi probiotik terbaik untuk membentuk senyawa prekursor yang optimum, yang ditandai dengan nilai skor citarasa tertinggi (Tabel 3). Pada perlakuan P1 dan P2 pembentukan prekursor belum mencukupi untuk membentuk citarasa yang baik, seperti karakter *sweetness* belum terbentuk secara sempurna, mengingat baru sebagian saja karbohidrat yang terurai menjadi glukosa yang berpengaruh terhadap rasa manis (Redgwell dan Fischer, 2006). Dengan meningkatnya karakter *sweetness* dari perlakuan P1 ke P3, maka karakter rasa pahit (*bitterness*) akan menurun, mengingat semakin banyak protein yang terurai menjadi asam amino. Seperti dinyatakan oleh Marcone (2004a) dan Janzen (2010) bahwa semakin rendah kandungan protein maka rasa kopi menjadi semakin tidak pahit. Adanya kandungan protein yang rendah serta kandungan lemak yang tinggi merupakan salah satu penyebab peningkatan kualitas citarasa kopi luwak dibandingkan kopi biasa (Marcone, 2004b; Mahendradatta *et al.*, 2011).

Tabel 3. Skor citarasa kopi luwak probiotik Robusta dibanding kopi luwak Robusta asli
Table 3. Flavor score of Robusta probiotics civet coffee compared with original Robusta civet coffee

Karakteristik	P1	P2	P3	P4	P5
Aroma	7,00	6,75	7,08	6,33	7,33
Flavour	7,33	7,25	7,58	6,92	7,25
After taste	7,33	7,25	7,33	6,00	7,33
Acidity	7,67	7,50	7,50	6,42	7,25
Body	7,42	7,33	7,42	6,17	7,42
Uniformity	10,00	10,00	10,00	6,42	10,00
Balance	7,42	7,33	7,58	2,00	7,42
Clean cups	10,00	10,00	10,00	6,33	10,00
Sweetness	7,33	7,50	7,75	6,67	7,58
Overall	7,42	7,33	7,67	0,00	7,50
Taints	-	-	-	-8,00	-
Total skor	78,92	78,25	79,92	53,92	79,08

Keterangan : P1-P4 = Kopi difermentasi dengan probiotik luwak dengan berbagai level waktu
P5 = Kopi luwak asli

Notes : P1-P4 = Fermented coffee with civet probiotic at various levels of time
P5 = Original Robusta civet coffee



Gambar 1. Citarasa kopi luwak probiotik Robusta dan kopi luwak asli Robusta
Figure 1. Flavor of Robusta probiotics civet coffee and original Robusta civet coffee

Pada perlakuan P4 mempunyai skor citarasa yang terendah, hal ini dikarenakan fermentasi berlangsung secara berlebihan yang mengakibatkan rasa kopi menjadi terlalu ringan dan bercitarasa buruk (Murthy dan Naidu, 2011). Avallone *et al.* (2002) dan Waller *et al.* (2007) menyatakan bahwa apabila fermentasi berlangsung secara berlebihan dapat terbentuk asam propionat atau asam butirir yang bertanggung jawab terhadap citarasa kopi yang buruk. Oleh karena itu, senyawa kimia yang tidak dikehendaki tersebut dapat menimbulkan karakter *taints* (cacat rasa) pada citarasa kopi yang dapat mengurangi nilai total skor *cupping test* (Lingle, 2001). Di samping itu, rasa kopi yang terlalu ringan disebabkan banyaknya senyawa volatile yang terbentuk hilang ke udara pada keadaan fermentasi yang berlebihan sehingga menyebabkan aroma berkurang (Rios *et al.*, 2007). Seperti diketahui walaupun senyawa volatile pembentuk citarasa kopi lebih banyak terbentuk pada proses penyangraian (Pimenta *et al.*, 2009; Ciampa *et al.*, 2010), tetapi ada sebagian kecil yang terbentuk pada proses fermentasi (Rios *et al.*, 2007).

Nilai total skor citarasa kopi P3 adalah 79,92 sedikit lebih tinggi daripada kopi luwak

Robusta asli P5 yang hanya mencapai 79,08. Dikarenakan nilai total skor citarasa kopi P3 < 80,00 maka kopi luwak probiotik Robusta ini bukanlah merupakan kopi spesialti (SCAA 2009; Netlog, 2010). Keunggulan citarasa kopi luwak probiotik Robusta dibandingkan kopi luwak Robusta asli adalah dalam karakter *flavour*, *acidity*, *balance*, *sweetness* dan *overall* (Tabel 3). Adapun untuk lebih jelas melihat perbandingan citarasa dari kopi luwak probiotik Robusta P3 dan kopi luwak asli Robusta P5 dapat dilihat pada Gambar 1.

Marcone (2004b) serta Hadipernata dan Nugraha (2012) menyatakan bahwa buah kopi yang dimakan hewan luwak mengalami proses fermentasi dalam sistem pencernaannya selama ± 12 jam kemudian dikeluarkan bersama feses pada proses ekskresi. Sedangkan dalam perlakuan P3 fermentasi probiotik dilakukan selama 2 x 6 hari, dengan periode proses fermentasi lebih lama tersebut akan terjadi perubahan kimia lebih intensif dan optimum, yang menyebabkan lebih banyak senyawa prekursor citarasa yang terbentuk dibanding dengan fermentasi pada sistem pencernaan hewan luwak.

Adanya senyawa prekursor yang lebih banyak, mengakibatkan semakin banyak senyawa

citarasa volatile dan non volatile yang terbentuk melalui reaksi Maillard selama proses penyangraian yang sangat berpengaruh terhadap citarasa kopi seduh (Bhumiratana *et al.*, 2011; Sari *et al.*, 2012; Cecilia *et al.*, 2012). Oleh karena itu, sangat wajar apabila kopi luwak probiotik mempunyai citarasa yang lebih baik dibandingkan kopi luwak asli. Hal ini sesuai dengan pernyataan Guntoro (2010) dan Sinar Tani (2010) bahwa kopi luwak probiotik memiliki citarasa kopi yang lebih kuat dibandingkan kopi luwak asli.

KESIMPULAN

Produksi kopi luwak secara probiotik merupakan cara pembuatan kopi luwak yang jauh lebih praktis daripada produksi kopi luwak melalui budidaya luwak, dengan hasil rendemen yang lebih tinggi. Kopi luwak probiotik Robusta yang mempunyai citarasa terbaik diperoleh pada perlakuan fermentasi tahap I selama 6 hari dan tahap II selama 6 hari dengan nilai total skor *cupping test* 79,92, dengan citarasa yang sedikit lebih baik dibandingkan kopi luwak Robusta asli.

DAFTAR PUSTAKA

- Avallone, S., J. M. Brillouet, B. Guyot, E. Olguin, and J. P. Guiraud. 2002. Involvement of pectolytic micro-organisms in coffee fermentation. *International Journal of Food Science and Technology* 37: 191-198.
- Bhumiratana, N., K. Adhikari, and E. Chambers. 2011. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT Food Science and Technology* 44: 2185-2192.
- BPATP. 2010. Kopi Luwak Probiotik. Balai Pengelola Alih Teknologi Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan. Kementerian Pertanian. <http://bpatp.litbang.deptan.go.id> [1 Juli 2013].
- BSN. 2008. Standar Nasional Indonesia Biji Kopi. SNI 01-2907-2008. Badan Standardisasi Nasional. 12 hlm.
- Buffo, R. A. and C. Cardelli-Freire. 2004. Coffee flavour: an overview. *Flavour and Fragrance Journal* 19: 99-104.
- Cecilia, K., K. Glanton, M. Simon, B. Renaud, and N. Fredrick. 2012. Volatile organic compounds in brewed Kenyan arabica coffee genotypes by solid phase extraction gas chromatography mass spectrometry. *Food Science and Quality Management* 8: 18-22.
- Ciampa, A., G. Renzi, A. Taglienti, P. Sequi, and M. Valentini. 2010. Studies on coffee roasting progress by means of nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Journal of Food Quality* 33: 199-211.
- Dewi, S. L. 2012. Isolasi bakteri xilanolitik dan selulolitik dari feses luwak. Skripsi Sarjana Sains Departemen Biologi FMIPA. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 48 hlm.
- Guarner, A. G., A. G. Khan, J. Garisch, R. Eliakim, A. Gangl, A. Thomson, J. Krabshuis, and T. L. Mair. 2008. Probiotics and Prebiotics. World Gastroenterology Organisation. Milwaukee. USA. 22 p.
- Guntoro, S. 2010. Proses Memproduksi Kopi Luwak Probiotik. Proposal Paten. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Bali, Denpasar.
- Hadipernata, M., S. Nugraha, dan R. Tjahjohutomo. 2011a. Peningkatan nilai tambah kopi luwak sebagai produk diversifikasi di Kecamatan Pangalengan, Jawa Barat. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Pertanian III. Bogor, 17 November 2011. Hlm. 432-442.
- Hadipernata, M., R. Tjahjohutomo, I. Agustinasari, dan E. Rahayu. 2011b. Teknologi proses dan keamanan pangan kopi luwak. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Inovatif Pascapanen Pertanian III. Bogor, 17 November 2011. Hlm. 443-448.
- Hadipernata, M. dan S. Nugraha. 2012. Identifikasi fisik, kimia dan mikrobiologi biji kopi luwak sebagai acuan teknologi proses kopi luwak artificial. Prosiding Seminar Nasional Insentif Riset Sinas. Bandung, 29-30 November 2012. Hlm. 117-121.
- Hill, R. W., G. A. Wyse, and M. Anderson 2012. Animal Physiology. 3rd Edition. Sinauer Associates Inc. Michigan. USA. 800 p.
- Jackels, S. C. and C. H. Jackels. 2005. Characterization of the coffee mucilage fermentation process using chemical indicator : a field study in Nicaragua. *Journal of Food Science* 70 (5): 321-325.
- Janzen, S. O. 2010. Chemistry of coffee. In L. Mender and H.W. Liu (Ed.). Comprehensive Natural Products II, Chemistry and Biology. Elsevier Ltd. The Boulevard, Lanfod Lane, Kidlington OX5 1GB, United Kingdom. p. 1085-1113.

- Kawuri, R. 2008. Hand Out Probiotik. Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi Fakultas MIPA. Universitas Udayana. Denpasar.
- Koapgi. 2012. Kopi Luwak The Most Expensive Coffee In The World. Majalah Koperasi Awak Pesawat Garuda Indonesia edisi Mei 2012. Hlm. 34-37.
- Kompasiana. 2012. Kopi Luwak Made In Taiwan. <http://unik.kompasiana.com/> [1 Desember 2012].
- Lin, C. C. 2010. Approach of improving coffee industry in Taiwan promote quality of coffee bean by fermentation. *The Journal of International Management Studies* 5 (1): 154-159.
- Lingle, T. R. 2001. The Coffee Cuppers Handbook. Specialty Coffee Association of America, Long Beach, California. USA. 72 p.
- Mahendradatta, M., Zainal, Israyanti, and A. B. Tawali. 2011. Comparison Chemical Characteristics and Sensory Value Between Luwak Coffee and Original Coffee From Arabica (*Coffea arabica* L.) and Robusta (*Coffea canephora* L.) Varieties. Department of Agricultural Technology. Faculty of Agriculture. Hasanuddin University. Makassar. 12 p.
- Marcone, N. F. 2004a. The Science Behind Luwak Coffee: An Analysis of The Worlds Rarest and Most Expensive Coffee. Department of Food Science. University of Guelph. Ontario, Canada. 2 p.
- Marcone, N. F. 2004b. Composition and properties of Indonesia palm civet coffee (kopi luwak) and Ethiopian civet coffee. *Food Research International* 37 (9): 901-912.
- Murthy, P. S. and M. M. Naidu. 2011. Improvement of Robusta coffee fermentation with microbial enzymes. *European Journal of Applied Sciences* 3 (4): 130-139.
- Netlog. 2010. Karakteristik dan Deskripsi Citarasa Kopi. <http://id.netlog.com/> [18 Juni 2012].
- Nuga-Ramitra. 2012. Pelatihan Kopi Malabar. Pangalengan, Kab. Bandung. 7-8 April 2012. 70 hlm.
- Panggabean, E. 2011. Mengeruk Untung dari Bisnis Kopi Luwak. PT. AgroMedia Pustaka. Jakarta. 97 hlm.
- Pimenta, T. V., R. G. F. Pereira, J. L. G. Correa, and J. R. Silva. 2009. Roasting processing of dry coffee cherry: influence of grain shape and temperature on physical chemical and sensorial grain properties. *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos Curitiba* 27 (1): 97-106.
- Redgwell, R. and M. Fischer. 2006. Coffee carbohydrates. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 18 (1): 165-174.
- Rios, O. G., M. L. S. Quiroz, R. Boulanger, M. Barel, B. Guyot, J. P. Guiraud, and S. S. Galindo. 2007. Impact of ecological post harvest processing on the volatile fraction of coffee beans : I. Green coffee. *Journal of Food Composition and Analysis* 20: 289-296.
- Sari, A. B. T., C. Ismayadi, T. Wahyudi, and A. Sulihkanti. 2012. Anaysis of luwak coffee volatile by using solid phase microextraction and gas chromatography. *Pelita Perkebunan* 28 (2): 111-118.
- SCAA. 2009. What is specialty coffee?. Speciality Coffee Association of America. <http://www.scaa.org/> [18 Juni 2012].
- Selmar, D., G. Bytof, S. E. Knopp, A. Bradbury, J. Wilkens, and R. Becker. 2004. Biochemical insight into coffee processing : quality and nature of green coffees are interconnected with an active seed metabolism. ASIC 2004. 20th International Conference on Coffee Science. Bangalore. India, 11-15 October 2004. p. 111-119.
- Sinar Tani. 2010. Kopi Luwak Probiotik Temuan BPTP Bali. *Tabloid Sinar Tani* Edisi 16-21 September 2010.
- Trubus. 2013. Musang Punya Nama. <http://trubus-online.co.id> [2 Maret 2013].
- Waller, J. M., M. Bigger, and R. J. Hillocks. 2007. Coffee Pests, Diseases and Their Managements. CABI Press, Wallingford Oxfordshire. UK. 434 p.

INDEKS PENULIS

A

Abdul Muis Hasibuan	117, 165
Adi Cifriadi	99
Agus Purwito	91

B

Bedy Sudjarmoko	117, 165
-----------------------	----------

C

Cici Tresniawati.....	139
-----------------------	-----

D

Dani	138
Dewi Listyati.....	117,165
Dibyو Pranowo.....	129

E

Enny Randriani	139
----------------------	-----

F

Funny Soesanthy	157
-----------------------	-----

I

Iling Sobari	145
--------------------	-----

J

Juniaty Towaha	175
----------------------	-----

K

Khaerati	109
----------------	-----

M

Maman Herman	129
Meynarti Sari Dewi Ibrahim	91

O

Octivia Trisilawati.....	145
--------------------------	-----

R

Rita Harni	109
Rr Sri Hartati	91
Rubiyo	91, 175

S

Samsudin	157
Santi Puspitasari	99
Sudarsono	91

U

Usman Daras	145
-------------------	-----

INDEKS SUBYEK

A		K	
Adopsi	117	Kopi spesialti	139
Anorganik	129	Kopi Luwak.....	175
Amelioran	145		
B		M	
Bakteri Endofit	109	Mikoriza	145,175
		Mikroba pelarut fosfat.....	129
C		N	
Citarasa	139,175	Nematoda	109
E		P	
Embriogenik	91	Probiotik	175
F		Proembrio	91
Faktis Cokelat.....	99	Penggerek Buah Kakao	157
Fermentasi	175	S	
G		<i>Structural Equation Modeling</i>	
Genotipe	139	117,165	
		V	
		Vulkanisasi	99

KETENTUAN PENULISAN NASKAH

CAKUPAN

Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri merupakan publikasi ilmiah yang memuat hasil-hasil penelitian komoditas tanaman rempah dan industri yang belum pernah dipublikasikan, serta tinjauan hasil-hasil penelitian tanaman rempah dan industri yang telah diterbitkan dikaitkan dengan perkembangan teori dan hasil penelitian lainnya atau ketentuan kebijakan.

PENGAJUAN NASKAH

Naskah yang diajukan belum pernah diterbitkan atau tidak sedang dalam proses evaluasi publikasi lain, telah mendapat persetujuan dari ko-penulis sebagai pihak yang sama-sama bertanggung jawab terhadap naskah. Naskah dikirim rangkap dua dan diberi pengantar dari kepala unit kerja disertai file elektronik kepada:

Redaksi Buletin RISTRI, Jl. Raya Pakuwon km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 e-mail: upublikasi@gmail.com.

Redaksi berhak menyunting naskah tanpa mengubah isi dan makna tulisan atau menolak suatu naskah. Naskah yang tidak diterbitkan tidak akan dikembalikan kepada penulis.

PENYIAPAN NASKAH

Naskah: Ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris yang baik dan benar, diketik pada kertas HVS ukuran A4 dengan jarak 2 spasi, dalam format *Microsoft Office Word*, jenis dan ukuran font *Times New Roman* 12, dan tidak lebih dari 15 halaman.

Tabel: Tabel diberi judul singkat tetapi jelas dengan catatan dan sumber secukupnya sehingga tiap tabel mampu menjelaskan informasi yang disajikan secara mandiri. Tiap tabel diberi nomor secara berurutan dan diulas di dalam teks. Judul tabel, catatan dan sumber ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

Gambar dan grafik: Gambar dan grafik dibuat dengan garis yang cukup tebal sehingga memungkinkan pengurangan dalam proses pencetakan. Tiap gambar dan grafik diberi nomor secara berurutan dan diulas dalam teks. Semua simbol dan singkatan dalam gambar dan grafik harus dijelaskan. Judul gambar dan grafik serta keterangan dan sumber ditulis dalam bahasa Indonesia dan Inggris.

BENTUK NASKAH HASIL PENELITIAN

Judul: Ringkas, padat, jelas, menggambarkan isi dan substansi tulisan, tidak lebih dari 15 kata serta ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Nama penulis ditulis tanpa gelar diikuti nama dan alamat lengkap lembaga (institusi) tempat penulis bekerja serta alamat email penulis.

Abstrak: Merupakan intisari dari seluruh tulisan, memuat masalah, tujuan, tempat, waktu, metode, analisis, hasil dan penelitian atau ringkasan elemen-elemen terpenting dari naskah tinjauan. Ditulis dalam satu paragraf, tidak lebih dari 250 kata, dan ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

Kata kunci: Kata yang mewakili isi naskah, tidak lebih dari sembilan kata menurut ketentuan AGROVOC dan ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris

Pendahuluan: Berisi latar belakang, masalah, tujuan dan referensi yang berhubungan dengan masalah dan tujuan.

Bahan dan metode: Memuat uraian tentang bahan, alat, tempat, waktu, dan metode analisis yang digunakan.

Hasil dan pembahasan: Memuat hasil penelitian dan dikemukakan secara jelas. Pembahasan menguraikan arti hasil penelitian, kaitannya dengan penelitian terdahulu serta pemecahan masalah dan kemungkinan pengembangannya.

Kesimpulan: Memuat intisari dari pembahasan penelitian, ditulis secara singkat, padat, dan jelas, bila perlu dilengkapi dengan saran atau implikasi.

Ucapan terima kasih: Bila dipandang perlu, ucapan terima kasih dapat dikemukakan setelah Kesimpulan.

Daftar pustaka: Setiap sitasi dalam teks dan sitiran di daftar pustaka mengacu pada model standar Harvard. Daftar pustaka disusun secara alfabetis, 80% pengacuan pustaka merupakan terbitan lima tahun terakhir dan berasal dari sumber acuan primer.

BENTUK NASKAH TINJAUAN

Naskah tinjauan disusun sebagai berikut: judul tulisan; nama penulis, institusi, dan alamat; abstrak dan kata kunci; pendahuluan; pokok masalah; kesimpulan dan saran; ucapan terima kasih (bila perlu); diakhiri dengan daftar pustaka.

Contoh penulisan pustaka pada teks:

Daras dan Pranowo (2009)

(Daras dan Pranowo, 2009)

(Priyono, 1993; Sumaryono dan Tahardi, 1993;

Suryowinoto, 1996; Oktavia *et al.*, 2003)

(Alexander *dalam* Ruhnayat, 2007)

Contoh format referensi:

Artikel Jurnal (Jurnal Primer)

Makinde, S. C. O. and O. J. Ariyo. 2010. Multivariate analysis of genetic divergence in twenty two genotypes of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 2 (7): 192-204.

Buku

Karmawati, E., Z. Mahmud, M. Syakir, I. K. Ardana, S. J. Munarso, dan Rubiyo. 2010. Budidaya dan Pasca Panen Kakao. Puslitbangbun, Badan Litbang Pertanian. Bogor. 92 hlm.

Artikel dalam buku

Sadanandan, A. K. 2000. Agronomic and nutrition of black pepper *In* Ravindran (Ed.). Black Pepper. P. N. Harwood Academic Publishers. New Delhi. p. 163-223.

Tesis/Disertasi

Mustika I. 1990. Study on Interaction of *Meloidogyne incognita*, *Radopholus similis* and *Fusarium solani* on Pepper (*Piper nigrum* L). PhD Thesis Wegeningen Agricultural University. 127 p.

Naskah Prosiding

Dirjen Bina Produksi Perkebunan. 2004. Arah kebijakan pengembangan komoditas kakao. Prosiding Simposium Kakao. 2004. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Yogyakarta, 4-5 Oktober 2004. Hlm. 9-19.

Naskah Online

Garson, G. D. 2008. Path Analysis. <http://www2.faculty.chass.ncsu.edu/garson/pa765/path.htm>. 12 p. [10 Maret 2008]

Contoh penampilan tabel:

Tabel 1. Pengaruh berbagai jenis tanaman penaung terhadap persentase tanaman berbuah tanaman kopi Arabika umur 9 bulan

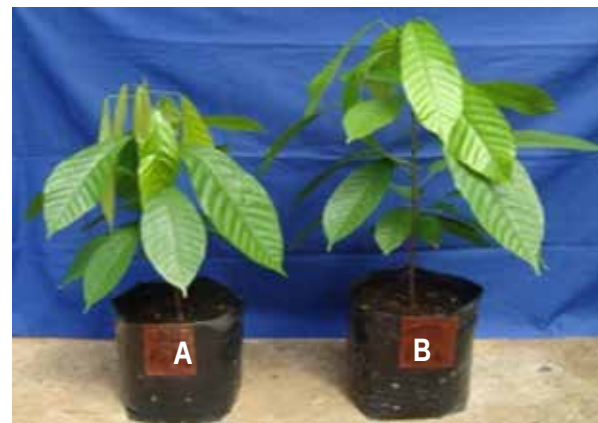
Table 1. Effect of various shading trees on percentage of fruit set of coffee at 9 months old

Jenis tanaman penaung	Intensitas cahaya matahari (%)	Tanaman berbuah (%)
Ceremai	80	30,56 a
Belimbing wuluh	66	22,22 a
Kayumanis	78	16,67 a
Gliricidia	34	83,34 b
KK (%)	-	42,82

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Tukey taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different at 5% Tukey test level

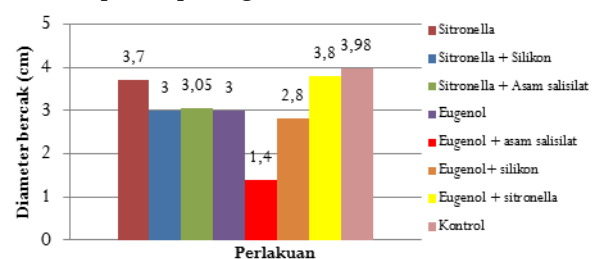
Contoh penampilan gambar:



Gambar 1. Pertumbuhan bibit kakao hibrida pada berbagai tingkatan perlakuan benih dan media tanam. A. Tanpa perlakuan benih dengan media tanam dan B. Mendapatkan perlakuan benih dengan media tanam

Figure 1. Growth of hybrid cacao seedlings at different levels of seed treatment and planting medium. A. Without seed treatment at planting medium and B. With seed treatment with planting medium

Contoh penampilan grafik:



Gambar 1. Pengaruh formula fungisida nabati eugenol dan sitronella terhadap diameter bercak *P. palmivora* pada buah kakao

Figure 1. The effect of eugenol and citronella botanical fungicides to colony diameter of *P. palmivora* on cocoa pods

ISSN 2085-1685



9 772085 168586