

P-ISSN : 2356-1297
E-ISSN : 2528-7222

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**

Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 3, Nomor 3, November 2016

Terakreditasi No.699/AU2/P2MI-LIPI/10/2015
Tanggal 30 Oktober 2015



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

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops

Dahulu **Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri**, terbit pertama kali tahun 2008 memuat karya tulis ilmiah hasil penelitian dan tinjauan hasil penelitian tentang tanaman rempah dan industri.

Sejak tahun 2014 berganti nama menjadi **Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar** yang melaporkan hasil penelitian tanaman industri dan penyegar yang belum pernah dipublikasikan.

Terbit tiga nomor dalam setahun, setiap bulan Maret, Juli, dan November.

Volume 3, Nomor 3, November 2016

Terakreditasi No. 699/AU2/P2MI-LIPI/10/2015

Tanggal 30 Oktober 2015

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

DEWAN EDITOR

Ketua

Dr. Rita Harni, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Fitopatologi)

Anggota

Ir. Syafaruddin, Ph.D. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Biologi Molekuler/Pemuliaan)

Dr. Ir. Rr. Sri Hartati, M.P. - Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (Pemuliaan)

Dr. Ir. Samsudin, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Entomologi)

Dr. Ir. Bariot Hafif, M.Sc. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Ilmu Tanah)

Ir. Edi Wardiana, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Agronomi)

Nur Kholilatul Izzah, S.P., M.P, Ph.D. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Biologi Molekuler/Pemuliaan)

EDITOR PELAKSANA

Widi Amaria, S.P, M.P. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Dani, S.P, M.Sc. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Arifa Nofriyaldi Chan - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Intan Nurhayati, S.Sos. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Alamat Redaksi

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Jl. Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357

Telp. (0266) 6542181 Faks. (0266) 6542087

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

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

Sumber Dana

DIPA 2016 Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

PENERBIT

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

MITRA BESTARI

JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.Sc.

Institut Pertanian Bogor – Biologi Molekuler/Pemuliaan

Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr.

Institut Pertanian Bogor – Pascapanen Pertanian

Dr. Amzul Rifin, S.P., M.A.

Institut Pertanian Bogor – Agribisnis

Dr. Ir. Ade Wachjar, M.S.

Institut Pertanian Bogor – Agronomi

Dr. Ir. Taryono, M.Sc.

Universitas Gadjah Mada – Genetika dan Biologi Molekuler

Ir. Arifin Noor Sugiharto, M.Sc, Ph.D.

Universitas Brawijaya – Pemuliaan

Dr. Hagus Tarno, Agr. Sc.

Universitas Brawijaya – Entomologi

Prof. Ir. I. G. A. Mas Sri Agung, M.Rur.Sc, Ph.D.

Universitas Udayana – Ekofisiologi

Prof (R). Dr. Ika Mariska Soedharma

Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia – Bioteknologi Pertanian

Dr. Ir. Isroi, M.Si.

Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia – Bioteknologi Pertanian

Prof (R). Dr. Supriadi, M.Sc.

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Fitopatologi

Prof (R). Dr. Elna Karmawati, M.S.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan – Entomologi

Prof (R). Dr. Ir. I Wayan Rusastra, M.S.

Pusat Sosial Ekonomi dan Analisis Kebijakan – Agroekonomi

Puji Lestari, SP, M.Si, Ph.D.

Balai Besar Litbang Bioteknologi & SDG Pertanian – Biologi Molekuler

Dr. Ir. Rubiyo, M.Si.

Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian – Agronomi

Prof. Dr. Ir. Risfaheri, M.Si.

Balai Besar Pascapanen – Pascapanen Pertanian

Dr. Ir. Agus Wahyudi, M.S.

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Agroekonomi

Dr. Ir. Oti Rostiana, M.Sc

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Pemuliaan Tanaman

PENGANTAR EDITOR

Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar sebagai media komunikasi penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, menyajikan hasil-hasil penelitian di bidang pemuliaan dan bioteknologi, agronomi, fisiologi, ekologi, entomologi, fitopatologi, serta sistem dan usaha agribisnis tanaman industri dan penyegar.

Volume 3 Nomor 3 ini menyajikan 7 artikel: 1 artikel karet di bidang agronomi, 2 artikel kakao di bidang kultur jaringan dan proteksi tanaman, 3 artikel kopi di bidang agronomi dan proteksi tanaman, serta 1 artikel karet di bidang proteksi tanaman.

Semoga Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar ini dapat memberikan sumbangan yang nyata bagi pengembangan ilmu pengetahuan serta teknologi di bidang perkebunan.

Ketua Dewan Editor

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
 DAN PENYEGAR**
 Journal of Industrial and Beverage Crops
 Volume 3, Nomor 3, November 2016

UDC 633.74-153

Nur Ajjah

Pengaruh Komposisi Media Dasar dan Jenis Eksplan terhadap Pembentukan Embrio Somatik Kakao*J. TIDP 3(3), 127-134*

November, 2016

Komposisi media dasar sangat menentukan keberhasilan proses regenerasi di dalam kultur *in vitro*. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh komposisi media dasar pada media induksi kalus primer dan jenis eksplan terhadap pembentukan embrio somatik kakao. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Unit Pengembangan Benih Unggul Pertanian Balitbangtan, Bogor, mulai bulan Juni 2014 sampai Desember 2015. Induksi kalus primer dari eksplan mahkota bunga dan staminoid kakao klon ICCRI 4 menggunakan dua jenis media dasar, yaitu media Driver dan Kuniyuki (DKW) + 2,4-D 9 μM + kinetin 1,16 μM dan *woody plant media* (WPM) + 2,4-D 9 μM + kinetin 1,16 μM . Setelah 14 hari, kalus disubkultur pada media induksi kalus sekunder (WPM + 2,4-D 9 μM + kinetin 0,58 μM), kemudian pada media DKW tanpa zat pengatur tumbuh untuk menginduksi pembentukan embrio somatik. Penelitian disusun dalam rancangan faktorial dua faktor dengan 5 ulangan. Faktor pertama adalah jenis media dasar pada media induksi kalus primer (DKW dan WPM), sedangkan faktor kedua adalah jenis eksplan (mahkota bunga dan staminoid). Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh interaksi yang nyata antara jenis media dasar dan jenis eksplan terhadap pembentukan kalus dan embrio somatik kakao. Persentase pembentukan kalus paling tinggi diperoleh pada penggunaan media dasar DKW dengan eksplan staminoid (92,5%). Akan tetapi, persentase pembentukan embrio somatik dan jumlah embrio somatik per eksplan paling tinggi diperoleh pada perlakuan media dasar DKW dengan eksplan mahkota bunga (36,5% dan 2,30). Dengan demikian, penggunaan media dasar DKW dan eksplan mahkota bunga lebih direkomendasikan untuk menginduksi pembentukan embrio somatik kakao klon ICCRI 4.

Kata kunci: DKW, eksplan, embrio somatik, kalus, WPM

UDC 633.73-153

Handi Supriadi, Dewi Nur Rokhmah, dan Saefudin

Teknologi Pengemasan Entres Selama Distribusi untuk Mempertahankan Daya Tumbuh Setek Kopi Robusta*J. TIDP 3(3), 135-140*

November, 2016

Jarak antara lokasi pembenihan setek berakar kopi Robusta dengan kebun entres seringkali berjauhan sehingga transportasi entres sebagai bahan pembuatan setek memerlukan waktu hingga beberapa hari. Kesegaran entres dan daya tumbuh setek dipengaruhi oleh jenis kemasan dan lamanya waktu distribusi. Tujuan penelitian adalah mengetahui teknik pengemasan entres selama masa distribusi untuk mempertahankan daya tumbuh setek kopi Robusta. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu dan Kebun Percobaan Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai Januari sampai Desember 2015. Penelitian menggunakan rancangan petak terpisah dalam waktu (*split plot in time*) dengan 5 ulangan. Petak utama adalah lama distribusi entres (7 dan 10 hari), sedangkan anak petak adalah 3 jenis kemasan (plastik, koran, dan serbuk gergaji), dan semua perlakuan kemasan ditambahkan *superabsorbent polyacrylamide polymer*. Pengamatan dilakukan terhadap kadar air; daya tumbuh setek; bobot kering dan jumlah daun; jumlah, panjang, volume, dan bobot kering akar; serta kandungan auxin dan karbohidrat dilakukan pada setek umur 2 bulan setelah semai. Di samping itu, dilakukan juga analisis ekonomi pengemasan. Hasil penelitian menunjukkan ketiga jenis kemasan pada pendistribusian entres kopi Robusta selama 7 dan 10 hari dapat mempertahankan daya tumbuh setek kopi Robusta sebesar 55,63%–64,01%. Teknologi kemasan yang direkomendasikan adalah plastik + *superabsorbent polyacrylamide polymer* karena dinilai paling ekonomis dan bobot kemasan paling ringan.

Kata kunci: Kopi Robusta, setek, distribusi, pengemasan

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 3, Nomor 3, November 2016

UDC 632.93:633.74

Rita Harni, Widi Amaria, Khaerati, dan Efi Taufiq

Isolasi dan Seleksi Jamur Endofit Asal Tanaman Kakao sebagai Agens Hayati *Phytophthora palmivora* Butl.*J. TIDP* 3(3), 141-150

November, 2016

Phytophthora palmivora Butl. merupakan patogen penyebab penyakit busuk buah kakao (BBK) yang menimbulkan kerugian cukup besar bagi petani. Pengendalian *P. palmivora* yang banyak dianjurkan adalah pengendalian ramah lingkungan dengan menggunakan agens hayati seperti jamur endofit. Tujuan penelitian adalah mendapatkan jamur endofit asal tanaman kakao yang bekerja sebagai agens hayati terhadap *P. palmivora* patogen penyebab busuk buah kakao. Penelitian dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Juli 2015. Eksplorasi jamur endofit dilakukan di beberapa daerah penghasil kakao, yaitu Sulawesi Tenggara, Lampung, dan Jawa Barat. Bahan tanaman kakao yang digunakan sebagai sampel adalah daun, buah, dan ranting dari beberapa varietas dan klon kakao. Isolat-isolat jamur endofit diisolasi, dimurnikan, dan diseleksi kinerjanya terhadap *P. palmivora* secara *in vitro* pada media PDA dan secara *in vivo* pada buah kakao. Hasil isolasi diperoleh 269 isolat jamur endofit dari beberapa daerah, yaitu 195 isolat dari Sulawesi Tenggara, 41 isolat dari Jawa Barat, dan 33 isolat dari Lampung. Hasil seleksi isolat jamur endofit terhadap *P. palmivora* diperoleh 4 isolat jamur dari marga *Trichoderma* yang potensial sebagai agens hayati untuk pengendalian *P. palmivora*, yaitu SWI, STII, PB5, dan SWII dengan daya hambat 70,33%; 68,89%; 67,43%; dan 66,67%.

Kata kunci: *Phytophthora palmivora* Butl., busuk buah kakao, jamur endofit

UDC 633.73:575.21

Enny Randriani, Dani, Handi Supriadi, dan Syafaruddin

Ekspresi Fenotipik Klon Kopi Robusta “Sidodadi” pada Tiga Ketinggian Tempat*J. TIDP* 3(3), 151-158

November, 2016

Kopi Robusta “Sidodadi” merupakan salah satu klon kopi Robusta hasil seleksi petani yang paling banyak dikembangkan di wilayah Bengkulu. Klon tersebut tersebar pada berbagai ketinggian tempat sehingga diduga terdapat keragaman ekspresi fenotipik sebagai akibat pengaruh perbedaan lingkungan tumbuh. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh ketinggian tempat terhadap ekspresi fenotipik kopi Robusta “Sidodadi”. Penelitian dilaksanakan di tiga lokasi dengan ketinggian tempat berbeda di Provinsi Bengkulu: (1) 600 m dpl (Desa Sukarami, Kecamatan Bermani Ulu, Kabupaten Curup), (2) 900 m dpl (Desa Airsempiang, Kecamatan Kabawetan, Kabupaten Kapahiang), dan (3) 1.200 m dpl (Desa Airles, Kecamatan Muara Kemumuh, Kabupaten Kapahiang), mulai Januari 2014 sampai Oktober 2015 dengan metode survei. Sebanyak 5 pohon ditentukan secara acak pada setiap unit percobaan dan masing-masing diulang 5 kali. Karakter fenotipik yang diamati meliputi morfologi vegetatif dan komponen hasil, kandungan kafein biji, dan mutu citarasa seduhan. Data morfologi vegetatif dan komponen hasil yang diperoleh dianalisis menggunakan uji beda dua rata-rata t-Student pada taraf 5%. Sampel biji kopi yang digunakan sebanyak 500 g dengan kadar air 10%–10,9% yang diambil pada tiga ketinggian tempat. Hasil penelitian menunjukkan ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil kopi Robusta “Sidodadi”. Pada ketinggian 1.200 m dpl menghasilkan pertumbuhan vegetatif, generatif, dan komponen hasil kopi lebih baik, namun kandungan kafein lebih rendah, dibandingkan dengan ketinggian 600 dan 900 m dpl. Mutu citarasa terbaik dengan nilai skor 85,25 dihasilkan pada ketinggian 900 m dpl dengan karakter citarasa *high body*, *long aftertaste*, serta aroma *dark chocolate* dan *caramelly*.

Kata kunci: Kopi Robusta, ekspresi fenotipik, ketinggian tempat, klon

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 3, Nomor 3, November 2016

UDC 632.93:547.426.1

Widi Amaria, Yulius Ferry, Samsudin, dan Rita Harni

Pengaruh Penambahan Gliserol pada Media Perbanyakan terhadap Daya Simpan Biofungisida *Trichoderma**J. TIDP* 3(3), 159-166

November, 2016

Daya simpan biofungisida yang mengandung *Trichoderma* sangat penting untuk diketahui agar tetap efektif ketika diaplikasikan. Komposisi media perbanyakan dalam biofungisida *Trichoderma* sp. dapat mempengaruhi lama hidup dan viabilitas konidia selama penyimpanan. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh penambahan gliserol dalam media perbanyakan terhadap daya simpan biofungisida *Trichoderma virens* dan *T. amazonicum*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Juli 2014. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan dan 3 ulangan. Biofungisida yang dibuat terdiri dari: (1) penambahan gliserol (0%, 3%, 6%, dan 9%) pada media perbanyakan *T. virens* dan (2) penambahan gliserol (0%, 3%, 6%, dan 9%) pada media perbanyakan *T. amazonicum*. Masing-masing hasil perbanyakan dicampur dengan bahan pembawa talk, dikeringanginkan, selanjutnya dikemas dalam kantong plastik dan disimpan selama 4 bulan. Pengamatan dilakukan setiap bulan, meliputi: jumlah konidia dan populasi *Trichoderma* sp., serta kadar air biofungisida. Hasil penelitian menunjukkan penambahan gliserol pada media perbanyakan dapat membantu mempertahankan viabilitas *T. virens* dan *T. amazonicum* serta daya simpan biofungisida. Penambahan gliserol 6% sampai 9% pada media perbanyakan *T. virens* dan *T. amazonicum* merupakan konsentrasi terbaik, menghasilkan konidia $7,98 \times 10^7 - 8,59 \times 10^7$ konidia/g dan kelimpahan populasi $11,67 \times 10^3 - 14,67 \times 10^3$ cfu/g pada biofungisida yang disimpan selama 4 bulan.

Kata kunci: Daya simpan, biofungisida, gliserol, *T. virens*, *T. amazonicum*

UDC 633.73:632.7

Funny Soesanthi, Enny Randriani, dan Syafaruddin

Evaluasi Tingkat Serangan Penggerek Buah Kopi *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) pada Kultivar Kopi Arabika AGK-1*J. TIDP* 3(3), 167-174

November, 2016

Kopi Arabika berbuah kuning (AGK-1) merupakan kultivar unggul lokal yang telah dikembangkan secara luas di wilayah Kabupaten Garut dan beberapa kabupaten lainnya di Jawa Barat. Keunggulan kultivar ini adalah produktivitas tinggi, ukuran biji besar, dan mutu citarasa spesialti. Salah satu kendala dalam budi daya tanaman kopi adalah serangan kumbang penggerek buah kopi (PBKo) *Hypothenemus hampei*, yang merupakan hama penting tanaman kopi di seluruh dunia. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi tingkat serangan hama PBKo pada kultivar AGK-1 di lapangan dan laboratorium. Penelitian dilakukan mulai bulan Maret sampai Agustus 2016. Pengamatan tingkat serangan PBKo di lapangan dilakukan di blok Ciawer dan Legok Gede, Desa Margamulya, Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut, Jawa Barat pada tanaman berumur 4 tahun (1.450 m dpl), 6 tahun (1.300 m dpl), 9 tahun (1.350 m dpl), dan 11 tahun (1.300 m dpl). Pengujian tingkat serangan PBKo terhadap buah kopi AGK-1 dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, menggunakan metode pilihan dan tanpa pilihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase serangan *H. hampei* pada kultivar AGK-1 di lapangan pada semua umur tanaman dan elevasi sangat rendah (3,24%–6,76%). Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan persentase serangan PBKo pada kultivar AGK-1 cukup tinggi, baik menggunakan metode tanpa pilihan maupun pilihan, yaitu masing-masing 51,25% dan 17,5%. Akan tetapi, tingkat kerusakan biji yang ditimbulkan tergolong rendah dan tidak berbeda nyata dengan kultivar/varietas lainnya, yaitu 19,37% dan 6,25%.

Kata kunci: Kopi Arabika, tingkat serangan, *Hypothenemus hampei*

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 3, Nomor 3, November 2016

UDC 633.612:631.823

Rusli, Yulius Ferry, Bariot Hafif, dan Edi Wardiana

Keefektifan Pembenah Tanah, Pemupukan, dan Mikoriza untuk Pertumbuhan Tanaman Karet di Lahan Bekas Tambang Timah

J. TIDP 3(3), 175-184

November, 2016

Kendala dalam penggunaan lahan bekas tambang timah untuk pertanian ialah tekstur tanah kasar (pasir), C-organik rendah, pH masam, dan kandungan hara rendah. Lahan ini bisa dimanfaatkan kalau diberi bahan pembenah tanah. Tujuan penelitian adalah mengetahui cara pengelolaan lahan bekas tambang timah yang lebih baik melalui penggunaan bahan pembenah tanah, dosis pupuk, dan mikoriza untuk pertumbuhan tanaman karet. Penelitian dilakukan di Kecamatan Mandor, Kabupaten Landak, Kalimantan Barat, mulai tahun 2014 sampai 2015. Rancangan penelitian menggunakan petak terbagi dengan 3 ulangan. Petak utama adalah penggunaan pembenah tanah: M₁ (kompos 16 kg + 24 kg tailing kuarsa), M₂ (tanah liat 16 kg + 24 kg tailing kuarsa), M₃ (kompos 8 kg + tanah liat 8 kg + 24 kg tailing kuarsa), dan kontrol (tanpa pembenah tanah). Anak petak ialah dosis pupuk, yaitu D₁ (100% dosis rekomendasi), D₂ (100% dosis rekomendasi + mikoriza 100 g), D₃ (125% dosis rekomendasi), D₄ (125% dosis rekomendasi + mikoriza 100 g). Lokasi penelitian berketinggian 50 m di atas permukaan laut (dpl), iklim tipe A, curah hujan (CH) tahunan berkisar 2.600 mm, tanah kaya fraksi pasir (82,2%), N (0,09%), K (0,08 cmol(+)/kg) kategori sangat rendah, dan P (9,24 ppm) kategori rendah. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan tanaman karet (tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun). Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman karet pada lahan bekas tambang timah diperlukan aplikasi pembenah tanah kompos dan atau tanah liat. Dosis pupuk yang optimal adalah 125% dari dosis rekomendasi ditambah 100 g mikoriza.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, pembenah tanah, pupuk, mikoriza, tanah bekas tambang

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 3, Nomor 3, November 2016

UDC 633.74-153

Nur Ajjiah

Effect of Basal Medium Composition and Explant Type on The Formation of Cacao Somatic Embryo*J. TIDP 3(3), 127-134*

November, 2016

The composition of basal medium determines the regeneration success of in vitro culture. The study aimed to evaluate the effect of basal medium in the primary callus induction medium and explant type on the formation of cacao somatic embryo. The research was conducted at the Tissue Culture Laboratory of IAARD, Bogor, from June 2014 to December 2015. Primary callus induction derived from staminoid and petal explants of ICCRI 4 clone used two types of basal medium, i.e. DKW + 9 μ M 2,4-D + 1.16 μ M kinetin or WPM + 9 μ M 2,4-D + 1.16 μ M kinetin. After 14 days, callus was subcultured onto secondary callus induction medium (WPM + 2,4-D 9 μ M + kinetin 0.58 μ M), and then onto DKW medium without growth regulators to induce the formation of somatic embryo. The research was designed in two-factor factorial design with five replications. The first factor was the type of basal medium on the primary callus induction medium (DKW and WPM) and the second factor was the type of explants (petal and staminoid). The results showed significant interaction effect between basal medium type and explant type on the formation of callus and somatic embryo of cacao. The highest percentage of callus formation was derived from staminoid explants on the DKW basal salt medium (92.5%). However, the highest percentage of somatic embryo formation and the number of somatic embryo per explant were obtained from DKW basal salt medium with petal explants (36.5% and 2.3). Therefore, the use of DKW basal salt medium and petal explant were recommended for the induction of somatic embryo of the ICCRI 4 clone.

Keywords: DKW, explant, somatic embryo, callus, WPM

UDC 633.73-153

Handi Supriadi, Dewi Nur Rokhmah, and Saefudin

The Packaging Technology of Scions During Distribution to Maintain Cuttings Viability of Robusta Coffee*J. TIDP 3(3), 135-140*

November, 2016

The distance between the location of cuttings nursery and scions garden of Robusta coffee is considered as the main obstacle of cuttings viability during distribution period. One alternative to solve the problem is the utilization of packaging to keep the moisture of scions and viability of Robusta coffee cuttings. This study aimed to investigate the packaging technique of scions during the distribution period to maintain the viability. The experiment was conducted in the Integrated Laboratory and Pakuwon Experimental Station, Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from January to December 2015. The study used a split plot in time design with 5 replications. The main plot was the distribution periods of scion (7 and 10 days), while the subplot consisted of 3 types of packaging (plastic, paper, and sawdust), and all treatments of packaging type were added with polyacrylamide superabsorbent polymer. Variables observed were the water content; cuttings viability; weight of dry leaves and number of leaves; number, length, volume, and weight of dry roots; auxin and carbohydrate contents at two months after sowing. In addition, the economic effects of packaging types were analyzed. The results showed that the distribution periods of 7 and 10 days were able to maintain the viability of the Robusta coffee cuttings of 55.63%–64.01%. The recommended packaging type is plastic + superabsorbent polyacrylamide polymer for its low cost and the lightest.

Keywords: Robusta coffee, cuttings, distribution, packaging

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 3, Nomor 3, November 2016

UDC 632.93:633.74

Rita Harni, Widi Amaria, Khaerati, and Efi Taufiq

Isolation and Selection of Endophytic Fungi From Cacao as Biocontrol Agents of Phytophthora palmivora Butl.*J. TIDP* 3(3), 141-150

November, 2016

Phytophthora palmivora Butl. is a causal pathogen of black pod rot of cocoa (BPR) which leads to severe crop losses. Control of *P. palmivora* using biological agents such as endophytic fungi is most recommended for its environmentally friendly benefits. The aim of this research was to obtain endophytic fungi from cacao plant that works as biological agent against *P. palmivora*. The research was conducted at Plant Protection Laboratory, Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from January to July 2015. The exploration for endophytic fungi was carried out in cacao producing regions such as Southeast Sulawesi, West Java, and Lampung. The samples taken were of leaves, pods, and branches of a number of cacao varieties and clones. Isolated endophytic fungi were then being sterilized, selected, and studied in vitro using PDA medium and in vivo using cacao pod. The exploration obtained 269 endophytic fungi, consisted of 195 isolates from Southeast Sulawesi, 41 isolates from West Java, and 33 isolates from Lampung. The evaluation of endophytic fungi isolated from *P. palmivora* showed that there were 4 species of *Trichoderma* isolates which have potentials for biological agents to control *P. palmivora*, namely SWI, STII, PB5, and SWII with inhibitory effect of 70.33%; 68.89%; 67.43%; and 66.67%, respectively.

Keywords: *Phytophthora palmivora Butl.*, black pod, endophytic fungi

UDC 633.73:575.21

Enny Randriani, Dani, Handi Supriadi, and Syafaruddin

Phenotypic Expression of "Sidodadi" Robusta Coffee Clone Grown at Three Different Altitudes*J. TIDP* 3(3), 151-158

November, 2016

Coffee "Sidodadi" is the Robusta coffee clone, selected by farmers, widely developed in the Bengkulu region. The clones are distributed at different altitudes, i.e. 600, 900, and 1,200 m asl and presumably have different phenotypic expression due to different growth environment. This study aimed to determine the influence of altitudes on the phenotypic expression of coffee "Sidodadi". The study was conducted at (1) 600 m asl (Sukarami subdistrict, Bermani Ulu district, Curup Regency), (2) 900 m asl (Airsempiang subdistrict, Kabawetan district, Kapahiang Regency), and (3) 1,200 m asl (Airles subdistrict, Muara Kemumuh District, Kapahiang Regency), from January 2014 to October 2015 with a survey method. A total of 5 trees were randomly assigned to each experimental unit and each was repeated 5 times. Phenotypic characters observed including vegetative morphology and yield components (data obtained using the difference test of two average *t*-Students on the 5% level), caffeine content, and cupping-test score. The sample of coffee beans used was 500 g with a water content of 10%–10.9% taken at three different altitudes. The results showed a significant effect of altitude on vegetative growth and yield components of "Sidodadi" Robusta coffee. Altitude of 1,200 m asl produces vegetative, generative, and higher-yielding coffee yields, but with lower caffeine content than those grown at 600 and 900 m asl. Meanwhile, the best flavor quality with a score of 85.25 is indicated by "Sidodadi" Robusta coffee grown at an altitude of 900 m asl which delivered high body, long aftertaste, dark chocolate aroma, and caramelly flavor.

Keywords: Robusta coffee, phenotypic expression, altitude, clone

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
 DAN PENYEGAR**
 Journal of Industrial and Beverage Crops
 Volume 3, Nomor 3, November 2016

UDC 632.93:547.426.1

Widi Amaria, Yulius Ferry, Samsudin, and Rita Harni

The Effect of Glycerol Addition in Multiplication Medium on Storage Longevity of Trichoderma Biofungicide*J. TIDP* 3(3), 159-166

November, 2016

The storage longevity of biofungicide containing *Trichoderma* is important to know in determining its effective application. The composition of the multiplication medium in the *Trichoderma virens* dan *T. amazonicum* biofungicide can affect the longevity and viability of conidia during storage. The objective of the research was to determine the effect of glycerol addition in the multiplication medium of *T. virens* and *T. amazonicum* biofungicide during storage. The research was conducted at the Laboratory of Plant Protection, Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from January to July 2014. The experiment used a completely randomized design with 8 treatments and 3 replications. The biofungicidal formula consisted of: (1) glycerol addition (0%, 3%, 6%, and 9%) in the multiplication medium of *T. virens* and (2) glycerol addition (0%, 3%, 6%, and 9%) in the multiplication medium of *T. amazonicum*. Each multiplication was mixed with a carrier (talc), dried, then packed in a plastic bag and stored for 4 months. Observations were carried out each month, including: the amount of conidia, *Trichoderma* sp. population, and water content. The results showed that the addition of glycerol to multiplication medium was able to maintain the viability of *T. virens* and *T. amazonicum* and the storage longevity of the biofungicide. The addition of 6% to 9% glycerol in the multiplication medium of *T. virens* and *T. amazonicum* showed the highest concentration, yielding conidia up to $7.98 \times 10^7 - 8.59 \times 10^7$ conidia/g and population abundance of $11.67 \times 10^3 - 14.67 \times 10^3$ cfu/g in biofungicide stored for 4 months.

Keywords: Storage longevity, biofungicide, glycerol, *T. virens*, *T. amazonicum*

UDC 633.73:632.7

Funny Soesanthi, Enny Randriani, and Syafaruddin

Evaluation of Berry Borer Hypothenemus hampei (Coleoptera: Curculionidae) Attack on Arabica Coffee Cultivar of AGK-1*J. TIDP* 3(3), 167-174

November, 2016

The yellow Arabica coffee (AGK-1) is a superior local cultivar that has been widely developed in the Garut regency and several other districts in West Java. The advantages of this cultivar are high productivity, large berry size, and specialty flavor quality. One of the obstacles in its development is the coffee berry borer (CBB attack), caused by *Hypothenemus hampei*, which is the main pest of coffee plants worldwide. The objective of the study was to evaluate the percentage of infestation in Arabica coffee cultivars of AGK-1 both in laboratory and on field studies. The research was conducted from March to August 2016. The observation of CBB infestation level in the field was carried out in Ciawer and Legok Gede Village, Cikajang District, Garut Regency, West Java, taken on 4 years old plants (1,450 m asl), 6 years (1,300 m asl), 9 years (1,350 m asl), and 11 years (1,300 m asl). Infestation testing of CBB was conducted in laboratory of Plant Protection of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, using the method of choice and non choice test. The result showed that the percentage of *H. hampei* infestation on AGK-1 yellow Arabica coffee cultivar on field at all age and altitudes was low (3.24%–6.76%). Whereas laboratory testing showed that infestation level of CBB on yellow Arabica coffee cultivar AGK-1 as the highest, both from the choice and non choice test (51.25% and 17.5% respectively). On the other hand, the berry damage was low and not significantly different from other cultivars/varieties (19.37% and 6.25% respectively).

Keywords: Arabica coffee, attack level, *Hypothenemus hampei*

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 3, Nomor 3, November 2016

UDC 633.612:631.823

Rusli, Yulius Ferry, Bariot Hafif, and Edi Wardiana

The Effectiveness of Ameliorants, Fertilizer, and Mycorrhiza For Rubber Growth at Post Tin Mining Land

J. TIDP 3(3), 175-184

November, 2016

The use of post tin mining land for agricultural purpose is constrained by the coarse soil texture (sand), low C-organic, acid pH and low nutrient content which can be rehabilitated with soil ameliorant treatment. The research objective was to determine the best soil management of post tin mining land through the use of soil ameliorant, fertilizer, and mycorrhiza application for rubber plant growth. The research was conducted in Mandor District, Landak Regency, West Kalimantan, from 2014 until 2015. The experiment design was a split plots with 3 replications. The main plot was the use of ameliorant i.e M_1 (16 kg of compost + 24 kg of quartz tailings), M_2 (16 kg of clay soil + 24 kg of quartz tailings), M_3 (8 kg of compost + 8 kg of clay soil + 24 kg of quartz tailings), and control (without soil ameliorant). Subplot was fertilizer dosage i.e D_1 (100% of the recommended doses), D_2 (100% of the recommended doses + 100 g of mycorrhiza), D_3 (125% of the recommended doses), D_4 (125% of the recommended doses + 100 g of mycorrhiza). The study was conducted at altitude of 50 m asl, type A climate, annual rainfall at 2.600 mm, sandy soil (82.2%) with very low N (0.09%), very low K (0.08 cmol (+)/kg), and low P (9.24 ppm). Variables observed were the rubber plant growth (plant height, stem diameter, and number of leaves). Result showed that optimizing the rubber growth at post tin mining land needs soil ameliorants application such as compost and clay. Meanwhile, the optimal dose of fertilizer is 125% of the recommended dose plus 100 g of mycorrhiza.

Keywords: *Hevea brasiliensis, soil ameliorant, fertilizer, mycorrhiza, post tin mining land*

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 3, Nomor 3, November 2016

Pengaruh Komposisi Media Dasar dan Jenis Eksplan terhadap Pembentukan Embrio Somatik Kakao (Nur Ajijah)	127-134
Teknologi Pengemasan Entres Selama Distribusi untuk Mempertahankan Daya Tumbuh Setek Kopi Robusta (Handi Supriadi, Dewi Nur Rokhmah, dan Saefudin)	135-140
Isolasi dan Seleksi Jamur Endofit Asal Tanaman Kakao sebagai Agens Hayati <i>Phytophthora palmivora</i> Butl. (Rita Harni, Widi Amaria, Khaerati, dan Efi Taufiq)	141-150
Ekspresi Fenotipik Klon Kopi Robusta "Sidodadi" pada Tiga Ketinggian Tempat (Enny Randriani, Dani, Handi Supriadi, dan Syafaruddin)	151-158
Pengaruh Penambahan Gliserol pada Media Perbanyakan terhadap Daya Simpan Biofungisida <i>Trichoderma</i> (Widi Amaria, Yulius Ferry, Samsudin, dan Rita Harni)	159-166
Evaluasi Tingkat Serangan Penggerek Buah Kopi <i>Hypothenemus hampei</i> (Coleoptera: Curculionidae) pada Kultivar Kopi Arabika AGK-1 (Funny Soesanthi, Enny Randriani, dan Syafaruddin)	167-174
Keefektifan Pembenah Tanah, Pemupukan, dan Mikoriza untuk Pertumbuhan Tanaman Karet di Lahan Bekas Tambang Timah (Rusli, Yulius Ferry, Bariot Hafif, dan Edi Wardiana)	175-184

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

PENGARUH KOMPOSISI MEDIA DASAR DAN JENIS EKSPLAN TERHADAP PEMBENTUKAN EMBRIO SOMATIK KAKAO

EFFECT OF BASAL MEDIUM COMPOSITION AND EXPLANT TYPE ON THE FORMATION OF CACAO SOMATIC EMBRYO

* Nur Ajijah

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* ajijah_ridwan@yahoo.co.id

(Tanggal diterima: 12 Agustus 2016, direvisi: 30 Agustus 2016, disetujui terbit: 28 Oktober 2016)

ABSTRAK

Komposisi media dasar sangat menentukan keberhasilan proses regenerasi di dalam kultur *in vitro*. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh komposisi media dasar pada media induksi kalus primer dan jenis eksplan terhadap pembentukan embrio somatik kakao. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Unit Pengembangan Benih Unggul Pertanian Balitbangtan, Bogor, mulai bulan Juni 2014 sampai Desember 2015. Induksi kalus primer dari eksplan mahkota bunga dan staminoid kakao klon ICCRI 4 menggunakan dua jenis media dasar, yaitu media Driver dan Kuniyuki (DKW) + 2,4-D 9 μM + kinetin 1,16 μM dan *woody plant media* (WPM) + 2,4-D 9 μM + kinetin 1,16 μM . Setelah 14 hari, kalus disubkultur pada media induksi kalus sekunder (WPM + 2,4-D 9 μM + kinetin 0,58 μM), kemudian pada media DKW tanpa zat pengatur tumbuh untuk menginduksi pembentukan embrio somatik. Penelitian disusun dalam rancangan faktorial dua faktor dengan 5 ulangan. Faktor pertama adalah jenis media dasar pada media induksi kalus primer (DKW dan WPM), sedangkan faktor kedua adalah jenis eksplan (mahkota bunga dan staminoid). Hasil penelitian menunjukkan terdapat pengaruh interaksi yang nyata antara jenis media dasar dan jenis eksplan terhadap pembentukan kalus dan embrio somatik kakao. Persentase pembentukan kalus paling tinggi diperoleh pada penggunaan media dasar DKW dengan eksplan staminoid (92,5%). Akan tetapi, persentase pembentukan embrio somatik dan jumlah embrio somatik per eksplan paling tinggi diperoleh pada perlakuan media dasar DKW dengan eksplan mahkota bunga (36,5% dan 2,30). Dengan demikian, penggunaan media dasar DKW dan eksplan mahkota bunga lebih direkomendasikan untuk menginduksi pembentukan embrio somatik kakao klon ICCRI 4.

Kata kunci: DKW, eksplan, embrio somatik, kalus, WPM

ABSTRACT

The composition of basal medium determines the regeneration success of *in vitro* culture. The study aimed to evaluate the effect of basal medium in the primary callus induction medium and explant type on the formation of cacao somatic embryo. The research was conducted at the Tissue Culture Laboratory of IAARD, Bogor, from June 2014 to December 2015. Primary callus induction derived from staminoid and petal explants of ICCRI 4 clone used two types of basal medium, i.e. DKW + 9 μM 2,4-D + 1.16 μM kinetin or WPM + 9 μM 2,4-D + 1.16 μM kinetin. After 14 days, callus was subcultured onto secondary callus induction medium (WPM + 2,4-D 9 μM + kinetin 0.58 μM), and then onto DKW medium without growth regulators to induce the formation of somatic embryo. The research was designed in two-factor factorial design with five replications. The first factor was the type of basal medium on the primary callus induction medium (DKW and WPM) and the second factor was the type of explants (petal and staminoid). The results showed significant interaction effect between basal medium type and explant type on the formation of callus and somatic embryo of cacao. The highest percentage of callus formation was derived from staminoid explants on the DKW basal salt medium (92.5%). However, the highest percentage of somatic embryo formation and the number of somatic embryo per explant were obtained from DKW basal salt medium with petal explants (36.5% and 2.3). Therefore, the use of DKW basal salt medium and petal explant were recommended for the induction of somatic embryo of the ICCRI 4 clone.

Keywords: DKW, explant, somatic embryo, callus, WPM

PENDAHULUAN

Pertanaman kakao di Indonesia sebagian besar berumur tua dan telah melampaui umur ekonomis sehingga produktivitasnya semakin menurun. Upaya peremajaan melalui penanaman baru memerlukan ketersediaan benih dalam jumlah besar. Namun, penyediaan benih klon-klon unggul kakao melalui perbanyakan klonal secara konvensional masih dihadapkan pada kendala faktor multiplikasi yang rendah. Teknologi kultur jaringan, di antaranya embriogenesis somatik, diharapkan mampu mengatasi kendala tersebut.

Zat pengatur tumbuh, faktor genetik, jenis eksplan, dan komposisi media dasar memegang peranan sangat penting dalam proses embriogenesis somatik yang diinduksi secara *in vitro*. Media dasar menyediakan unsur hara makro, mikro, dan vitamin yang sangat diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan jaringan eksplan. Pada proses induksi embriogenesis somatik secara *in vitro*, peran media adalah menyediakan nutrisi bagi proses pembentukan kalus serta pembentukan dan perkembangan embrio somatik. Pada proses ini nutrisi hanya disuplai dari media karena tidak ada koneksi dengan jaringan induk seperti pada pertumbuhan dan perkembangan embrio zigotik. Menurut Noormohammadi, Farahani, & Safarzadeh (2013), salah satu faktor paling penting pada proses regenerasi tanaman secara *in vitro* adalah unsur hara makro dan mikro serta vitamin yang spesifik pada setiap media dasar. Berbagai formulasi media dasar memiliki komposisi hara berbeda sehingga pemilihan media dasar yang tepat sangat diperlukan untuk memberikan nutrisi yang diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan eksplan di dalam kultur.

Beberapa jenis media dasar telah digunakan untuk menginduksi pembentukan embrio somatik pada kakao, di antaranya media Murashige dan Skoog (MS) (Avivi, Prawoto, & Oetami, 2010), media Driver dan Kuniyuki (DKW) (Tan & Furtek, 2004), serta gabungan penggunaan media DKW dan *woody plant media* (WPM) (Li, Traore, Maximova, & Guiltinan, 1998). Berbagai media dasar tersebut memiliki perbedaan kandungan hara makro dan mikro di dalamnya (Tabel 1).

Metode yang dikembangkan oleh Li *et al.* (1998), yaitu menggunakan media dasar DKW dan WPM, merupakan metode yang paling banyak diterapkan dan dilaporkan efektif untuk rentang genotipe yang luas. Li *et al.* (1998) menggunakan dua tahapan induksi kalus, yaitu induksi kalus primer menggunakan media DKW dan pertumbuhan kalus sekunder pada media WPM. Menurut Li *et al.* (1998), kultur kalus yang lebih lama pada media dasar DKW menghasilkan pertumbuhan kalus yang intensif dan

mengurangi pembentukan embrio somatik. Sementara itu, penggunaan media WPM dengan kandungan hara lebih rendah pada media pertumbuhan kalus sekunder dapat meningkatkan respons embriogenik kalus. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media dengan kandungan hara yang lebih rendah memberikan hasil lebih baik untuk perkembangan kultur. Pada embriogenesis somatik tanaman anggrek *Coelogyne cristata*, media 1/2 MS memberikan hasil lebih baik dibandingkan dengan media MS penuh (Naing, 2011). Demikian juga pada tanaman *Barringtonia racemosa*, penggunaan media dasar WPM memberikan hasil lebih baik untuk mendukung perkembangan kalus dibandingkan dengan media B5. Di sisi lain, media B5 dinilai lebih baik dibandingkan dengan media MS (Behbahani, Shanehsazzadeh, & Hessami, 2011). Namun demikian, menurut Saad & Elshahed (2012) konsentrasi hara media yang optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan kultur berbeda untuk setiap spesies tanaman, bergantung pada kebutuhan nutrisi masing-masing. Pada embriogenesis somatik tanaman kurma, formulasi media yang optimum bahkan berbeda untuk setiap kultivar dan tahap perkembangan kultur.

Tabel 1. Kandungan hara pada beberapa media dasar
Table 1. The nutrient content in several types of basal medium

	Jenis media		
	DKW	MS	WPM
Unsur makro (mM)			
NH ₄ ⁺	17,7	20,6	5,0
NO ₃ ⁻	34,4	39,4	9,7
PO ₄ ⁻	2,0	1,3	1,3
SO ₄ ⁻	12,3	1,7	7,2
K ⁺	20,0	20,0	12,6
Mg ⁺	3,0	1,5	1,5
Ca ⁺	9,3	3,0	3,0
Cl ⁻	2,0	6,0	1,3
Fe ⁺⁺	0,1	0,1	0,1
Na ⁺	0,3	0,2	0,2
Unsur mikro (μM)			
B ⁺⁺⁺	77,6	100,0	100,0
Co ⁺⁺	-	0,1	-
Cu ⁺⁺	1,0	0,1	1,0
I ⁻	-	5,0	-
Mn ⁺⁺	198,0	100,0	132,0
MoO ₄ ⁻	1,6	1,0	1,0
Ni ⁺	0,02	-	-
Zn ⁺⁺	57,2	29,9	29,9
Total N	52,1	60,0	14,8
NO ₃ ⁻ /NH ₄ ⁺	1,9	1,9	2,0

Sumber/Source: Bell, Srinivasan, & Lomberg (2009)

Belum diketahui apakah media WPM dapat digunakan pada tahap awal induksi kalus primer untuk

pembentukan embrio somatik kakao dan apakah terdapat perbedaan respons eksplan terhadap komposisi media dasar. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh komposisi media dasar pada media induksi kalus primer dan jenis eksplan terhadap pembentukan embrio somatik kakao.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan Unit Pengembangan Benih Unggul Pertanian (UPBUP) Balitbangtan, Bogor, mulai bulan Juni 2014 sampai Desember 2015.

Persiapan Bahan Tanaman

Bahan tanaman yang digunakan adalah bunga kakao yang masih kuncup berumur sekitar 3 minggu dari klon ICCRI 4, koleksi Laboratorium Kultur Jaringan Unit Pengembangan Benih Unggul Pertanian, Badan Litbang Pertanian. Kuncup bunga disterilisasi di dalam *laminar air flow* menggunakan klorox 5% selama 10 menit, kemudian dibilas akuades steril 3 kali. Mahkota bunga dan staminoid dipisahkan dari kuncup bunga di dalam cawan petri steril menggunakan pisau (*scalpel*) dan pinset berujung runcing yang steril.

Uji Pengaruh Media Dasar dan Jenis Eksplan terhadap Pembentukan Kalus

Induksi kalus dilakukan menggunakan metode Li *et al.* (1998) yang dimodifikasi. Kalus diinduksi dari eksplan mahkota bunga dan staminoid pada media induksi kalus primer (*primary callus induction*) selama 14 hari. Kemudian, kalus disubkultur pada media induksi kalus sekunder (*secondary callus growth*) selama 14 hari. Media induksi kalus primer terdiri dari media dasar DKW atau WPM, tergantung perlakuan, dengan penambahan glutamin 250 mg/l, glukosa 20 g/l, pematat *phytagel* 2 g/l, serta zat pengatur tumbuh (ZPT) *dichlorophenoxyacetic acid* (2,4-D) 9 μ M dan kinetin 1,16 μ M. Media induksi kalus sekunder terdiri dari media dasar WPM dengan penambahan air kelapa 50 ml/l, glukosa 20 g/l, pematat *phytagel* 2,2 g/l, serta ZPT dan kinetin masing-masing 2,4-D 9 μ M dan 1,16 μ M (Ajijah, Hartati, Rubiyo, Sukma, & Sudarsono, 2016). Modifikasi yang dilakukan meliputi penggantian *thidiazuron* pada media induksi kalus primer dengan kinetin dan penurunan konsentrasi kinetin pada media induksi kalus sekunder dari 1,40 μ M menjadi 1,16 μ M. Perlakuan disusun dalam rancangan faktorial dua faktor dengan jenis media dasar (DKW dan WPM) pada media induksi kalus primer sebagai faktor pertama dan jenis eksplan (staminoid dan mahkota bunga) sebagai faktor ke dua. Setiap perlakuan diulang lima kali dan setiap unit percobaan terdiri dari sepuluh eksplan. Pengamatan

dilakukan terhadap persentase pembentukan kalus umur 28 hari setelah kultur atau setelah eksplan dikulturkan pada media induksi kalus sekunder. Kultur diinkubasi pada suhu 24°C–26°C dalam keadaan gelap.

Uji Pengaruh Media Dasar dan Jenis Eksplan terhadap Pembentukan Embrio Somatik

Setelah 14 hari dalam media induksi kalus sekunder, kalus yang diinduksi dari eksplan staminoid dan mahkota bunga menggunakan media DKW atau WPM dipindahkan ke dalam media DKW tanpa ZPT. Selanjutnya, kalus disubkultur setiap dua minggu ke dalam media yang sama sampai terbentuk embrio somatik fase globular, hati, torpedo, dan kotiledon dewasa. Kultur diinkubasi pada suhu 24°C–26°C dalam keadaan gelap. Pengamatan dilakukan terhadap persentase eksplan membentuk embrio somatik fase globular, hati, torpedo, dan kotiledon dewasa serta jumlah total embrio somatik fase globular, hati, torpedo, dan kotiledon dewasa per eksplan pada 12 minggu setelah kultur (MSK).

Perkecambahan Embrio Somatik dan Pembesaran Planlet

Embrio somatik fase kotiledon dewasa dikecambahkan dalam media DKW tanpa ZPT sampai terbentuk daun normal. Pembesaran planlet juga dilakukan dalam media yang sama (Ajijah *et al.*, 2016).

Pengamatan Mikroskopik

Pengamatan mikroskopik dilakukan menggunakan mikroskop AxioVision (Zeiss) yang dilengkapi dengan kamera AxioCam (Zeiss). Kamera dihubungkan dengan komputer yang dilengkapi dengan perangkat lunak AxioVision Release 4.8.2.

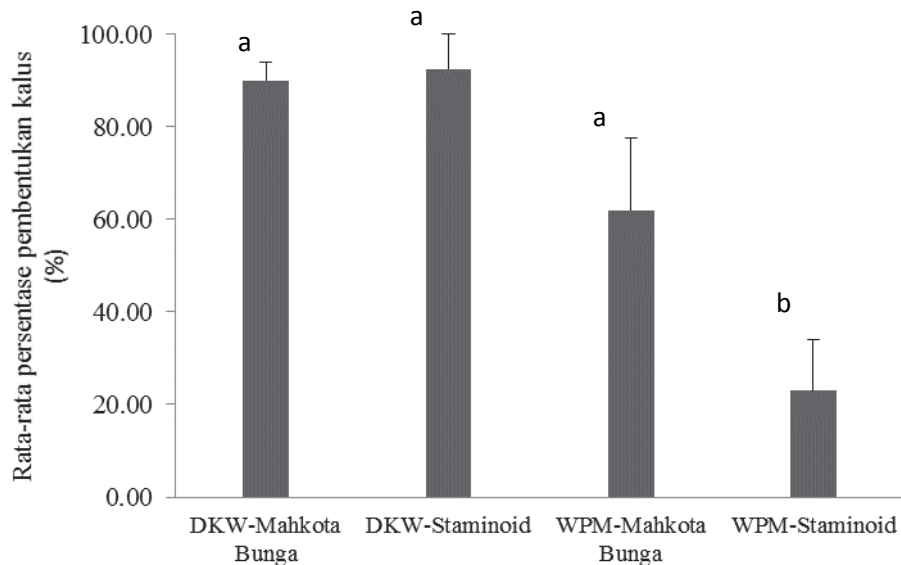
Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis ragam, dan bila hasilnya nyata maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menggunakan uji Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Media Dasar dan Jenis Eksplan terhadap Pembentukan Kalus

Jenis media dasar pada media induksi kalus primer dan interaksinya dengan jenis eksplan berpengaruh nyata (masing-masing pada $p=0,000$ dan $p=0,033$) terhadap rata-rata persentase pembentukan kalus kakao klon ICCRI 4 umur 28 hari setelah kultur. Pengaruh jenis eksplan secara tunggal tidak nyata ($p=0,055$). Eksplan mahkota bunga dan staminoid menunjukkan respons pembentukan kalus yang berbeda pada kedua jenis media dasar yang diuji.



Gambar 1. Pembentukan kalus kakao klon ICCRI 4 dari eksplan mahkota bunga dan staminoid yang diinduksi menggunakan media dasar DKW atau WPM 28 hari setelah kultur. Huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%. Bar mengindikasikan standar error (SE)

Figure 1. Callus formation of ICCRI 4 clone derived from petal and staminoid explants induced using DKW or WPM basal salt medium at 28 days after culture. The same letters are not significantly different according to Duncan's test at 5% level. Bars indicate the standard error (SE)

Penggunaan media dasar DKW pada media induksi kalus primer memicu respons pembentukan kalus yang lebih tinggi pada eksplan staminoid (92,5%) dibandingkan dengan mahkota bunga (90,0%), meskipun secara statistik tidak berbeda nyata. Sebaliknya, mahkota bunga menunjukkan respons pembentukan kalus lebih tinggi (62%) dan berbeda nyata dibandingkan dengan staminoid (23%) apabila digunakan media WPM (Gambar 1). Adanya perbedaan respons pembentukan kalus di antara organ bunga kakao juga telah dilaporkan sebelumnya (Avivi, Hardjosoedarmo, & Hartanto, 2012; Ajijah, Rubiyo, & Sudarsono, 2014; Ajijah *et al.*, 2016). Perbedaan kemampuan setiap jenis eksplan (hipokotil, kotiledon, dan akar) dalam membentuk kalus juga ditunjukkan pada tanaman *Raphanus sativus* L. (Aazami & Pouraghdam, 2009). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kandungan hormon endogen pada masing-masing jenis eksplan. Menurut Jimenez (2005), kandungan hormon endogen berperan sangat penting di dalam penentuan respons embriogenik suatu eksplan.

Pembentukan kalus merupakan tahapan yang sangat penting di dalam proses regenerasi melalui embriogenesis somatik secara tidak langsung dan hanya kalus yang bersifat embriogenik yang mampu membentuk embrio somatik. Beberapa hasil penelitian sebelumnya melaporkan komposisi media dasar sangat berpengaruh terhadap keberhasilan pembentukan kalus. Ahmed, Rao, Rao, & Taha (2011) melaporkan

penggunaan media dasar MS untuk menginduksi kalus dari eksplan batang dan daun tanaman *Phylla nodiflora*. Rata-rata persentase pembentukan kalus embriogenik yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan menggunakan media dasar B5, SH, dan WPM, walaupun ZPT yang digunakan sama. Sementara itu, Cardoso, Martinelli, & Latado (2012) melaporkan penggunaan media dasar WPM yang dilanjutkan dengan media dasar N6 (WPM-N6) untuk menginduksi kalus tanaman jeruk cv Tobias. Rata-rata persentase pembentukan kalus, ukuran kalus, dan persentase pembentukan kalus embriogenik lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan media N6-N6, N6-WPM dan WPM-WPM. Pada penelitian ini penggunaan media DKW pada media induksi kalus primer menghasilkan rata-rata persentase pembentukan kalus lebih tinggi dibandingkan dengan media WPM (Gambar 1). Hal ini kemungkinan disebabkan media DKW memiliki kandungan hara yang lebih tinggi dibandingkan media WPM (Tabel 1).

Pada tahap awal induksi kalus memerlukan media dasar dengan kandungan hara lebih tinggi untuk menginisiasi pembelahan sel. Hasil penelitian Avivi *et al.* (2012) juga menunjukkan induksi kalus dari organ bunga (mahkota bunga, staminoid, dan anter) beberapa klon kakao menggunakan protokol berbasis media DKW menghasilkan persentase pembentukan kalus lebih tinggi dibandingkan dengan protokol berbasis media MS. Media DKW diketahui memiliki kandungan

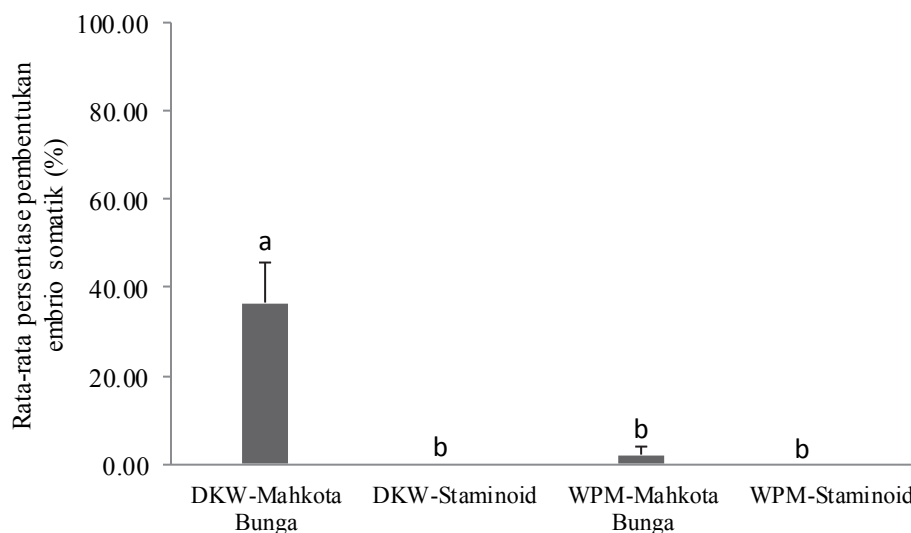
fosfor (PO_4^-), sulfur (SO_4^-), magnesium (Mg^+), dan kalsium (Ca^+) lebih tinggi dibandingkan dengan media dasar MS dan WPM (Tabel 1). Unsur Ca berperan di dalam pemanjangan dan pembelahan sel, pembentukan, dan penstabilan dinding sel, mempertahankan struktur dan permeabilitas membran sel, meregulasi berbagai respons sel, serta berfungsi sebagai ion pengatur di dalam translokasi karbohidrat (Aranda-Peres, Pereim Peres, Higashi, & Martinelli, 2009; Soetan, Olaiya, & Oyewole, 2010). Fosfor berfungsi sebagai komponen asam nukleat dan koenzim, sulfur berperan sebagai komponen protein, vitamin, dan koenzim, sedangkan magnesium berperan sebagai kofaktor enzim (Soetan *et al.*, 2010). Hal ini diduga menjadi penyebab media DKW menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan media MS dan WPM untuk menginduksi pembentukan kalus pada kakao.

Pengaruh Media Dasar dan Jenis Eksplan terhadap Pembentukan Embrio Somatik

Jenis media dasar pada media induksi kalus primer berpengaruh sangat nyata terhadap rata-rata persentase eksplan membentuk embrio dan jumlah embrio somatik per eksplan kakao klon ICCRI 4 pada 12 MSK ($p=0,001$; $p=0,001$), demikian juga dengan

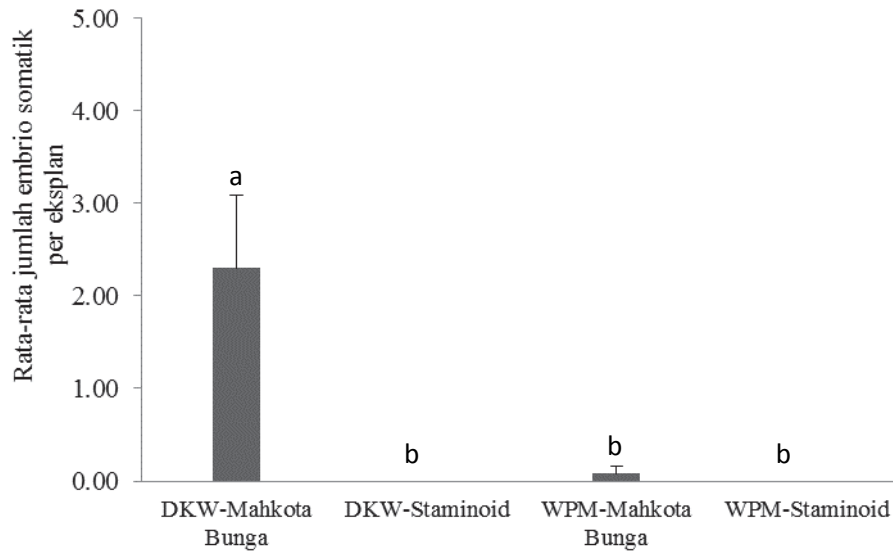
pengaruh jenis eksplan ($p=0,000$; $p=0,000$) serta interaksi media dan jenis eksplan ($p=0,001$; $p=0,001$). Embrio somatik dapat terbentuk dari kalus yang diinduksi dari eksplan mahkota bunga, baik menggunakan media dasar DKW maupun WPM (Gambar 2). Namun, kalus yang diinduksi menggunakan media DKW menghasilkan rata-rata persentase pembentukan embrio somatik dan jumlah embrio somatik nyata lebih banyak (36,5% dan 2,30) dibandingkan dengan eksplan yang sama namun diinduksi menggunakan media WPM yang hanya mencapai 2% dengan jumlah embrio 0,08 (Gambar 2 dan 3).

Beberapa hasil penelitian melaporkan komposisi media dasar yang digunakan untuk menginduksi kalus sangat menentukan kemampuan embriogenik kalus yang dihasilkan. Cardoso *et al.* (2012) melaporkan penggunaan media dasar WPM dilanjutkan dengan media dasar N6 (WPM-N6) untuk menginduksi kalus tanaman jeruk cv Tobias menghasilkan persentase pembentukan embrio somatik dan perkecambahan embrio somatik lebih tinggi dibandingkan penggunaan media N6-N6, N6-WPM dan WPM-WPM.



Gambar 2. Persentase pembentukan embrio somatik kakao klon ICCRI 4 dari kalus yang diinduksi dari eksplan mahkota bunga dan staminoid menggunakan media dasar DKW dan WPM 12 minggu setelah kultur. Huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%. Bar mengindikasikan standar error (SE)

Figure 2. The percentage of somatic embryo formation of ICCRI 4 clone from callus that was induced by petal and staminoid explants using DKW and WPM basal medium at 12 weeks after culture. The same letters are not significantly different according to Duncan's test at 5% level. Bars indicate the standard error (SE)



Gambar 3. Total jumlah embrio somatik per eksplan yang terbentuk dari kalus yang diinduksi dari eksplan mahkota bunga dan staminoid kakao klon ICCRI 4 menggunakan media DKW dan WPM umur 12 minggu setelah kultur. Huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%. Bar mengindikasikan standar error (SE)

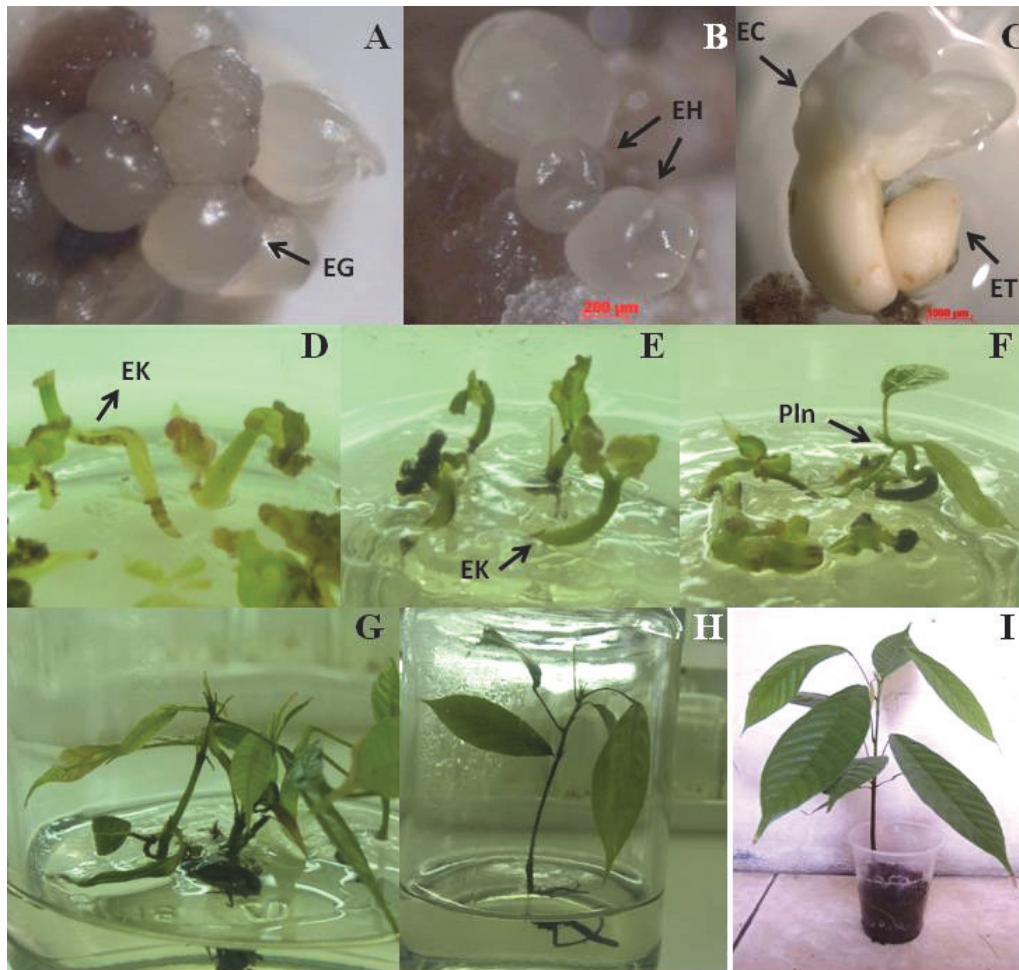
Figure 3. The number of somatic embryos per explant formed from callus that was induced from petal and staminoid explants of ICCRI 4 clone using DKW or WPM basal medium at 12 weeks after culture. The same letters are not significantly different according to Duncan's test at 5% level. Bars indicate the standard error (SE)

Beberapa hasil penelitian melaporkan keunggulan penggunaan media dasar DKW dibandingkan dengan media MS untuk menginduksi embriogenesis somatik pada kakao (Li *et al.*, 1998; Avivi *et al.*, 2012). Li *et al.* (1998) melaporkan bahwa penggunaan media dasar MS untuk kultur berbagai jenis eksplan kakao menghasilkan pertumbuhan kalus yang lambat, kemunduran lebih cepat, dan nekrotik pada jaringan. Sementara itu, penggunaan media dasar DKW menghasilkan pertumbuhan kalus embriogenik yang cepat serta meningkatkan pembentukan dan pertumbuhan embrio somatik. Avivi *et al.* (2012) juga melaporkan penggunaan protokol berbasis media dasar DKW menghasilkan persentase pembentukan embrio somatik dengan jumlah embrio somatik lebih banyak dibandingkan dengan protokol berbasis media MS.

Salah satu kelebihan media DKW adalah memiliki kandungan sulfur hampir dua kali lipat (12,23 mM) dibandingkan dengan media WPM (7,2 mM) dan hampir enam kali lipat dibandingkan dengan media MS (1,7 mM). Hasil penelitian Minyaka, Niemenak, Issali, Sangare, & Omokolo (2010) menunjukkan penghilangan sulfur dari media DKW (mengganti MgSO_4 dan K_2SO_4 dengan MgCl_2 dan KCl) di dalam media induksi kalus primer menurunkan persentase pembentukan embrio somatik secara nyata. Penurunan

semakin besar seiring lamanya kultur diinkubasi dalam media tanpa sulfur (menghilangkan sulfur pada media induksi kalus sekunder serta media induksi dan pendewasaan embrio somatik). Tidak adanya suplai sulfur di dalam media menghambat asimilasi sistein sintase yang penting untuk proses embriogenesis somatik pada kakao (Minyaka *et al.*, 2008).

Pada penelitian ini, tidak ada embrio terbentuk dari kalus yang diinduksi dari eksplan staminoid, baik menggunakan media DKW maupun WPM. Embrio somatik hanya terbentuk dari eksplan mahkota bunga (Gambar 2). Hasil ini mengindikasikan pada klon kakao ICCRI 4, eksplan mahkota bunga memiliki respons embriogenesis somatik lebih tinggi dibandingkan dengan staminoid. Pada tanaman kakao, respons embriogenesis somatik dari eksplan mahkota bunga dan staminoid sangat bervariasi tergantung genotipe. Berdasarkan hasil penelitian Ajjah *et al.* (2016), respons embriogenesis somatik yang lebih tinggi pada klon kakao Sca 6, UIT 1, ICS 13, DR 2, dan Cimanggu 1 ditunjukkan oleh eksplan staminoid, sedangkan klon Pa 300, GC 7, ICCRI 2, dan Cimanggu 2 ditunjukkan oleh eksplan mahkota bunga. Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa eksplan mahkota bunga lebih direkomendasikan untuk digunakan di dalam menginduksi embriogenesis somatik pada kakao klon ICCRI 4.



Gambar 4. Pembentukan embrio somatik dan planlet kakao klon ICCRI 4 dari kalus yang diinduksi dari eksplan mahkota bunga menggunakan media dasar DKW: (A) embrio somatik fase globuler, (B) embrio somatik fase hati, (C) embrio somatik fase torpedo dan kotiledon, (D, E) perkecambahan embrio somatik, (F, G) pembentukan planlet, (H) planlet siap aklimatisasi, serta (I) tanaman pasca aklimatisasi. EC = embrio somatik fase kotiledon, EG = embrio somatik fase globuler, EK = embrio somatik yang sedang berkecambah, Pln = planlet

Figure 4. Formation of somatic embryos and plantlets of ICCRI 4 clone from callus induced from petal explants using DKW basal medium: (A) somatic embryo at globular phase, (B) somatic embryo at heart phase, (C) somatic embryos at torpedo and cotyledonary stage, (D, E) germination of somatic embryos, (F, G) formation of plantlets, (H) plantlets ready to be acclimatized and (I) post-acclimatization plants. EC = cotyledonary somatic embryo, EG = globular somatic embryo, EK = germination of somatic embryos, Pln = plantlets

Gambar 4 memperlihatkan tahapan perkembangan embrio somatik dan pembentukan planlet dari kalus yang diinduksi dari eksplan mahkota bunga klon kakao ICCRI 4 menggunakan media DKW. Embrio somatik berkembang melalui tahapan globuler (Gambar 4A), hati (Gambar 4B), torpedo (Gambar 4C), dan kotiledon (Gambar 4C). Pembentukan planlet diawali oleh perkecambahan embrio somatik (Gambar 4D dan 4E), selanjutnya pembentukan daun (Gambar 4F) dan planlet (Gambar 4F, 4G, dan 4H). Planlet kakao yang berasal dari embrio somatik memiliki akar tunggang dan daun normal, selanjutnya planlet diaklimatisasi. Benih kakao asal embrio somatik memiliki arsitektur seperti benih yang berasal dari biji (Gambar 4I).

KESIMPULAN

Persentase pembentukan kalus kakao klon ICCRI 4 paling tinggi diperoleh pada penggunaan eksplan staminoid menggunakan media dasar DKW (92,5%), diikuti eksplan mahkota bunga pada media dasar DKW (90%). Sementara itu, persentase pembentukan embrio somatik dan jumlah embrio somatik paling tinggi diperoleh pada penggunaan eksplan mahkota bunga, juga pada media DKW (36,5% dan 2,3 embrio per eksplan). Penggunaan media dasar DKW pada media induksi kalus primer dengan eksplan mahkota bunga lebih direkomendasikan untuk menginduksi pembentukan embrio somatik pada klon kakao ICCRI 4.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Rr. Siti Masithoh dan Cindy Ameliyanti yang telah memberikan bantuan teknis selama kegiatan penelitian berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- Aazami, M., & Pouraghdam, M. B. H. (2009). The effects of different culture media on the callus production of radish (*Raphanus sativus* L.). *Romanian Biotechnological Letters*, 14(4), 4519–4523.
- Ahmed, A. B. A., Rao, A. S., Rao, M. V., & Taha, R. M. (2011). Effect of picloram, additives and plant growth regulators on somatic embryogenesis of *Phyllanthus nodiflora* (L.) Greene. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 54(1), 7–13. doi: <http://doi.org/10.1590/S1516-89132011000100002>.
- Ajjah, N., Hartati, S., Rubiyo, R., Sukma, D., & Sudarsono, S. (2016). Effective cacao somatic embryo regeneration on kinetin supplemented medium DKW medium and somaclonal variation assessment using SSRs markers. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 38(1), 80–92. doi: <http://doi.org/10.17503/agrivita.v38i1.619>.
- Ajjah, N., Rubiyo, & Sudarsono. (2014). Pembentukan kalus dan embrio somatik kakao menggunakan thidiazuron melalui satu tahap induksi kalus. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 20(4), 179–186.
- Aranda-Peres, A. N., Pereim Peres, L. E., Higashi, E. N., & Martinelli, A. P. (2009). Adjustment of mineral elements in the culture medium for the micropropagation of three *Vriesea bromeliads* from the Brazilian atlantic forest : The importance of calcium. *HortScience*, 44(1), 106–112.
- Avivi, S., Hardjosoedarmo, S., & Hartanto, S. P. (2012). Perbandingan media Murashige & Skoog dan Penn State Cacao untuk embriogenesis somatik dari eksplan beberapa bagian bunga kakao. *Bionatura-Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati Dan Fisik*, 14(11), 68–77.
- Avivi, S., Prawoto, A., & Oetami, F. (2010). Regenerasi embriogenesis somatik pada beberapa klon kakao Indonesia dari eksplan bunga. *J. Agron. Indonesia*, 38(2), 138–143.
- Behbahani, M., Shanesazzadeh, M., & Hessami, M. J. (2011). Optimization of callus and cell suspension cultures of *Barringtonia racemosa* (Lecythidaceae family) for lycopene production. *Scientia Agricola*, 68(1), 69–76. doi: <http://doi.org/10.1590/S0103-90162011000100011>.
- Bell, R. L., Srinivasan, C., & Lomberg, D. (2009). Effect of nutrient media on axillary shoot proliferation and preconditioning for adventitious shoot regeneration of pears. *In Vitro Cellular and Developmental Biology - Plant*, 45(6), 708–714. doi: <http://doi.org/10.1007/s11627-009-9196-8>.
- Cardoso, J. C., Martinelli, A. P., & Latado, R. R. (2012). Somatic embryogenesis from ovaries of sweet orange cv. Tobias. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 109(1), 171–177. doi: <http://doi.org/10.1007/s11240-011-0073-x>.
- Jimenez, V. M. (2005). Involvement of plant hormones and plant growth regulators on *in vitro* somatic embryogenesis. *Plant Growth Regul.*, 47, 91–110.
- Li, Z., Traore, A., Maximova, S., & Guiltinan, M. J. (1998). Somatic embryogenesis and plant regeneration from floral explants of cacao (*Theobroma cacao* L.) using thidiazuron. *In Vitro Cell. Dev. Biol-Plant*, 34, 293–299.
- Minyaka, E., Niemenak, N., Issali, E. A., Sangare, A., & Omokolo, D. N. (2010). Sulphur depletion altered somatic embryogenesis in *Theobroma cacao* L. Biochemical difference related to sulphur metabolism between embryogenic and non embryogenic calli. *African Journal of Biotechnology*, 9(35), 5665–5675.
- Minyaka, E., Niemenak, N., Koffi, K. E., Issali, E. A., Sangare, A., & Ndoumou Omokolo, D. (2008). Effect of MgSO₄ and K₂SO₄ on somatic embryo differentiation in *Theobroma cacao* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 94(2), 149–160. doi: <http://doi.org/10.1007/s11240-008-9398-5>.
- Naing, A. H. (2011). Plant Regeneration Through indirect somatic embryogenesis in *Coelogyne cristata* orchid. *American Journal of Plant Sciences*, 2(2), 262–267. doi: <http://doi.org/10.4236/ajps.2011.22028>.
- Noormohammadi, Z., Farahani, F., & Safarzadeh, M. (2013). Study of morphological traits changes in different media culture study of morphological traits changes in different media culture of two apple rootstocks (M26 and Mm106). *Malays. Appl. Biol.*, 42(1), 25–33.
- Saad, A. I. M., & Elshahed, A. M. (2012). *Plant tissue culture media*. In Leva, A & Rinaldi, U. M. R. (Eds) *Recent advances in plant in vitro culture*. Chapter 2 (p. 30-40) doi: <http://doi.org/10.52670/BF02796489>. ISBN: 978-953-51-0787-3
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O., & Oyewole, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4(May), 200–222.
- Tan, C.L., Furtek, D. B. (2004). Recurrent embryogenesis and implications for genetic transfer in *Theobroma cacao* L. *Malaysian Cocoa J.*, 1, 28–35.

TEKNOLOGI PENGEMASAN ENTRES SELAMA DISTRIBUSI UNTUK MEMPERTAHANKAN DAYA TUMBUH SETEK KOPI ROBUSTA

THE PACKAGING TECHNOLOGY OF SCIONS DURING DISTRIBUTION TO MAINTAIN CUTTINGS VIABILITY OF ROBUSTA COFFEE

* Handi Supriadi, Dewi Nur Rokhmah, dan Saefudin

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
*handibalittri@gmail.com

(Tanggal diterima: 15 Juli 2016, direvisi: 10 Agustus 2016, disetujui terbit: 2 November 2016)

ABSTRAK

Jarak antara lokasi pembenihan setek berakar kopi Robusta dengan kebun entres seringkali berjauhan sehingga transportasi entres sebagai bahan pembuatan setek memerlukan waktu hingga beberapa hari. Kesegaran entres dan daya tumbuh setek dipengaruhi oleh jenis kemasan dan lamanya waktu distribusi. Tujuan penelitian adalah mengetahui teknik pengemasan entres selama masa distribusi untuk mempertahankan daya tumbuh setek kopi Robusta. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu dan Kebun Percobaan Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai Januari sampai Desember 2015. Penelitian menggunakan rancangan petak terpisah dalam waktu (*split plot in time*) dengan 5 ulangan. Petak utama adalah lama distribusi entres (7 dan 10 hari), sedangkan anak petak adalah 3 jenis kemasan (plastik, koran, dan serbuk gergaji), dan semua perlakuan kemasan ditambahkan *superabsorbent polyacrylamide polymer*. Pengamatan dilakukan terhadap kadar air; daya tumbuh setek; bobot kering dan jumlah daun; jumlah, panjang, volume, dan bobot kering akar; serta kandungan auxin dan karbohidrat dilakukan pada setek umur 2 bulan setelah semai. Di samping itu, dilakukan juga analisis ekonomi pengemasan. Hasil penelitian menunjukkan ketiga jenis kemasan pada pendistribusian entres kopi Robusta selama 7 dan 10 hari dapat mempertahankan daya tumbuh setek kopi Robusta sebesar 55,63%–64,01%. Teknologi kemasan yang direkomendasikan adalah plastik + *superabsorbent polyacrylamide polymer* karena dinilai paling ekonomis dan bobot kemasan paling ringan.

Kata kunci: Kopi Robusta, setek, distribusi, pengemasan

ABSTRACT

The distance between the location of cuttings nursery and scions garden of Robusta coffee is considered as the main obstacle of cuttings viability during distribution period. One alternative to solve the problem is the utilization of packaging to keep the moisture of scions and viability of Robusta coffee cuttings. This study aimed to investigate the packaging technique of scions during the distribution period to maintain the viability. The experiment was conducted in the Integrated Laboratory and Pakuwon Experimental Station, Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from January to December 2015. The study used a split plot in time design with 5 replications. The main plot was the distribution periods of scion (7 and 10 days), while the subplot consisted of 3 types of packaging (plastic, paper, and sawdust), and all treatments of packaging type were added with polyacrylamide superabsorbent polymer. Variables observed were the water content; cuttings viability; weight of dry leaves and number of leaves; number, length, volume, and weight of dry roots; auxin and carbohydrate contents at two months after sowing. In addition, the economic effects of packaging types were analyzed. The results showed that the distribution periods of 7 and 10 days were able to maintain the viability of the Robusta coffee cuttings of 55.63%–64.01%. The recommended packaging type is plastic + superabsorbent polyacrylamide polymer for its low cost and the lightest.

Keywords: Robusta coffee, cuttings, distribution, packaging

PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia yang sangat luas dan terdiri dari pulau-pulau dengan berbagai tingkat kesulitan transportasi sehingga menjadi kendala tersendiri dalam pendistribusian bahan tanam kopi Robusta, baik berupa

entres sebagai bahan setek maupun setek berakar siap tanam. Lokasi pembenihan setek berakar kopi Robusta yang dikelola petani atau penangkar benih tidak sedikit yang berjarak cukup jauh dari kebun entres yang telah ditetapkan oleh pemerintah. Oleh sebab itu, dalam beberapa kasus distribusi entres kopi Robusta dapat

menghabiskan waktu hingga lebih dari 7 hari sehingga dapat menyebabkan penurunan kesegaran entres dan daya tumbuh setek (pengalaman petani, tidak dipublikasikan). Pada saat distribusi benih dapat terjadi dua hal yang menyebabkan penurunan kualitasnya, yaitu proses penyimpanan dan pengemasan benih. Penyimpanan terkait secara langsung dengan adanya selisih waktu antara produksi benih dengan penanamannya di lapangan sehingga perlu media khusus untuk mempertahankan viabilitasnya. Pada proses pengemasan, di samping adanya selisih waktu antara produksi benih dengan penanamannya di lapangan, juga terkait dengan masalah angkutan selama distribusi benih.

Pada proses penyimpanan sering terjadi penurunan viabilitas benih. Jawal (2008) melaporkan bahwa penyimpanan setek avokad selama 4 hari dapat mengurangi viabilitasnya yang ditandai dengan semakin menurun tingkat keberhasilan penyambungan sebesar 24,42%. Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa penyimpanan batang entres karet selama 2–4 hari dapat menurunkan tingkat keberhasilan okulasi hijau (Saefudin & Wardiana, 2015). Oleh karena itu, pada proses penyimpanan perlu adanya teknologi yang dapat mempertahankan viabilitas tanaman. Hasil penelitian Syaiful, Ishak, & Jusriana (2007) menunjukkan bahwa penyimpanan benih kakao dengan media arang sekam yang dibasahi mampu memperlambat laju penurunan viabilitas sehingga daya tumbuh tanaman masih tetap tinggi, yaitu 72,67% dan pertumbuhannya di lapangan sangat baik. Selanjutnya Danu & Abidin (2007) melaporkan, media penyimpanan setek akar sukun berupa serbuk sabut kelapa lembap dan pelepah batang pisang mampu mempertahankan kelembapan sehingga setek tetap baik selama 28 hari.

Pengemasan benih berupa organ vegetatif tanaman (entres atau setek) dimaksudkan agar kelembapan serta kondisi fisiknya selama proses distribusi tetap terjaga. Entres atau setek yang layu karena kadar airnya berkurang secara drastis atau rusak akibat guncangan fisik saat pengangkutan akan memengaruhi viabilitas. Hasil penelitian pada entres kakao menunjukkan bahwa penyimpanan menggunakan kemasan koran dan plastik yang ditambahkan bahan penyerap air sebanyak 5 g per liter air dalam waktu 1–5 hari memberikan keberhasilan sambungan sebesar 90% (Rahardjo, 2007). Pada benih suren, jenis kemasan yang baik adalah berupa aluminium foil yang mampu mempertahankan daya tumbuh sebesar 71% (Suryanto, 2013). Sementara itu, teknik pengemasan bawang merah selama masa penyimpanan menggunakan jaring plastik dan kertas semen mampu mengurangi kerusakan bibit (Soedomo, 2006). Pada pengemasan batang entres karet paling baik adalah menggunakan kotak kayu yang

dilengkapi dengan media 5 lapis kertas koran atau serbuk gergaji yang dibasahi, dan batang entres dibungkus kantong plastik. Dengan kedua kemasan tersebut, tingkat keberhasilan okulasi dan pertumbuhan tunas hasil okulasi lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa kemasan kantong plastik (Saefudin & Wardiana, 2016). Penelitian bertujuan mengetahui teknik pengemasan entres selama masa distribusi untuk mempertahankan daya tumbuh setek kopi Robusta.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu dan Kebun Percobaan Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, yang terletak pada ketinggian tempat 450 m dpl, mulai bulan Januari sampai Desember 2015.

Bahan dan Rancangan Penelitian

Bahan tanam yang digunakan adalah batang entres kopi Robusta lokal Sukabumi dengan panjang rata-rata 45 cm. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan petak terpisah dalam waktu (*split plot in time*) dengan 5 ulangan. Petak utama adalah lama distribusi yang terdiri atas 2 taraf: (1) 7 hari dan (2) 10 hari. Anak petak adalah jenis kemasan yang terdiri dari 3 jenis: (1) plastik + *superabsorbent polyacrylamide polymer*, (2) plastik + koran + *superabsorbent polyacrylamide polymer*, dan (3) plastik + serbuk gergaji + *superabsorbent polyacrylamide polymer*.

Sebelum dikemas, bagian pangkal (bekas potongan) entres dicelupkan secara cepat ke dalam cairan parafin, kemudian dikemas sesuai dengan perlakuan. Pada setiap perlakuan pengemasan, ditambahkan bahan penyerap air (*superabsorbent polyacrylamide polymer*) yang sebelumnya telah dicampur air dengan takaran 3 g/l air (berbentuk gel). Pengemasan entres pada perlakuan pertama dilakukan dengan cara menyusunnya di atas *superabsorbent polyacrylamide polymer* yang telah diberi alas plastik. Pada perlakuan kedua entres diletakkan di atas *superabsorbent polyacrylamide polymer* yang dilapisi plastik dan koran, sedangkan pada perlakuan ketiga entres diletakkan di atas serbuk gergaji yang telah dicampur *superabsorbent polyacrylamide polymer* dan diberi alas plastik. Setelah dikemas sesuai perlakuan, batang entres pada masing-masing perlakuan ditempatkan pada peti karton dan ditutup rapat.

Simulasi Distribusi Entres dan Penanaman Setek

Entres kopi Robusta yang sudah diberi perlakuan kemasan selanjutnya didistribusikan dengan simulasi menggunakan kendaraan roda 4 bak terbuka. Pelaksanaan perlakuan distribusi benih 7 dan 10 hari dilakukan secara bersamaan dengan lama perjalanan 14 jam per hari, 10 jam sisanya digunakan untuk istirahat. Datangnya benih di lokasi tujuan adalah 3 hari lebih awal untuk perlakuan distribusi benih 7 hari dibandingkan dengan yang 10 hari sehingga penanaman seteknya pun lebih awal. Selama distribusi, dilakukan pengukuran suhu dan kelembapan udara di dalam kardus pengemas menggunakan termometer bola basah kering.

Setelah selesai pelaksanaan perlakuan distribusi, kemudian batang entres sepanjang 45 cm dipotong-potong menjadi setek satu ruas (*single node cutting*) berukuran ± 7 cm dan ditanam di media persemaian selama 2 bulan. Media persemaian setek berupa bedengan dengan ukuran 1,5 m $\times$ 10 m. Masing-masing bedengan diberi sungkup plastik dan naungan paranet 35%. Tata letak penyemaian disesuaikan dengan rancangan percobaan yang digunakan, dan setiap petak percobaan terdiri dari 25 setek.

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan dilakukan pada setek berumur 2 bulan setelah semai (2 BSS). Peubah yang diamati meliputi: kadar air, daya tumbuh, bobot kering daun, jumlah daun, jumlah akar, panjang akar, volume akar, berat kering akar, kandungan auksin, dan karbohidrat. Kadar air setek dianalisis di laboratorium berdasarkan metode gravimetri (Eviati & Sulaeman, 2012), kadar karbohidrat dianalisis menggunakan metode *luff schoorl* (SNI 01-2892-1992), dan kadar auksin dianalisis menggunakan metode TLC (*Thin Layer Chromatography*) scanner (Purnamaningsih & Ashrina, 2011). Di samping itu, dilakukan juga penghitungan analisis ekonomi dari perlakuan jenis kemasan yang digunakan. Data yang diperoleh dianalisis ragam, dan apabila hasilnya berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata perlakuan dengan uji Tukey pada taraf 5%.

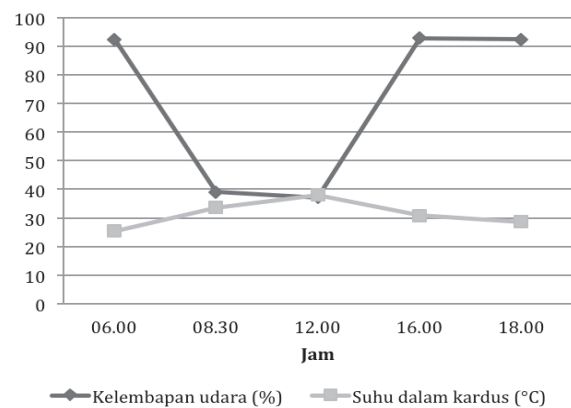
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Selama Distribusi Entres

Selama distribusi entres, suhu dan kelembapan udara dalam kemasan sangat berfluktuasi. Suhu dalam kemasan selama perjalanan pada jam 06.00 rata-rata sebesar 25,52°C, meningkat menjadi 33,83°C pada jam 08.30 WIB hingga mencapai puncaknya pada jam 12.00

WIB, yaitu 38,28°C. Pada jam 16.00 WIB suhu dalam kemasan mulai menurun menjadi 30,97°C dan terus menurun hingga mencapai 28,86°C pada jam 18.00 WIB (Gambar 1). Seperti halnya suhu, kelembapan udara dalam kemasan selama perjalanan juga berfluktuasi. Kelembapan udara jam 06.00, 16.00, dan 18.00 WIB sangat tinggi, yaitu masing-masing 92,5%, 93%, dan 92,5%, sedangkan pada jam 08.30 dan 12.00 WIB kelembapan sangat rendah, yaitu masing-masing 39,15% dan 37,2% (Gambar 1).

Suhu dan kelembapan yang berfluktuasi selama distribusi akan mempengaruhi transpirasi entres kopi Robusta. Raharjeng (2015) menyebutkan kenaikan suhu menyebabkan laju transpirasi meningkat. Transpirasi cenderung meningkat pada pagi hari, dan mencapai puncaknya pada siang hari ketika suhu tinggi dan kelembapan rendah, kemudian mengalami penurunan pada sore hari.



Gambar 1. Suhu dan kelembapan udara dalam kemasan selama perjalanan

Figure 1. Temperature and humidity level in the packaging during distribution

Pengaruh Lama Distribusi Benih

Lama waktu distribusi entres berpengaruh nyata terhadap kadar air setek. Kadar air setek setelah distribusi 7 hari sebesar 72,60% nyata lebih tinggi dibandingkan dengan distribusi 10 hari sebesar 67,32% (Tabel 1). Hasil penelitian Rahardjo (2007), tentang penyimpanan entres kakao menunjukkan bahwa semakin lama entres disimpan maka kadar airnya semakin menurun. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Saefudin & Wardiana (2015) bahwa penyimpanan entres karet selama 4 hari menyebabkan kandungan air pada entres turun sebesar 5,81%.

Tabel 1. Pengaruh lama distribusi terhadap kadar air dan daya tumbuh setek, serta komponen pertumbuhan setek kopi Robusta pada umur 2 bulan setelah semai

Table 1. The effect of distribution period on water content and cuttings viability, and growth components of Robusta coffee at 2 months age after sowing

Lama distribusi (hari)	Kadar air setek (%)	Daya tumbuh (%)	Bobot kering daun (g)	Jumlah daun	Jumlah akar	Panjang akar (cm)	Volume akar (cm ³)	Bobot kering akar (g)
7	72,60 a	62,89 a	0,146 a	6,91 a	2,55 a	4,17 b	0,05 b	0,026 a
10	67,32 b	54,08 b	0,169 a	7,90 a	2,03 b	5,55 a	0,09 a	0,046 a

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

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey's test at 5% levels

Daya tumbuh setek dari entres dengan perlakuan distribusi 10 hari (54,08%) nyata lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan distribusi 7 hari (62,89%). Artinya, semakin lama distribusi entres menyebabkan semakin menurunnya daya tumbuh setek kopi Robusta. Semakin lama waktu distribusi entres semakin banyak energi yang digunakannya untuk tetap melangsungkan proses metabolisme. Oleh karena itu, semakin lama waktu distribusi semakin menurun kandungan karbohidrat sebagai cadangan energi. Hal tersebut mempengaruhi kemampuan setek untuk tumbuh. Karbohidrat merupakan sumber energi untuk pertumbuhan setek (Apine & Kondratovics, 2005). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Rahardjo (2005) pada simulasi pengiriman bibit kakao cabutan selama 2 dan 4 hari yang menyebabkan daya tumbuhnya menurun dari 90% menjadi 75%.

Hasil pengamatan kadar air dan daya tumbuh setek ternyata memiliki pola yang sama, yaitu distribusi entres 7 hari lebih baik daripada 10 hari (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu distribusi maka semakin menurunkan kadar air dan daya tumbuh setek. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Rahardjo & Winarsih (2001) bahwa kadar air yang menurun selama penyimpanan menyebabkan setek sebagai bahan tanam kehilangan daya tumbuh. Pada distribusi selama 10 hari, setek kopi Robusta selama perjalanan lebih sering mengalami kondisi suhu tinggi dibandingkan pada distribusi 7 hari. Hal ini menyebabkan transpirasi lebih tinggi sehingga kehilangan air lebih besar. Sukamto, Lestari, & Putri (2014) menyebutkan transpirasi yang terus meningkat dalam entres akan mengakibatkan persediaan air dan cadangan makanan berupa karbohidrat dalam entres semakin berkurang.

Tabel 2. Pengaruh jenis kemasan terhadap kadar air dan daya tumbuh setek, serta komponen pertumbuhan setek kopi Robusta pada umur 2 bulan setelah semai

Table 2. The effect of the type of packaging on water content and cuttings viability, and growth components of Robusta coffee at 2 months after sowing

Kemasan	Kadar air setek (%)	Daya tumbuh (%)	Komponen pertumbuhan setek					
			Bobot kering daun (g)	Jumlah daun	Jumlah akar	Panjang akar (cm)	Volume akar (cm ³)	Bobot kering akar (g)
Plastik + superabsorbent polyacrylamide polymer	68,80 a	55,81 a	0,171 a	6,90 a	2,19 a	4,74 a	0,074 a	0,041 a
Plastik + koran + superabsorbent polyacrylamide polymer	70,21 a	55,63 a	0,142 a	8,01 a	2,41 a	5,46 a	0,075 a	0,038 a
Plastik + serbuk gergaji + superabsorbent polyacrylamide polymer	70,87 a	64,01 a	0,159 a	7,30 a	2,25 a	4,37 a	0,064 a	0,029 a

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

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey's test at 5% levels

Tabel 3. Pengaruh pengemasan dan lama distribusi entres terhadap kadar pati dan kadar hormon IAA setek kopi Robusta
Table 3. The effect of packaging type and distribution period of scions on starch contents and level of IAA hormone of Robusta coffee cuttings

Perlakuan	Kadar karbohidrat (%)	Kadar hormon IAA (%)
Distribusi 7 hari dengan kemasan plastik + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	3,23	0,0040
Distribusi 7 hari dengan kemasan plastik + koran + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	5,59	0,0038
Distribusi 7 hari dengan kemasan plastik + serbuk gergaji + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	4,63	0,0038
Rata-rata	4,48	0,0039
Distribusi 10 hari dengan kemasan plastik + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	2,32	0,0043
Distribusi 10 hari dengan kemasan plastik + koran + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	2,63	0,0041
Distribusi 10 hari dengan kemasan plastik + serbuk gergaji + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	4,11	0,0039
Rata-rata	3,02	0,0041

Lama distribusi entres berpengaruh nyata terhadap jumlah, panjang, dan volume akar. Panjang dan volume akar pada distribusi entres selama 10 hari nyata lebih tinggi dibandingkan dengan 7 hari, tetapi sebaliknya untuk jumlah akar. Dalam hal ini, jumlah akar diduga memiliki peran yang lebih nyata dibandingkan dengan panjang dan volume akar dalam hal penyerapan air dan unsur hara tanah. Semakin banyak jumlah akar maka semakin tinggi serapan air dan hara tanah, sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan daya tumbuh benih.

Jenis kemasan tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air, daya tumbuh, dan terhadap semua komponen pertumbuhan benih (Tabel 2). Hal ini terkait dengan data kandungan auksin pada perlakuan jenis kemasan, baik pada distribusi 7 hari maupun 10 hari, ternyata hampir sama yaitu berkisar 0,0038%–0,0041% (Tabel 3). Kandungan auksin yang tidak jauh berbeda menyebabkan pertumbuhan daun dan akar juga tidak jauh berbeda. Auksin merupakan hormon tumbuh yang memengaruhi pertumbuhan tunas dan akar (Arimarsetiowati & Ardiyani, 2012). Pada setek batang, inisiasi akar dirangsang oleh hormon auksin dan

dipengaruhi oleh adanya karbohidrat dalam setek (Pamungkas, 2009). Auksin meningkatkan mobilisasi gula dari daun ke akar pada setek serta mengubah karbohidrat menjadi gula larut (Hambrick, Davies, & Pemberton, 1991) yang sangat diperlukan dalam pembelahan dan pemanjangan sel pada akar (Pamungkas, 2009).

Biaya Pengemasan

Walaupun ketiga perlakuan pengemasan tidak berbeda nyata terhadap kadar air maupun daya tumbuh serta pertumbuhan setek, namun terdapat perbedaan pada perhitungan harga kemasan dan berat setek setelah dikemas (Tabel 4). Pada perlakuan pertama (kemasan plastik + *superabsorbent polyacrylamide polymer*) harganya paling murah, yaitu senilai Rp33.611,00, tidak jauh berbeda dengan perlakuan kedua (kemasan plastik + koran + *superabsorbent polyacrylamide polymer*) senilai Rp36.111,00. Harga kemasan paling mahal, yaitu pada perlakuan plastik + serbuk gergaji + *superabsorbent polyacrylamide polymer* senilai Rp67.111,00. Perhitungan harga kemasan ini diasumsikan untuk pengangkutan 2.000 entres.

Tabel 4. Perhitungan harga bahan kemasan dan bobot entres setelah dikemas dengan asumsi untuk pengangkutan 2.000 setek
Table 4. Cost calculation of packaging materials and weight of packaged scions with the assumption for distributing of 2.000 cuttings

Jenis kemasan	Bahan yang diperlukan	Biaya (Rp.)	Bobot setelah dikemas (kg)
Plastik + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	Plastik	31.111,00	60,8
	<i>Superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	2.500,00	
	Total	33.611,00	
Plastik + koran + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	Plastik	31.111,00	62,4
	Koran	2.500,00	
	<i>Superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	2.500,00	
	Total	36.111,00	
Plastik + serbuk gergaji + <i>superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	Plastik	31.111,00	132,0
	Serbuk gergaji	32.000,00	
	<i>Superabsorbent polyacrylamide polymer</i>	4.000,00	
	Total	67.111,00	

Pada bobot entres setelah dikemas, perlakuan kemasan plastik + *superabsorbent polyacrylamide polymer* merupakan perlakuan yang paling ringan, yaitu sebesar 60,8 kg/2.000 entres, dan tidak jauh berbeda dengan kemasan plastik + koran + *superabsorbent polyacrylamide polymer* yang sebesar 62,4 kg/2.000 entres. Sedangkan pengemasan dengan menggunakan plastik + serbuk gergaji + *superabsorbent polyacrylamide polymer* memiliki bobot paling tinggi, yaitu 132,0 kg/2.000 entres.

KESIMPULAN

Distribusi entres kopi Robusta selama 10 hari menurunkan kadar air dan daya tumbuh setek dibandingkan dengan distribusi 7 hari. Tiga jenis kemasan entres, yaitu (1) plastik + *superabsorbent polyacrylamide polymer*, (2) plastik + koran + *superabsorbent polyacrylamide polymer*, dan (3) plastik + serbuk gergaji + *superabsorbent polyacrylamide polymer* mampu mempertahankan daya tumbuh setek sebesar 55,63%-64,01%. Jenis kemasan yang direkomendasikan untuk distribusi benih kopi Robusta adalah plastik + *superabsorbent polyacrylamide polymer* karena paling ekonomis dan bobot kemasannya paling ringan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada teknisi litkayasa Balittri (Yunardi, Lilis Sholihat, S.E, dan Setty Utami, A.Md) yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan pengumpulan data serta kepada Ir. Edi Wardiana, M.Si yang telah membantu dalam analisis data dan saran-saran dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Apine, I., & Kondratovics, U. (2005). Effect of environmental factors on propagation of deciduous azalea by cuttings. I. Influence of stock plant management on rooting and carbohydrate status. *Acta Universitatis Latviensis*, 691, 31–40.
- Arimarsetiowati, R., & Ardiyani, F. (2012). Pengaruh penambahan auxin terhadap pertunasan dan perakaran kopi arabika perbanyakan somatik embriogenesis. *Pelita Perkebunan*, 28(2), 82–90.
- Danu, & Abidin, A.Z. (2007). Pengaruh kemasan dan lama penyimpanan terhadap pertumbuhan bahan stek akar sukun. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 4(2), 069–118.
- Eviati, & Sulaeman. (2012). Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk (p. 234). Bogor: Badan Litbang Pertanian.
- Hambrick, C.E., III, Davies F.T., Jr, & Pemberton, H.B. (1991). Seasonal changes in carbohydrate/nitrogen levels during field rooting of *Rosa multiflora* 'Brooks 56' hardwood cuttings. *Scientia Horticulturae*, 46, 137–146.
- Jawal, M.A.S. (2008). Pengaruh lama penyimpanan entres terhadap keberhasilan sambung pucuk beberapa varietas avokad. *J. Hort.*, 18(4), 402–408.
- Pamungkas, F. T. (2009). Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman dalam supernatant kultur *Bacillus* sp.2 DUCC-BR-K1.3 terhadap pertumbuhan stek horizontal batang jarak pagar (*Jatropha curcas* L.). *J. Sains & Mat.*, 17(3), 131–140.
- Purnamaningsih, R., & Ashrina, M. (2011). Pengaruh BAP dan NAA terhadap Induksi Kalus dan Kandungan Artemisinin dari *Artemisia annua* L. *Berita Biologi*, 10(4), 481–489.
- Rahardjo, P., & Winarsih, S. (2001). Penyimpanan bibit kepelan kopi arabika dengan berbagai media pelembab. *Pelita Perkebunan*, 17, 10–17.
- Rahardjo, P. (2005). Pengaruh lama penyimpanan terhadap daya tumbuh bibit kakao cabutan. *Pelita Perkebunan*, 21(2), 106–112.
- Rahardjo, P. (2007). Pengaruh lama penyimpanan entres terhadap hasil penyambungan bibit kakao. *Pelita Perkebunan*, 23(3), 142–148.
- Raharjeng, A.R.P. (2015). Pengaruh faktor abiotik terhadap hubungan kekerabatan tanaman *Sansevieria trifasciata* L. *Jurnal Biota*, 1(1), 33–41.
- Saefudin, & Wardiana, E. (2015). Periode dan lama penyimpanan entres setek terhadap keberhasilan okulasi hijau dan kandungan air entres pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 2(1), 13–20. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v2n1.2015.p13-20>.
- Saefudin, & Wardiana, E. (2016). Pengaruh penyimpanan dan pengemasan batang entres terhadap keberhasilan dan pertumbuhan okulasi hijau tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 3(2), 95–102. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v3n2.2016.p95-102>.
- Soedomo, R.P. (2006). Pengaruh jenis kemasan dan daya simpan umbi bawang merah terhadap pertumbuhan dan hasil di lapangan. *J. Hort.*, 16(3), 188–196.
- Sukanto, L.A, Lestari, R., & Putri, W.U. (2014). Tingkat hidup dan pertumbuhan avokad hasil sambung pucuk entres yang disimpan dalam pelepah batang pisang. *Buletin Kebun Raya*, 17(1), 25–34.
- Suryanto, H. (2013). Pengaruh beberapa perlakuan penyimpanan terhadap perkecambahan benih suren (*Toona sureni*). *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 2(1), 26–40.
- Syaiful, S.A., Ishak, M.A., & Jusriana. (2007). Viabilitas benih kakao (*Theobroma cacao* L.) pada berbagai tingkat kadar air benih dan media simpan benih. *J. Agrivigor*, 6(3), 243–251.

ISOLASI DAN SELEKSI JAMUR ENDOFIT ASAL TANAMAN KAKAO SEBAGAI AGENS HAYATI *Phytophthora palmivora* Butl.

ISOLATION AND SELECTION OF ENDOPHYTIC FUNGI FROM CACAO AS BIOCONTROL AGENTS OF *Phytophthora palmivora* Butl.

* Rita Harni, Widi Amaria, Khaerati, dan Efi Taufiq

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

* rita_harni@yahoo.co.id

(Tanggal diterima: 5 Agustus 2016, direvisi: 22 Agustus 2016, disetujui terbit: 2 November 2016)

ABSTRAK

Phytophthora palmivora Butl. merupakan patogen penyebab penyakit busuk buah kakao (BBK) yang menimbulkan kerugian cukup besar bagi petani. Pengendalian *P. palmivora* yang banyak dianjurkan adalah pengendalian ramah lingkungan dengan menggunakan agens hayati seperti jamur endofit. Tujuan penelitian adalah mendapatkan jamur endofit asal tanaman kakao yang bekerja sebagai agens hayati terhadap *P. palmivora* patogen penyebab busuk buah kakao. Penelitian dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Juli 2015. Eksplorasi jamur endofit dilakukan di beberapa daerah penghasil kakao, yaitu Sulawesi Tenggara, Lampung, dan Jawa Barat. Bahan tanaman kakao yang digunakan sebagai sampel adalah daun, buah, dan ranting dari beberapa varietas dan klon kakao. Isolat-isolat jamur endofit diisolasi, dimurnikan, dan diseleksi kinerjanya terhadap *P. palmivora* secara *in vitro* pada media PDA dan secara *in vivo* pada buah kakao. Hasil isolasi diperoleh 269 isolat jamur endofit dari beberapa daerah, yaitu 195 isolat dari Sulawesi Tenggara, 41 isolat dari Jawa Barat, dan 33 isolat dari Lampung. Hasil seleksi isolat jamur endofit terhadap *P. palmivora* diperoleh 4 isolat jamur dari marga *Trichoderma* yang potensial sebagai agens hayati untuk pengendalian *P. palmivora*, yaitu SWI, STII, PB5, dan SWII dengan daya hambat 70,33%; 68,89%; 67,43%; dan 66,67%.

Kata kunci: *Phytophthora palmivora* Butl., busuk buah kakao, jamur endofit

ABSTRACT

Phytophthora palmivora Butl. is a causal pathogen of black pod rot of cocoa (BPR) which leads to severe crop losses. Control of *P. palmivora* using biological agents such as endophytic fungi is most recommended for its environmentally friendly benefits. The aim of this research was to obtain endophytic fungi from cacao plant that works as biological agent against *P. palmivora*. The research was conducted at Plant Protection Laboratory, Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from January to July 2015. The exploration for endophytic fungi was carried out in cacao producing regions such as Southeast Sulawesi, West Java, and Lampung. The samples taken were of leaves, pods, and branches of a number of cacao varieties and clones. Isolated endophytic fungi were then being sterilized, selected, and studied *in vitro* using PDA medium and *in vivo* using cacao pod. The exploration obtained 269 endophytic fungi, consisted of 195 isolates from Southeast Sulawesi, 41 isolates from West Java, and 33 isolates from Lampung. The evaluation of endophytic fungi isolated from *P. palmivora* showed that there were 4 species of *Trichoderma* isolates which have potentials for biological agents to control *P. palmivora*, namely SWI, STII, PB5, and SWII with inhibitory effect of 70.33%; 68.89%; 67.43%; and 66.67%, respectively.

Keywords: *Phytophthora palmivora* Butl., black pod, endophytic fungi

PENDAHULUAN

Phytophthora palmivora Bult. merupakan patogen penyebab penyakit busuk buah, kanker batang, dan hawar daun pada tanaman kakao (Guest & Keane, 2007; Evans, 2007; Deberdt *et al.*, 2008). Serangan penyakit ini pada pertanaman kakao di dunia telah menyebabkan kehilangan hasil 20%–40% (Beding, Alimuddin, & Kanro, 2002; Sukamto & Pujiastuti, 2004), dan kehilangan hasil tersebut akan meningkat terutama di daerah dengan curah hujan dan kelembapan yang tinggi (McMahon & Purwantara, 2004). Di Indonesia, kerugian akibat penyakit ini dapat mencapai 100%, terutama pada saat musim hujan (Guest & Keane, 2007; Harni, Taufiq, & Amaria, 2014).

Pengendalian penyakit tanaman yang banyak diteliti saat ini adalah pemanfaatan mikroorganisme yang berasosiasi dengan tanaman, salah satunya adalah jamur endofit. Jamur endofit adalah jamur yang berasosiasi dengan tanaman sehat dan tidak memperlihatkan gejala serangan (Petrini, 1992). Hubungan jamur endofit dengan inangnya adalah mutualisme, seperti meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen, melindungi tanaman dari serangan hama, membantu ketersediaan nutrisi, serta mendukung tanaman dalam menghadapi kondisi lingkungan ekstrim seperti kekeringan atau suhu tinggi (Yuan *et al.*, 2010).

Jamur endofit dapat diisolasi dari semua jaringan tanaman seperti daun, ranting, dan buah (Siegel & Schardl, 1992; Ginting, Sukarno, Widyastuti, Darusman, & Kanaya, 2013). Populasi jamur endofit paling tinggi terdapat dalam mahkota, daun, batang, dan sedikit yang hidup dalam akar inang (Petrini, 1992), tetapi menurut Sriwati, Muarif, Amin, & Ulim (2015), populasi jamur endofit pada tanaman kakao tertinggi diperoleh pada akar, selanjutnya daun, batang, dan buah. Populasi jamur endofit yang mengkolonisasi bagian tanaman dapat berbeda-beda tergantung varietas tanaman, umur tanaman, dan agroekosistem (Petrini, 1992; Clay, 2004; Tondoh, 2012).

Penggunaan jamur endofit untuk mengendalikan penyakit busuk buah kakao telah dilaporkan oleh beberapa peneliti. Hanada *et al.* (2010), Melnick, Carmen, Bryan, & Paul (2011), dan Mejía *et al.* (2008) menggunakan jamur endofit untuk mengendalikan *Moniliophthora perniciosa* dan *M. royeri*, patogen penyebab penyakit busuk buah pada tanaman kakao. Hasil penelitian Tondoh, Sinaga, Widodo, & Suhartono (2012) melaporkan jamur endofit *Xylariaceae*, *Calocybe gambosa*, *Resinicium friabile*, dan *Aschersonia* mampu menekan penyakit busuk buah kakao *P. palmivora* masing-masing sebesar 38,8%; 33,8%; 17,4%; dan 12,7%, sedangkan *Pestalotiopsis* dan *Fusarium* tidak efektif. Lebih lanjut, Hakkar, Rosmana, & Rahim

(2014) melaporkan bahwa *Trichoderma asperellum* hanya mampu menekan penyakit busuk buah kakao sebesar 50%. Oleh sebab itu, perlu dilakukan eksplorasi (isolasi dan seleksi) untuk mendapatkan jamur endofit yang memiliki kemampuan lebih tinggi dalam menekan infeksi *P. palmivora* patogen penyebab penyakit busuk buah kakao. Penelitian bertujuan mendapatkan jamur endofit asal tanaman kakao yang bekerja sebagai agens hayati terhadap *P. palmivora* patogen penyebab busuk buah pada tanaman kakao.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Juli 2015. Pengambilan sampel daun, ranting, dan buah kakao dilakukan di daerah Sulawesi Tenggara, Lampung, dan Jawa Barat.

Isolasi *Phytophthora palmivora*

P. palmivora diisolasi dari buah kakao yang sakit (dengan gejala bercak cokelat kehitaman). Buah kakao sakit disterilisasi permukaan dengan menggunakan alkohol 70%, kemudian kulit bagian luar dari buah kakao dibuang dengan menggunakan pisau steril. Pada perbatasan antara jaringan yang sakit dan sehat diambil $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$ daging buah, kemudian ditanam ke dalam media *water agar* (WA) 2%. Biakan selanjutnya diinkubasi selama 3 hari hingga tumbuh jamur di permukaan jaringan. Jamur yang tumbuh dipindahkan ke media *potato dextrose agar* (PDA), diinkubasi pada suhu kamar, selanjutnya dimurnikan dan diidentifikasi.

Isolasi Jamur Endofit

Jamur endofit diisolasi dari beberapa varietas/klon kakao yang dikembangkan di daerah Sulawesi Tenggara (20 varietas/klon), Jawa Barat (7 varietas/klon), dan Lampung (6 varietas/klon) (Tabel 1). Bagian tanaman kakao yang diambil adalah daun, ranting, dan buah sehat pada tanaman-tanaman yang pertumbuhannya terbaik dalam populasi. Isolasi jamur endofit menggunakan metode Mejía *et al.* (2008) yang dimodifikasi. Bagian tanaman berupa ranting dipotong-potong sepanjang 0,5 cm, sedangkan daun dan pod (kulit buah) dipotong-potong sebesar $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$. Bahan tersebut kemudian disterilisasi permukaan menggunakan 0,525% sodium hipoklorit selama 3 menit dan ethanol 70% selama 2 menit, dibilas dengan air steril selama 1 menit, selanjutnya direndam dalam larutan antiseptik selama 1 menit. Bagian jaringan yang sudah steril ditanam dalam media WA 2%, kemudian diinkubasi pada suhu kamar. Jamur yang tumbuh dimurnikan pada media PDA dan diidentifikasi.

Tabel 1. Varietas dan klon kakao yang digunakan untuk isolasi jamur endofit
Table 1. Cacao varieties and clones used for the isolation of endophytic fungi

Varietas/klon	Provinsi	Lokasi
1. Sulawesi 01	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
2. Sulawesi 02	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
3. ICCRI 01	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
4. ICCRI 03	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
5. ICCRI 04	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
6. Sca 6	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
7. Sultra 1	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
8. Sultra 2	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
9. Sultra 3	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
10. Sultra 4	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
11. Sultra 5	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
12. Sultra 6	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
13. Sultra 7	Sultra	Stasiun Kakao (Konda)
14. Lokal sultra 1	Sultra	Konawe
15. Lokal sultra 2	Sultra	Konawe
16. Lokal sultra 3	Sultra	Konawe
17. Lokal sultra 4	Sultra	Konawe
18. Lokal sultra 5	Sultra	Konawe
19. MCC 1	Sultra	Konawe
20. MCC 2	Sultra	Konawe
21. Sulawesi 01	Lampung	Kebun Percobaan (KP) Cahaya Negeri
22. Sulawesi 02	Lampung	KP Cahaya Negeri
23. Lokal lampung 1	Lampung	Abung Selatan
24. Lokal lampung 2	Lampung	Abung Selatan
25. Lokal lampung 3	Lampung	Abung Selatan
26. Lokal lampung 4	Lampung	Abung Selatan
27. KW 561	Jawa Barat	KP Pakuwon
28. KW 403	Jawa Barat	KP Pakuwon
29. KW 572	Jawa Barat	KP Pakuwon
30. Sulawesi 01	Jawa Barat	KP Pakuwon
31. Sulawesi 02	Jawa Barat	KP Pakuwon
32. Sca 6	Jawa Barat	KP Pakuwon
33. Pakuwon	Jawa Barat	KP Pakuwon

Seleksi Jamur Endofit

Isolat jamur endofit yang sudah dimurnikan selanjutnya diuji antagonismenya terhadap *P. palmivora*. Uji antagonisme menggunakan metode oposisi langsung, yaitu menanam isolat endofit berseberangan dengan isolat patogen pada media PDA (isolat patogen pada bagian pinggir media dan isolat endofit pada bagian tepi media yang lain). Cawan petri yang mengandung isolat jamur endofit dan *P. palmivora* diinkubasi pada suhu ruang. Pengamatan dilakukan terhadap daya hambat isolat jamur endofit terhadap pertumbuhan patogen dan mekanisme penghambatan *P. palmivora* oleh jamur endofit. Penghambatan pertumbuhan diukur dengan rumus:

$$I = 100(r_1 - r_2)/r_1$$

Keterangan:

I = persentase hambatan

r_1 = jari-jari koloni patogen yang tumbuh ke arah berlawanan dengan tempat isolat jamur endofit

r_2 = jari-jari koloni patogen yang tumbuh ke arah isolat jamur endofit

Seleksi Metabolit Sekunder Jamur Endofit

Metabolit sekunder yang diuji adalah metabolit sekunder dari 9 isolat jamur endofit terbaik dari hasil seleksi *in vitro* yang memperlihatkan mekanisme antibiosis terhadap *P. palmivora*. Metabolit sekunder dibuat dengan cara menumbuhkan jamur endofit pada media *potato dextrose broth* (PDB). Dua potong inokulum jamur endofit berukuran $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$ diinokulasikan pada 250 ml media PDB yang sudah disterilkan dan didinginkan. Kultur dibuat dalam erlenmeyer 500 ml, selanjutnya diinkubasi menggunakan *platform shaker* (27°C; 120 rpm) selama 7 hari. Setelah 7 hari, sel dipisahkan dari miselium (biomassa) jamur dengan cara disentrifugasi (6000 rpm; 15 menit) (Margiono, 2008). Supernatan yang terbentuk disaring menggunakan kertas saring dan dipasteurisasi. Pasteurisasi dilakukan untuk mematikan sel jamur yang terbawa dalam metabolit, tetapi tidak merusak senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya. Pasteurisasi dilakukan dalam *waterbath* (60°C; 30 menit).

Pengujian aktivitas metabolit menggunakan metode peracunan media. Satu mililiter filtrat metabolit sekunder ditambahkan ke dalam cawan petri yang telah berisi 9 ml media PDA, kemudian digoyang secara perlahan hingga tercampur merata. Setelah media membeku, potongan miselium *P. palmivora* berdiameter 0,5 cm ditempatkan pada bagian tengah cawan petri. Selanjutnya, sediaan diinkubasi pada suhu kamar. Sebagai pembanding digunakan media PDB dengan cara yang sama. Pengamatan dilakukan terhadap penghambatan pertumbuhan miselium patogen pada saat miselium pada kontrol sudah memenuhi cawan petri.

Uji Jamur Endofit pada Buah Kakao

Jamur endofit terbaik hasil seleksi *in vitro* dan metabolit sekunder terpilih (PB5, SW1, STII, dan SWII) diuji pada buah kakao yang diinokulasi dengan *P. palmivora*. Isolat jamur endofit yang telah dimurnikan kemudian diperbanyak dalam media PDA selama 7 hari. Selanjutnya, jamur endofit disuspensi dengan air steril sampai konsentrasi 10^6 spora/ml. Untuk mendapatkan suspensi yang homogen ditambahkan 2% *tween 20* (Hanada *et al.*, 2010), dan sebagai perekat ditambahkan

2% minyak kelapa (Hanada *et al.*, 2010; Chamzurni, Sriwati, Muarif, Amin & Ulim, 2014; Sriwati *et al.*, 2015). Suspensi spora kemudian dimasukkan dalam *hand sprayer* dan digunakan sebagai inokulum. Pengujian dilakukan pada buah kakao sehat berukuran panjang ± 15 cm (klon lokal yang peka terhadap *P. palmivora*). Buah disterilisasi menggunakan alkohol 70%, kemudian dibilas dengan air steril dan dikeringanginkan. Seluruh permukaan buah yang sudah steril selanjutnya disemprot suspensi spora jamur endofit. Buah kemudian dimasukkan ke dalam kotak plastik berukuran $30 \times 15 \times 10$ cm³ yang telah diberi tisu dan dibasahi dengan air steril (untuk menjaga kelembapan), selanjutnya diinkubasi (28°C; 24 jam). Setelah 24 jam, buah diinokulasi dengan potongan agar berisi kultur isolat *P. palmivora* berdiameter 0,8 cm (Sriwati *et al.*, 2015). Sebagai perlakuan kontrol adalah buah kakao yang hanya disemprot dengan air steril. Buah kakao yang telah diinokulasi kemudian diinkubasi pada suhu kamar (sampai salah satu dari buah telah dipenuhi bercak hitam). Perlakuan dirancang secara acak lengkap dengan 5 ulangan, masing-masing perlakuan digunakan 3 buah kakao. Pengamatan dilakukan terhadap gejala penyakit

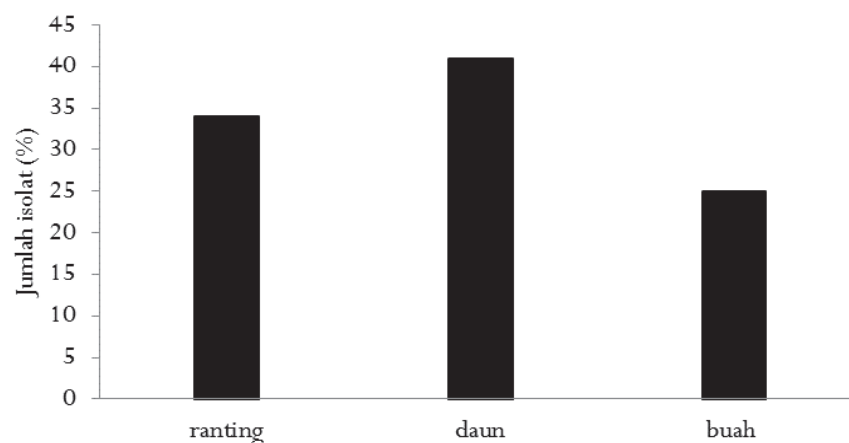
dan diameter bercak *P. palmivora* pada permukaan buah kakao.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil isolasi jamur endofit pada daun, ranting, dan buah kakao dari daerah Sulawesi Tenggara (Sultra), Lampung, dan Jawa Barat adalah berupa 269 isolat jamur endofit (Tabel 2). Sebanyak 195 isolat berasal dari Sultra (148 isolat dari daerah Konda/Stasiun Kakao, 47 isolat dari Konawe), 41 isolat dari Jawa Barat (KP Pakuwon Sukabumi) dan 33 isolat dari Lampung (14 isolat dari KP Cahaya Negeri dan 19 isolat dari Abung Selatan). Hasil pengelompokkan berdasarkan organ tanaman diperoleh 92 isolat (34%) berasal dari ranting, 110 (41%) isolat dari daun, dan 67 (25%) isolat dari buah (Gambar 1). Hal ini sama dengan yang dilaporkan Petrini (1992), yaitu populasi jamur endofit paling tinggi terdapat dalam mahkota, daun, batang, dan sedikit yang hidup dalam akar inang. Hasil pengamatan morfologi beberapa isolat pada lokasi berbeda juga didapatkan isolat yang sama, berdasarkan warna dan karakteristik koloninya.

Tabel 2. Isolat jamur endofit dari beberapa daerah pertanaman kakao
Table 2. Isolates of endophytic fungi obtained from cacao cultivation regions

Provinsi	Lokasi	Jumlah isolat jamur endofit
Sulawesi Tenggara	Konda	148
	Konawe	47
	Jumlah	195
Jawa Barat	KP Pakuwon	41
	Jumlah	41
Lampung	KP Cahaya Negeri	14
	Abung Selatan	19
	Jumlah	33
Total		269



Gambar 1. Populasi jamur endofit yang terdeteksi pada daun, ranting, dan buah
Figure 1. Endophytic fungus populations detected in leaves, twigs, and pod

Hasil isolasi menunjukkan isolat jamur endofit dari Sultra jauh lebih banyak dibandingkan dengan isolat dari Jawa Barat dan Lampung (Tabel 2). Hal ini berkaitan dengan jumlah sampel yang diambil dari masing-masing daerah tersebut. Di daerah Sultra dapat ditemukan varietas/klon kakao yang jauh lebih banyak dibandingkan dengan di daerah Jawa Barat dan Lampung.

Isolat Jamur Endofit Terpilih

Hasil pengamatan daya hambat isolat jamur endofit terhadap *P. palmivora* menunjukkan 29 isolat dari

269 isolat yang diuji memiliki daya hambat $\geq 50\%$ (Tabel 3). Sebanyak 9 isolat dari Jawa Barat, 18 isolat dari Sultra, dan 2 isolat dari Lampung dengan daya hambat berturut-turut sebesar 60,41%–78,75%; 50,00%–79,00%; dan 50,00%–54,15%. Daya hambat yang tinggi diperoleh dari isolat STL7, PB5, SWI, dan STII, yaitu masing-masing sebesar 79,00%; 78,75%; 77,50%; dan 75,30%, sedangkan terendah dari isolat LD2, ST3D, STL3, yaitu masing-masing sebesar 50%. Daya hambat jamur endofit yang tinggi berpotensi digunakan sebagai agens hayati untuk mengendalikan *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao.

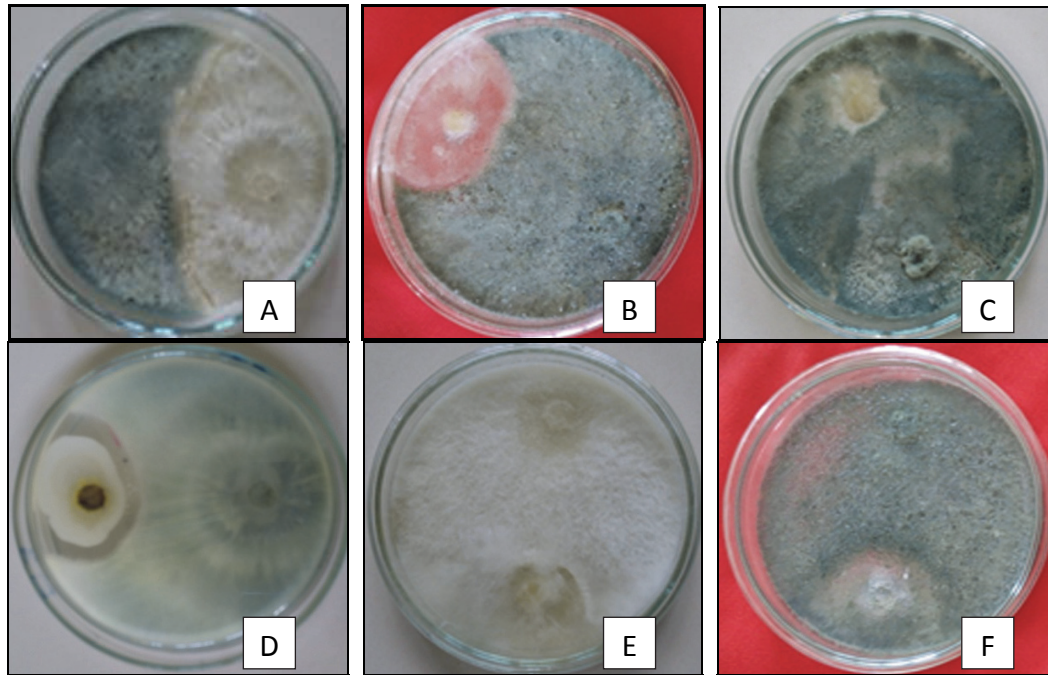
Tabel 3. Persentase daya hambat dan mekanisme isolat-isolat jamur endofit dari Jawa Barat (no. 1–9), Sulawesi Tenggara (no. 10–27), dan Lampung (no. 28 dan 29) terhadap *P. palmivora*

Table 3. The percentage of inhibitory growth and mechanisms of endophytic fungal isolates from West Java (1–9), Southeast Sulawesi (10–27), and Lampung (28 and 29) to *P. palmivora*

No.	Isolat	Daya hambat (%)	Mekanisme		
			Antibiosis	Kompetisi ^{*)}	Mikoparasit
1	PB5	78,75	+	-	-
2	PB2	62,50	-	-	+
3	PB1	78,00	-	+	-
4	PB6	60,41	-	-	+
5	PT1	75,00	+	-	-
6	PD1	76,67	-	+	-
7	PB8	66,67	+	-	-
8	KW572T	65,83	+	-	-
9	KW572D	77,41	+	-	-
10	STIIID	50,00	-	-	+
11	STL3	53,70	-	-	+
12	STL1	50,00	+	-	-
13	STL4	51,85	-	-	+
14	STIV	75,00	+	-	-
15	STVII	72,08	+	-	-
16	SWII	75,00	+	-	-
17	STII	75,30	+	-	-
18	ST9.3D	56,25	+	-	-
19	ST9.2D	54,17	+	-	-
20	STL	78,66	-	+	-
21	STL2	72,91	+	-	-
22	STL7	79,00	+	-	-
23	STL5	78,61	-	+	-
24	STVI	70,83	+	-	-
25	STI	78,83	-	+	-
26	SWI	77,50	+	-	-
27	STX	56,25	-	-	+
28	LD1	54,16	-	-	+
29	LD2	50,00	-	-	+

Keterangan : ^{*)} isolat dengan mekanisme kompetisi tidak digunakan untuk penelitian selanjutnya karena endofit hidup di dalam jaringan dengan populasi yang sedikit

Notes : ^{*)} isolates with a competition mechanism are not used for further research because endophytes live in tissues with a small population



Gambar 2. Daya hambat dari beberapa isolat jamur endofit asal kakao terhadap *P. palmivora*. A, B, dan D = mekanisme dengan antibiotik, enzim, dan toksin, C dan E = kompetisi, F = mikoparasit

Figure 2 . Inhibitory growth of some endophytic fungal isolates from cacao to *P. palmivora*. A, B, and D = mechanisms with antibiotics, enzymes, and toxins, C and E = competition, F = mycoparasitic

Penghambatan jamur endofit terhadap *P. palmivora* sangat bervariasi yang disebabkan oleh perbedaan mekanisme dari masing-masing isolat. Menurut Arnold *et al.* (2003), mekanisme penghambatan pertumbuhan patogen oleh jamur endofit dapat dengan memarasit patogen secara langsung, memproduksi antibiotik, kompetisi ruang dan nutrisi, produksi enzim, dan menginduksi respons ketahanan tanaman.

Hasil pengamatan daya hambat jamur endofit terhadap *P. palmivora* secara *in vitro* memperlihatkan mekanisme yang bervariasi, yaitu kompetisi (5 isolat = 17,24%), antibiosis (16 isolat = 55,17%), dan mikoparasit (8 isolat = 27,59%) (Tabel 3, Gambar 2). Kompetisi adalah pertumbuhan jamur endofit lebih cepat dibandingkan dengan pertumbuhan *P. palmivora* sehingga semua ruang dipenuhi oleh jamur endofit dan pertumbuhan *P. palmivora* terhambat (Gambar 2C dan 2E). Mekanisme antibiosis dapat menghambat patogen dengan cara menghasilkan antibiotik, enzim, dan toksin (Gambar 2A, 2B, dan 2D). Mekanisme lainnya, yaitu mikoparasit, adalah kemampuan jamur endofit menyebabkan dinding sel *P. palmivora* hancur atau mengalami malformasi (Gambar 2F).

Mekanisme penghambatan pertumbuhan *P. palmivora* oleh jamur endofit secara antibiosis dicirikan oleh zona bening di sekitar pertemuan jamur endofit dengan patogen. Mekanisme antibiosis dapat berupa

produksi antibiotik atau sekresi enzim litik (Arnold *et al.*, 2003). Jamur endofit dapat menghasilkan satu atau beberapa jenis antibiotik yang tergolong terpenoid, alkaloid, senyawa aromatik, dan polipeptida, seperti *EtOAc* dan *n-butanol* (Liu, Zou, Lu, & Tan, 2001), *tetrohidrofur*, *2 dimetil furan*, *2 butanol*, *acipelin* (Atmosukarto, Castillo, Hess, Sears, & Strobel, 2005), dan *pyrrocidines* (You, Han, Wu, Huang, & Qin, 2009). Beberapa antibiotik yang dihasilkan jamur endofit, di antaranya *pyrrocidines A* dan *B* yang berasal dari *Acremonium zeae* (Wicklów, Roth, Deyrup, & Gloer, 2005), potensial untuk mengendalikan *Aspergillus flavus* dan *Fusarium verticilloides*. Jamur endofit *Verticillium* sp. menghasilkan *ergospirol peroxide* (You *et al.*, 2009) yang telah diuji pada *Pyricularia oryzae*. Selain itu, *Phomopsis cassiae* menghasilkan *cadinane sesquiterpenes* yang potensial untuk mengendalikan *Cladosporium cladosporioides* (Silva, Teles, & Zanardi, 2006).

Mekanisme hiperparasit dicirikan oleh kemampuan jamur endofit secara langsung menyerang propagul patogen (Tripathi, Kamal, Sheramati, Oelmüller, & Varma, 2008). Jamur endofit akan memarasit hifa patogen dengan cara seperti memutar, menembus hifa patogen, dan mensekresi enzim lipase untuk merusak dinding sel patogen. Grosch, Scherwinski, Lottmann, & Berg (2006) melaporkan bahwa jamur endofit *Trichoderma* mempunyai kemampuan memarasit hifa patogen *Rhizoctonia solani*.

Seleksi Metabolit Sekunder

Hasil penelitian pengaruh metabolit sekunder terhadap pertumbuhan *P. palmivora* dapat dilihat pada Tabel 4. Metabolit sekunder adalah senyawa yang dihasilkan oleh agens antagonis yang dapat menghambat atau membunuh patogen. Metabolit yang dihasilkan dapat berupa antibiotik, enzim pengelisis dinding sel, dan toksin (Walsh, 2003). Hasil penelitian menunjukkan pengaruh metabolit sekunder dari masing-masing isolat terhadap penghambatan pertumbuhan *P. palmivora* sangat beragam, yaitu 36,11%–70,33%. Metabolit sekunder dengan persentase penekanan paling tinggi terhadap pertumbuhan *P. palmivora* adalah yang dihasilkan dari isolat SWI, STII, PB5, dan SWII, dengan diameter koloni berturut-turut 2,67; 2,80; 2,93; dan 3,00 cm serta persentase penghambatan berturut-turut 70,33%; 68,89%; 67,43%; dan 66,67% (Tabel 4).

Beragamnya pengaruh metabolit sekunder jamur endofit terhadap penekanan pertumbuhan *P. palmivora* disebabkan oleh berbedanya senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh masing-masing jamur endofit. Tarus, Lang'at-Thoruwa, Wanyonyi, & Chhabra (2003) melaporkan bahwa metabolit sekunder dari *T. harzianum* dan *T. longibrachiatum*, yaitu 2-phenylethanol, tyrosol, 6-n-Pentyl- α -pyrone, sorbicillin, dan ergosterol digunakan untuk mengendalikan *A. mellea* pada teh. Selain itu, Vinale *et al.* (2014) melaporkan bahwa metabolit sekunder dari *T. viride*, *T. atroviride*, *T. harzianum*, dan *T. koningii*, yaitu 6-pentyl- α pyrone telah dimanfaatkan untuk mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur. Jantarach & Thanaboripat (2010) menggunakan metabolit sekunder dari *Trichoderma* sp. untuk mengendalikan *Aspergillus flavus* pada kacang tanah.

Tabel 4. Pengaruh metabolit sekunder jamur endofit terhadap pertumbuhan *P. palmivora*

Table 4. Effect of secondary metabolite of endophytic fungi on *P. palmivora* growth

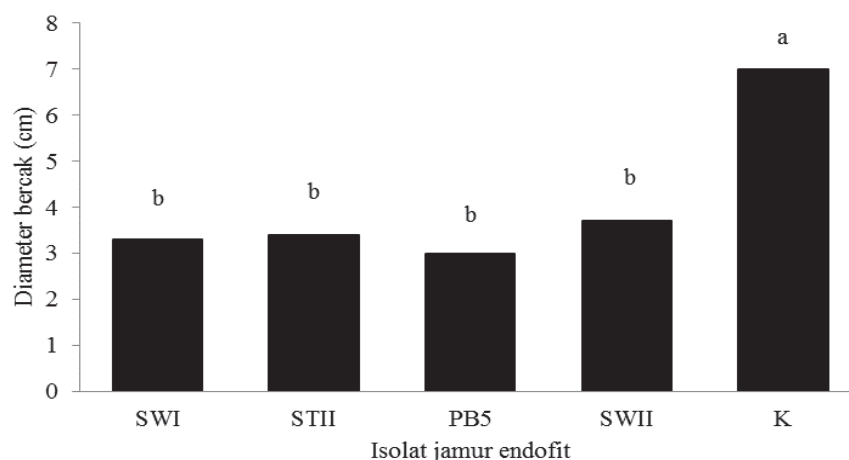
Isolat	Diameter koloni jamur patogen (cm)	Persentase penghambatan (%)
STL7	5,03 b	44,11 b
PB5	2,93 c	67,43 a
ST VII	5,37 b	40,33 b
SW I	2,67 c	70,33 a
ST IV	5,10 b	43,33 b
STII	2,80 c	68,89 a
SWII	3,00 c	66,67 ab
STL2	5,67 b	37,00 b
KW572D	5,77 b	35,89 b
Tanpa isolat (Kontrol)	9,00 a	-

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

Notes: Numbers followed by the same letters in same column are not significantly different according to Tukey's test at 5% levels

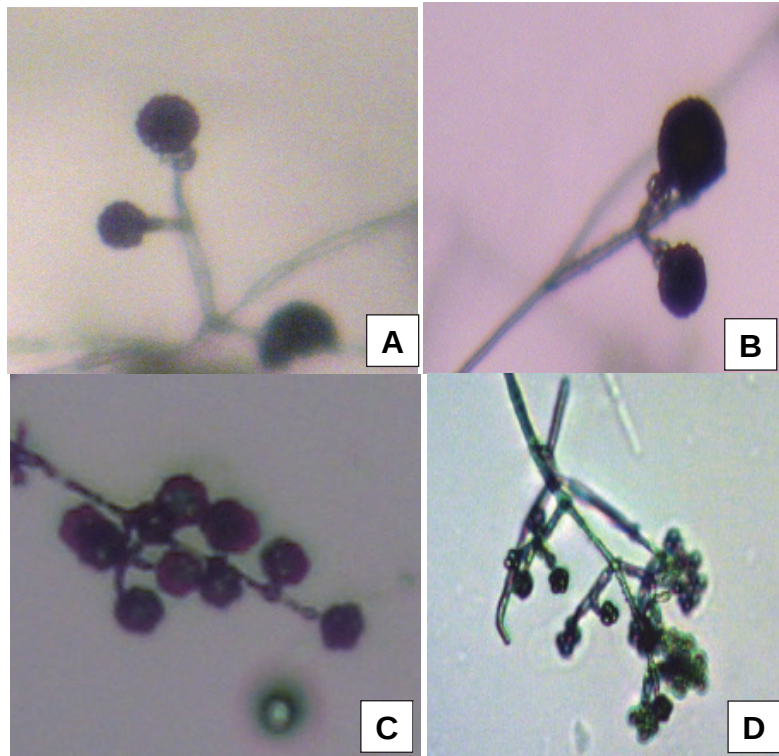
Uji Jamur Endofit pada Buah Kakao

Hasil pengamatan pengaruh jamur endofit terhadap *P. palmivora* pada buah kakao menunjukkan semua isolat yang diuji memperlihatkan pengaruh hampir sama dalam menekan infeksi *P. palmivora* pada buah kakao (Gambar 3). Diameter bercak terendah pada perlakuan isolat PB5 tidak berbeda nyata dibandingkan dengan perlakuan isolat lainnya, hanya berbeda dengan kontrol. Hal ini akibat kinerja metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur endofit sehingga mampu menekan infeksi *P. palmivora* (Tabel 4).



Gambar 3. Pengaruh isolat jamur endofit terhadap *P. palmivora* pada buah kakao (SWI = *Trichoderma* SWI, STII = *Trichoderma* STII, PB5 = *Trichoderma* PB5, SWII = *Trichoderma* SWII, K = kontrol)

Figure 3. The effect of endophytic fungal isolates against *P. palmivora* on cacao pod (SWI = *Trichoderma* SWI, STII = *Trichoderma* STII, PB5 = *Trichoderma* PB5, SWII = *Trichoderma* SWII, K = control)



Gambar 4. Bentuk konidia *Trichoderma* sp. (A, B) = SWII, STII, (C) = SWI, dan (D) = PB5
Figure 4. Conidia form of *Trichoderma* sp. (A, B) = SWII, STII, (C) = SWI, dan (D) = PB5

Metabolit sekunder dapat merusak dinding sel patogen sehingga patogen tumbuh lambat atau tidak berkembang. Metabolit sekunder dapat berupa antibiotik, enzim, dan toksin yang mampu melindungi tanaman dari infeksi patogen (You *et al.*, 2009; Tripathi *et al.*, 2008; Macagnan, Romeiro, Pomella, & deSouza, 2008). Di antara metabolit sekunder jamur endofit dari kelompok enzim adalah ekstraseluler *beta* (1,3) *glukonase* dan *kitinase* yang banyak dihasilkan oleh endofit dari kelompok *Trichoderma*. Metabolit sekunder dalam bentuk antibiotik adalah *gliotoksin*, *viridin*, *dermadin*, dan *gliotoxin* (Kubicek & Harman, 2002). Senyawa-senyawa tersebut dapat melindungi tanaman dari serangan patogen dengan cara melarutkan dinding sel patogen, sedangkan metabolit dalam bentuk toksin adalah *trichodermin* (Christopher, 2010).

Jamur endofit menghasilkan banyak senyawa antimikrob yang menghambat pertumbuhan patogen (Howell, 2006). Hasil penelitian Hanada *et al.* (2010) menunjukkan bahwa, penggunaan jamur endofit terhadap *P. palmivora* mampu menekan perkembangan patogen pada buah kakao. Selanjutnya Suardi (2013) menguji beberapa isolat jamur endofit terhadap *P. palmivora*, hasilnya menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma* sp. dan *Fusarium* sp. dapat menekan perkembangan *P. palmivora*. Hakkar *et al.* (2014) menguji jamur endofit *T. asperellum* pada buah kakao

yang terserang *P. palmivora*, dengan penekanan sampai 50%. Sementara itu, Sriwati *et al.* (2015) menggunakan *T. virens* untuk menekan perkembangan patogen *P. palmivora* sampai 70%.

Hasil identifikasi dari keempat isolat jamur endofit yang diuji termasuk kelompok *Trichoderma* sp. dengan karakter morfologi koloni hijau tua, permukaan tebal, pertumbuhan cepat. Konidia oval/silinder, konidiofor bercabang tidak teratur, setiap cabang terdapat *phialid* 3–6 (isolat SWI). Isolat SWII dan STII, koloni hijau keputihan, tumbuh pesat, bentuk koloni bulat, permukaan halus dan tipis seperti beludru. Konidia oval/silinder, konidiofor bercabang tidak teratur, setiap cabang terdapat *phialid* 3–6. Karakter morfologi isolat PB5, koloni putih dengan bagian tengah berwarna hijau, permukaan koloni tebal, kasar dan tumbuh pesat. Konidia oval/silinder, konidiofor bercabang tidak teratur, setiap cabang terdapat *phialid* 3–6 (Gambar 4). Menurut Hanada *et al.* (2010), spesies *Trichoderma* banyak ditemukan pada agroekosistem dan jaringan kakao baik sebagai mikoparasit maupun endofit. *Trichoderma* sp. yang banyak ditemukan sebagai endofit adalah *T. asperellum*, *T. martiale*, dan *T. stromaticum* (Hanada *et al.*, 2010; Rosmana *et al.*, 2014), *T. longibrachiatum* (Krauss & Soberanis, 2002), *T. virens* (Hanada *et al.*, 2010; Sriwati *et al.*, 2015).

KESIMPULAN

Hasil eksplorasi jamur endofit dari tanaman kakao diperoleh 269 isolat jamur endofit (195 isolat dari Sulawesi Tenggara, 41 isolat dari Jawa Barat, dan 33 isolat dari Lampung). Hasil seleksi isolat jamur endofit terhadap *P. palmivora* diperoleh 4 isolat *Trichoderma* sp. yang potensial untuk pengendalian *P. palmivora*, yaitu SWI, STII, PB5, dan SWII dengan daya hambat 70,33%; 68,89%; 67,43%, dan 66,67%. Keempat isolat tersebut potensial digunakan sebagai agens hayati *P. palmivora*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Stasiun Kakao Sultra, KP Pakuwon, dan KP Cahaya Negeri atas sampel tanaman kakao. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Sumantri sebagai teknisi litkayasa Balittri yang telah membantu kegiatan penelitian di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, A.E., Mejia, L.C., Kylo, D., Rojas, E.I., Maynard, Z., Robbins, N., & Herre, E.A. (2003). Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. *PNAS*, 100, 15649–15654.
- Atmosukarto, I., Castillo, U., Hess, W.M., Sears, J., & Strobel, G. (2005). Isolation and characterization of *Muscodorus albus* I-4.3s, a volatile antibiotic producing fungus. *Plant Sci.*, 169, 854–861.
- Beding, P.A., Alimuddin, & Kanro, M.Z. (2002). Tanggapan petani terhadap PHT hama penggerek buah dan penyakit busuk buah kakao di Kabupaten Sorong. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*, 18(3), 100–107.
- Bowers, J., Bailey, B.A., Hebbard, K.P., Sanogo, S., & Lumsden, R.D. (2001). The impact of plant diseases on world chocolate production. *Plant Health Progress* doi: <http://dx.doi.org/10.1094/PHP-2001-0709-1001-RV>.
- Clay, K. (2004). Fungi and the food of the gods. *Nature*, 427, 401–402.
- Chamzurni, T., Sriwati, R., Muarif, R., Amin B., & Ulim A. (2014). Formulation of *Trichoderma virens* origin of Aceh cocoa controlling black pod disease caused by *Phytophthora palmivora*. *Proceedings of The 4th Annual International Conference Syiah Kuala University (AIC Unsyiah) 2014: In conjunction with The 9th Annual International Workshop and Expo on Sumatra Tsunami Disaster and Recovery – AIWEST-DR 2014*. October 22-24, 2014, Banda Aceh, Indonesia.
- Christopher, D. J., Suthin Raj, T., Usha Rani, S., & Udhayakumar, R. (2010). Role of defense enzymes activity in tomato as induced by *Trichoderma virens* against *Fusarium wilt* caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Journal of Biopesticides*, 3(1 Special Issue), 158–162.
- Deberdt, P., Mfegue, C.V., Tondje, P.R., Bon, M.C., Ducamp, M., Hurard, C., ... Cilas, C. (2008). Impact of environmental factors, chemical fungicide and biological control on cacao pod production dynamics and black pod disease (*Phytophthora megakarya*) in Cameroon. *Biological Control*, 44, 149–159.
- Evans, H.C. (2007). Cacao disease. The trilogy revisited. *Phytopathology*, 97, 1640–1643.
- Ginting, R.C.B., Sukarno, N., Widayastuti, U., Darusman, L.K., & Kanaya, S. (2013). Diversity of endophytic fungi from red ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) plant and their inhibitory effect to *Fusarium oxysporum* plant pathogenic fungi. *Hayati J. Biosci.*, 20(3), 127–137. doi: <http://dx.doi.org/10.4308/hjb.20.3127>.
- Grosch, R., Scherwinski, K., Lottmann, J., & Berg, G. (2006). Fungal antagonists of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*: selection, control efficacy and influence on the indigenous microbial community. *Mycol. Res.*, 110, 1464–1474.
- Guest, D., & Keane, P. (2007). Vascular-streak dieback: a new encounter disease of cacao in Papua New Guinea and Southeast Asia caused by the obligate basidiomycete *Oncobasidium theobromae*. *Phytopathology*, 97, 1654–1657.
- Hakkar, A.A., Rosmana, A., & Rahim, M.D. (2014). Pengendalian penyakit busuk buah *Phytophthora palmivora* pada kakao dengan jamur endofit *Trichoderma asperellum*. *J. Fitopatologi Indonesia*, 10(5), 139–144.
- Hanada, R.E., Pomella, A.W.V., Costa, H.S., Bezerra, J.L., Loguerio, L.L., & Pereira, J.O. (2010). Endophytic fungal diversity in *Theobroma cacao* (cacao) and *T. grandiflorum* (cupuacu) trees and their potential for growth promotion and biocontrol of black-pod disease. *Fungal Biology*, 114, 901–910.
- Harni, R., Taufiq, E., & Amaria, W. (2014). Pengaruh formula fungisida nabati minyak cengkeh dan serai wangi terhadap penyakit busuk buah kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(1), 41–48. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v1n1.2014.p41-48>.
- Howell, C.R. (2006). Understanding the mechanisms employed by *Trichoderma virens* to effect biological control of cotton diseases. *Phytopathology*, 96, 178–180.
- Jantarach, J., & Thanaboripat, D. (2010). The efficacy of ethyl acetate extract of *Trichoderma* culture broth on growth inhibition and aflatoxin production by *Aspergillus flavus* IMI 242684. *KMITL Sci. Tech. J.*, 10(1), 19–29.
- Krauss, U., & Soberanis, W. (2002). Effect of fertilization and biocontrol application frequency on cocoa pod diseases. *Biol. Control*, 24, 82–89.
- Kubicek, C. P., & Harman, G. E. (2002). *Trichoderma & Gliocladium. Basic biology, taxonomy and genetics* Vol 1 (p. 278). The Taylor & Francis e-Library.
- Liu, C.H., Zou, W.X., Lu, H., & Tan, R.X. (2001). Antifungal activity of *Artemisia annua* endophyte cultures against phytopathogenic fungi. *J Biotechnol.*, 88, 277–282.

- Macagnan, D., Romeiro, R.S., Pomella, A.W.V., & deSouza, J.T. (2008). Production of lytic enzymes and siderophores, and inhibition of germination of basidiospores of *Moniliophthora* (ex *Crinipellis*) perniciosa by phylloplane actinomycetes. *Biol. Control*, 47, 309–314.
- Margiono, S. (2008). Produksi metabolit sekunder (antibiotik) oleh isolat jamur endofit Indonesia. *Majalah Farmasi Indonesia*, 19(2), 86–94.
- McMahon, P., & Purwantara, A. (2004). *Phytophthora* on cocoa. In A. Drenth & D.I. Guest (Eds.), *Diversity and management of Phytophthora in Southeast Asia*. (p. 104–115). ACIAR Monograph No. 114.
- Mejia, L.C., Rojas, E.I., Maynard, Z., Arnold, A.E., Kylo, D., Robbins, N., & Edward, A.H. (2008). Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens. *Biological Control*, xxx, 1–12. doi: 10.1016/j.biocontrol.2008.01.012.
- Melnick, R.L., Carmen, S., Bryan, A.B., & Paul, A.B. (2011). Isolation of endophytic endospore-forming bacteria from *Theobroma cacao* as potential biological control agents of cacao diseases. *Biological Control*, 57, 236–245.
- Petrini, O. (1992). Fungal endophytes of tree leaves. In J.H. Andrews & S.S. Hirano (Eds.), *Microbial Ecology of Leaves* (pp. 179–196). Berlin: Springer Verlag. CABI.
- Rosmana, A., Samuels, G.J., Ismael, A., Ibrahim, E.S., Chaverri, P., Herawati, Y., & Asman, A. (2014). *Trichoderma asperellum*, a dominant endophyte species in cacao grown in Sulawesi with potential for controlling vascular streak dieback disease. *Trop Plant Pathol.* (in press).
- Siegel, M.R., & Schardl, C.L. (1992). Fungal endophytes of tree leaves In J.H. Andrews & S.S. Hirano (Eds.), *Microbial Ecology of Leaves* (pp. 198–216). Berlin: Springer Verlag. CABI.
- Silva, G.H., Teles, H.L., & Zanardi, L.M. (2006). Cadinane sesquiterpenoids of *Phomopsis cassiae*, an endophytic fungus associated with *Cassia spectabilis* (Leguminosae). *Phytochemistry*, 67(17), 1964–1969.
- Sriwati, R., Melnick, R.L., Muarif, R., Strem, M. D., Samuels, G. J., & Bailey B.A. (2015). *Trichoderma* from Aceh Sumatra reduce *Phytophthora* lesions on pods and cacao seedlings. *Biological Control*, 89, 33–41.
- Suardi. (2013). Efektifitas lima isolat cendawan endofit dalam menekan pertumbuhan cendawan (*Phytophthora palmivora* Butler) pada tanaman kakao (*Theobroma cacao*). (Skripsi, Universitas Hasanuddin, Makassar).
- Sukanto, S., & Pujiastuti, D. (2004). Keefektifan beberapa bahan pengendali penyakit busuk buah kakao *Phytophthora palmivora*. *Pelita Perkebunan*, 20(3), 132–142.
- Tarus, P.K., Lang'at-Thoruwa, C.C., Wanyonyi, W.W., & Chhabra, S.C. (2003). Bioactive metabolites from *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma longibrachiatum*. *Bull. Chem. Soc. Ethiop.*, 17(2), 185–190.
- Tondoh, E.T., Sinaga, M.S., Widodo, & Suhartono, M.T. (2012). Potensi cendawan endofit sebagai agens pengendali hayati *Phytophthora palmivora* (Butl). penyebab busuk buah kakao. *J. Agron. Indonesia*, 40(2), 146–151.
- Tondoh, E.T. (2012). *Keragaman cendawan endofit pada buah kakao dan potensinya dalam pengendalian busuk buah Phytophthora*, (Disertasi, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Tripathi, S., Kamal, S., Sheramati, I., Oelmuller, R., & Varma, A. (2008). Mycorrhizal fungi and other root endophytes as biocontrol agents against root pathogens. In A. Varma (Ed.), *Mycorrhiza* (pp. 281–306). New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Woo, S.L., Nigro, M., Marra, R., & Lorito, M. (2014). *Trichoderma* secondary metabolites active on plants and fungal pathogens. *The Open Mycology J.*, 8(Suppl-1, M5), 127–139.
- Walsh, C. (2003). *Antibiotic: action origins, resistance*. Washington DC: American Society for Microbiology.
- Wicklow, D.T., Roth, S., Deyrup, S.T., Gloer, J.B. (2005). A protective endophyte of maize: *Acremonium zeae* antibiotics inhibitory to *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides*. *Mycological Research*, 109(5), 610–618.
- You, F., Han, T., Wu, J.Z., Huang, B.K., & Qin, L.P. (2009). Antifungal secondary metabolites from endophytic *Verticillium* sp. *Biochemical Systematics and Ecology*, 37(3), 162–165.
- Yuan, Z., Zhang, C., & Lin, F. (2010). Role of diverse non-systemic fungal endophytes in plant performance and response to stress: progress and approaches. *J Plant Growth Regul*, 29, 116–126.

EKSPRESI FENOTIPIK KLON KOPI ROBUSTA "SIDODADI" PADA TIGA KETINGGIAN TEMPAT

PHENOTYPIC EXPRESSION OF "SIDODADI" ROBUSTA COFFEE CLONE GROWN AT THREE DIFFERENT ALTITUDES

* Enny Randriani, Dani, Handi Supriadi, dan Syafaruddin

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

* *enny.1215@gmail.com*

(Tanggal diterima: 15 Agustus 2016, direvisi: 5 September 2016, disetujui terbit: 2 November 2016)

ABSTRAK

Kopi Robusta "Sidodadi" merupakan salah satu klon kopi Robusta hasil seleksi petani yang paling banyak dikembangkan di wilayah Bengkulu. Klon tersebut tersebar pada berbagai ketinggian tempat sehingga diduga terdapat keragaman ekspresi fenotipik sebagai akibat pengaruh perbedaan lingkungan tumbuh. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh ketinggian tempat terhadap ekspresi fenotipik kopi Robusta "Sidodadi". Penelitian dilaksanakan di tiga lokasi dengan ketinggian tempat berbeda di Provinsi Bengkulu: (1) 600 m dpl (Desa Sukarami, Kecamatan Bermani Ulu, Kabupaten Curup), (2) 900 m dpl (Desa Airsempiang, Kecamatan Kabawetan, Kabupaten Kapahiang), dan (3) 1.200 m dpl (Desa Airles, Kecamatan Muara Kemumuh, Kabupaten Kapahiang), mulai Januari 2014 sampai Oktober 2015 dengan metode survei. Sebanyak 5 pohon ditentukan secara acak pada setiap unit percobaan dan masing-masing diulang 5 kali. Karakter fenotipik yang diamati meliputi morfologi vegetatif dan komponen hasil, kandungan kafein biji, dan mutu citarasa seduhan. Data morfologi vegetatif dan komponen hasil yang diperoleh dianalisis menggunakan uji beda dua rata-rata t-Student pada taraf 5%. Sampel biji kopi yang digunakan sebanyak 500 g dengan kadar air 10%–10,9% yang diambil pada tiga ketinggian tempat. Hasil penelitian menunjukkan ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif dan komponen hasil kopi Robusta "Sidodadi". Pada ketinggian 1.200 m dpl menghasilkan pertumbuhan vegetatif, generatif, dan komponen hasil kopi lebih baik, namun kandungan kafein lebih rendah, dibandingkan dengan ketinggian 600 dan 900 m dpl. Mutu citarasa terbaik dengan nilai skor 85,25 dihasilkan pada ketinggian 900 m dpl dengan karakter citarasa *high body*, *long aftertaste*, serta aroma *dark chocolate* dan *caramelly*.

Kata kunci: Kopi Robusta, ekspresi fenotipik, ketinggian tempat, klon

ABSTRACT

Coffee "Sidodadi" is the Robusta coffee clone, selected by farmers, widely developed in the Bengkulu region. The clones are distributed at different altitudes, i.e. 600, 900, and 1,200 m asl and presumably have different phenotypic expression due to different growth environment. This study aimed to determine the influence of altitudes on the phenotypic expression of coffee "Sidodadi". The study was conducted at (1) 600 m asl (Sukarami subdistrict, Bermani Ulu district, Curup Regency), (2) 900 m asl (Airsempiang subdistrict, Kabawetan district, Kapahiang Regency), and (3) 1,200 m asl (Airles subdistrict, Muara Kemumuh District, Kapahiang Regency), from January 2014 to October 2015 with a survey method. A total of 5 trees were randomly assigned to each experimental unit and each was repeated 5 times. Phenotypic characters observed including vegetative morphology and yield components (data obtained using the difference test of two average t-Students on the 5% level), caffeine content, and cupping-test score. The sample of coffee beans used was 500 g with a water content of 10%–10.9% taken at three different altitudes. The results showed a significant effect of altitude on vegetative growth and yield components of "Sidodadi" Robusta coffee. Altitude of 1.200 m asl produces vegetative, generative, and higher-yielding coffee yields, but with lower caffeine content than those grown at 600 and 900 m asl. Meanwhile, the best flavor quality with a score of 85.25 is indicated by "Sidodadi" Robusta coffee grown at an altitude of 900 m asl which delivered high body, long aftertaste, dark chocolate aroma, and caramelly flavor.

Keywords: Robusta coffee, phenotypic expression, altitude, clone

PENDAHULUAN

Kopi Robusta merupakan jenis kopi yang paling banyak dikembangkan di Indonesia saat ini. Pada tahun 2014, total luas areal dan produksi kopi Robusta di Indonesia, masing-masing mencapai 897.631 ha (75,83%) dan 473.366 ton (73,52%) (Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun], 2015). Kopi Robusta berkualitas tinggi banyak ditemukan di sentra-sentra produksi kopi Robusta, yaitu Provinsi Lampung, Bengkulu, dan Sumatera Selatan. Ketiga provinsi tersebut dikenal dengan sebutan daerah segitiga emas kopi Robusta (Bappebti, 2015) dengan luas areal masing-masing mencapai 154.168 ha (17,17%), 86.666 ha (9,65%), dan 249.381 ha (27,78%) (Ditjenbun, 2015).

Kopi Robusta pada umumnya dikembangkan di dataran rendah hingga menengah (0–700 m dpl). Namun, kopi Robusta berkualitas terbaik (*finest Robusta*) dihasilkan di dataran tinggi, seperti di Uganda (Barry, 2012). Lokasi pengembangan kopi Robusta di wilayah Provinsi Bengkulu pada umumnya berada di dataran tinggi pegunungan (600–1.300 m dpl), terutama di Kabupaten Kepahyang dan Curup-Rejang Lebong sehingga berpotensi menghasilkan biji kopi berkualitas tinggi. Dengan demikian, wilayah Bengkulu berpeluang menambah produk *fine Robusta* di Indonesia di samping beberapa produk yang sudah ada sebelumnya, seperti *Java-Dampit Robusta*, *Bali-Pupuan Robusta*, dan *Lampung Robusta*.

Salah satu klon unggulan kopi Robusta yang banyak dikembangkan petani di daerah tersebut dikenal dengan nama lokal “Sidodadi” (Randriani & Wardiana, 2015). Klon tersebut merupakan hasil seleksi petani yang kemudian diperbanyak menggunakan teknik sambung tunas plagiotrop (*tak-ent*). Penyebaran klon kopi Robusta “Sidodadi” oleh petani mencakup beberapa lokasi dengan ketinggian tempat berbeda, baik di wilayah Kabupaten Curup Rejang-Lebong maupun Kabupaten Kepahyang.

Menurut Camargo (2010) dan Joët *et al.* (2010) ketinggian tempat merupakan salah satu faktor yang memengaruhi pertumbuhan, mutu, dan citarasa tanaman kopi. Perbedaan ketinggian tempat erat kaitannya dengan perubahan suhu. Setiap kenaikan ketinggian tempat sebesar 1.000 meter akan terjadi penurunan suhu sebesar 6,5°C (Cavcar, 2000) atau rata-rata 0,65°C per 100 meter. Penurunan suhu memberikan dampak paling besar terhadap perubahan fisiologi tanaman (Thomas, 2011). Selain itu, dataran yang lebih tinggi juga memiliki kandungan oksigen lebih rendah sehingga buah kopi menjadi lebih lambat masak. Kondisi tersebut memicu pembentukan biji kopi dengan

karakter aroma dan citarasa lebih baik (Sridevi & Giridhar, 2014). Penelitian bertujuan mengetahui pertumbuhan karakter vegetatif, generatif, komponen hasil, mutu fisik biji, kadar kafein, dan citarasa kopi Robusta “Sidodadi” pada berbagai ketinggian tempat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari 2014 sampai Oktober 2015 di tiga lokasi dengan ketinggian tempat berbeda di Provinsi Bengkulu, yaitu (1) 600 m di atas permukaan laut (dpl) (Desa Sukarami, Kecamatan Bermani Ulu, Kabupaten Curup), (2) 900 m dpl (Desa Airsempiang, Kecamatan Kabawetan, Kabupaten Kapahiang), dan (3) 1.200 m dpl (Desa Airles, Kecamatan Muara Kemumuh, Kabupaten Kapahiang). Jenis tanah di lokasi penelitian adalah Latosol. Sifat fisik dan kimia tanah pada ketinggian 600, 900, dan 1.200 m dpl di analisis di Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi (Tabel 1).

Klon kopi Robusta “Sidodadi” merupakan hasil seleksi petani dalam populasi asal biji yang kemudian berkembang luas di ketiga lokasi tersebut. Pengembangan klon “Sidodadi” melalui teknik sambung tunas plagiotrop di lokasi pengamatan dimulai tahun 2010. Batang bawah yang digunakan berupa tanaman kopi Robusta lokal asal biji yang ditanam tahun 1994 dengan jarak tanam 2 m × 2 m.

Penelitian dilakukan menggunakan metode survei terhadap populasi kopi Robusta klon “Sidodadi” yang ditanam secara poliklonal di ketiga lokasi tersebut. Pengamatan dilakukan pada 5 pohon contoh di masing-masing lokasi, secara acak dan diulang 5 kali.

Pengamatan dan Analisis Data Morfologi Vegetatif dan Komponen Hasil Tanaman

Peubah morfologi vegetatif yang diamati meliputi: diameter kanopi (diukur berdasarkan panjang kanopi terpanjang), jumlah cabang produktif, diameter cabang produktif (diukur 10 cm dari cabang utama), panjang cabang produktif (diukur dari sudut batang utama sampai ujung cabang produktif), jumlah ruas cabang produktif (diukur sebagai nilai rata-rata dari enam cabang produktif terpanjang), panjang ruas cabang produktif, serta panjang dan lebar daun (diambil dari daun kelima dari pucuk). Karakter komponen hasil yang diamati meliputi: panjang, lebar, dan tebal buah (rata-rata dari 300 buah masak fisiologis); panjang, lebar, dan tebal biji gabah (rata-rata dari 300 biji gabah). Ukuran buah dan biji diukur menggunakan sigmat digital (Dekko). Data dianalisis dengan uji beda dua rata-rata *t*-Student pada taraf 5 %.

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia tanah pada tiga ketinggian tempat yang berbeda di Provinsi Bengkulu

Table 1. Physical and chemical properties of soil at three different altitudes in Bengkulu Province

Sifat tanah	Ketinggian tempat (m dpl)		
	600	900	1.200
Tekstur	Liat	Lempung liat berdebu	Lempung
Pasir (%)	18,73	15,32	40,45
Debu (%)	28,64	53,10	42,89
Liat (%)	52,63	31,59	16,66
pH (H ₂ O)	4,63	4,87	5,22
pH (KCl)	4,96	5,79	6,05
C-organik (%)	4,91	5,87	5,46
N-total (%)	0,46	0,57	0,24
C/N	10,77	10,37	22,37
P-tersedia (ppm)	0,14	0,00	0,23
Basa dapat ditukarkan (me/100g)			
Ca	20,10	6,93	24,16
Mg	3,77	0,91	3,32
K	0,04	0,04	0,06
Na	1,02	0,81	1,75
Total	24,93	8,69	29,29
Kapasitas Tukar Kation (me/100g)	33,91	18,85	22,58

Uji Kadar Kafein Biji dan Mutu Citarasa Seduhan

Biji kopi yang digunakan untuk bahan pengujian dihasilkan dari standar pengolahan basah (*wet processed*). Buah kopi hasil panen dikupas secara mekanis menggunakan mesin *pulper* untuk memisahkan sebagian kulit buah dari bijinya, kemudian langsung dijemur hingga kering. Penjemuran dilakukan hingga kadar air biji mencapai 10,0%–10,9% agar sesuai untuk penyimpanan (Ismail, Anuar, & Shamsudin, 2013) dan tidak memicu pertumbuhan jamur atau aroma asing (Leroy *et al.*, 2006). Biji kering yang masih berkulit tanduk kemudian dikupas secara manual menggunakan alat tumbuk yang terbuat dari kayu. Biji beras (*green beans*) disortasi untuk memisahkan biji yang pecah, biji bolong, biji yang tidak utuh, biji hitam, dan biji hampa.

Pengujian mutu fisik biji, kadar kafein biji, dan mutu citarasa dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (PPKI), Jember. Sampel biji kopi beras yang digunakan sebanyak 500 g dari masing-masing ketinggian tempat. Mutu fisik yang diuji (ukuran biji) mengacu pada SNI 01-2907-2008. Komponen mutu yang diuji adalah kadar kafein berdasarkan prosedur *Official Method of Analysis AOAC*. Penilaian mutu seduhan mengacu pada standard dan protokol untuk *fine Robusta* yang disusun oleh *Uganda Coffee Development Authority* bersama dengan *Coffee Quality Institute* (Hetzl, 2015). Pengujian mutu seduhan dilakukan oleh panelis ahli terhadap komponen-komponen *aroma, flavor, salt/acid, bitter/sweet, mouthfeel, uniform cups, balance, clean cups*,

dan *overall*. Nilai total seluruh komponen untuk mencapai kualifikasi *fine Robusta* minimum 80.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Morfologi Vegetatif dan Komponen Hasil

Hasil analisis menunjukkan tidak ada perbedaan nyata untuk karakter morfologi vegetatif, seperti panjang cabang produktif, jumlah ruas cabang produktif, panjang ruas cabang produktif, dan lebar daun klon kopi Robusta “Sidodadi” yang dikembangkan petani pada ketinggian 600, 900, dan 1.200 m dpl. Meskipun demikian, ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap karakter diameter kanopi, jumlah cabang produktif, diameter cabang produktif, dan panjang daun (Tabel 2).

Kopi Robusta “Sidodadi” pada ketinggian 1.200 m dpl memiliki diameter kanopi lebih lebar, jumlah cabang produktif lebih banyak, dan diameter cabang produktif lebih besar dibandingkan pada ketinggian 600 dan 900 m dpl. Hal ini berbanding terbalik dengan kesimpulan Coomes & Allen (2007) dan Kofidis & Bosabalidis (2008) yang menyatakan bahwa pertumbuhan tanaman semakin lambat atau kerdil seiring naiknya ketinggian tempat. Hanya satu karakter morfologi, yaitu panjang daun, yang sejalan dengan kedua hasil penelitian tersebut. Daun kopi Robusta “Sidodadi” pada ketinggian 600 m dpl nyata lebih panjang dibandingkan pada ketinggian 900 dan 1.200 m dpl.

Tabel 2. Karakter vegetatif, generatif, dan komponen hasil kopi Robusta “Sidodadi” pada tiga ketinggian tempat
Table 2. Vegetative, generative, and yield component characters of “Sidodadi” Robusta coffee grown at three different altitudes

Karakter morfologi	Rataan pada ketinggian tempat (m dpl)			Hasil uji t-student untuk masing-masing pasangan ketinggian tempat		
	600	900	1.200	600 x 900	600 x 1.200	900 x 1.200
Diameter kanopi (m)	2,19	2,18	2,54	tn	*	*
Jumlah cabang produktif	9,40	8,20	12,20	tn	*	*
Panjang cabang produktif (m)	1,21	1,21	1,23	tn	tn	tn
Diameter cabang produktif (cm)	5,96	6,12	6,87	*	*	*
Jumlah ruas cabang produktif	12,40	12,80	12,80	tn	tn	tn
Panjang ruas cabang produktif (cm)	6,86	6,66	6,91	tn	tn	tn
Panjang daun (cm)	22,94	18,94	19,10	*	*	tn
Lebar daun (cm)	7,72	6,90	7,70	tn	tn	tn
Jumlah dompol/cabang produktif	14,60	14,20	14,20	tn	tn	tn
Jumlah buah/ dompol	22,60	28,40	26,80	*	*	tn
Panjang buah (cm)	1,88	2,06	2,02	*	*	tn
Lebar buah (cm)	1,48	1,40	1,50	tn	tn	tn
Tebal buah (cm)	1,22	1,14	1,30	tn	tn	*
Panjang biji (cm)	1,44	1,42	1,42	tn	tn	tn
Lebar biji (cm)	0,66	0,60	0,62	tn	tn	tn
Tebal biji (cm)	0,48	0,44	0,42	tn	tn	tn

Keterangan : n = nyata pada taraf 5%; tn = tidak nyata

Notes : n = significant at 5% level; tn = not significant

Karakter jumlah buah per dompol dan panjang buah kopi robusta “Sidodadi” yang ditanam pada ketinggian 600 m dpl nyata lebih rendah dibandingkan dengan yang ditanam pada ketinggian 900 dan 1.200 m dpl, sedangkan antara 900 dan 1.200 m tidak berbeda nyata. Pada tebal buah terjadi variasi; antara 600 m dengan 900 m dan 1.200 m dpl tidak berbeda, tetapi antara 900 m berbeda dengan 1.200 m dpl. Sedangkan ditinjau dari ukuran biji ternyata menunjukkan adanya perbedaan antar ketiga ketinggian tempat (Tabel 2). Hasil ini tidak sejalan dengan teori yang menyatakan bahwa semakin tinggi tempat akan menghasilkan biji kopi yang ukurannya lebih besar dan padat (*International Coffee Organization* [ICO], n.d.). Dengan hanya ukuran panjang, lebar, dan tebal biji saja tidak akan mampu merefleksikan karakter ukuran biji secara tepat tanpa didukung oleh karakter lainnya seperti bobot dan volume biji.

Hasil penelitian da Silva *et al.* (2005) dan Imru, Wogderess, & Gidada (2015) menunjukkan bahwa bertambahnya ketinggian tempat menyebabkan meningkatnya bobot buah dan biji kopi beras. Suhu yang lebih rendah akan membentuk biji kopi lebih sempurna dan lebih berat disebabkan proses pematangan buah kopi yang lambat (Bertrand *et al.*, 2011; Somporn, Kamtuo, Theerakulpisut, & Siriamornpun, 2012). Hasil buah kopi berkorelasi positif dengan pH, Ca, Mg, N total, dan P tersedia dalam tanah (Kidānemariam, Gebrekidan, Mamo, & Kibret, 2012; Cyamweshi *et al.*, 2014). Di sisi lain, nisbah C/N, pH, kandungan Ca dan

P tersedia paling tinggi ditunjukkan pada ketinggian 1.200 m dpl. Nisbah C/N tinggi disebabkan suhu yang rendah memperlambat proses dekomposisi sehingga C-organik terakumulasi di dalam tanah (Kidānemariam *et al.*, 2012; Sari, Santoso, & Mawardi, 2013).

Unsur N merupakan faktor pembatas utama bagi pertumbuhan tanaman kopi (Lima, Lindomar, Marcelo, & Jose, 2015). Serapan N pada umumnya berkurang seiring bertambahnya ketinggian tempat (Macek *et al.*, 2012). Semakin tinggi nilai C/N ratio maka kekurangan unsur N semakin besar (Marvelia, Darmanti, & Parman, 2006). Kekurangan unsur N akan menyebabkan pertumbuhan vegetatif tanaman menjadi terhambat (Aminifard, Arojee, Nemati, Azizi, & Khayyat, 2012). Namun, hasil penelitian ini menunjukkan pertumbuhan vegetatif tanaman kopi Robusta “Sidodadi” pada ketinggian 1.200 m dpl secara umum lebih baik dibandingkan pada ketinggian 600 dan 900 m dpl. Hal ini menunjukkan bahwa pada lokasi penelitian unsur N bukan merupakan faktor pembatas utama.

Kandungan P tersedia dan pH tanah paling tinggi ditunjukkan pada ketinggian tempat 1.200 m dpl (Tabel 1). Unsur P mempunyai peranan yang penting dalam pertumbuhan generatif dan komponen hasil. Ketersediaan unsur P yang cukup akan diserap dengan baik oleh tanaman sehingga pertumbuhan generatif dan komponen hasilnya optimal. Di samping itu, C organik dan kandungan N berkorelasi positif dengan biji normal

dan berat 100 butir (Supriadi, Randriani, & Towaha, 2016).

Kandungan Kafein Biji dan Mutu Citarasa Seduhan

Kandungan kafein menjadi salah satu pertimbangan penting dalam menentukan produk kopi spesialti yang aman bagi kesehatan (McCusker, Goldberger, & Cone, 2003). Berdasarkan hasil analisis, kandungan kafein biji kopi Robusta klon "Sidodadi" yang ditanam pada ketinggian 600, 900, dan 1.200 m dpl adalah masing-masing sebesar 1,96%, 1,94%, dan 1,82% (Tabel 3). Kandungan kafein tersebut lebih tinggi apabila dibandingkan dengan jenis Arabika yang hanya sebesar 0,93%–1,21% (Randriani, Dani, & Wardiana, 2014) atau 0,8%–1,4% (Mussatto, Machado, Martins, & Teixeira, 2011). Meskipun demikian, kandungan kafein < 2% masih relatif rendah untuk jenis Robusta karena menurut beberapa literatur dapat mencapai 4,0% (Sureshkumar, Prakash, & Mohanan, 2010; Ashihara, Kato, & Crozier, 2011; Hečimović, Belščak-Cvitanović, Horžić, & Komes, 2011; Dias & Benassi, 2015). Kandungan kafein rendah sangat penting untuk meminimalkan rasio komponen citarasa pahit (*bitterness*) terhadap rasa manis (*sweetness*) pada seduhan kopi Robusta (Hetzl, 2015) sehingga menghasilkan citarasa bermutu tinggi (Gichimu, Gichuru, Mamati, & Nyende, 2014).

Tabel 3. Kandungan kafein klon kopi Robusta "Sidodadi" pada tiga ketinggian tempat di Provinsi Bengkulu

Table 3. Caffeine content of "Sidodadi" Robusta coffee clone grown at three different altitudes in Bengkulu Province

Karakter biokimia	Ketinggian tempat (m dpl)		
	600	900	1.200
Kandungan kafein (%)	1,96	1,94	1,82

Kecenderungan penurunan kandungan kafein biji terlihat seiring bertambahnya ketinggian tempat (Tabel 3). Pola serupa juga ditunjukkan oleh hasil penelitian Sridevi & Giridhar (2014). Kandungan kafein dalam biji kopi terkait dengan banyak faktor, termasuk lingkungan tumbuh tanaman, seperti ketinggian tempat, temperatur, dan curah hujan (Komes & Vojvodić, 2014) serta unsur hara N (Clemente, Martinez, Alves, Finger, & Cecon, 2015). Pada ketinggian 1.200 m dpl, kandungan N total lebih rendah dibandingkan pada ketinggian 600 dan 900 m dpl (Tabel 1). Hal ini menyebabkan kandungan kafein kopi Robusta yang ditanam pada ketinggian 1.200 m dpl lebih rendah dibandingkan dengan ketinggian 600 dan 900 m dpl.

Hasil pengujian mutu citarasa seduhan klon kopi Robusta "Sidodadi" yang ditanam pada tiga ketinggian tempat 600, 900, dan 1.200 m dpl seluruhnya memiliki skor akhir > 80 sehingga memenuhi kualifikasi spesialti. Semua sampel menunjukkan satu karakter citarasa yang unik, yaitu *dark chocolate* (Tabel 4). Karakter citarasa coklat selama ini telah dikenal sebagai penciri spesifik produk kopi Robusta Bengkulu (JPW Coffee, 2016). Skor total citarasa paling tinggi ditunjukkan pada ketinggian 900 m dpl, yaitu 85,25 (Tabel 4), setara dengan kopi Arabika spesialti yang ditanam pada ketinggian > 1.000 m dpl, sebagaimana dilaporkan oleh Randriani *et al.* (2014).

Keunggulan citarasa seduhan kopi Robusta "Sidodadi" pada ketinggian 900 m dpl, diperoleh dari nilai atribut *aroma*, *flavor*, *aftertaste*, *sweetness*, *body*, *balance*, dan *overall*. Buffo & Cardelli-Freire (2004) menyatakan bahwa kandungan *body* (rasa kental) dan *milky* (rasa lemak) yang tinggi akan menyebabkan citarasa kopi semakin enak (*excellent*). Keunggulan citarasa kopi Robusta "Sidodadi" pada ketinggian 900 m dpl diduga berkaitan dengan kondisi naungan yang lebih baik. Bertrand *et al.* (2006) dan Bote & Struik (2011) menunjukkan bahwa naungan menyebabkan pemasakan buah kopi menjadi lebih lambat hingga satu bulan sehingga berpengaruh positif terhadap ukuran dan komposisi biokimia biji serta kualitas citarasanya.

Tabel 4. Skor citarasa seduhan kopi Robusta "Sidodadi" yang ditanam pada tiga ketinggian tempat di Provinsi Bengkulu

Table 4. Final scores of cupping test of "Sidodadi" Robusta coffee grown at three different altitudes

Karakteristik	Ketinggian tempat (m dpl)		
	600	900	1.200
<i>Aroma</i>	7,75	8,00	8,00
<i>Flavor</i>	8,00	8,25	7,75
<i>Aftertaste</i>	8,00	8,25	7,75
<i>Salt/acid</i>	7,50	7,75	8,00
<i>Bitter/sweet</i>	7,50	8,00	7,75
<i>Mouthfeel</i>	8,00	8,25	7,75
<i>Uniform cups</i>	10,00	10,00	10,00
<i>Balance</i>	8,00	8,25	7,75
<i>Clean cups</i>	10,00	10,00	10,00
<i>Overall</i>	8,00	8,50	7,75
Total skor	82,75	85,25	82,50
Karakter citarasa	<i>Chocolaty, dark chocolate</i>	<i>Dark chocolate, caramelly</i>	<i>Dark chocolate, excellent fragrance</i>
Skala citarasa	<i>Very good</i>	<i>Excellent</i>	<i>Very good</i>

KESIMPULAN

Ketinggian tempat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan komponen hasil kopi Robusta “Sidodadi”. Pada ketinggian 1.200 m dpl menghasilkan diameter kanopi serta jumlah dan diameter cabang produktif lebih baik, tetapi kandungan kafein lebih sedikit dibandingkan pada ketinggian 600 dan 900 m dpl. Skor mutu citarasa seduhan klon kopi Robusta “Sidodadi” terbaik diperoleh pada ketinggian 900 m dpl, yaitu 85,25, dengan karakter *high body*, *long aftertaste*, serta aroma *dark chocolate* dan *caramelly*. Pengembangan kopi Robusta “Sidodadi” di dataran menengah hingga tinggi berpotensi menghasilkan produk kopi *fine Robusta* yang harganya lebih tinggi di pasaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Ir. Edi Wardiana, M.Si. yang telah membantu dalam analisis data. Joko Purwono, S.P., Wahid, dan Joni Iskandar sebagai pengusaha kopi di Kabupaten Curup, dan Kabupaten Kepahiang, Provinsi Bengkulu, yang telah memberikan fasilitas dan membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aminifard, M. H., Arojee, H., Nemati, H., Azizi, M., & Khayyat, M. (2012). Effect of nitrogen fertilizer on vegetative and reproductive growth of pepper plants under field conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 35(2), 235–242. doi: <https://doi.org/10.1080/01904167.2012.636126>.
- Ashihara, H., Kato, M., & Crozier, A. (2011). Distribution, biosynthesis and catabolism of methylxanthines in plants. In B. B. Fredholm (Ed.), *Methylxanthines, Handbook of Experimental Pharmacology* (Vol. 200, pp. 11–31). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. doi: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-13443-2>.
- Baliza, D. P., Cunha, R. L., Guimarães, R. J., Barbosa, J. P. R. A. D., Ávila, F. W., & Passos, A. M. A. (2012). Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 7(1), 37–43. doi: <https://doi.org/10.5039/agraria.v7i1a1305>.
- Bappebti. (2015). Analisis harga kopi Robusta pekan ketiga Juni 2015. Retrieved February 14, 2016, from https://www.bappebti.go.id/media/docs/info-komoditi_2015-07-08_14-34-28_Analisis_Robusta-III-Juni.pdf
- Barry, D. (2012). Origin: Uganda. *CBS&A Coffee Business Services & Academy, a Volcafe Initiative*, (January), 1–2.
- Bertrand, B., Alpizar, E., Lara, L., SantaCrea, R., Hidalgo, M., Quijano, J. M., ... Etienne, H. (2011). Performance of *Coffea arabica* F1 hybrids in agroforestry and full-sun cropping systems in comparison with American pure line cultivars. *Euphytica*, 181(2), 147–158. doi: <https://doi.org/10.1007/s10681-011-0372-7>.
- Bertrand, B., Vaast, P., Alpizar, E., Etienne, H., Davrieux, F., & Charmetant, P. (2006). Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiology*, 26, 1239–1248. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.9.1239>.
- Bote, A. D., & Struik, P. C. (2011). Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. *Journal of Horticulture and Forestry*, 3(11), 336–341.
- Buffo, R. A., & Cardelli-Freire, C. (2004). Coffee flavour: An overview. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(2), 99–104. doi: <https://doi.org/10.1002/ffj.1325>.
- Camargo, M. B. P. De. (2010). The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. *Bragantia*, 69, 239–247. doi: <https://doi.org/10.1590/S0006-87052010000100030>.
- Cavcar, M. (2000). The International Standard Atmosphere (ISA). Anadolu University, Turkey. Retrieved from <http://www.wxaviation.com/ISAweb-2.pdf>.
- Clemente, J. M., Martinez, H. E. P., Alves, L. C., Finger, F. L., & Cecon, P. R. (2015). Effects of nitrogen and potassium on the chemical composition of coffee beans and on beverage quality. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 37(3), 297. doi: <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v37i3.19063>.
- Coomes, D. A., & Allen, R. B. (2007). Effects of size, competition and altitude on tree growth. *Journal of Ecology*, 95(5), 1084–1097. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2007.01280.x>.
- Cyamweshi, R. A., Nabahungu, N. L., Mukashema, A., Ruganzu, V., Galtarayihya, M. C., Nduwumuremyi, A., & Mbonigaba, J. J. (2014). Enhancing nutrient availability and coffee yield on acid soils of the central plateau of southern Rwanda. *Global Journal of Agricultural Research*, 2(2), 44–55.
- da Silva, E. A., Mazzafera, P., Brunini, O., Sakai, E., Arruda, F. B., Mattoso, L. H. C., ... Pires, R. C. M. (2005). The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(2), 229–238. doi: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202005000200006>.

- Dias, R. C. E., & Benassi, M. D. T. (2015). Discrimination between Arabica and Robusta coffees using hydrosoluble compounds: Is the efficiency of the parameters dependent on the roast degree? *Beverages*, 1, 127–139. doi: <https://doi.org/10.3390/beverages1030127>.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2015). *Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2016: Kopi*. (E. Subiyantoro & Y. Arianto, Eds.). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Gichimu, B. M., Gichuru, E. K., Mamati, G. E., & Nyende, A. B. (2014). Biochemical composition within *Coffea arabica* cv. Ruiru 11 and its relationship with cup quality. *Journal of Food Research*, 3(3), 31–44. doi: <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n3p31>.
- Hečimović, I., Belščak-Cvitanović, A., Horžić, D., & Komes, D. (2011). Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. *Food Chemistry*, 129(3), 991–1000. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.059>.
- Hetzel, A. (2015). *Fine Robusta Standards and Protocols: A compilation of technical standards, evaluation procedures and reference materials for quality-differentiated Robusta coffee*. Aliso Viejo, CA: Coffee Quality Institute. Retrieved from <https://www.coffeestrategies.com/wp-content/uploads/2015/04/compiled-standards-distribute1.1.pdf>.
- Imru, N. O., Wogderess, M. D., & Gidada, T. V. (2015). A study of the effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. *International Journal of Agricultural Sciences*, 5(5), 748–752.
- International Coffee Organization. (n.d.). *Grading and classification of green coffee*. Retrieved January 20, 2016, from http://www.ico.org/projects/Good-Hygiene-Practices/cnt/cnt_en/sec_3/docs_3.3/Grading&class.pdf.
- Ismail, I., Anuar, M. S., & Shamsudin, R. (2013). Effect on the physico-chemical properties of liberica green coffee beans under ambient storage. *International Food Research Journal*, 20(1), 255–264.
- Joët, T., Laffargue, A., Descroix, F., Doulbeau, S., Bertrand, B., Kochko, A. de, & Dussert, S. (2010). Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. *Food Chemistry*, 118(3), 693–701. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>.
- JPW Coffee. (2016). *Specialty Coffee Indonesia - Kopi Bengkulu*. Retrieved May 20, 2016, from <https://www.specialtycoffee.co.id/kopi-bengkulu/>
- Kidanemariam, A., Gebrekidan, H., Mamo, T., & Kibret, K. (2012). Impact of altitude and land use type on some physical and chemical properties of acidic soils in Tsegede. *Open Journal of Soil Science*, 2012(September), 223–233. doi: <https://doi.org/10.4236/ojss.2012.23027>.
- Kofidis, G., & Bosabalidis, A. M. (2008). Effects of altitude and season on glandular hairs and leaf structural traits of *Nepeta nuda* L. *Botanical Studies*, 49(4), 363–372.
- Komes, A., & Vojvodić, A. (2014). Effects of varieties and growing conditions on antioxidant capacity of coffee. In V. R. Preedy (Ed.), *Processing and impact on antioxidants in beverages* (pp. 77–85). Waltham, USA: Elsevier Inc.
- Leroy, T., Ribeyre, F., Bertrand, B., Charmetant, P., Dufour, M., Montagnon, C., ... Pot, D. (2006). Genetics of coffee quality. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 229–242. doi: <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100016>.
- Lima, D. M., Lindomar, de S. M., Marcelo, A. T., & Jose, F. T. do A. (2015). The nutritional efficiency of *Coffea* spp. A review. *African Journal of Biotechnology*, 14(9), 728–734. doi: <https://doi.org/10.5897/AJB2014.14254>.
- Macek, P., Klimeš, L., Adamec, L., Doležal, J., Chlumská, Z., de Bello, F., ... Řeházková, K. (2012). Plant nutrient content does not simply increase with elevation under the extreme environmental conditions of Ladakh, NW Himalaya. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 44(1), 62–66. doi: <https://doi.org/10.1657/1938-4246-44.1.62>.
- Marvelia, A., Darmanti, S., & Parman, S. (2006). Produksi tanaman jagung manis (*Zea mays* L. *Saccharata*) yang diperlakukan dengan kompos kascing dengan dosis yang berbeda. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 14(2), 7–18.
- McCusker, R. R., Goldberger, B. a, & Cone, E. J. (2003). Caffeine content of specialty coffees. *Journal of Analytical Toxicology*, 27(7), 520–522. doi: https://doi.org/NO_DOI
- Mukti, F. B. (2013). Enchanting Indonesian specialty coffees. *Indonesia Invite - Welcome to the Heaven of Specialty Coffee*, 10–11.
- Mussatto, S. I., Machado, E. M. S., Martins, S., & Teixeira, J. A. (2011). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*, 4(5), 661–672. doi: <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>.
- Randriani, E., Dani, & Wardiana, E. (2014). Evaluasi ukuran biji beras, kadar kafein, dan mutu cita rasa lima kultivar kopi Arabika. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(1), 49–56. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v1n1.2014.p49-56>.

- Randriani, E., & Wardiana, E. (2015). Stabilitas hasil tiga klon kopi Robusta Bengkulu sebagai klon unggul lokal. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 2(3), 159–168. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v2n3.2015.p159-168>.
- Sari, N. P., Santoso, T. I., & Mawardi, S. (2013). Sebaran tingkat kesuburan tanah pada perkebunan rakyat kopi Arabika di dataran tinggi Ijen-Raung menurut ketinggian tempat dan tanaman penayang. *Pelita Perkebunan*, 29(2), 93–107.
- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P., & Siriamornpun, S. (2012). Effect of shading on yield, sugar content, phenolic acids and antioxidant property of coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor) harvested from north-eastern Thailand. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(9), 1956–1963. doi: <https://doi.org/10.1002/jsfa.5568>.
- Sridevi, V., & Giridhar, P. (2014). Changes in caffeine content during fruit development in *Coffea canephora* P. ex. Fr. grown at different elevations. *Journal of Biology and Earth Science*, 4(2), 168–175.
- Supriadi, H., Randriani, E., & Towaha, J. (2016). Korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Garut. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 3(1), 45–52. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v3n1.2016.p45-52>.
- Sureshkumar, V. B., Prakash, N. S., & Mohanan, K. V. (2010). A Study of *Coffea racemosa* x *Coffea canephora* var. *robusta* Hybrids in Relation to Certain Critically Important Characters. *Int. J. Plant Breed. Genet.*, 4(1), 30–35.
- Thomas, S. C. (2011). Genetic vs. phenotypic responses of trees to altitude. *Tree Physiology*, 31(11), 1161–1163. doi: <https://doi.org/10.1093/treephys/tpr105>.

PENGARUH PENAMBAHAN GLISEROL PADA MEDIA PERBANYAKAN TERHADAP DAYA SIMPAN BIOFUNGISIDA *Trichoderma*

THE EFFECT OF GLYCEROL ADDITION IN MULTIPLICATION MEDIUM ON STORAGE LONGEVITY OF *Trichoderma* BIOFUNGICIDE

* Widi Amaria, Yulius Ferry, Samsudin, dan Rita Harni

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

* w_amarial@yahoo.com

(Tanggal diterima: 12 Agustus 2016, direvisi: 30 Agustus 2016, disetujui terbit: 6 November 2016)

ABSTRAK

Daya simpan biofungisida yang mengandung *Trichoderma virens* dan *T. amazonicum* untuk mengendalikan penyakit jamur akar putih (JAP) pada tanaman karet penting untuk diketahui agar tetap efektif ketika diaplikasikan. Komposisi media perbanyakan dalam biofungisida *Trichoderma* sp. dapat mempengaruhi lama hidup dan viabilitas konidia selama penyimpanan. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh penambahan gliserol dalam media perbanyakan terhadap daya simpan biofungisida *T. virens* dan *T. amazonicum*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Juli 2014. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 8 perlakuan dan 3 ulangan. Biofungisida yang dibuat terdiri dari: (1) penambahan gliserol (0%, 3%, 6%, dan 9%) pada media perbanyakan *T. virens* dan (2) penambahan gliserol (0%, 3%, 6%, dan 9%) pada media perbanyakan *T. amazonicum*. Masing-masing hasil perbanyakan dicampur dengan bahan pembawa talk, dikeringanginkan, selanjutnya dikemas dalam kantong plastik dan disimpan selama 4 bulan. Pengamatan dilakukan setiap bulan, meliputi: jumlah konidia dan populasi *Trichoderma* sp., serta kadar air biofungisida. Hasil penelitian menunjukkan penambahan gliserol pada media perbanyakan dapat membantu mempertahankan viabilitas *T. virens* dan *T. amazonicum* serta daya simpan biofungisida. Penambahan gliserol 6% sampai 9% pada media perbanyakan *T. virens* dan *T. amazonicum* merupakan konsentrasi terbaik, menghasilkan konidia $7,98 \times 10^7 - 8,59 \times 10^7$ konidia/g dan kelimpahan populasi $11,67 \times 10^3 - 14,67 \times 10^3$ cfu/g pada biofungisida yang disimpan selama 4 bulan.

Kata kunci: Biofungisida, daya simpan, gliserol, *T. virens*, *T. amazonicum*

ABSTRACT

The storage longevity of biofungicide containing *Trichoderma virens* and *T. amazonicum* to control the white root diseases (WRD) in rubber plants is important to know to remain effective when applied. The composition of the multiplication medium in the *T. virens* and *T. amazonicum* biofungicide can affect the longevity and viability of conidia during storage. The objective of the research was to determine the effect of glycerol addition in the multiplication medium of *T. virens* and *T. amazonicum* biofungicide during storage. The research was conducted at the Laboratory of Plant Protection, Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from January to July 2014. The experiment used a completely randomized design with 8 treatments and 3 replications. The biofungicidal formula consisted of: (1) glycerol addition (0%, 3%, 6%, and 9%) in the multiplication medium of *T. virens* and (2) glycerol addition (0%, 3%, 6%, and 9%) in the multiplication medium of *T. amazonicum*. Each multiplication was mixed with a carrier (talk), dried, then packed in a plastic bag and stored for 4 months. Observations were carried out each month, including: the amount of conidia, *Trichoderma* sp. population, and water content. The results showed that the addition of glycerol to multiplication medium was able to maintain the viability of *T. virens* and *T. amazonicum* and the storage longevity of the biofungicide. The addition of 6% to 9% glycerol in the multiplication medium of *T. virens* and *T. amazonicum* showed the highest concentration, yielding conidia up to $7.98 \times 10^7 - 8.59 \times 10^7$ conidia/g and population abundance of $11.67 \times 10^3 - 14.67 \times 10^3$ cfu/g in biofungicide stored for 4 months.

Keywords: Biofungicide, glycerol, storage longevity, *T. virens*, *T. amazonicum*

PENDAHULUAN

Jamur *Trichoderma* banyak digunakan sebagai agens hayati untuk mengendalikan penyakit tanaman, khususnya yang disebabkan patogen tular tanah (*soil borne disease*). Keunggulannya antara lain mempunyai kompetensi rizosfir dan saprofit tinggi sehingga keberadaannya di alam relatif lebih lama, antagonis patogen, mudah diperbanyak, mempunyai spektrum luas, aman terhadap lingkungan, dan kompatibel dengan agens hayati lainnya (Jeyarajan & Nakkeeran, 2000).

Trichoderma mampu menghasilkan propagul, terdiri dari hifa, struktur bertahan (klamidospora), dan konidium (Papavizas, 1985). Bentuk hifa tidak tahan terhadap proses pengeringan (Jin, Harman, & Taylor, 1991) sehingga jarang digunakan untuk perbanyakan dan formulasi biofungisida, yang banyak dipilih adalah propagul dalam bentuk konidium (Elad & Chet, 1983). Populasi dan viabilitas propagul akan menentukan kemampuannya dalam menekan patogen tanaman. Perkembangan populasi dan viabilitas *Trichoderma* dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain substrat (komposisi media perbanyakan dan bahan pembawa) yang digunakan, kadar air, serta lama penyimpanan. Sinaga (1989) menjelaskan bahwa komposisi dan konsentrasi nutrisi medium tumbuh dapat mempengaruhi daya tahan hidup, sporulasi, dan antagonisme *T. harzianum*. Dalam keadaan substrat atau lingkungan yang kurang menguntungkan, jamur *T. harzianum* membentuk klamidospora dengan kondisi pertumbuhan yang terbatas (Sastrosuwignyo, 1991).

Peningkatan keefektifan *Trichoderma* dalam menekan patogen dan untuk memperpanjang lama hidup konidia selama penyimpanan salah satunya dengan memformulasinya menggunakan bahan pembawa tertentu. Media perbanyakan *Trichoderma* banyak dibuat dalam bentuk cair karena mampu memberikan kecukupan nutrisi dan lebih optimal dalam menghasilkan konidia maupun hifa jamur (Kredics *et al.*, 2014). *Trichoderma* membutuhkan nutrisi berupa unsur utama karbon dan nitrogen sebagai sumber energi untuk meningkatkan jumlah dan viabilitas konidia (Bilgrami & Verma, 1978; Papavizas, 1985). Unsur karbon digunakan dalam pertumbuhan dan perbanyakan sel, sedangkan nitrogen diperlukan untuk proses sintesis protein (Tjokrokusumo, Hendritomo, & Widyastuti, 2004).

Komposisi media perbanyakan yang digunakan akan mempengaruhi lama hidup agens hayati pada formula biofungisida selama penyimpanan (Sriram, Roopa, & Savitha, 2011) sehingga berpengaruh pada tingkat penekanannya terhadap patogen. Untuk memperpanjang daya simpan formula biofungisida dapat digunakan bahan tambahan seperti gliserol. Gliserol

merupakan jenis senyawa untuk melindungi sel atau jaringan dari kerusakan sehingga digunakan untuk menjaga viabilitas mikroorganisme selama penyimpanan (Swain & Smith, 2010; Stevenson, 2016). Gliserol termasuk jenis *Cryoprotectants* yang efektif sebagai pelindung atau pertahanan sel jamur baik intraseluler maupun ekstraseluler. Keberadaannya pada media cair (*liquid nitrogen*) dapat mencegah kontaminasi dan memperpanjang umur simpan biakan (Nakasone, Peterson, & Shung-Chang Jong, 2004).

Hasil penelitian Santhosh (2015) menunjukkan bahwa penambahan gliserol dapat meningkatkan daya simpan *biofertilizer* pada media cair sampai 6 bulan. Hasil penelitian Sriram, Palanna, & Ramanujam (2010) dan Sriram *et al.* (2011) juga membuktikan gliserol yang ditambahkan pada media perbanyakan *Trichoderma* sp. dapat meningkatkan daya simpan formula biofungisida dengan bahan pembawa talk selama 7 sampai 12 bulan. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh penambahan gliserol pada media perbanyakan terhadap daya simpan biofungisida *T. virens* dan *T. amazonicum* sebagai agens hayati pengendali penyakit JAP pada tanaman karet.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Januari sampai Juli 2014.

Penyiapan Isolat *Trichoderma* sp.

Isolat *Trichoderma* sp. yang digunakan adalah *T. virens* dan *T. amazonicum*, koleksi Laboratorium Proteksi Tanaman, Balittri. Isolat tersebut telah diuji keefektifannya secara *in vitro* dan *in vivo* terhadap patogen *Rigidoporus microporus* pada tanaman karet (Amaria, Taufiq, & Harni, 2013; Amaria & Wardiana, 2014; Amaria, Harni, & Samsudin, 2015).

Perbanyakan *Trichoderma* sp. pada Media Cair

Media perbanyakan *Trichoderma* sp. menggunakan media cair *potato dextrose broth* (PDB: ekstrak kentang dan dekstrosa). Masing-masing media PDB sebanyak 500 ml dituang ke dalam erlenmeyer berukuran 1.000 ml, kemudian disterilisasi dengan *autoclave* (120°C; 20 menit). Erlenmeyer yang berisi PDB steril ditambahkan gliserol sesuai perlakuan (0%, 3%, 6%, dan 9%), selanjutnya masing-masing dua potong biakan murni *Trichoderma* sp. berukuran 0,8 cm diinokulasikan pada media cair PDB. Perbanyakan konidia *Trichoderma* sp. pada media cair dilakukan dengan rangkaian fermentor sederhana, terdiri atas: (1) aerator, (2) glasswool, (3) KMNO₄, (4) media cair PDB, dan (5) akuades (Nurhayatiningsih, 2013). Setiap

media cair PDB diinkubasi selama 10 hari, dan dihitung jumlah konidia sampai 10^8 konidia/ml menggunakan *haemocytometer* dan *compound microscope*. Hasil perbanyakan ini digunakan sebagai campuran pembuatan biofungisida dengan bahan pembawa talk.

Pembuatan Biofungisida

Hasil perbanyakan isolat *T. virens* dan *T. amazonicum*, masing-masing sebanyak 500 ml dicampur dengan 1 kg talk steril dan ditambahkan perekat *carboxymethyl cellulose* (CMC) pada loyang (500 ml *Trichoderma* sp. : 1.000 g talk : 50 g CMC), selanjutnya dicampur merata seperti adonan (Sriram *et al.*, 2011) dan dikeringanginkan. Adonan yang telah kering kemudian diayak menggunakan ayakan tepung berukuran 80 mesh, dikemas dalam plastik bening dan dilekatkan/ditutup dengan sealer. Setiap unit percobaan terdiri dari 12 kemasan yang berisi 50 g biofungisida. Kadar air awal biofungisida (0 bulan) adalah 5,93%–6,73%, kemudian disimpan selama 1, 2, 3, dan 4 bulan pada ruang terbuka dengan suhu ruang 25°C.

Rancangan Percobaan dan Peubah Pengamatan

Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 3 ulangan (Tabel 1). Pengamatan terdiri dari: (1) jumlah konidia, (2) populasi *Trichoderma*, dan (3) kadar air.

Tabel 1. Perlakuan gliserol pada media perbanyakan *T. virens* dan *T. amazonicum*

Table 1. Glycerol addition in *T. virens* and *T. amazonicum* multiplication medium

Jenis <i>Trichoderma</i>	Perlakuan
<i>T. virens</i>	PDB + gliserol 3%
<i>T. virens</i>	PDB + gliserol 6%
<i>T. virens</i>	PDB + gliserol 9%
<i>T. virens</i>	PDB + gliserol 0% (kontrol)
<i>T. amazonicum</i>	PDB + gliserol 3%
<i>T. amazonicum</i>	PDB + gliserol 6%
<i>T. amazonicum</i>	PDB + gliserol 9%
<i>T. amazonicum</i>	PDB + gliserol 0% (kontrol)

(1) Jumlah konidia

Jumlah konidia dihitung dengan cara: sebanyak 10 g biofungisida pada setiap perlakuan dilarutkan dengan 100 ml akuades steril, kemudian dikocok menggunakan vortex selama 1 menit. Jumlah konidia dihitung menggunakan *haemocytometer* dan *compound microscope*. Pengamatan jumlah konidia dilakukan setiap bulan mulai 0 sampai 4 bulan. Jika terlalu rapat maka suspensi tersebut diencerkan menggunakan akuades steril, kemudian dikocok dan dihitung kembali dengan menggunakan rumus (Gabriel & Riyanto, 1989):

$$S = \frac{t \times d}{n \times 0,25} \times 10^6$$

Keterangan:

S = jumlah konidia

t = jumlah total konidia dalam kotak sampel yang diamati (5 kotak besar)

d = tingkat pengenceran

n = jumlah kotak sampel yang diamati

(2) Populasi *Trichoderma*

Perhitungan populasi *Trichoderma* dilakukan dengan metode *dilution plate* pada media selektif (Elad & Chet, 1983). Sebanyak 10 g biofungisida pada setiap perlakuan dilarutkan dengan 100 ml akuades steril, kemudian dikocok menggunakan vortex selama 1 menit, selanjutnya dibuat suspensi dengan seri pengenceran 10^{-1} – 10^{-6} . Setiap 1 ml suspensi diinokulasikan pada media selektif *Trichoderma* dalam cawan petri sebelum memadat dan dihomogenkan. Setiap pengenceran dibuat 3 ulangan cawan petri, kemudian diinkubasikan selama 7 hari pada suhu kamar dan dihitung jumlah koloni yang terbentuk (*colony forming unit/cfu*) setiap bulan mulai 0 sampai 4 bulan. Pada pengamatan pertama dipilih seri pengenceran yang mengandung jumlah koloni 30–300, yang akan digunakan untuk pengamatan berikutnya. Rumus perhitungan jumlah populasi *Trichoderma* sebagai berikut:

$$Pb = Jk \times \frac{1}{Fp}, \quad Fp = p \times Vs$$

Keterangan:

Pb = populasi jamur (cfu/ml)

Jk = jumlah koloni

Fp = faktor pengenceran

p = pengenceran

Vs = volume suspensi yang ditumbuhkan (ml) dalam cawan petri

(3) Kadar air

Pengukuran kadar air dilakukan dengan metode pengeringan dalam oven (105°C; 4 jam), ditimbang sampel awal dan akhir. Perhitungan kadar air dengan rumus (*Association of Official Analytical Chemist*, 1999):

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{\text{bobot awal (g)} - \text{bobot akhir (g)}}{\text{bobot awal (g)}} \times 100\%$$

Analisis Data

Data jumlah konidia dan populasi yang diperoleh dianalisis ragam, dan bila hasilnya nyata maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menggunakan uji Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Gliserol terhadap Jumlah Konidia *T. virens* dan *T. amazonicum*

Hasil pengamatan awal (0 bulan), penambahan gliserol pada media perbanyak sebelum penyimpanan biofungisida menunjukkan jumlah konidia *T. virens* dan *T. amazonicum* hampir sama untuk semua perlakuan, yaitu $8,50 \times 10^7 - 9,79 \times 10^7$ konidia/g biofungisida. Pada penyimpanan 1, 2, dan 3 bulan penambahan gliserol 3%, 6%, dan 9% berpengaruh nyata, dapat mempertahankan jumlah konidia *T. virens*, dan *T. amazonicum* dibandingkan dengan kontrol. Pada penyimpanan 4 bulan, hanya penambahan gliserol 6% dan 9% yang mempunyai pengaruh tinggi dalam mempertahankan jumlah konidia dan berpengaruh nyata dengan perlakuan lainnya.

Semua perlakuan menunjukkan penurunan persentase jumlah konidia selama 4 bulan penyimpanan. Pada penyimpanan 0 sampai 4 bulan memperlihatkan bahwa dengan penambahan gliserol 6% dan 9% pada media perbanyak *T. virens* dan *T. amazonicum* mengakibatkan penurunan jumlah konidia sebesar 4,90%–12,19%, lebih rendah dibandingkan penambahan gliserol 3% yang penurunannya mencapai 30,39%–33,71% (Tabel 2). Walaupun terjadi penurunan, namun media perbanyak yang ditambahkan gliserol memperlihatkan jumlah konidia lebih banyak dibandingkan kontrol sehingga biofungisida dapat disimpan lebih lama.

Menurut Situmorang (2012), kemampuan spora/konidia setiap jamur berbeda dalam bertahan

hidup pada media. Selain itu, tingkat kematangan konidia juga mempengaruhi pada saat proses perbanyak. Hal ini menyebabkan perbedaan jumlah konidia yang mampu bertahan selama masa penyimpanan. Penurunan jumlah konidia diduga karena selama penyimpanan aktivitas jamur menurun, konidia tidak dapat memperbanyak diri, namun lebih banyak membentuk fase dorman. Hal ini disebabkan bahan pembawa talk yang digunakan untuk biofungisida tidak mengandung cukup nutrisi yang dibutuhkan oleh *T. virens* dan *T. amazonicum*. Sesuai yang dijelaskan oleh Berlian *et al.* (2013), bahwa *Trichoderma* dapat membentuk fase istirahat (klamidospore) untuk bertahan dari lingkungan yang kurang mendukung pertumbuhannya, seperti media yang miskin nutrisi. Namun demikian, dengan penambahan gliserol pada media perbanyak dapat melindungi sel *Trichoderma* dari pengaruh lingkungan sehingga konidia dapat bertahan hidup dan memperpanjang daya simpannya (Swain & Smith, 2010; Sriram *et al.*, 2011; Stevenson, 2016) karena gliserol berperan penting sebagai salah satu sumber karbon (Jin & Custis, 2011).

Biofungisida *Trichoderma* yang dibuat selain mudah dan murah juga harus memperhatikan viabilitasnya selama penyimpanan. Situmorang (2012) mengemukakan salah satu syarat bahan pembawa yang baik untuk formula agens hayati agar dapat disimpan lebih lama adalah konidia tidak memperbanyak diri dan aktivitas agens hayati pada formula lebih stabil selama masa penyimpanan, dengan faktor lain yang memengaruhi seperti kadar air dan kelembapan.

Tabel 2. Jumlah konidia *T. virens* dan *T. amazonicum* pada penyimpanan 1–4 bulan

Table 2. Total number of *T. virens* and *T. amazonicum* conidia at 1–4 months storage

Perlakuan	Jumlah konidia (10^7 konidia/g)					Penurunan jumlah konidia (%)
	0 bulan	1 bulan	2 bulan	3 bulan	4 bulan	
1 <i>T. virens</i> (PDB + gliserol 3%)	8,98 ab	8,50 a	7,98 bc	7,47 bc	5,94 bc	33,71 b
2 <i>T. virens</i> (PDB + gliserol 6%)	8,87 ab	8,87 ab	8,72 d	8,62 d	7,98 d	9,55 a
3 <i>T. virens</i> (PDB + gliserol 9%)	9,07 ab	8,96 ab	8,96 d	8,42 d	8,53 d	5,85 a
4 <i>T. virens</i> (PDB + gliserol 0%)	8,84 ab	8,76 ab	5,26 a	5,34 a	5,19 ab	41,20 bc
5 <i>T. amazonicum</i> (PDB + gliserol 3%)	9,15 ab	9,00 ab	6,46 b	6,92 b	6,33 c	30,39 b
6 <i>T. amazonicum</i> (PDB + gliserol 6%)	9,79 b	9,79 b	8,80 d	8,80 d	8,59 d	12,19 a
7 <i>T. amazonicum</i> (PDB + gliserol 9%)	8,50 a	8,50 a	8,42 bc	8,30 bc	8,08 d	4,90 a
8 <i>T. amazonicum</i> (PDB + gliserol 0%)	8,91 ab	8,44 a	5,33 a	5,33 a	5,23 a	46,03 c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different according to Duncan's test at 5% levels

Pengaruh Gliserol terhadap Populasi *T. virens* dan *T. amazonicum*

Biofungisida yang disimpan selama 4 bulan secara umum menunjukkan penurunan populasi *T. virens* dan *T. amazonicum* (Tabel 3). Sebelum penyimpanan (0 bulan) jumlah populasi masih cukup tinggi ($18,67-20,33 \times 10^3$ cfu/g) dan tidak berbeda antar perlakuan, demikian juga pada penyimpanan 1 dan 2 bulan. Pada penyimpanan 3 bulan, penambahan gliserol di media perbanyakan dapat mempertahankan populasi *T. virens* dan *T. amazonicum* terutama pada perlakuan gliserol 6% dan 9%, serta pengaruhnya semakin nyata pada penyimpanan 4 bulan.

Penambahan gliserol 6% dan 9% ke dalam media perbanyakan terbukti dapat memperpanjang umur konidia pada biofungisida *T. virens* yang disimpan selama 4 bulan. Hal ini terlihat dari jumlah populasi yang masih cukup tinggi, yaitu $11,67 \times 10^3$ cfu/g dan $14,00 \times 10^3$ cfu/g. Kondisi serupa ditunjukkan oleh biofungisida *T. amazonicum* dengan tambahan gliserol 6% dan 9%, setelah 4 bulan penyimpanan masih mempertahankan populasi sebesar $11,00 \times 10^3$ cfu/g dan $14,67 \times 10^3$ cfu/g.

Persentase viabilitas *T. virens* dan *T. amazonicum* dapat dilihat dari jumlah populasi/koloni yang terbentuk pada media. Selama 4 bulan penyimpanan, terjadi penurunan viabilitas *T. virens* dan *T. amazonicum* pada semua perlakuan. Penurunan terkecil pada gliserol 9%, yaitu 25,99% dan 26,56%, tidak berbeda nyata dengan perlakuan lain kecuali dengan perlakuan tanpa gliserol yaitu 80,01% dan 82,59%. Penurunan viabilitas konidia jamur antara lain disebabkan perubahan komponen nutrisi di dalam substrat/media dan kondisi lingkungan yang memengaruhi selama penyimpanan (Situmorang, 2012). Oleh karena perubahan tersebut,

konidia *Trichoderma* sp. ada yang mengalami dorman dengan membentuk klamidospora sehingga tidak mudah untuk tumbuh dan membentuk koloni pada media. Namun demikian, keadaan dorman ini dapat berfungsi kembali jika lingkungan mengalami perubahan sesuai kebutuhan hidupnya. Bentuk klamidospora dapat bertahan hidup dan tidak menurunkan potensi *Trichoderma* sebagai agens hayati (Kubicek & Harman, 2002).

Penambahan gliserol dapat mempertahankan viabilitas *T. virens* dan *T. amazonicum* sampai 4 bulan, walaupun terjadi penurunan, namun tetap memperlihatkan kelimpahan populasinya pada media. Hal ini menunjukkan bahwa biofungisida masih dalam keadaan baik selama 4 bulan penyimpanan. Penambahan gliserol sangat bermanfaat untuk penyimpanan biofungisida, dengan tujuan mempertahankan serta memperpanjang hidup konidia jamur agar tetap efektif pada saat diaplikasikan. Sriram *et al.* (2010) menggunakan gliserol pada media perbanyakan, dan menunjukkan bahwa biofungisida dengan bahan pembawa talk dapat disimpan sampai 12 bulan. Hasil penelitian lain yang dilakukan oleh Sriram *et al.* (2011) menunjukkan bahwa penambahan gliserol 3% dan 6% pada media perbanyakan *T. harzianum* dapat menghasilkan propagul di atas 2×10^6 cfu/g formula di penyimpanan. Gliserol 3% memperpanjang lama hidup dan viabilitas *T. harzianum* sampai 7 bulan penyimpanan, sedangkan gliserol 6% sampai 12 bulan. Penambahan gliserol dapat melindungi dan memberikan pertahanan terhadap propagul untuk tetap hidup meskipun mengalami penurunan aktivitas penggunaan air selama penyimpanan sehingga dapat memperpanjang hidup konidia (Nakasone *et al.*, 2004; Swain & Smith, 2010; Sriram *et al.*, 2011; Stevenson 2016;).

Tabel 3. Jumlah populasi *T. virens* dan *T. amazonicum* pada penyimpanan 0–4 bulan

Table 3. Total population of *T. virens* and *T. amazonicum* at 0–4 months storage

Perlakuan	Jumlah populasi ($\times 10^3$ cfu/g)					Penurunan viabilitas (%)
	0 bulan	1 bulan	2 bulan	3 bulan	4 bulan	
1 <i>T. virens</i> (PDB + gliserol 3%)	19,67 a	15,00 a	11,00 a	9,00 ab	8,00 ab	59,90 ab
2 <i>T. virens</i> (PDB + gliserol 6%)	20,00 a	14,67 a	13,33 a	13,33 b	11,67 b	40,88 a
3 <i>T. virens</i> (PDB + gliserol 9%)	19,67 a	16,67 a	14,00 a	14,67 b	14,00 b	25,99 a
4 <i>T. virens</i> (PDB + gliserol 0%)	20,33 a	19,33 a	18,33 a	8,33 ab	4,00 a	80,01 b
5 <i>T. amazonicum</i> (PDB + gliserol 3%)	20,33 a	16,33 a	14,67 a	13,33 b	9,67 ab	52,22 a
6 <i>T. amazonicum</i> (PDB + gliserol 6%)	18,67 a	16,00 a	13,00 a	11,33 ab	11,00 b	39,83 a
7 <i>T. amazonicum</i> (PDB + gliserol 9%)	20,00 a	18,33 a	14,33 a	14,67 b	14,67 b	26,56 a
8 <i>T. amazonicum</i> (PDB + gliserol 0%)	19,33 a	16,33 a	10,00 a	5,33 a	3,33 a	82,59 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%

Notes : Numbers followed by the same letters in the same column are not significantly different according to Duncan's test at 5% levels

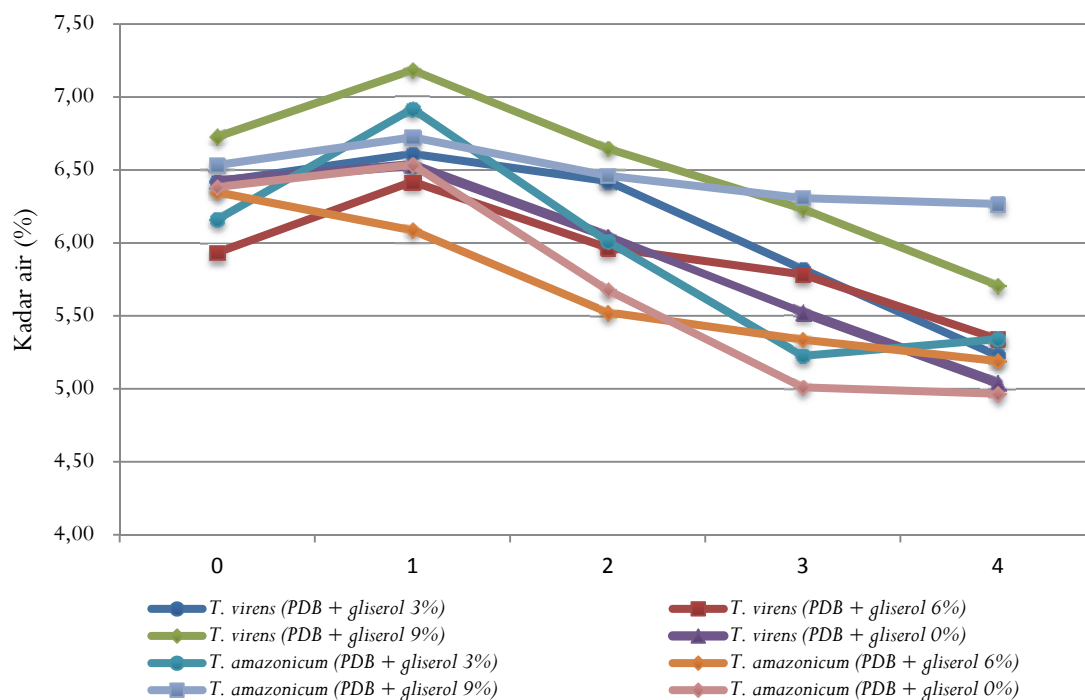
Kadar Air Biofungisida selama Penyimpanan

Perubahan kadar air biofungisida selama 4 bulan penyimpanan cenderung stabil pada semua perlakuan. Kadar air awal penyimpanan (0 bulan) adalah 5,93%–6,73% dan setelah disimpan selama 4 bulan menjadi 4,97%–6,27%. Penambahan gliserol pada media perbanyakkan *T. virens* dan *T. amazonicum* tidak memengaruhi persentase kadar air biofungisida. Secara umum, pada 1 bulan penyimpanan semua perlakuan mengalami kenaikan persentase kadar air sebesar 0,11%–0,76%, selanjutnya bulan kedua sampai keempat mengalami penurunan sebesar 0,27%–1,42%. Di antara semua perlakuan, biofungisida *T. amazonicum* dengan penambahan gliserol 9% pada media perbanyakkan yang disimpan selama 4 bulan lebih stabil dibandingkan dengan perlakuan lainnya, yaitu hanya menurun sebesar 0,27% (Gambar 1).

Persentase kadar air biofungisida berhubungan langsung dengan aktivitas jamur. Seperti diungkapkan sebelumnya bahwa bahan pembawa talk tidak mengandung nutrisi yang dibutuhkan jamur sehingga jamur tidak mengalami pertumbuhan, namun konidia jamur dapat bertahan dalam bentuk klamidospora karena kondisi lingkungan menurun. Aktivitas kadar air menggambarkan tingkat keterikatan air pada bahan yang

dapat digunakan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhan.

Selama penyimpanan biofungisida sampai 4 bulan, terjadi peningkatan maupun penurunan persentase kadar air. Peningkatan kadar air pada penyimpanan selama 1 bulan dapat disebabkan adanya peningkatan aktivitas metabolisme jamur yang menghasilkan kelebihan air, sedangkan terjadi penurunan kadar air pada penyimpanan 2 sampai 4 bulan karena pertumbuhan konidia jamur terhambat selama penyimpanan. Situmorang (2012) menjelaskan bahwa proses metabolisme mikroorganisme menyebabkan kadar air bahan pembawa formula meningkat. Jamur yang memiliki struktur miselium lebih rapat akan menghasilkan kadar air lebih tinggi dibandingkan jamur dengan miselium tidak rapat karena salah satu fungsi miselium adalah untuk mengikat air. Sebaliknya, Allen (2003) menyebutkan bahwa persentase kadar air yang menurun disebabkan konidia jamur terhambat pertumbuhannya sehingga tidak dapat menyerap air dari media tumbuhnya. Konidia jamur tersebut sedang mengalami kondisi dorman yang menyebabkan air dari media tidak dapat diserap dengan baik oleh sel karena permeabilitas rendah saat kondisi dorman.



Gambar 1. Persentase kadar air biofungisida selama 4 bulan penyimpanan
Figure 1. The percentage of water content in biofungicide at 4 months storage

KESIMPULAN

Penambahan gliserol pada media perbanyakan dapat mempertahankan viabilitas *T. virens* dan *T. amazonicum* serta daya simpan biofungisida selama 4 bulan. Penambahan gliserol 6% dan 9% pada media perbanyakan *T. virens* dan *T. amazonicum* merupakan konsentrasi terbaik yang dapat digunakan untuk menghasilkan konidia sebesar $7,98 \times 10^7 - 8,59 \times 10^7$ konidia/g, dengan kelimpahan populasi sebesar $11,67 \times 10^3 - 14,67 \times 10^3$ cfu/g pada biofungisida yang disimpan selama 4 bulan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Sumantri sebagai Teknisi Litkayasa di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian serta pengumpulan data. Penelitian ini didanai oleh DIP A Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar tahun anggaran 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, P.S. (2003). When and how many? Hydrothermal models and the prediction of seed germination. *New Phytologist*, 158, 1–3.
- Amaria, W., Taufiq, E., & Harni, R. (2013). Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih *Rigidoporus microporus* pada tanaman karet. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(1), 55–64. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v4n1.2013.p55-64>.
- Amaria, W., & Wardiana. (2014). Pengaruh waktu aplikasi dan jenis *Trichoderma* terhadap penyakit jamur akar putih pada bibit tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(1), 45–54. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v1n2.2014.p79-86>.
- Amaria, W., Harni, R., & Samsudin. (2015). Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 2(1), 235–244. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v2n1.2015.p51-60>
- Association of Official Analytical Chemist. (1999). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist*. Washington, USA: Association of Official Analytical Chemist.
- Berlian, I., Setyawan, B., & Hadi, H. (2013). Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa patogen tular tanah. *Warta Perkaretan*, 32(2), 74–82.
- Bilgrami, K.S., & Verma R.N. (1978). *Physiology of fungi*. Vikhas Publishing House PVT Ltd.
- Elad, Y., & Chet, I. (1983). Improved selective media for isolation of *Trichoderma* spp. or *Fusarium* spp. *Phytoparasitica*, 11, 55–58.
- Gabriel, B.P., & Riyatno. (1989). *Metarhizium anisopliae* (Metch) Sor: Taksonomi, patologi, produksi dan aplikasinya (p. 25). Jakarta: Direktorat Perlindungan Tanaman Perkebunan, Departemen Pertanian.
- Jeyarajan, R., & Nakkeeran, S. (2000). Exploitation of microorganisms and viruses as biocontrol agents for crop disease management. In *Biocontrol Potential and their Exploitation in Sustainable agriculture* (pp. 95–116). Upadhyay et al. (Ed.), Kluwer Academic/Plenum Publishers, USA. doi: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-4209-4_8.
- Jin, X., Harman, G.E., & Taylor, A.G. (1991). Conidial biomass and desiccation tolerance of *Trichoderma harzianum* produced at different water potentials. *Biological Control*, 1, 237–243.
- Jin, X., & Custis, D. (2011). Microencapsulating aerial conidia of *Trichoderma harzianum* through spray drying at elevated temperatures. *Biological Control*, 56(2), 202–208.
- Kredics, L., Hatvani, L., Naemi, S., Körmöczy, P., Manczinger, L., Vagvolgyi, C., & Druzhinina, I. (2014). Biodiversity of the genus *Hypocrea/Trichoderma* in Different Habitats. In Gupta, V. K., Schmoll, M., Herrera-Estrella, A., Upadhyay, R.S., Druzhinina, I., Tuohy, M. G. (Eds.), *Biotechnology and Biology of Trichoderma* (pp. 3–24). Oxford, UK: Elsevier Publication.
- Kubicek, C. P., & Harman, G. E. (2002). *Trichoderma & Gliocladium. Basic biology, taxonomy and genetics* (p. 278). Vol 1. The Taylor & Francis e-Library.
- Nurhayatiningsih. (2013). *Prospek jamur Trichoderma koningii untuk pengendalian penyakit Phytophthora palmivora pada tanaman kakao*. Retrieved from <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptpsurabaya/tinymcpuk/gambar/file/prospek%20trico%20tuk%20Kakao.pdf>.
- Papavizas, G.C. (1985). *Trichoderma and Gliocladium: Biology, ecology and potential for biocontrol*. *Annual Review of Phytopathology*, 23, 23–54.
- Santhosh, G. P. (2015). Formulation and shelf life of liquid biofertilizer inoculants using cell protectants. *I J R B A T*, II, Issue (7), 243–247.
- Sastroswignyo, S. (1991). *Dasar-dasar Perlindungan Tanaman (Bagian Penyakit Tanaman)*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Bogor: Fakultas Pertanian IPB.
- Sinaga, M.S. (1989). *Potensi Gliocladium spp. sebagai agen pengendali hayati beberapa cendawan patogenik yang bersifat soil-borne*. Laporan Penelitian Fakultas Pertanian IPB. Bogor: Fakultas Pertanian IPB.

- Sriram, S., Palanna, K.B., & Ramanujam, B. (2010). *Indian Journal Agricultural Science*, 80, 930–932.
- Sriram, S., Roopa, K. P., & Savitha, M. J. (2011). Extended shelf-life of liquid fermentation derived talc formulations of *Trichoderma harzianum* with the addition of glycerol in the production medium. *Crop Protection*, 30, 1334–1339.
- Situmorang, E.C. (2012). *Penyimpanan spora T. asperellum T13 dan Aspergillus niger A1 dalam bahan pembawa padat dan cair* (Disertasi, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Stevenson, A., Hamill, P.G., Medina, A., Kminek, G., Rummel, J.D., Dijksterhuis, J.,... Hallsworth, J.E. (2016). Glycerol enhances fungal germination at the water-activity limit for life. *Environmental Microbiology*, 00, 00–00. doi: 10.1111/1462-2920.13530.
- Swain, J.E., & Smith, G.D. (2010). Cryoprotectant. In Chian, R.C., & Quinn, P. (Eds.), *Cryopreservation in female fertility preservation* (pp. 288). Cambridge: Cambridge University Press.
- Tjokrokusumo, D., Hendritomo, H.I., & Widyastuti, N., (2004). Pengaruh penambahan dedak dan molasses pada substrat pertumbuhan jamur tiram coklat (*Pleurotus cystidiosus*). *Jurnal Biotika*, 3(2), 8–12.
- Nakasone, K.K., Peterson, S.W., & Jong, Shung-Chang. (2004). Preservation and distribution of fungal cultures. In Gregorym, M., Gerald, B., & Mercedes, S.F. (Eds.), *Biodiversity of fungi: Inventory and monitoring methods*. USA: Elsevier Academic Press.

EVALUASI TINGKAT SERANGAN PENGGEREK BUAH KOPI *Hypothenemus hampei* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) PADA KULTIVAR KOPI ARABIKA AGK-1

EVALUATION OF BERRY BORER *Hypothenemus hampei* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) ATTACK ON ARABICA COFFEE CULTIVAR OF AGK-1

*Funny Soesanthy, Enny Randriani, dan Syafaruddin

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

(Tanggal diterima: 3 Agustus 2016, direvisi: 22 Agustus 2016, disetujui terbit: 10 November 2016)

ABSTRAK

Kopi Arabika berbuah kuning (AGK-1) merupakan kultivar unggul lokal yang telah dikembangkan secara luas di wilayah Kabupaten Garut dan beberapa kabupaten lainnya di Jawa Barat. Keunggulan kultivar ini adalah produktivitas tinggi, ukuran biji besar, dan mutu citarasa spesialti. Salah satu kendala dalam budi daya tanaman kopi adalah serangan kumbang penggerek buah kopi (PBKo) *Hypothenemus hampei*, yang merupakan hama penting tanaman kopi di seluruh dunia. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi tingkat serangan hama PBKo pada kultivar AGK-1 di lapangan dan laboratorium. Penelitian dilakukan mulai bulan Maret sampai Agustus 2016. Pengamatan tingkat serangan PBKo di lapangan dilakukan di blok Ciawer dan Legok Gede, Desa Margamulya, Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut, Jawa Barat pada tanaman berumur 4 tahun (1.450 m dpl), 6 tahun (1.300 m dpl), 9 tahun (1.350 m dpl), dan 11 tahun (1.300 m dpl). Pengujian tingkat serangan PBKo terhadap buah kopi AGK-1 dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, menggunakan metode pilihan dan tanpa pilihan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase serangan *H. hampei* pada kultivar AGK-1 di lapangan pada semua umur tanaman dan elevasi sangat rendah (3,24%–6,76%). Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan persentase serangan PBKo pada kultivar AGK-1 cukup tinggi, baik menggunakan metode tanpa pilihan maupun pilihan, yaitu masing-masing 51,25% dan 17,5%. Akan tetapi, tingkat kerusakan biji yang ditimbulkan tergolong rendah dan tidak berbeda nyata dengan kultivar/varietas lainnya, yaitu 19,37% dan 6,25%.

Kata kunci: Kopi Arabika, tingkat serangan, *Hypothenemus hampei*

ABSTRACT

The yellow Arabica coffee (AGK-1) is a superior local cultivar that has been widely developed in the Garut regency and several other districts in West Java. The advantages of this cultivar are high productivity, large berry size, and specialty flavor quality. One of the obstacles in its development is the coffee berry borer (CBB attack), caused by *Hypothenemus hampei*, which is the main pest of coffee plants worldwide. The objective of the study was to evaluate the percentage of infestation in Arabica coffee cultivars of AGK-1 both in laboratory and on field studies. The research was conducted from March to August 2016. The observation of CBB infestation level in the field was carried out in Ciawer and Legok Gede Village, Cikajang District, Garut Regency, West Java, taken on 4 years old plants (1,450 m asl), 6 years (1,300 m asl), 9 years (1,350 m asl), and 11 years (1,300 m asl). Infestation testing of CBB was conducted in laboratory of Plant Protection of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, using the method of choice and non choice test. The result showed that the percentage of *H. hampei* infestation on AGK-1 yellow Arabica coffee cultivar on field at all age and altitudes was low (3.24%–6.76%). Whereas laboratory testing showed that infestation level of CBB on yellow Arabica coffee cultivar AGK-1 as the highest, both from the choice and non choice test (51.25% and 17.5% respectively). On the other hand, the berry damage was low and not significantly different from other cultivars/varieties (19.37% and 6.25% respectively).

Keywords: Arabica coffee, attack level, *Hypothenemus hampei*

PENDAHULUAN

Kopi Arabika berbuah kuning (AGK-1) merupakan salah satu kultivar lokal yang telah dikembangkan secara luas oleh petani di wilayah Kabupaten Garut dan beberapa wilayah lainnya di Jawa

Barat. Kultivar AGK-1 mempunyai beberapa sifat unggul, yaitu produktivitas tinggi, ukuran biji relatif besar, dan mutu citarasa tergolong spesialti. Selain itu, kultivar AGK-1 memiliki kulit buah yang mudah dikupas sehingga memudahkan dalam pengolahannya (Randriani, Dani, & Wardiana, 2014; Randriani *et al.*,

2016). Di Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut, kopi kultivar AGK-1 ditanam pada ketinggian 1.300–1.700 m dpl.

Adanya kenaikan suhu akibat perubahan iklim global berpotensi munculnya serangan salah satu hama penting kopi, yaitu penggerek buah kopi (PBKo). Serangan hama PBKo saat ini sudah mulai ditemukan pada daerah-daerah dengan ketinggian tempat 300 m dpl, dan tingkat serangannya lebih tinggi bila dibandingkan dengan 10 tahun yang lalu (Jaramillo *et al.*, 2011). Oleh sebab itu, tanaman kopi harus memiliki sifat ketahanan yang baik terhadap hama tersebut agar pengembangannya dapat dilakukan secara berkelanjutan.

Penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferrari) merupakan hama utama pada perkebunan kopi di seluruh dunia (Infante, Pérez, & Vega, 2012). Tingkat kerusakan yang ditimbulkannya dapat mencapai lebih dari 80% pada perkebunan kopi yang tidak terawat (Kumar, Prakasan, & Vijayalakshmi, 1990; Damon, 2000; Silva, Mascarin, Romagnoli, & Bento, 2012). Di Indonesia, kumbang PBKo dilaporkan pertama kali menyerang kopi Liberika di perkebunan Lampegan, Jawa Barat, pada tahun 1909 akibat masuknya kopi dari Uganda. Hama tersebut kemudian menyebar ke berbagai sentra produksi kopi (Susilo, 2008). Hama PBKo menyerang buah pada saat masih muda dan yang sudah matang. Serangan pada buah muda dapat menyebabkan gugur buah, sedangkan serangan pada buah tua (matang) mengakibatkan penurunan kualitas (Damon, 2000; Jaramillo, Borgemeister, & Baker, 2006).

Tingkat serangan *H. hampei* sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuh seperti suhu, kelembapan, ketinggian tempat, cara budi daya, dan varietas tanaman. Kondisi lingkungan sangat mempengaruhi kemampuan kumbang *H. hampei* dalam menyerang buah kopi (Sera *et al.*, 2010; Matiello, Santinato, & Garcia, 2002). Suhu optimum untuk perkembangan kumbang *H. hampei* adalah 20–33°C. Pada suhu $\leq 15^{\circ}\text{C}$ atau $\geq 35^{\circ}\text{C}$ kumbang betina sering gagal menggerek buah kopi. Walaupun mampu menggerek, *H. hampei* tidak dapat bertelur (Mathieu, Gaudichon, Brun, & Frérot, 2001; Jaramillo *et al.*, 2009; Silva, Costa, & Bento, 2014). Kelembapan optimum untuk perkembangan PBKo berkisar 90%–95% (Sera *et al.*, 2010).

Di samping kondisi lingkungan, cara budi daya juga memengaruhi tingkat serangan PBKo. Pertanaman kopi dengan naungan yang terlalu rapat sangat mendukung perkembangan PBKo dibandingkan tanaman dengan kurang penaung (terbuka). Pada naungan rapat, buah yang terinfestasi PBKo 5 kali lebih

banyak dan perkembangan *H. hampei* lebih cepat dibandingkan dengan tanaman tanpa atau kurang naungan. Demikian juga pertanaman yang pembuahannya sepanjang tahun akan mendukung keberlanjutan pembiakan PBKo (Susilo, 2008). Genotipe tanaman kopi juga memengaruhi tingkat serangan *H. hampei*. Hampir semua kultivar kopi dapat diserang oleh penggerek buah, kecuali spesies *Coffea eugenoides* dan *C. kapakata*. Menurut Susilo (2008), di Indonesia spesies *C. arabica* lebih peka terhadap serangan hama PBKo dibandingkan spesies *C. canephora*. Penelitian bertujuan mengevaluasi tingkat serangan hama PBKo pada kultivar kopi Arabika kuning AGK-1 di lapangan dan laboratorium.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di blok Ciawer dan Legok Gede, Desa Margamulya, Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut, Jawa Barat dan Laboratorium Proteksi Tanaman Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) Sukabumi, mulai bulan Maret sampai Agustus 2016.

Observasi Serangan Penggerek Buah Kopi di Lapangan

Observasi tingkat serangan kumbang penggerek buah kopi dilakukan di kebun petani blok Ciawer dan Legok Gede di Desa Margamulya, Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut, Jawa Barat. Petani umumnya menanam 2–3 jenis kopi pada hamparan atau ketinggian yang sama dengan jarak tanam 3 m $\times$ 2 m dan tanpa penaung. Pada hamparan tertentu, tanaman kopi di ditanam secara tumpang sari dengan tanaman wortel.

Penelitian dilakukan pada 4 lokasi pertanaman kopi dengan umur dan ketinggian tempat yang berbeda, yaitu tanaman berumur 4 tahun (1.450 m dpl), 6 tahun (1.300 m dpl), 9 tahun (1.350 m dpl), dan 11 tahun (1.300 m dpl). Pengamatan dilakukan pada kultivar AGK-1 dan 3 jenis varietas pembandingan (Tabel 1). Pemilihan pohon dan cabang yang diamati mengikuti metode Bustillo *et al.* (1998) dan Trujillo, Aristizábal, Bustillo, & Jiménez (2006). Setiap pohon kopi dipilih 4 cabang yang paling banyak menghasilkan buah (cabang produktif). Pengamatan dilakukan dalam interval 4 minggu sekali terhadap variabel jumlah buah yang sehat dan buah terserang PBKo untuk menghitung persentase buah terserang. Data dianalisis ragam menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 7 perlakuan berupa kultivar/varietas kopi (Tabel 1) dan 4 ulangan, yang dilanjutkan dengan uji rata-rata menggunakan uji Duncan pada taraf 5%.

Tabel 1. Jenis kultivar/varietas kopi yang diamati serta karakteristik lingkungan tumbuhnya
Table 1. Cultivar/varieties of coffee observed and their growth environment characteristics

Kultivar/varietas ^{*)}	Ketinggian tempat (m dpl)	Lokasi/blok	Jumlah total pohon	Jumlah pohon yang diamati	Keterangan (pola tanam; pohon penayang)
AGK-1 (4)	1.450	Ciawer	144	20	Tumpang sari dengan wortel; tanpa penayang
AGK-1 (6)	1.300	Legok Gede	54	10	Monokultur; tanpa penayang
AGK-1 (9)	1.350	Legok Gede	68	10	Monokultur; tanpa penayang
AGK-1 (11)	1.300	Legok Gede	36	10	Monokultur; tanpa penayang
Sigarar Utang (11)	1.300	Legok Gede	36	10	Monokultur; tanpa naungan
S 795 (11)	1.300	Legok Gede	35	10	Monokultur; tanpa penayang
Buhun (11)	1.300	Legok Gede	79	10	Monokultur; tanpa penayang

Keterangan : ^{*)} Angka-angka di dalam kurung menunjukkan umur tanaman (tahun)

Notes : ^{*)} Numbers in parenthesis indicates the age of the plant (years)

Pengamatan terhadap perkembangan PBKo di dalam buah kopi dilakukan pada saat panen raya. Sebanyak 100 buah sampel kopi dipanen secara acak dari kultivar AGK-1 umur 11 tahun (1.300 m dpl). Pengamatan dilakukan terhadap perkembangan PBKo seperti telur, larva, pupa, dan dewasa. Perkembangan PBKo dalam biji diamati dengan cara buah dibelah kemudian dilakukan pengamatan menggunakan mikroskop. Data dianalisis ragam mengikuti rancangan acak kelompok (RAK) dengan 4 perlakuan yaitu kultivar/varietas kopi (AGK-1, Sigarar Utang, S 795, dan Buhun), yang dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf 5%.

Uji Tingkat Serangan PBKo di Laboratorium

Pengujian tingkat serangan PBKo pada kultivar AGK-1 dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balittri, sebagai pembanding digunakan varietas dan kultivar Buhun, Sigarar Utang, dan S 795. Pada pengujian ini digunakan buah yang masih hijau tetapi sudah membentuk endosperma (80%) dan buah yang sudah berwarna merah/kuning (20%). Buah disterilisasi menurut metode Perez, Infante, & Vega (2005), buah dicuci dengan sabun selama 15 menit, lalu dicuci dengan air mengalir sampai bersih. Selanjutnya, buah direndam di dalam larutan sodium hipoklorit 2% selama 10 menit, dicuci dengan air destilata, kemudian direndam kembali dalam larutan potasium sorbat 2%, terakhir dicuci bersih dengan air destilata. Setelah itu, buah dikeringanginkan sebelum digunakan untuk pengujian. Pada saat akan digunakan untuk pengujian, pangkal buah sampai setengah bagian buah dilapisi dengan parafin cair. Hal ini dilakukan untuk menghindari masuknya PBKo melalui retakan/kerusakan saat pemanenan. Selanjutnya, buah-buah kopi tersebut diletakkan di dalam kotak plastik tertutup kasa. Pengujian tingkat serangan PBKo terhadap buah kopi kultivar AGK-1 dilakukan dengan 2

cara, yaitu menggunakan metode tanpa pilihan dan dengan pilihan (Sera *et al.*, 2010).

a. Metode uji tanpa pilihan (Non choice test)

Sebanyak 20 buah kopi yang masing-masing berasal dari 4 kultivar/varietas sebagai perlakuan (AGK-1, Buhun, Sigarar Utang, dan S 795) yang telah dilapisi parafin ditempatkan di dalam masing-masing kotak plastik tertutup kasa yang telah berisi 20 ekor kumbang dewasa PBKo. Perlakuan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 4 ulangan. Kotak-kotak plastik tersebut ditutupi dengan kain hitam untuk menghindari sinar lampu/matahari secara langsung dan dibiarkan selama 2 minggu setelah infestasi. Pengamatan meliputi banyaknya buah yang diserang PBKo dan jumlah biji yang rusak. Data dianalisis dengan analisis ragam yang dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf 5%.

b. Metode uji pilihan (Choice test)

Rancangan penelitian serta jenis perlakuan dan ulangannya sama dengan uji tanpa pilihan. Sebanyak 40 buah kopi yang telah dilapisi parafin (masing-masing 10 buah per kultivar/varietas kopi) ditempatkan di dalam kotak plastik yang sama. Pada kotak plastik tersebut dimasukkan 20 ekor kumbang dewasa PBKo. Pengamatan meliputi persentase serangan PBKo dan jumlah biji yang rusak. Data dianalisis dengan analisis ragam yang dilanjutkan dengan uji Duncan pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Serangan PBKo pada Kultivar AGK-1 di Lapangan

Hasil observasi di lapangan menunjukkan tingkat serangan PBKo pada kultivar AGK-1 yang ditanam pada tiga ketinggian (1.300, 1.350, dan 1.450

m dpl) relatif rendah (<2%) (Tabel 2). Hal serupa juga ditunjukkan oleh tiga varietas pembanding (Sigarar Utang, S 795, dan Buhun). Persentase serangan PBKo tidak berbeda secara nyata (0,21) antar kultivar/varietas yang diamati. Hasil ini sama dengan hasil penelitian Hulupi, Nugroho, & Yusianto (2013) yang menunjukkan bahwa tingkat serangan PBKo sangat rendah pada varietas S 795 yang ditanam di dataran tinggi Gayo (950–1.450 m dpl).

Gejala serangan PBKo pada buah kopi yang diambil secara acak saat panen raya juga relatif rendah pada masing-masing kultivar/varietas (Tabel 3), demikian juga dengan populasi kumbang di dalam buah yang terserang. Kemungkinan kumbang menyerang buah pada saat mendekati masa panen. Menurut Jaramillo *et al.* (2006), kumbang PBKo dapat menyerang buah kopi selama 8–32 minggu setelah masa pembungaan. Walaupun ada beberapa buah yang menunjukkan gejala terserang PBKo, tetapi tidak ditemukan satu serangga pun di dalamnya. Bagian yang rusak hanya pada kulit buah (*endocarp*), sedangkan biji (*endosperm*) kopi tidak rusak. Telur kumbang penggerek hanya ditemukan pada varietas Sigarar Utang dan S 795. Berdasarkan morfologi kulit buah, kultivar AGK-1 memiliki kulit buah yang relatif lebih tipis dan lebih

mudah dipisahkan dari bijinya dibandingkan dengan varietas Sigarar Utang dan S 795.

Irulandi, Rajendran, & Samuel (2007) melaporkan bahwa varietas S 795 di India termasuk varietas yang agak rentan terhadap serangan PBKo. Demikian juga dengan varietas Sigarar Utang (Surat Keputusan Menteri Pertanian Nomor: 205/Kpts/Sr.120/4/2005). Hal ini menunjukkan bahwa rendahnya tingkat serangan PBKo pada lokasi pengamatan diduga dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan (non genetik). Beberapa literatur melaporkan bahwa elevasi tempat tumbuh tanaman, kondisi ekosistem, dan teknis budi daya yang diterapkan oleh petani berpengaruh terhadap perkembangan kumbang PBKo.

Menurut Wiryadiputra (2006) dan Susilo (2008), serangan PBKo lebih banyak terjadi pada elevasi kurang dari 700 m dpl (kisaran 500–1.000 m dpl). Pada ketinggian kurang dari 500 m dpl atau lebih dari 1.000 m dpl, temperatur udara masing-masingterlalu panas atau terlalu dingin sehingga tidak cocok untuk perkembangan PBKo. Suhu optimum untuk perkembangan PBKo adalah 20–33°C (Silva, *et al.*, 2014).

Tabel 2. Persentase serangan penggerek buah kopi pada beberapa kultivar/varietas kopi Arabika

Table 2. Percentage of coffee berry borer infestation in several cultivar/varieties of Arabica coffee

Kultivar/varietas ^{*)}	Ketinggian tempat (m dpl)	Tingkat serangan (%)
AGK-1 (4)	1.450	0,48
AGK-1 (6)	1.300	1,23
AGK-1 (9)	1.350	0,60
AGK-1 (11)	1.300	1,42
Sigarar Utang (11)	1.300	1,17
S 795 (11)	1.300	2,30
Buhun (11)	1.300	1,09
-		tn

Keterangan : ^{*)} Angka-angka dalam kurung menunjukkan umur tanaman (tahun); data dianalisis setelah ditransformasi dengan akar kuadrat ($x+1$); tn = tidak nyata

Notes : ^{*)} Numbers in parenthesis indicate the plant age (years); data were analyzed after transformations by $\sqrt{x+1}$; tn = not significant

Tabel 3. Tahapan perkembangan penggerek buah pada kopi yang dikoleksi saat panen raya

Table 3. Developmental stages of berry borer in berries collected at harvest time

Kultivar/varietas	Tingkat serangan (%)	Tahapan perkembangan ^{*)}			
		Telur (butir)	Larva (ekor)	Pupa (ekor)	Dewasa (ekor)
AGK-1	1	0,00	0,00	0,00	1,00
Sigarar Utang	5	0,60	0,00	0,00	0,40
S 795	6	0,67	0,17	0,00	0,50
Buhun	2	0,00	0,50	0,00	0,50
		tn	tn	tn	tn

Keterangan: ^{*)} Data dianalisis setelah ditransformasi dengan akar kuadrat ($x+1$); tn= tidak nyata

Notes : ^{*)} Data were analyzed after transformations by $\sqrt{x+1}$; tn = not significant

Hasil pengamatan di lapangan, rata-rata suhu harian adalah 23°C, kelembapan 98%, dan pada sore hari sering terjadi hujan lebat. Hujan dapat menyapu kumbang PBKo yang berada di luar buah sehingga dapat mengurangi populasi. Selain itu, kondisi lahan pada saat pengamatan relatif bersih dari gulma dan buah yang rontok sampai menjelang panen. Kumbang PBKo mampu hidup pada sisa buah kopi yang jatuh ke tanah. Jika pada bagian permukaan tanah bersih dari sisa-sisa buah tersebut maka siklus hidup kumbang juga dapat terputus. Hal ini sesuai dengan pendapat Damon (2000) bahwa kultur teknis yang baik mampu menekan perkembangan PBKo.

Tingkat Serangan Penggerek Buah pada Kultivar AGK-1 di Laboratorium

a. Metode tanpa pilihan

Hasil pengujian dengan menggunakan metode tanpa pilihan, terlihat bahwa kultivar AGK-1 merupakan kultivar yang paling banyak terserang PBKo (51,25%) dibandingkan dengan 3 varietas lainnya (Tabel 4). Menurut Susilo (2008), fenologi buah seperti bentuk, intensitas warna biji, dan aroma diduga dapat memengaruhi perbedaan intensitas serangan PBKo antar klon atau antar tanaman. Selama ini diketahui bahwa kumbang PBKo lebih tertarik pada perangkap buatan yang berwarna merah karena menyerupai warna buah matang, sedangkan perangkap kuning paling sedikit menjebak PBKo (Wiryadiputra, 2006). Pada pengujian ini menggunakan buah kopi kultivar AGK-1 yang masih belum matang sehingga warnanya sama dengan 3 varietas lainnya.

Tingginya serangan PBKo pada kultivar AGK-1 diduga lebih dipengaruhi oleh ukuran diskus buah. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa ukuran diskus buah dari kultivar AGK-1 berukuran agak lebar sehingga memudahkan kumbang PBKo untuk menggerek masuk ke dalam buah. Menurut Susilo (2008), kumbang PBKo lebih menyukai buah yang memiliki diskus lebar daripada yang sempit. Sementara itu, kandungan senyawa volatil pada buah kultivar AGK-1 diduga sama dengan kultivar/varietas lainnya yang diamati dan tidak terkait dengan warna buah ketika matang.

Walaupun persentase serangan PBKo pada kultivar AGK-1 paling tinggi (51,25%), tetapi tidak berarti berbanding lurus dengan kerusakan biji di dalam buah. Persentase biji rusak dari kultivar AGK-1 relatif paling kecil, yaitu sebesar 19,37% dari jumlah buah yang menunjukkan gejala terserang PBKo, sedangkan biji kopi varietas Sigarar Utang dan S 795 mengalami kerusakan biji lebih dari 50,60% (Tabel 4). Rendahnya kerusakan biji pada kultivar AGK-1 diduga dipengaruhi oleh komponen senyawa yang terdapat di dalam buah sehingga kumbang tidak menggerek ke dalam biji. Namun demikian, perlu diteliti lebih lanjut kandungan senyawa pada keempat jenis kopi tersebut. Menurut Ortiz, Vega, & Posada (2004), kumbang PBKo tertarik pada kairomon yang dilepaskan oleh buah kopi pada tingkat kandungan alkohol yang berbeda-beda sesuai tingkat kematangan buah. Jadi, bila kategori ketahanan hanya berdasarkan pada persentase buah yang terserang, kopi kuning AGK-1 termasuk tipe sangat rentan (>50%). Namun tingkat kerusakan biji dari buah yang terserang tersebut dinilai rendah, yaitu 19,37% atau hanya 10% dari total buah yang diuji.

Tabel 4. Persentase serangan kumbang penggerek buah kopi dengan menggunakan metode uji tanpa pilihan
Table 4. Percentage of coffee berry borer infestation using non choice test method

Klon/varietas	Buah terserang (%)		Biji rusak dari buah terserang (%)		Total kerusakan biji ^{*)} (%)
AGK-1	51,25	a	19,37	c	10,00
Sigarar Utang	35,00	c	50,60	b	17,50
S 795	32,50	c	60,71	a	20,00
Buhun	43,75	b	29,93	bc	12,50
-	-	-	-	-	tn

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji Duncan taraf 5%;
^{*)}persentase biji rusak dari total buah yang diuji

Notes : Numbers followed by the same letter in each coloumn are not significantly different according to Duncan's test at 5% level;
^{*)}percentage of bean damage from all berries tested

Tabel 5. Persentase buah kopi terserang dan biji rusak pada uji dengan pilihan setelah dua minggu
Table 5. Percentage of coffee berries bored and of damaged bean on choice test after two weeks

Kultivar/varietas	Buah terserang (%)	Buah terserang tetapi biji tidak rusak (%)	Total biji rusak (%)
AGK-1	17,50 a	11,25 a	6,25 ab
Buhun	11,25 b	3,75 b	7,50 a
Sigarar Utang	11,25 b	6,88 a	4,38 b
S 795	10,00 b	4,38 ab	5,63 ab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut uji Duncan taraf 5%
Notes : Numbers followed by the same letter in each column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

b. Metode pilihan

Hasil pengujian dengan metode pilihan ditampilkan pada Tabel 5. Buah kultivar AGK-1 lebih disukai oleh kumbang *H. hampei* dibandingkan dengan Sigarar Utang, S 795, dan Buhun. Persentase serangan PBKo pada buah kultivar AGK-1 merupakan yang tertinggi, yaitu mencapai 17,5%. Meskipun demikian, persentase biji yang rusak tidak berbeda nyata dibandingkan dengan tiga kultivar/varietas pembanding (Tabel 5).

Berdasarkan pada hasil pengujian ini, dapat diasumsikan jika pada suatu lahan ditanami kultivar AGK-1 bersama varietas Sigarar Utang, Buhun, dan S795 maka kumbang PBKo lebih dulu akan memilih kultivar AGK-1. Beberapa faktor yang dapat menarik penggerek buah kopi untuk menyerang buah, antara lain warna buah, tingkat kematangan buah, dan lebar diskus buah. Kultivar AGK-1 memiliki kulit buah yang tipis dan diskus buah yang agak lebar sehingga mudah digerek oleh kumbang PBKo. Meskipun demikian, persentase kerusakan biji yang ditimbulkan pada kultivar AGK-1 tidak berbeda nyata dengan varietas lainnya. Hal ini diduga berkaitan dengan daging buah (*pulp*) kultivar AGK-1 yang mengandung lebih banyak lendir yang lengket.

KESIMPULAN

Persentase serangan hama penggerek buah *H. hampei*, pada kultivar AGK-1 di lapangan rendah dan tidak berbeda dengan varietas Sigarar Utang, S 795, dan Buhun. Hasil pengujian di laboratorium dengan metode tanpa pilihan dan pilihan, persentase serangan kumbang PBKo pada AGK-1 cukup tinggi, yaitu 51,25% dan 17,5%. Akan tetapi, tingkat kerusakan biji yang ditimbulkan tidak berbeda dengan kultivar/varietas lainnya. Adanya fenomena penghambatan kerusakan biji pada kultivar AGK-1 menarik untuk diteliti lebih lanjut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Samsudin, M.Si. yang telah memberikan banyak saran dalam penyusunan karya tulis ilmiah, dan Bapak Sumantri sebagai teknisi Litkayasa di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Bustillo, A. E., Cardenas, M. R., Villalba, D., Orozco, J., Benavides, M. P., & Posada, F. J. (1998). Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia (p. 134). Chinchiná, Colombia: Cenicafé.
- Damon, A. (2000) A review of the biology and control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research*, 90, 453–465.
- Hulupi, R., Nugroho, D., & Yusianto. (2013). Keragaan beberapa varietas lokal kopi Arabika di dataran tinggi Gayo. *Pelita Perkebunan*, 29(2), 69–81.
- Infante, F., Pérez, J., & Vega, F. E. (2012). Redirect research to control coffee pest. *Nature*, 489, 502.
- Irulandi, S., Rajendran, R., & Samuel, S. D. (2007). Screening of coffee genotypes/cultivars for resistance to berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Scolytidae: Coleoptera) in the field. *Pest Management in Horticultural Ecosystem*, 13(1), 27–33.
- Jaramillo, J., Borgemeister, C., & Baker, P. (2006). Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. *Bulletin of Entomological Research*, 96, 223–233. doi: 10.1079/BER2006434.
- Jaramillo, J., Chabi-Olaye, A., Kamonjo, C., Jaramillo, A., Vega, F. E., Poehling, H-M., & Borgemeister, C. (2009). Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: predictions of climate change impact on a tropical insect pest. *Plos One*, 4(8), 1–11. doi:10.1371/journal.pone.0006487.

- Jaramillo, J., Muchugu, E., Vega, F.E., Davis, A., Borgemeister, A., & Chabi-Olaye, A. (2011). Some like it hot: the influence and implications of climate change on coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) and coffee production in East Africa. *Plos One*, 6(9), 1–14. doi:10.1371/journal.pone.0024528.
- Kumar, P. K. V., Prakasan, C. B., & Vijayalakshmi, C. K. (1990). Coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) first record from India. *Journal of Coffee Research*, 20(2), 160–164.
- Mathieu, F., Gaudichon, V., Brun, L. O., & Frérot, B. (2001). Effect of physiological status on olfactory and visual responses of female *Hypothenemus hampei* during host plant colonization. *Physiol. Entomol.*, 26, 189–193.
- Matiello, J. B., Santinato, R., & Garcia, A. W. R. (2002). *Cultura de café no Brasil - novo manual de recomendações* (pp. 387). Rio de Janeiro: Procafé Foundation.
- Ortiz A., Vega F.E., & Posada F.J. (2004). Volatile composition of coffee berries at different stages of ripeness, and their possible attraction to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). *J. Agric. Food Chem.*, 52, 5914–5918. doi: 10.1021/jf049537c.
- Pérez, J., Infante, F., Vega, F.E. (2005). Does the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) have mutualistic fungi? *Annals of the Entomological Society of America*, 98, 483–490.
- Randriani, E., Dani, & Wardiana, E. (2014). Evaluasi ukuran biji beras, kadar kafein, dan mutu cita rasa lima kultivar kopi Arabika. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(1), 49–56. doi: <http://dx.doi.org/10.21082/jtidp.v1n1.2014.p49-56>.
- Randriani, E., Dani, Wardiana, E., Izzah, N. K., Harni, R., Soesanthy, F., ... Sudjarmoko, B. (2016). Evaluasi varietas unggul kopi Arabika. *Laporan akhir penelitian*. Sukabumi: Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Sera, G. H., Sera, T., Ito, D. S., Filho, C. R., Villacorta, A., Kanayama, F. S., ... Grossi, L. D. (2010). Coffee berry borer resistance in coffee genotypes. *Braz. Arch. Biol. Technol.*, 53, 261–268.
- Silva, W. D., Mascarin, G. M., Romagnoli, E. M., & Bento, J. M. S. (2012). Mating behavior of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *J. Insect. Behav.*, 25, 408–417.
- Silva, W. D., Costa, C. M., & Bento, J. M. S. (2014). How old are colonizing *Hypothenemus hampei* (Ferrari) females when they leave the native coffee fruit? *J. Insect. Behav.*, 27, 729–735. doi: 10.1007/s10905-014-9464-2.
- Susilo, A.W. (2008). Ketahanan tanaman kopi (*Coffea* spp.) terhadap hama penggerek buah kopi *Hypothenemus hampei* Ferr. *Review Penelitian Kopi dan Kakao*, 24(1), 1–14.
- Trujillo, H. I., Aristizábal, L. F., Bustillo A. E., & Jiménez Q. M. (2006). Evaluación de métodos para cuantificar poblaciones de broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), en fincas de caficultores experimentadores. *Revista Colombiana de Entomología*, 32(1), 39–44.
- Wiradiputra, S. (2006). Penggunaan perangkat dalam pengendalian hama penggerek buah kopi. *Pelita Perkebunan*, 22, 101–118.

KEEFEKTIFAN PEMBENAH TANAH, PEMUPUKAN, DAN MIKORIZA UNTUK PERTUMBUHAN TANAMAN KARET DI LAHAN BEKAS TAMBANG TIMAH

THE EFFECTIVENESS OF AMELIORANTS, FERTILIZER, AND MYCORRHIZA FOR RUBBER GROWTH AT POST TIN MINING LAND

*Rusli, Yulius Ferry, Bariot Hafif, dan Edi Wardiana

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

* rusli_batahan@yahoo.com

(Tanggal diterima: 12 Agustus 2016, direvisi: 28 Agustus 2016, disetujui terbit: 10 November 2016)

ABSTRAK

Kendala dalam penggunaan lahan bekas tambang timah untuk pertanian ialah tekstur tanah kasar (pasir), C-organik rendah, pH masam, dan kandungan hara rendah. Lahan ini bisa dimanfaatkan kalau diberi bahan pembena tanah. Tujuan penelitian adalah mengetahui cara pengelolaan lahan bekas tambang timah yang lebih baik melalui penggunaan bahan pembena tanah, dosis pupuk, dan mikoriza untuk pertumbuhan tanaman karet. Penelitian dilakukan di Kecamatan Mandor, Kabupaten Landak, Kalimantan Barat, mulai tahun 2014 sampai 2015. Rancangan penelitian menggunakan petak terbagi dengan 3 ulangan. Petak utama adalah penggunaan pembena tanah: M_1 (kompos 16 kg + 24 kg tailing kuarsa), M_2 (tanah liat 16 kg + 24 kg tailing kuarsa), M_3 (kompos 8 kg + tanah liat 8 kg + 24 kg tailing kuarsa), dan kontrol (tanpa pembena tanah). Anak petak ialah dosis pupuk, yaitu D_1 (100% dosis rekomendasi), D_2 (100% dosis rekomendasi + mikoriza 100 g), D_3 (125% dosis rekomendasi), D_4 (125% dosis rekomendasi + mikoriza 100 g). Lokasi penelitian berketinggian 50 m di atas permukaan laut (dpl), iklim tipe A, curah hujan (CH) tahunan berkisar 2.600 mm, tanah kaya fraksi pasir (82,2%), N (0,09%), K (0,08 cmol(+)/kg) kategori sangat rendah, dan P (9,24 ppm) kategori rendah. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan tanaman karet (tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun). Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman karet pada lahan bekas tambang timah diperlukan aplikasi pembena tanah kompos dan atau tanah liat. Dosis pupuk yang optimal adalah 125% dari dosis rekomendasi ditambah 100 g mikoriza.

Kata kunci: *Hevea brasiliensis*, pembena tanah, pupuk, mikoriza, tanah bekas tambang

ABSTRACT

The use of post tin mining land for agricultural purpose is constrained by the coarse soil texture (sand), low C-organic, acid pH and low nutrient content which can be rehabilitated with soil ameliorant treatment. The research objective was to determine the best soil management of post tin mining land through the use of soil ameliorant, fertilizer, and mycorrhiza application for rubber plant growth. The research was conducted in Mandor District, Landak Regency, West Kalimantan, from 2014 until 2015. The experiment design was a split plots with 3 replications. The main plot was the use of ameliorant i.e M_1 (16 kg of compost + 24 kg of quartz tailings), M_2 (16 kg of clay soil + 24 kg of quartz tailings), M_3 (8 kg of compost + 8 kg of clay soil + 24 kg of quartz tailings), and control (without soil ameliorant). Subplot was fertilizer dosage i.e D_1 (100% of the recommended doses), D_2 (100% of the recommended doses + 100 g of mycorrhiza), D_3 (125% of the recommended doses), D_4 (125% of the recommended doses + 100 g of mycorrhiza). The study was conducted at altitude of 50 m asl, type A climate, annual rainfall at 2.600 mm, sandy soil (82.2%) with very low N (0.09%), very low K (0.08 cmol (+)/kg), and low P (9.24 ppm). Variables observed were the rubber plant growth (plant height, stem diameter, and number of leaves). Result showed that optimizing the rubber growth at post tin mining land needs soil ameliorants application such as compost and clay. Meanwhile, the optimal dose of fertilizer is 125% of the recommended dose plus 100 g of mycorrhiza.

Keywords: *Hevea brasiliensis*, soil ameliorant, fertilizer, mycorrhiza, post tin mining land

PENDAHULUAN

Tanah bekas tambang timah merupakan tanah yang telah mengalami pencucian oleh proses penambangan sehingga menghilangkan liat, bahan organik, menurunkan aktivitas mikroorganisme, dan menyisakan tanah kaya fraksi pasir (Iskandar, 2016; Pratiwi, 2016). Menurut Pringadi (2008) tanah pasir bekas tambang timah berstruktur gembur dan lepas, tidak dapat menahan air, mudah terjadi pencucian hara, pH rendah, dan terdapat sisa mineral bersifat racun (*toxicity*) seperti logam berat Pb dan Cu. Masalah lain yang dijumpai adalah terbatasnya vegetasi penutup tanah dan tidak adanya mikroorganisme potensial sehingga hampir semua tanaman sulit tumbuh dan berkembang pada tanah tersebut, tanpa adanya penggunaan pembenahan tanah (Madjid, 2007).

Luas lahan bekas tambang timah semakin bertambah sejalan dengan meningkatnya kegiatan penambangan. Di Bangka-Belitung, luas lahan bekas tambang timah telah mencapai 390.000 ha (Bapedalda, 2007 cited in Utomo, 2008), sedangkan di Kalimantan Barat lahan bekas tambang bauksit telah mencapai 300.000 ha, dan kebanyakan lahan tersebut tidak dimanfaatkan. Pada sisi lain lahan pertanian di daerah tersebut semakin berkurang, yang menyebabkan terjadinya kompetisi dalam memanfaatkan lahan pertanian. Salah satu kompetisi tersebut adalah banyaknya lahan pertanaman karet yang dikonversi menjadi lahan tanaman sawit sehingga luas tanaman karet semakin menurun dan terdesak (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2013). Hal tersebut tidak akan terjadi jika lahan bekas tambang dapat digunakan sebagai lahan pertanian. Pemanfaatannya dapat dilakukan dengan terlebih dahulu diberi bahan pembenah tanah (Pratiwi, 2016).

Beberapa bahan pembenah tanah yang dapat digunakan untuk reklamasi lahan bekas tambang timah antara lain bahan organik, tanah liat, kapur pertanian, dan mikoriza (Seybold, Mansbach, Karlen, & Rogers, 1997; Subaedah, 2007; Pringadi, 2008). Bahan organik dan tanah liat dapat berfungsi memperbaiki sifat fisik tanah pasir menjadi lebih mampu menahan air dan unsur hara (Pringadi, 2008). Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam memanfaatkan air dan unsur hara secara maksimal (Subaedah, 2007), bahkan dapat meningkatkan aktivitas organisme saprofit dan menekan organisme parasit bagi tanaman (Stevenson, 1982). Mikoriza mampu tumbuh dan berkembang dengan baik pada kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi mikroba tanah lainnya (Keltjen, 1997 cited in Prihastuti, 2007). Bagi tanaman yang sistem perakarannya kurang berkembang, peran akar dapat ditingkatkan dengan adanya interaksi

simbiosis dengan jamur mikoriza sehingga lebih efektif dalam memanfaatkan unsur hara, serta dapat mengurangi pemberian pupuk sampai 50% (Subaedah, 2007).

Peningkatan kandungan unsur hara pada lahan bekas tambang yang miskin dapat dilakukan dengan pemberian pupuk Urea, SP-36, dan KCl. Namun, pemberian pada tanah dengan kadar pasir yang tinggi menyebabkan unsur hara mudah tercuci. Pemberian bahan pembenah tanah dan mikoriza diharapkan dapat mengurangi pencucian hara dan meningkatkan efektivitas pemupukan.

Uji penanaman tanaman karet pada lahan bekas tambang timah disebabkan beberapa alasan, antara lain: (1) tanaman karet mempunyai daya adaptasi tinggi (Damanik, Syakir, Tasma, & Siswanto, 2010), (2) tanaman karet mempunyai sifat menggugurkan daun sehingga untuk jangka panjang dapat menambah kandungan bahan organik dalam tanah pasir (Adri & Firdaus, 2007), (3) tersedia bahan pembenah tanah yang dapat memperbaiki tanah untuk budi daya tanaman karet, dan (4) tanaman karet merupakan tanaman rakyat yang telah lama dikembangkan (Adri & Firdaus, 2007) sehingga teknologi budi daya telah banyak diketahui petani.

Penelitian bertujuan mengetahui cara pengelolaan lahan bekas tambang timah yang efektif melalui penggunaan bahan pembenah tanah, dosis pupuk, dan mikoriza untuk pertumbuhan tanaman karet.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan pada lahan bekas tambang timah di Kecamatan Mandor, Kabupaten Landak, Kalimantan Barat, mulai Januari 2014 sampai Desember 2015

Bahan dan Rancangan Penelitian

Rancangan yang digunakan adalah petak terbagi (*split plot design*) dengan 3 ulangan. Sebagai faktor utama adalah bahan pembenah tanah (PT), yaitu PT1 (kompos 16 kg + tailing kuarsa 24 kg/lubang), PT2 (tanah liat 16 kg + tailing kuarsa 24 kg/lubang), PT3 (kompos 8 kg + tanah liat 8 kg + tailing kuarsa 24 kg/lubang), dan kontrol (tanpa pembenah tanah). Sebagai faktor anak petak ialah dosis pupuk, yaitu D1 (100% dari dosis rekomendasi), D2 (100% dari rekomendasi + mikoriza 100 g/lubang), D3 (125% dari dosis rekomendasi), dan D4 (125% dari dosis rekomendasi + mikoriza 100 g/lubang). Jenis klon karet yang digunakan adalah PB 260 yang ditanam dengan jarak tanam 2 m x 10 m. Ukuran plot percobaan 10 m x 12 m dengan jumlah

tanaman per plot 14 tanaman sehingga jumlah total tanaman percobaan adalah 672 pohon.

Aplikasi Bahan Pembenah Tanah, Dosis Pupuk, dan Mikoriza

Bahan pembenah tanah sesuai takaran perlakuan diaplikasikan dengan cara mencampurnya bersama tanah, kemudian digunakan untuk menutupi lubang tanam yang telah disediakan. Aplikasi perlakuan pupuk Urea, SP-36, dan KCl diberikan selang 4 bulan dalam setahun, yaitu pada bulan Maret, Juli, dan November. Dosis umum pupuk kimia yang direkomendasikan untuk tanaman karet umur 1–3 tahun disajikan pada Tabel 1. Pada penelitian ini, jenis pupuk KCl digunakan sebagai pengganti pupuk MoP. Perlakuan lainnya adalah pemberian mikoriza yang dilakukan pada awal tanam, yakni 100 g/lubang. Biakan mikoriza yang digunakan berasal dari Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) Serpong.

Tabel 1. Rekomendasi dosis pupuk kimia untuk tanaman karet umur 1–3 tahun

Table 1. Recommended chemical fertilizers dosage at 1–3 years old rubber plants

Jenis pupuk	Dosis untuk umur tanaman		
	1 tahun	2 tahun	3 tahun
	 (g/tanaman).....		
Urea	275	350	375
SP-36	250	250	250
MoP	175	225	225
Kieserite	50	75	100

Sumber/Source: Nugroho, Istianto, & Karyudi (2005)

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiangan gulma dan pembersihan piringan yang dilakukan selang tiga bulan, yaitu bulan Februari, Mei, Agustus, dan November. Pembuangan wiwilan dilaksanakan satu bulan sekali, sedangkan pengendalian hama dan penyakit dilaksanakan tiga bulan sekali bersamaan dengan penyiangan gulma.

Pengamatan dan Analisis Data

Peubah yang diamati meliputi: (1) tinggi tanaman, diukur dari bekas okulasi sampai ujung batang (pucuk), (2) diameter batang, diukur 10 cm di atas bekas okulasi menggunakan jangka sorong, dan (3) jumlah daun. Data lain yang dikumpulkan adalah data sifat fisiko-kimia tanah, dan karakteristik iklim. Untuk mengetahui sifat fisiko-kimia tanah dilakukan pengambilan contoh tanah secara komposit, yaitu tanah diambil pada 7 titik secara diagonal dengan kedalaman

pengambilan 0–20 cm. Sifat tanah yang dianalisis adalah kandungan hara kebutuhan utama tanaman, yaitu N dengan metode Kjeldahl, P_2O_5 dengan metode Olsen, dan K^+ dengan metode amonium asetat 1 M, pH 7,0 serta tekstur tanah dengan metode pipet (Sulaeman, Suparto, & Eviati, 2005).

Data yang terkumpul kemudian dianalisis dengan analisis ragam (anova), dan apabila hasilnya nyata maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menggunakan uji Duncan pada taraf 5%. Data tanah, iklim, dan karakteristik lahan lainnya dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lingkungan Penelitian

Lokasi penelitian berada pada ketinggian 50 m di atas permukaan laut (dpl) dan tipe iklim A (Schmidt & Fergusson, 1951), yaitu daerah kategori sangat basah dengan nilai Q [rasio bulan kering (< 60 mm) dan bulan basah (> 100 mm)] $< 14,3$ %. Rata-rata curah hujan tahunan dari 2007–2015 (9 tahun) berkisar 2.600 mm (BMKG Pontianak cited in Badan Pusat Statistik Kabupaten Landak, 2017). Curah hujan (CH) bulan terendah terjadi sekitar bulan Juli–Agustus, sedangkan CH tertinggi terjadi sekitar bulan November–Januari dan rata-rata suhu udara bulanan berkisar $26,3^{\circ}C$ – $26,9^{\circ}C$ (Hikmatullah, Suharta, & Hidayat, 2008).

Tanah pada lokasi penelitian sebelum digarap sebagai areal tambang merupakan tanah bereaksi masam yang terdiri atas asosiasi Inseptisols, Ultisols, dan Oksisols (Hikmatullah *et al.*, 2008). Tanah selama operasional penambangan timah, telah mengalami pencucian berat sehingga kehilangan bahan organik, liat, dan mineral-mineral yang terkandung di dalamnya. Akibatnya, tanah lapisan atas terlihat tanpa struktur dan kaya partikel pasir (82,2 %) (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil analisis beberapa sifat kimia dan tekstur tanah
Table 2. Results of soil chemicals and texture analysis

Sifat tanah	Nilai
Kimia tanah:	
N (%)	0,09
P_2O_5 (ppm)	9,24
K^+ (cmol(+)/kg)	0,08
Tekstur Tanah:	
Pasir (%)	82,20
Debu (%)	8,00
Liat (%)	9,80

Hasil analisis sifat kimia tanah (Tabel 2) menunjukkan kandungan N (0,09 %) dan kation K (0,08 cmol (+)/kg) tergolong kategori sangat rendah, sementara P₂O₅ (9,24 ppm) kategori rendah (Sulaeman *et al.*, 2005). Komunitas mikrob tanah bekas tambang umumnya terganggu (Sheoran, Sheoran, & Poonia, 2010) dan tanah tailing yang didominasi oleh fraksi pasir, secara sifat fisika juga kurang mendukung pertumbuhan tanaman, salah satunya terkait ketersediaan air. Menurut Majumdar (2000), tanah yang kaya fraksi pasir mempunyai daya pegang air pada kapasitas lapang kategori sangat rendah, yaitu 5%–10% vol. Dalam kondisi tersebut, air optimal yang tersedia untuk tanaman hanya berkisar 50–100 mm. Oleh karena itu, tanpa adanya tindakan rehabilitasi, secara sifat fisika, kimia, dan biologi, tanah bekas tambang kurang potensial untuk pertumbuhan tanaman. Untuk rehabilitasinya diperlukan pembenah tanah, terutama bahan organik/kompos yang diketahui mampu memperbaiki kadar hara terutama N dan P tanah tailing (Budianta, Gofar, & Andika, 2013) serta daya pegang air tanah pasir (Busscher, Novak, & Caesar-tonthat, 2007).

Pengaruh Pembenah Tanah terhadap Pertumbuhan Tanaman Karet

Hasil analisis ragam terhadap parameter pertumbuhan tanaman karet (tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun) menunjukkan tidak ada pengaruh interaksi antara perlakuan pembenah tanah (PT) dengan dosis pemupukan dan mikoriza (D). Hal ini menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut pengaruhnya

bersifat bebas (*independent*), apa pun jenis pembenah tanah yang digunakan tidak akan mempengaruhi dosis pupuk dan mikoriza, dan sebaliknya. Hasil analisis lainnya, yaitu pengaruh dari masing-masing faktor yang diuji (PT dan D) nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun tanaman karet. Oleh karena itu, pembahasan selanjutnya akan diarahkan terhadap masing-masing faktor.

Pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun tanaman karet pada lahan bekas tambang timah yang diberi pembenah tanah kompos, tanah liat, dan atau kombinasi dari keduanya nyata lebih baik dibandingkan dengan kontrol (tanpa pembenah tanah). Namun demikian, di antara ketiga jenis dan takaran pembenah tanah tidak menunjukkan pengaruh yang berbeda (Tabel 3). Dengan menggunakan pembenah tanah kompos atau tanah liat maka tinggi tanaman karet jadi meningkat 39,79%–48,80%, diameter batang meningkat 26,91%–35,47%, dan jumlah daun meningkat 54,80%–79,41%.

a. Peran kompos sebagai pembenah tanah

Kompos tidak hanya berfungsi memperbaiki kemampuan tanah dalam menahan air, tetapi juga menambah unsur hara (Pringadi, 2008). Penambahan kompos akan meningkatkan C-organik dan mengefektifkan penggunaan pupuk P dan K, serta sebagai agen agregasi dalam pembentukan agregat/struktur tanah sehingga porositas tanah menjadi lebih baik (Atmojo, 2003; Pringadi, 2008; Hafif, Sabiham, Anas, Sutandi, & Suyamto, 2012; Duong, 2013).

Tabel 3. Pengaruh pembenah tanah terhadap pertumbuhan tanaman karet pada umur 18 bulan setelah tanam (BST) di lahan bekas tambang timah

Table 3. Effect of soil ameliorant on rubber plants growth at 18 months after planting (MAP) on quartz tailings at post tin mining land

Jenis pembenah tanah	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (cm)	Jumlah daun (helai)
Kompos 16 kg + tanah tailing kuarsa 24 kg	250,70 a	4,43 a	94,44 a
Tanah liat 16 kg + tanah tailing kuarsa 24 kg	235,51 a	4,15 a	86,24 a
Kompos 8 kg + tanah liat 8 kg + tanah tailing kuarsa 24 kg	246,02 a	4,23 a	88,86 a
Kontrol (tanpa pembenah tanah)	168,48 b	3,27 b	55,71 b
KK(%)	11,94	11,84	8,80

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

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

Kompos mampu memperbaiki struktur, kapasitas pegang air, dan keragaman serta aktivitas mikrob di dalam tanah (Bot & Benites, 2005; Suratman, 2013), serta baik digunakan sebagai bioremediasi lingkungan yang tercemar oleh logam berat (del Carmen Vargas-Garcia, Jose Lopez, Suarez-Estrella, & Moreno, 2011). Melalui percobaan di rumah kaca, kompos dapat digunakan secara langsung sebagai remediasi tanah bekas tambang timah. Hasil penelitian ini memberikan peluang untuk dikembangkan di tingkat lapangan (Gil-Loaiza *et al.*, 2016). Pemberian kompos dan bahan organik dapat memperbaiki kandungan fisik limbah pertambangan (Paradelo, Moldes, & Barral, 2009), serta dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi lahan pertambangan tembaga (Cu) (Gardner, Broersma, Naeth, Chanasyk, & Jobson, 2010). Selain itu, kompos dapat mempercepat proses pengembangan tanah pada endapan limbah tambang timah (Zanuzzi, Arocena, van Mourik, & Faz Cano, 2009), bahkan dapat meningkatkan kandungan hara pada daun serta pertumbuhan tanaman Karee (*Searsia lancea*) yang ditanam di bendungan lahan pertambangan timah (Lange, Kotte, Smit, van Deventer, & van Rensburg, 2012).

Hasil penelitian lainnya menunjukkan peran kompos dan *biochar* dalam mengurangi unsur-unsur hara beracun pada tanah yang terkontaminasi limbah tambang timah, sehingga dapat meningkatkan persentase tanaman hidup dan mendukung pertumbuhan akar tanaman *Lolium perenne* dan *Vibrio fisheri* (Beesley *et al.*, 2014). Pada tahun ke-4 proses reklamasi tanah yang permukaannya telah terakumulasi hidroksi besi (*oxyhydr*), ternyata kompos mampu memperbaiki kandungan hara tanah di atas 70% (Lupton, Rojas, Drohan, & Bruns, 2010). Hasil penelitian di lahan bekas tambang timah di daerah Bangka menunjukkan bahwa kombinasi kompos, *top soil*, pupuk NPK, kalsium (Ca), dan tanah tailing kuarsa dapat meningkatkan kemampuan tumbuh dan diameter beberapa jenis tanaman leguminosa (Narendra & Pratiwi, 2016).

b. Peran tanah liat sebagai pembenh tanah

Tanah liat mampu memperbaiki struktur tanah dan kapasitas pegang air, serta meningkatkan keragaman dan aktivitas mikrob di dalam tanah (Bot & Benites, 2005; Suratman, 2013). Tanah liat dapat membantu terbentuknya komposisi tekstur tanah tailing yang lebih baik, yaitu campuran partikel pasir, debu, dan liat. Penambahan tanah liat yang banyak memiliki pori mikro

dapat mengurangi dominansi pori makro (drainase) pada tanah tailing bertekstur pasir. Tanah liat akan memperbaiki pori aerasi dan pori air tersedia tanah tailing, karena air pada kapasitas lapang (air tersedia untuk kebutuhan tanaman) pada tanah bertekstur liat ialah 32%-40% volume, dibandingkan dengan bertekstur pasir hanya 5%-10% volume (Majumdar, 2000). Penggunaan bahan-bahan pembenh yang meningkatkan ketersediaan air dan unsur hara pada tanah tailing, berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karet yang memerlukan ketersediaan air dan hara yang cukup untuk tumbuh dengan baik (Daslin, 2006).

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa tanah liat bentonit secara nyata dapat menurunkan unsur-unsur hara beracun yang terbawa oleh limbah hasil kegiatan penambangan (Masindi, 2015). Pada tanah merah yang telah terkena polusi logam beracun, mineral liat dapat digunakan sebagai bahan remediasi dan pengaruhnya positif terhadap ketersediaan hara, distribusi kimiawi, dan penurunan tingkat keracunan (*toksitas*). Pada tanah tersebut, pH tanah meningkat nyata pada 30–60 hari setelah aplikasi mineral liat sehingga tanah tersebut dapat ditanami kembali dengan tanaman budi daya (Zhang, Lin, & Wang, 2011). Tanah liat fosfat sangat efektif digunakan untuk mengikat unsur-unsur logam berat pada tanah dan atau sedimen yang terkontaminasi (Singh, Ma, & Harris, 2001).

Pengaruh Dosis Pupuk dan Mikoriza terhadap Pertumbuhan Tanaman Karet

Dosis pupuk urea, TSP, dan KCl yang dikombinasikan dengan pemberin mikoriza secara nyata berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun karet yang ditanam di lahan bekas tambang. Dosis pupuk urea, TSP, dan KCl sebanyak 125% dari dosis rekomendasi dan ditambah dengan mikoriza sebanyak 100 g/lubang menyebabkan pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun tanaman karet nyata lebih tinggi dibandingkan dengan dosis pupuk 100% rekomendasi. Dosis pupuk 125% dari rekomendasi, tetapi tanpa mikoriza, serta dosis pupuk 100% dan ditambah mikoriza 100 g/pohon tidak berbeda nyata dengan takaran pupuk 100% rekomendasi (Tabel 4). Dosis pupuk 125% dari rekomendasi ditambah 100 g mikoriza dapat meningkatkan, diameter batang, dan jumlah daun tanaman karet masing-masing 19,31%; 12,21%; dan 20,89%.

Tabel 4. Pengaruh dosis pupuk dan mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman karet pada umur 18 bulan setelah tanam (BST) di lahan bekas tambang timah

Table 4. Effect of fertilizer dosage and mycorrhiza on rubber plants growth at 18 months after planting (MAP) on quartz tailings at post tin mining land

Dosis pupuk dan mikoriza	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (cm)	Jumlah daun (helai)
Dosis 100% dari rekomendasi	207,68 b	3,85 b	75,06 b
Dosis 100% dari rekomendasi + mikoriza	214,24 b	3,86 b	76,83 b
Dosis 125% dari rekomendasi	231,01 ab	4,05 ab	82,62 ab
Dosis 125% dari rekomendasi + mikoriza	247,78 a	4,32 a	90,74 a
KK (%)	11,94	11,84	8,80

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

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

Hasil analisis menunjukkan pentingnya penambahan takaran pupuk yang didukung oleh peran mikoriza untuk pertanaman karet yang ditanam di lahan bekas tambang (Tabel 4). Hal ini sangat beralasan mengingat lahan bekas tambang memiliki keterbatasan dalam menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, serta memiliki sifat fisik yang kurang baik sebagai media pertumbuhan tanaman. Di samping itu, lahan bekas tambang sangat berpotensi dalam menghasilkan unsur-unsur hara beracun bagi tanaman maupun makhluk hidup lainnya. Uchida (2000) mengemukakan bahwa agar pertumbuhan tanaman optimal di daerah tropik maka diperlukan ketersediaan hara yang cukup.

Untuk mendukung pertumbuhan tanaman karet di lahan bekas tambang timah tidak cukup hanya dengan penambahan pupuk kimia saja, tetapi harus didukung oleh kehadiran mikoriza. Dalam hal ini, peran utama mikoriza adalah memperbaiki kondisi fisik dan meningkatkan aktivitas biologi tanah sehingga pupuk kimia yang diberikan tidak mudah tercuci dan selalu dalam keadaan tersedia bagi pertumbuhan tanaman karet. Melalui bantuan mikoriza maka efisiensi dan efektivitas pemupukan jadi meningkat. Subaedah (2007), Abiala *et al.* (2013), dan Ferry & Rusli (2014) mengemukakan bahwa aplikasi mikoriza diperlukan untuk rehabilitasi sifat biologi tanah, dan mikoriza dilaporkan mampu meningkatkan serapan hara P. Sementara itu, Hafif *et al.* (2012) melalui hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa mikoriza mampu memperbaiki struktur tanah.

Hasil penelitian lain di tingkat rumah kaca pada media bekas tambang tembaga (Cu) menunjukkan bahwa aplikasi mikoriza nyata dapat meningkatkan bobot kering tanaman leguminosa *Trifolium repens*. Peningkatan bobot kering tersebut disebabkan oleh adanya peningkatan unsur hara P dan penurunan unsur hara beracun seperti Cu, As, dan Cd (Chen, Zhu, Duan, Xiao, & Smith, 2007). Dalam proses

bioremediasi, penurunan kandungan beberapa unsur logam berat karena pengaruh mikoriza dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap baragam kondisi cekaman lingkungan lainnya (Leyval, Joner, del Val, & Haselwandter, 2002; Audet & Charest, 2007; Gadd, 2010). Jamur *Glomus caledonium* yang merupakan salah satu jenis jamur mikoriza dinilai potensial dalam proses bioremediasi tanah-tanah yang tercemar oleh unsur yang termasuk ke dalam jenis logam berat (Liao, Lin, Cao, Shi, & Wong, 2003).

KESIMPULAN

Pengelolaan lahan untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman karet pada lahan bekas tambang timah di daerah Kecamatan Mandor, Kabupaten Landak, Kalimantan Barat, adalah dengan menggunakan pembenah tanah berupa kompos dan atau tanah liat. Melalui pembenah tanah tersebut dapat meningkatkan tinggi tanaman karet 39,79%–48,80%, diameter batang 26,91%–35,47%, dan jumlah daun 54,80%–79,41%. Sementara itu, dosis pupuk urea, TSP, dan KCl yang optimal adalah 125% dari dosis rekomendasi ditambah dengan 100 g mikoriza untuk tiap lubang tanam. Dengan dosis tersebut, tinggi tanaman karet meningkat sebesar 19,31%, diameter batang meningkat 12,21%, dan jumlah daun meningkat 20,89%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang telah membiayai kegiatan penelitian, Peneliti dan Litkayasa Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, dan juga kepada Camat Kecamatan Mandor atas segala bantuan dan saran-sarannya sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Abiala, M.A., Popoola, O.O., Olawuyi, O.J., Oyelude, J.O., Akanmu, A.O., Killani A.S., Osonubi, O., & Odebode, A.C. (2013). Harnessing the potentials of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal (VAM) fungi to plant growth – A review. *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol.*, 14(2), 61–79.
- Adri, & Firdaus. (2007). *Analisis finansial tumpangsari jagung pada perkebunan karet rakyat* (p. 20). Jambi: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian.
- Atmojo, S.W. (2003). *Peranan C-organik terhadap kesuburan tanah dan upaya pengelolaannya*. Surakarta: USM-Press.
- Audet, P., & Charest, C. (2007). Dynamics of arbuscular mycorrhizal symbiosis in heavy metal phytoremediation: Meta-analytical and conceptual perspectives. *Environmental Pollution*, 147(3), 609–614. doi: 10.1016/j.envpol.2006.10.006.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Landak. (2017). *Rata-rata curah hujan di Kabupaten Landak (mm) 2007–2015*. Retrieved from <https://landakkab.bps.go.id/linkTabelStatistik/view/id/11>.
- Beesley, L., Inneh, O.S., Norton, G.J., Moreno-Jimenez, E., Pardo, T., Clemente, R., & Dawson, J.C.J. (2014). Assessing the influence of compost and biochar amendments on the mobility and toxicity of metals and arsenic in a naturally contaminated mine soil. *Environmental Pollution*, 186, 195–202. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2013.11.026>.
- Bot, A., & Benites, J. (2005). The importance of soil organic matter, Key to drought-resistant soil and sustained food and production (p. 80). *FAO Soils Bulletin*. Rome: Food And Agriculture Organization of The United Nations.
- Budianta, D., Gofar, N., & Andika, G.A. (2013). Improvement of sand tailing fertility derived from post tin mining using leguminous crop applied by compost and mineral soil. *J. Trop. Soils*, 18(3), 217–223. doi: 10.5400/jts.2013.18.3.217.
- Busscher, W.J., Novak, J.M., & Caesar-tonthat, T.C. (2007). Organic matter and polyacrylamide amendment of Norfolk loamy sand. *Soil & Tillage Research*, 171–178.
- Chen, B.D., Zhu, Y.-G., Duan, J., Xiao, X.Y., & Smith, S.E. (2007). Effects of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* on growth and metal uptake by four plant species in copper mine tailings. *Environmental Pollution*, 147, 374–380. doi: 10.1016/j.envpol.2006.04.027.
- Damanik, S., Syakir, M., Tasma, M., & Siswanto. (2010). *Budidaya dan pasca panen karet* (p. 86). Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Daslin, A. (2006). Produktivitas dan pertumbuhan klon karet pada beberapa tipologi lahan perkebunan. *Pros. Lok. Nas. Budidaya Tanaman Karet* (pp. 53–61).
- del Carmen Vargas-Garcia, M., Jose Lopez, M., Suarez-Estrella, F., & Moreno, J. (2011). Bioremediation of heavy metal-polluted environments through compost amendments and composting process. *Dynamic Soil, Dynamic Plant*, 5(Special Issue 2), 12–24.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Statistik perkebunan Indonesia: Karet*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Duong, T. T. T. (2013). *Compost effects on soil properties and plant growth* (Thesis, School of Agriculture, Food and Wine, The University of Adelaide).
- Ferry, Y., & Rusli. (2014). Pengaruh dosis mikoriza dan pemupukan NPK terhadap pertumbuhan dan produksi kopi robusta di bawah tegakan kelapa produktif. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 20(1), 27–34.
- Gadd, G.M. (2010). Metals, minerals and microbes: geomicrobiology and bioremediation. *Microbiology*, 156, 609–643. doi: 10.1099/mic.0.037143-0.
- Gardner, W.C., Broersma, K., Naeth, A., Chanasyk, D., & Jobson, A. (2010). Influence of biosolids and fertilizer amendments on physical, chemical and microbiological properties of copper mine tailings. *Can. J. Soil Sci.* 90, 571–583. doi: 10.4141/CJSS09067.
- Gil-Loaiza, J., White, S.A., Root, R.A., Solís-Dominguez, F.A., Hammond, C.M., Chorover, J., & Maier, R.M. (2016). Phytostabilization of mine tailings using compost-assisted direct planting: Translating greenhouse results to the field. *Science of the Total Environment*, 565, 451–461. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.04.168>.
- Hafif, B., Sabiham, S., Anas, I., Sutandi, A., & Suyanto. (2012). Impact of brachiaria, arbuscular mycorrhiza, and potassium enriched rice straw compost on aluminum, potassium and stability of acid soil aggregates. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 13(1), 27–34.
- Hikmatullah, Suharta, N., & Hidayat, A. (2008). Potensi sumberdaya lahan untuk pengembangan komoditas pertanian di Provinsi Kalimantan Barat. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 2(1), 45–58.

- Iskandar. (2016). *Success stories reklamasi dan rehabilitasi lahan bekas tambang*. Pusdi Reklamasi-LPPM IPB. Makalah disampaikan pada FGD “Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang untuk Pertanian. Bogor 10–11 Mei 2016 (tidak dipublikasi). Bogor: BBSDLP.
- Lange, C.A., Kotte, K., Smit, M., van Deventer, P.W., & van Rensburg, L. (2012). Effects of different soil ameliorants on Karee trees (*Searsia lancea*) growing on mine tailings dump soil—part 1: pot trials. *International Journal of Phytoremediation*, 14, 908–924. ISSN: 1522-6514 print/1549-7879 online. doi: 10.1080/15226514.2011.636402.
- Leyval, C., Joner, E. J., del Val, C., & Haselwandter, K. (2002). Potential of arbuscular mycorrhizal fungi for bioremediation. In Gianinazzi, Schuepp, Barea, & Haselwandter (Eds.). *Mycorrhizal Technology in Agriculture* (pp. 175–186). Birkhauser, Verlag/Switzerland.
- Liao, J. P., Lin, X. G., Cao, Z. H., Shi, Y. Q., & Wong, M. H. (2003). Interactions between arbuscular mycorrhizae and heavy metals under sand culture experiment. *Chemosphere*, 50, 847–853. doi: 10.1016/S0045-6535(02)00229-1.
- Lupton, M.K., Rojas, C., Drohan, P., & Bruns, M.A. (2010). Vegetation and soil development in compost-amended iron oxide precipitates at a 50-year-old acid mine drainage barrens. *Restoration Ecology*, 21(3), 319–328. doi: 10.1111/j.1526-100X.2012.00902.x.
- Madjid, A. (2007). *Dasar-dasar ilmu tanah*. Bahan Kuliah Online Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Retrieved from <http://dasar-dasarilmutanah.blogspot.com>.
- Majumdar, D. K. (2000). *Irrigation water management*. India: Prentice Hall of India.
- Masindi, V. (2015). *Remediation of acid mine drainage using magnesite and its bentonite clay composite* (Disertasi Doktor pada University of Venda, School of Environmental Sciences, Department of Ecology and Resource Management in Limpopo Province, South Africa).
- Narendra, B.H., & Pratiwi (2016). Adaptability of some legume trees on quartz tailings of a former tin mining area in Bangka Island, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 4(1), 671–674. ISSN: 2339-076X (p); 2502-2458 (e). doi: 10.15243/jdmlm.2016.041.671.
- Nugroho, P.A., Istianto, & Karyudi. (2005). Metode peningkatan keseragaman tanaman karet belum menghasilkan. *Warta Perkaratan*, 24(1), 10–19.
- Paradelo, R., Moldes, A.B., & Barral, M.T. (2009). Amelioration of the physical properties of slate processing fines using grape marc compost and vermicompost. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73(4), 1251–1260. doi: 10.2136/sssaj2008.0092.
- Pratiwi. (2016). *Pembelajaran reklamasi lahan bekas tambang (Studi kasus lahan bekas tambang timah, Bangka Tengah)*. Badan Litbang dan Inovasi. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Makalah disampaikan pada FGD “Peluang dan Tantangan Pemanfaatan Lahan Bekas Tambang untuk Pertanian “. Bogor 10–11 Mei 2016 (tidak dipublikasi). Bogor: BBSDLP.
- Prihastuti. (2007). Isolasi dan karakterisasi Mikoriza Vesikular-Arbuskular di lahan kering masam, Lampung Tengah. *Berk. Penel. Hayati*, 12, 99–106.
- Pringadi, K. (2008). *Peran bahan organik dalam peningkatan produksi padi berkelanjutan mendukung ketahanan pangan nasional*. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Budidaya Tanaman. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Schmidt, F. H., & Ferguson, J. H. A. (1951). *Rainfall type based on wet and dry period ratio for Indonesia with Western New Guinea*. Jakarta: Kementerian Perhubungan.
- Seybold, C. A., Mansbach, M. J., Karlen, D. L., & Rogers, H. H. (1997). Quantification of soil quality. In R. Lal (Ed.), *Soil processes and carbon cycles* (pp. 387–404). Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.
- Sheoran, V., Sheoran, A. S., & Poonia, P. (2010). Soil reclamation of abandoned mine land by revegetation: A review. *International Journal of Soil, Sediment and Water*, 3(2), Article 13. Retrieved from <http://scholarworks.umass.edu/intljssw/vol3/iss2/13>.
- Singh, S.P., Ma, L.Q., & Harris, W.G. (2001). Heavy metal interactions with phosphatic clay: sorption and desorption behavior. *J. Environ. Qual.*, 30, 1961–1968.
- Subaedah. (2007). Pemanfaatan jamur mikoriza dalam meningkatkan ketersediaan hara fosfat dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan bibit jarak pagar. *Jurnal Agrivigor*, 6(2), 174–177.
- Stevenson, F. J. (1982). *Humus chemistry genesis: Composition reaction* (p. 476). New York: John Wiley and Sons.
- Suratman. (2013). *Optimalisasi pengelolaan lahan gambut menggunakan amelioran tanah mineral dan tanaman penutup lahan pada perkebunan kelapa sawit Di Kalimantan Tengah* (Tesis, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Sulaeman, Suparto, & Eviati. (2005). *Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk* (p. 136). Bogor: Balai Penelitian Tanah.

- Uchida. (2000). *Plant Nutrient Management in Hawaii's Soils, Approaches for Tropical and Subtropical Agriculture*. J. A. Silva and R. Uchida (Eds.). College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii at Manoa. Retrieved from <http://src.gov.jm/wp-content/uploads/2013/02/pnm3.pdf>.
- Utomo, A.S. (2008). *Realita degradasi area hutan pasca penambangan timah di Pulau Bangka*. Retrieved from <http://www.kabarindonesia.com>.
- Zanuzzi, A., Arocena, J. M., van Mourik, J. M., & Faz Cano, A. (2009). Amendments with organic and industrial wastes stimulate soil formation in mine tailings as revealed by micromorphology. *Geoderma*, 154(1–2), 69–75. doi: 10.1016/j.geoderma.2009.09.014.
- Zhang, G., Lin, Y., & Wang, M. (2011). Remediation of copper polluted red soils with clay materials. *Journal of Environmental Sciences*, 23(3), 461–467. doi: 10.1016/S1001-0742(10)60431-7.

MITRA BESTARI
JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR
VOLUME 3 NOMOR 3 2016

Prof (R). Dr. Ika Mariska Soedharma

Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia – Bioteknologi Pertanian

Prof. Dr. Ir. Jajang Sauman Hamdani, M.S.

Universitas Padjadjaran – Agronomi

Prof (R). Dr. Supriadi, M.Sc.

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Fitopatologi

Puji Lestari, SP, M.Si, Ph.D.

Balai Besar Litbang Bioteknologi & SDG Pertanian – Biologi Molekuler

Dr. Ir. Maswar, M. Agric. Sc.

Balai Penelitian Tanah – Ilmu Tanah dan Hidrologi

Prof (R). Dr. Elna Karmawati, M.S.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan – Entomologi

Dr. Ir. Oti Rostiana, M.Sc

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Pemuliaan Tanaman

INDEKS SUBJEK DAN PENULIS

A

adopsi teknologi..... 22, 23, 24, 26, 28
agens hayati . 41, 44, 48, 142, 143, 146, 151, 164, 166, 167, 169
analisis ragam . 31, 43, 61, 62, 109, 124, 133, 134, 175, 182, 183
antagonis..... 44, 45, 48, 148, 164, 169
antioksidan 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67

B

bahan pembawa 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 170
kompos .. 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 161, 180, 182, 183, 184, 186
molase..... 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48
talk. 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 163, 164, 165, 166, 167, 168
bahan pembenah tanah 180, 181
Bambang Eka Tjahjana 122
Bariot Hafif..... 180
batang atas. 31, 32, 33, 34, 35, 37, 113, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 129
batang bawah .. 31, 32, 33, 35, 37, 108, 109, 112, 113, 123, 125, 126, 128, 129
biofungisida . 40, 41, 42, 43, 44, 46, 48, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169
Budi Martono 59, 115

C

citarasa 13, 16, 50, 51, 55, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 103, 118, 154, 155, 156, 158, 159, 172, 173

D

Dadi Rusadi Maspanger 1

Dani 93, 94, 97, 101, 104, 105, 154, 158, 161, 173, 178
Dewi Nur Rokhmah 150
Dibyo Pranowo 31
diphenylpicrylhydrazyl 59, 61
dosis pupuk 51, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 180, 181, 182, 183, 185, 186

E

Edi Wardiana..... 31, 48, 107, 128, 140, 159, 180
Efi Taufiq..... 142
eksplan.... 79, 80, 81, 82, 84, 85, 87, 88, 89, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148
ekspresi fenotipik..... 154
embrio somatik 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148
embriogenesis somatik. 79, 80, 82, 84, 85, 86, 89, 142, 144, 146, 147, 148
Emil Budianto 1
endofit... 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152
Eneng Nurlaela..... 59
Enny Randriani..... 50, 93, 154, 172
enolik 59
entres 32, 33, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 123, 128, 129, 150, 136, 137, 138, 139, 140, 141
pengemasan batang entres 107, 109, 112, 136
pengemasan entres 150, 136
penyimpanan batang entres 107
Ephesia cautella..... 131, 132, 138, 140

F

flavonoid 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 132, 134, 137
Funny Soesanthi 40, 131, 172

G

generatif 33, 154, 155, 157, 158
 genotipe ... 39, 79, 80, 81, 84, 85, 86, 87, 89, 93,
 96, 97, 98, 103, 126, 129, 142, 147
grafting 31, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 108, 113, 122,
 124, 125, 128, 129

H

half-sib 31, 32, 33, 113, 129
 hama 32, 39, 55, 95, 131, 132, 133, 135, 136,
 137, 138, 139, 143, 151, 172, 173, 177, 179,
 182
 hama gudang 131, 132, 133, 135, 136, 138
 Handi Supriadi 50, 150, 154
 Haryadi 16, 20
 Heri Syahrin Khomaeni 115
Hevea brasiliensis 29, 49, 180, 181
Hypothenemus hampei 172, 173, 178, 179

I

in vitro 41, 42, 44, 80, 89, 90, 141, 142, 148, 149,
 142, 144, 145, 148, 164
 insektisidal 131, 132, 134, 136, 137, 138
 isolat.. 42, 49, 142, 144, 145, 146, 147, 148, 149,
 150, 151, 152, 165

J

jamur akar putih 40, 41, 44, 48, 49, 169

K

kakao .. 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 31, 32,
 33, 35, 37, 38, 39, 49, 79, 80, 81, 82, 83, 84,
 86, 88, 89, 110, 113, 122, 123, 124, 126, 128,
 129, 131, 132, 133, 135, 136, 138, 139, 140,
 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 136,
 138, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 149,
 150, 151, 152, 170
 biji kakao non fermentasi 12, 13, 18, 19
 indeks fermentasi 12, 13, 14, 16, 19
 lindak 32
 kalus ... 79, 80, 81, 82, 83, 84, 89, 141, 142, 143,

144, 145, 146, 147, 148

karet 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 22, 23, 24, 25, 26,
 27, 28, 29, 30, 40, 41, 42, 43, 44, 48, 49, 76,
 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 136, 138,
 141, 164, 169, 180, 181, 182, 183, 184, 185,
 186, 187, 188

bokar 11, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 77

karet alam terdeproteinisasi 1, 2, 3, 8

karet alam termoplastik 1, 2, 3, 10

kopolimerisasi cangkok emulsi 1, 2, 5

Kasma Iswari 22

kekerabatan 34, 97, 104, 115, 116, 117, 118, 119,
 120, 125, 141

keragaman genetik 93, 94, 96, 97, 98, 99, 103,
 116, 117

ketinggian tempat.. 31, 32, 50, 51, 52, 53, 54, 55,
 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 66, 108, 116, 136,
 154, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 162, 173,
 174

Khaerati 142

kinetin 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88, 89, 141,
 143, 148

klon 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 40, 42, 44, 57,
 66, 79, 80, 81, 85, 86, 88, 89, 108, 109, 112,
 113, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122,
 123, 124, 125, 126, 128, 129, 141, 142, 143,
 144, 145, 146, 147, 148, 142, 144, 145, 146,
 154, 155, 156, 157, 158, 159, 161, 176, 182,
 187

kompatibilitas 31, 32, 123, 125

konidia 150, 163, 164, 165, 166, 167, 168, 169

kopi 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 68, 69, 70,
 71, 72, 73, 74, 75, 76, 93, 94, 95, 96, 97, 98,
 99, 101, 103, 104, 150, 136, 137, 138, 139,
 140, 141, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160,
 161, 162, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178,
 179, 187

Arabika .. 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 68, 69,

70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 93, 94, 95, 96, 97,

98, 99, 101, 103, 105, 158, 159, 161, 162, 172,

173, 175, 178

Robusta. 58, 94, 150, 136, 137, 138, 139, 140, 154,

155, 156, 157, 158, 159, 160, 161

korelasi 31, 33, 35, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 57, 128

kultivar . 35, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 101, 103,
 104, 142, 161, 172, 173, 174, 175, 176, 177,
 178

L

lahan bekas tambang timah 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 188
 Liberty Chaidir 115

M

M. Iqbal Prawira Atmaja.....12
 metabolit sekunder 41, 60, 62, 132, 134, 135, 136, 138, 144, 145, 148, 149, 150, 152
 mikoriza 122, 123, 124, 125, 126, 128, 180, 181, 182, 183, 185, 186, 187, 188
 morfologi 93, 94, 95, 97, 103, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 145, 150, 154, 156, 157, 175
 mutu fisik biji 50, 51, 52, 54, 56, 68, 69, 155, 156, 162

N

NTSYS-PC versi 2.1.....93
 Nur Ajijah 81, 83, 84, 88, 141
 Nur Kholilatul Izzah93

O

okulasi hijau ... 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 136, 141

P

pascapanen 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 69
 patogen .. 32, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 142, 143, 144, 145, 148, 149, 150, 164, 170
 PCR 93, 94, 95, 96
 penggerek buah kopi 172, 173, 179
 peremajaan 31, 32, 37, 122, 123, 142
Phytophthora 48, 49, 142, 143, 151, 152, 170
P. palmivora 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151
 primer. 24, 72, 79, 80, 83, 89, 93, 95, 96, 97, 98, 141, 142, 143, 144, 145, 146, 148
 produktivitas... 32, 50, 54, 55, 59, 115, 116, 118, 120, 123, 129, 172, 173

R

R. microporus 40, 41, 42, 43, 44, 46
 regresi 31, 33, 35, 61, 63, 65
 rehabilitasi .. 31, 32, 37, 122, 123, 124, 128, 183, 186, 187
 repelensi..... 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138
 Rita Harni 48, 142, 163
 RR. Sri Hartati 79
 Rusli 180, 186, 187

S

Saefudin . 107, 108, 109, 110, 112, 113, 150, 136, 138, 141
 sambung sampling... 122, 123, 124, 125, 126, 128, 129
 Samsudin ... 41, 48, 131, 134, 135, 137, 138, 139, 163, 165, 169, 177
 Santi Puspitasari.....1
self incompatible 115, 116
 setek 128, 150, 136, 137, 138, 139, 140, 141
 sitokinin 79, 80, 81, 82, 84
 SSR 93, 95, 96, 97, 98, 103, 104, 105
standard operating procedure (SOP) 22, 23
 Sumatera Barat 22, 23, 24, 29
superabsorbent polyacrylamide polymer. 150, 136, 137, 139, 140
 Supriyanto 16, 20
 Syafaruddin 131, 154, 172
 Syamsul Falah 59

T

tanah ... 25, 31, 32, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 108, 123, 139, 141, 149, 155, 156, 158, 161, 162, 164, 170, 176, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 188
 sifat kimia 50, 51, 52, 54, 56, 162, 183
 teh. 59, 60, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 148
 assamica 60, 66, 67, 115, 116, 118, 120
Camellia sinensis 60, 65, 66, 115, 116, 121
 peko 115, 117, 118, 120
 tingkat serangan 172, 173, 174, 175
Trichoderma sp. 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 148,

150, 151, 163, 164, 165, 167

T. hamatum 40, 41, 42, 43, 44, 45, 48

T. virens 40, 151, 152, 163

U

unweighted pair group method with arithmetic average
..... 93, 96, 115

V

varietas unggul. 38, 59, 65, 80, 115, 116, 117, 178
vegetatif... 32, 103, 116, 124, 128, 136, 154, 155,

156, 157, 158

viabilitas 111, 136, 163, 164, 167, 168, 169

Vitria Puspitasari Rahadi 115

W

Widi Amaria 40, 142, 163

Y

Yulius Ferry 40, 122, 163, 180

KETENTUAN PENULISAN NASKAH

JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

CAKUPAN

“Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar” (*Journal of Industrial and Beverage Crops*) merupakan publikasi ilmiah yang memuat hasil penelitian tanaman industri dan penyegar yang belum pernah dipublikasikan.

PENGAJUAN NASKAH

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

Redaksi Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar
Jl. Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi
43357 e-mail: uppublikasi@gmail.com.

PENYIAPAN NASKAH

Naskah: Ditulis dalam Bahasa Indonesia atau Bahasa Inggris, diketik pada kertas HVS ukuran A4 dengan jarak 2 spasi, dalam format *Microsoft Office Word*, jenis dan ukuran font *Times New Roman* 12, dan disarankan tidak lebih dari 20 halaman. Susunan naskah terdiri dari: Judul, Nama dan Institusi Penulis, Abstrak dan Kata kunci, *Abstract* dan *Keywords*, Pendahuluan, Bahan dan Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terimakasih (apabila diperlukan), dan Daftar Pustaka.

Judul: Ringkas, jelas, menggambarkan isi dan substansi tulisan, tidak lebih dari 15 kata, ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris dengan huruf kapital.

Nama dan Institusi Penulis: Nama penulis ditulis lengkap tanpa gelar, penulis pertama adalah penulis utama. Nama dan alamat institusi ditulis lengkap untuk penulis pertama, kedua, ketiga, dan seterusnya, serta dilengkapi alamat email penulis korespondensi dan diberikan tanda *.

Abstrak: Merupakan intisari dari seluruh tulisan, memuat masalah, tujuan, metode (dilengkapi tempat dan waktu), dan hasil penelitian. Ditulis satu paragraf dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris serta tidak lebih dari 250 kata.

Kata kunci: Kata yang mewakili isi naskah, dapat berupa kata tunggal atau majemuk, terdiri atas tiga sampai dengan lima kata, dan ditulis dalam Bahasa Indonesia serta Bahasa Inggris

Pendahuluan: Memuat latar belakang, perumusan masalah, tujuan, dan sitasi pustaka yang relevan.

Bahan dan Metode: Memuat uraian tentang tempat dan waktu, bahan, tahapan pelaksanaan, dan metode analisis yang digunakan.

Hasil dan Pembahasan: Hasil yang dikemukakan relevan dengan permasalahan dan tujuan penelitian, serta metode dan peubah yang digunakan. Pembahasan ditulis dengan ringkas, fokus pada interpretasi dari hasil yang diperoleh, dan bukan merupakan pengulangan dari bagian hasil.

a. Tabel: Tabel diberi judul singkat tetapi jelas dengan keterangan dan sumber secukupnya sehingga disajikan secara mandiri. Semua simbol, istilah, dan singkatan dalam tabel harus dijelaskan pada keterangan. Tiap tabel diberi nomor secara berurutan dan diulas di dalam naskah. Judul, keterangan, dan sumber ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

b. Gambar dan foto: Tiap gambar dan foto diberi nomor secara berurutan dan diulas dalam naskah. Semua simbol dan singkatan harus dijelaskan. Judul, keterangan, dan sumber ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris. Resolusi gambar dan foto disarankan tidak lebih dari 300 dpi dengan kualitas normal.

c. Grafik dan diagram: Grafik dan diagram dibuat dengan garis yang cukup tebal sehingga memungkinkan penciutan dalam proses pencetakan. Tiap grafik dan diagram diberi nomor secara berurutan dan diulas dalam naskah. Semua simbol, istilah, dan singkatan harus dijelaskan. Judul, keterangan, dan sumber ditulis dalam Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris.

Kesimpulan: Uraian singkat dalam bentuk kalimat utuh yang menjawab tujuan dan permasalahan penelitian, bila perlu dilengkapi dengan saran atau implikasi.

Ucapan Terima Kasih: Ditujukan kepada pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan kegiatan atau pendanaan.

Daftar Pustaka: Jumlah pustaka minimal sepuluh dan 80% berasal dari sumber acuan primer, serta dianjurkan terbitan lima tahun terakhir. Daftar pustaka disusun secara alfabetis, nama penulis yang sama ditulis lengkap dan disusun berdasarkan tahun terlama. Penulisan daftar pustaka dan sitasi dalam naskah mengacu pada *American Psychological Association 6th edition (APA) style*. Penjelasan cara penulisan daftar pustaka dan sitasi dapat diunduh di <http://balittri.litbang.pertanian.go.id/index.php/publikasi/category/58-ketentuan-penulisan>

Contoh penulisan sitasi:

1. Satu atau dua orang penulis
Herman & Pranowo (2013)
2. Nama penulis 3 sampai 5, nama belakang untuk semua penulis ditulis pada saat pertama kali, selanjutnya hanya nama belakang penulis pertama diikuti *et al.*
Waller, Bigger, Hillocks, & Ruth (2007)
Waller *et al.* (2007)
3. Nama penulis 6 atau lebih, hanya nama belakang penulis pertama diikuti *et al.*
Karmawati *et al.* (2010)
4. Sitasi lebih dari satu dalam satu pernyataan disusun berdasarkan tahun terlama.
(Midgarden & Lira, 2006; Martono *et al.*, 2013)
5. Nama penulis yang sama dalam tahun yang sama dengan publikasi berbeda dibubuhi huruf (a,b,c, dan seterusnya) pada tahun publikasi.
(Widyotomo, 2012a; Widyotomo, 2012b)

Contoh penulisan daftar pustaka:

Artikel Jurnal

Herman, M., & Pranowo, D. (2013). Pengaruh mikroba pelarut fosfat terhadap pertumbuhan dan serapan hara P benih kakao (*Theobroma cacao* L.). *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(2), 129–138.

Buku

Karmawati, E., Mahmud, Z., Syakir, M., Ardana, I. K., Munarso, J., & Rubiyo. (2010). *Budidaya dan pasca panen kakao* (p. 92). Bogor: Badan Litbang Pertanian.

Artikel dalam buku

Wardiana, E. (2012). Pengembangan konsep interaksi genotipe dengan lingkungan (GxE) untuk mendukung rantai nilai kopi. In Rubiyo, Syafaruddin, B. Martono, R. Harni, U. Daras, & E. Wardiana (Eds.), *Bunga Rampai: Inovasi Teknologi Tanaman Kopi untuk Perkebunan Rakyat* (pp. 35–46). Sukabumi: Unit Penerbitan dan Publikasi Balittri.

Disertasi/Tesis/Skripsi

Milly, P. J. (2003). *Antimicrobial properties of liquid smoke fractions* (Master's Thesis, University of Georgia, Athens, Georgia).

Naskah Prosiding

Martono, B., Rubiyo, Rudi, T. S., & Udarno, M. L. (2013). Seleksi pohon induk kopi excelsa. In *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Kopi: Peran Inovasi Teknologi Kopi Menuju Green Economy Nasional* (pp. 43–46). Bogor, 28 Agustus 2013.

Naskah Online

Garson, G. D. (2008). *Path analysis*. Retrieved from <http://www2.faculty.chass.ncsu.edu/garson/pa765/path.htm>.

Contoh penampilan tabel:

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

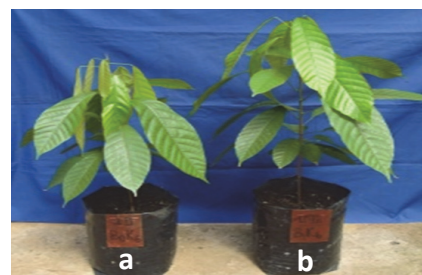
Table 1. Effect of various shading trees on percentage of fruit set of coffee at 9 months old

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-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada uji Tukey taraf 5%

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

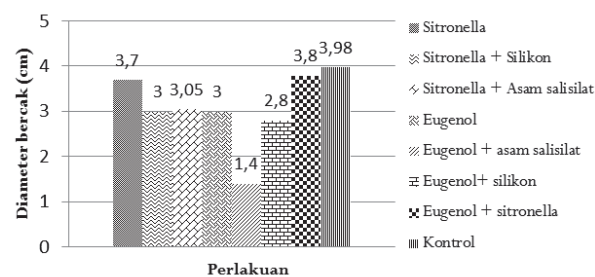
Contoh penampilan gambar/foto:



Gambar 1. Pertumbuhan bibit kakao hibrida: (a) tanpa perlakuan dan (b) perlakuan benih dengan media tanam

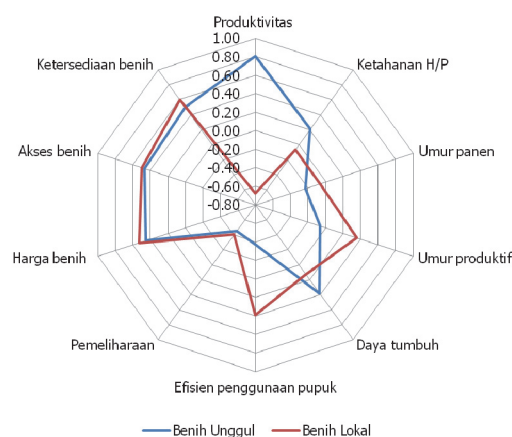
Figure 1. Growth of hybrid cacao seedlings: (a) without treatment and (b) with seed treatment and planting medium

Contoh penampilan grafik/diagram:



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



Gambar 1. Peta persepsi petani terhadap atribut benih unggul dan benih lokal

Figure 1. Farmer's perception map for superior and local coffee seed attributes



9 772356 129070