

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

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**

Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 3, Nomor 1, Maret 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 1, Maret 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, MP. - 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 (Metodologi/Statistika)

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

EDITOR PELAKSANA

Widi Amaria, SP, MP. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Dani, SP, 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

Dr. Ir. Taryono, M.Sc.

Universitas Gadjah Mada – Genetika dan Biologi Molekuler

Puji Lestari, S.P., M.Si., Ph.D.

BB Litbang Bioteknologi & SDG Pertanian – Biologi Molekuler

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

Universitas Brawijaya – Pemuliaan

Prof (R). Dr. Ika Mariska Soedharma

Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia – Bioteknologi Pertanian

Dr. Ir. Rubiyo, M.Si.

BPTP Bangka Belitung – Agronomi

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

Universitas Udayana – Ekofisiologi

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

Dr. Hagus Tarno, Agr.Sc.

Universitas Brawijaya – Entomologi

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

Institut Pertanian Bogor – Pascapanen Pertanian

Prof (R). Dr. Ir. Risfaheri, M.Si.

BB Pascapanen – Pascapanen Pertanian

Dr. Ir. Isroi, M.Si.

Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia – Bioteknologi Pertanian

Dr. Ir. Agus Wahyudi, M.S.

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Agroekonomi

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

Pusat Sosial Ekonomi dan Analisis Kebijakan – Agroekonomi

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

Institut Pertanian Bogor – Agribisnis

PENGANTAR EDITOR

Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar sebagai media komunikasi penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, menyajikan hasil-hasil penelitian yang menjadi mandat institusi di bidang pemuliaan dan bioteknologi, agronomi, fisiologi, ekologi, entomologi dan fitopatologi tanaman industri dan penyegar.

Pada Volume 3 Nomor 1 ini menyajikan 7 artikel: 3 artikel karet di bidang pascapanen, sosial ekonomi, dan proteksi tanaman, 2 artikel kakao di bidang pascapanen dan agronomi, 1 artikel kopi di bidang ekologi, serta 1 artikel teh di bidang biokimia 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

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

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

UDC 633.912.1:66.095.26-936.3

Santi Puspitasari, Emil Budianto, dan Dadi Rusadi Maspanger

Pengaruh Rasio Karet Alam Terdeproteinisasi dengan Monomer Vinil terhadap Karakteristik Karet Alam Termoplastik

J. TIDP 3(1), 1-10

Maret, 2016

Modifikasi kimiawi lateks karet alam secara kopolimerisasi cangkok emulsi dengan monomer termoplastik menghasilkan karet alam termoplastik (*thermoplastic natural rubber* = TPNR). Rasio komposisi karet alam terhadap monomer termoplastik menentukan sifat TPNR. TPNR memiliki perpaduan keunggulan sifat mekanik dari karet alam dan kemudahan pemrosesan dari material plastik sehingga dapat memperluas aplikasi karet alam di industri. Tujuan penelitian adalah mempelajari pengaruh rasio karet alam terdeproteinisasi (*deproteinized natural rubber* = DPNR) dengan monomer vinil (metil metakrilat dan stirena) terhadap karakteristik fisik-mekanik karet alam termoplastik melalui reaksi kopolimerisasi cangkok emulsi secara *batch*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Karet, Bogor, mulai bulan Juni sampai Desember 2014. Reaksi kopolimerisasi cangkok dijalankan pada berbagai rasio lateks DPNR terhadap metil metakrilat dan stirena (70:30; 60:40; dan 50:50) pada suhu (65°C; 5 jam), dilanjutkan suhu (70°C; 1 jam). Hasil penelitian menunjukkan teknik *batch* pada reaksi kopolimerisasi cangkok emulsi cenderung menyebabkan terbentuknya homopolimer vinil yang turut berpengaruh terhadap karakteristik TPNR. Secara visual, TPNR berwarna putih, bertekstur keras dan kaku, namun lebih mudah diolah karena memerlukan waktu dan energi pengkomponan yang rendah dibandingkan dengan karet alam yang tidak dimodifikasi. Rasio DPNR terhadap monomer vinil (MV) sebesar 70:30 dinilai optimum karena mampu menghasilkan TPNR yang memiliki kombinasi sifat elastomer dari DPNR dan termoplastik dari MV yang seimbang.

Kata kunci: Karet alam, termoplastik, kopolimerisasi cangkok emulsi, vinil, *batch*

UDC 663.913.1:631.563.6

M. Iqbal Prawira Atmaja, Haryadi, dan Supriyanto

Peningkatan Kualitas Biji Kakao Non Fermentasi Melalui Perlakuan Pendahuluan Sebelum Inkubasi

J. TIDP 3(1), 11-20

Maret, 2016

Biji kakao yang dihasilkan petani di Indonesia sebagian besar non fermentasi sehingga rasa dan aromanya kurang baik. Inkubasi biji kakao dalam medium *buffer* asetat terbukti dapat memperbaiki kualitas biji kakao kering non fermentasi. Perlakuan pendahuluan biji kakao non fermentasi dengan perlakuan fisik, seperti perendaman dan pemecahan biji sebelum diinkubasi dalam *buffer* asetat, diharapkan dapat lebih meningkatkan kualitas biji (indeks fermentasi dan polifenol). Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh perlakuan pendahuluan biji kakao kering non fermentasi sebelum diinkubasi dalam medium *buffer* asetat terhadap indeks fermentasi dan kadar total polifenol. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan dan Laboratorium Kimia, Biokimia Pangan, dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada, mulai bulan April sampai Desember 2013. Penelitian menggunakan tiga perlakuan, yaitu biji hancuran ukuran 4 mm, biji utuh direndam dalam air (45°C; 16 jam), dan biji utuh tanpa perendaman (kontrol). Inkubasi dilakukan dengan dua tahap, tahap pertama pada medium *buffer* asetat pH 2,7; 600 mM selama 24 jam dan dilanjutkan tahap kedua pada medium *buffer* asetat pH 5,5; 600 mM selama 12 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan hancuran pada biji kakao kering non fermentasi sebelum inkubasi dapat meningkatkan nilai indeks fermentasi biji dari 1,15 menjadi 1,54 dan menurunkan kadar total polifenol dari 55,69 menjadi 24,16 mg GAE/g.

Kata kunci: Kakao, non fermentasi, *buffer* asetat, indeks fermentasi, kadar polifenol

Journal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

UDC 633.912.1 (594.43):631.56

Kasma Iswari

Adopsi dan Dampak Penerapan *Standard Operating Procedure* Pascapanen Karet Rakyat di Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat

J. TIDP 3(1), 21-28

Maret, 2016

Mutu bahan olah karet (bokar) di tingkat petani di Provinsi Sumatera Barat masih rendah, disebabkan oleh terbatasnya akses terhadap teknologi, kurangnya sarana pascapanen, belum diterapkannya *standard operating procedure* (SOP), dan masalah lainnya. Tujuan penelitian adalah mengetahui adopsi dan dampak penerapan SOP pascapanen bahan olah karet (bokar) rakyat di Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat. Penelitian dilaksanakan di tiga kecamatan, Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat, mulai bulan Maret sampai Desember 2013 dengan metode survei deskriptif melalui pelaksanaan demonstrasi plot (demplot) dan sekolah lapang. Parameter yang diamati meliputi tingkat adopsi teknologi pascapanen, mutu bokar, dan tataniaga karet sebelum dan setelah demplot dan sekolah lapang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat adopsi teknologi pascapanen karet melalui demplot dan sekolah lapang di Kabupaten Dharmasraya bervariasi dari tingkat yang sangat rendah sampai sangat tinggi. Adopsi teknologi tersebut berdampak positif terhadap peningkatan mutu bahan olah karet rakyat sehingga dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Harga jual *sheet* dengan standar SNI di tingkat petani tidak jauh berbeda dengan *lump* kotor, hal ini yang menyebabkan petani belum banyak memproduksi *sheet*. Diperlukan regulasi agar pabrik membeli karet ke Unit Pengelola dan Pemasaran Bokar (UIPPB) atau ke pasar lelang yang berpihak kepada petani.

Kata kunci: Karet, SOP, pascapanen, bokar

UDC 663.913.1:631.522

Dibyo Pranowo dan Edi Wardiana

Kompatibilitas Lima Klon Unggul Kakao sebagai Batang Atas dengan Batang Bawah Progeni *Half-Sib* Klon Sulawesi 01

J. TIDP 3(1), 29-36

Maret, 2016

Perbanyak tanaman kakao melalui teknik sambung (*grafting*) paling banyak diterapkan oleh petani. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan penyambungan tanaman adalah tingkat kompatibilitas antara batang atas dengan batang bawah yang digunakan. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi tingkat kompatibilitas lima klon unggul kakao, yaitu Sulawesi 01, Sulawesi 02, Sca 6, MCC 01, dan MCC 02, sebagai batang atas dengan progeni *half-sib* klon Sulawesi 01 sebagai batang bawah. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan (KP). Pakuwon, Jawa Barat, pada ketinggian tempat 450 m dpl dengan jenis tanah Latosol dan tipe iklim B (Schmidt & Fergusson), mulai bulan April sampai September 2015. Rancangan yang digunakan adalah acak kelompok dengan lima perlakuan kombinasi penyambungan dan lima ulangan. Pengamatan dilakukan pada hari ke-14, 21, dan 28 setelah penyambungan terhadap persentase total hasil sambungan yang hidup, hasil sambungan yang telah dan belum bertunas, serta kecepatan munculnya tunas. Data dianalisis menggunakan analisis ragam, korelasi, dan regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase benih hasil sambungan yang bertahan hidup, persentase benih hasil sambungan yang bertunas, dan kecepatan munculnya tunas hingga hari ke-28 setelah penyambungan bervariasi antar klon batang atas. Berdasarkan ketiga parameter tersebut, klon Sulawesi 01, Sulawesi 02, dan Sca 6 memiliki tingkat kompatibilitas lebih tinggi dibandingkan dengan MCC 01 dan MCC 02. Hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk perbanyak bibit menggunakan teknik sambung dalam mendukung program peremajaan dan atau rehabilitasi kakao.

Kata kunci: Kakao, penyambungan, kompatibilitas

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

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

UDC 633.912.1:632.937

Widi Amaria, Funny Soesanthi, dan Yulius Ferry

Keefektifan Biofungisida *Trichoderma* sp. dengan Tiga Jenis Bahan Pembawa terhadap Jamur Akar Putih *Rigidoporus microporus*

J. TIDP 3(1), 37-44

Maret, 2016

Keefektifan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih (JAP) dipengaruhi oleh faktor lingkungan, oleh karena itu lebih baik dibuat dalam bentuk biofungisida. Biofungisida *Trichoderma* sp. dengan bahan pembawa yang sesuai diharapkan mampu menekan infeksi patogen *R. microporus* di pembibitan. Tujuan penelitian adalah mengetahui keefektifan biofungisida *Trichoderma* sp. dengan tiga jenis bahan pembawa terhadap penyakit JAP pada bibit karet. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Rumah Kasa Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai bulan Juli sampai Desember 2013. Percobaan menggunakan rancangan faktorial dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah 4 jenis *Trichoderma*, yaitu *Trichoderma virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride*, dan faktor kedua adalah 3 jenis bahan pembawa, yaitu molase, kompos, dan talk. Biofungisida dibuat dari masing-masing jenis *Trichoderma* dengan masing-masing jenis pembawa sehingga terbentuk 12 biofungisida. Populasi spora *Trichoderma* sp. dalam biofungisida adalah 10^8 spora/ml dan jumlah yang diaplikasikan sebanyak 100 ml atau gram per tanaman. Bibit tanaman karet yang digunakan adalah klon AVROS 2037 hasil okulasi berumur 3 bulan dalam polybag. Peubah pengamatan meliputi masa inkubasi, intensitas dan penekanan serangan JAP, serta populasi *Trichoderma* sp. dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara jenis *Trichoderma* dengan jenis bahan pembawa. Keempat jenis *Trichoderma* yang diuji memiliki keefektifan yang sama dalam menekan penyakit JAP pada bibit karet. Bahan pembawa talk, kompos, dan molase dapat meningkatkan kemampuan pertumbuhan *Trichoderma* sp., tetapi bahan pembawa talk mempunyai kemampuan paling tinggi dalam menekan penyakit JAP.

Kata kunci: Karet, jamur akar putih, biofungisida, *Trichoderma* sp.

UDC 633.73 (23:181m1000–1600)

Handi Supriadi, Enny Randriani, dan Juniaty Towaha

Korelasi Antara Ketinggian Tempat, Sifat Kimia Tanah, dan Mutu Fisik Biji Kopi Arabika di Dataran Tinggi Garut

J. TIDP 3(1), 45-52

Maret, 2016

Ketinggian tempat mempengaruhi unsur-unsur iklim yang akan berdampak terhadap sifat kimia tanah. Pertumbuhan, produktivitas, mutu, dan citarasa kopi ditentukan oleh beberapa faktor, salah satunya sifat kimia tanah. Tujuan penelitian adalah menganalisis korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Kabupaten Garut. Penelitian dilakukan di dataran tinggi Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, mulai bulan April sampai Agustus 2014. Penelitian menggunakan metode survei dengan pemilihan lokasi dan ketinggian tempat secara *purposive* serta pengambilan sampel tanah dan biji kopi secara acak di masing-masing lokasi. Parameter yang diamati adalah sifat kimia tanah, persentase biji normal, dan berat biji kopi Arabika pada ketinggian tempat 1.000–1.600 m dpl. Data dianalisis menggunakan korelasi. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang nyata antara ketinggian tempat dengan beberapa sifat kimia tanah dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Garut. Semakin tinggi tempat maka semakin meningkat pula sifat kimia tanah seperti pH, C-organik, N-total, Na, dan KTK, tetapi sebaliknya untuk P_2O_5 total. Meningkatnya tinggi tempat dan beberapa sifat kimia tanah tersebut seiring dengan meningkatnya pula persentase biji normal dan berat 100 biji kopi Arabika.

Kata kunci: Kopi Arabika, sifat kimia tanah, ketinggian tempat, biji normal, berat biji

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

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

UDC 663.958.7

Budi Martono, Syamsul Falah, dan Eneng Nurlaela

Aktivitas Antioksidan Teh Varietas GMB 7 Pada Beberapa Ketinggian Tempat

J. TIDP 3(1), 53-60

Maret, 2016

GMB 7 merupakan varietas unggul teh yang mempunyai produktivitas tinggi dan berpotensi sebagai sumber antioksidan alami, dapat tumbuh dengan baik di dataran rendah, sedang, dan tinggi. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh ketinggian tempat terhadap aktivitas antioksidan, kandungan fenolik, dan flavonoid pada teh varietas GMB 7. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biofarmaka Institut Pertanian Bogor, mulai November 2014 sampai Februari 2015. Perlakuan yang diuji adalah ekstrak pucuk teh yang diambil dari tiga ketinggian tempat di perkebunan teh PT Tambi Wonosobo, yaitu 690, 1280, dan 1890 m dpl. Serbuk pucuk teh sebanyak 100 g ditambahkan akuades dengan perbandingan 1:10, diekstraksi dengan air panas (90°C; 30 menit). Ekstrak disaring dan filtratnya dikeringkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* (50 rpm; 60°C) sampai diperoleh ekstrak kasar kering. Fenolik total diuji dengan metode Follin-Ciocalteu pada panjang gelombang 765 nm, sedangkan flavonoid total diuji menggunakan metode AlCl_3 pada panjang gelombang 510 nm. Aktivitas antioksidan ditentukan dengan metode *diphenylpicrylhydrazyl* (DPPH) pada panjang gelombang 517 nm. Hasil penelitian menunjukkan nilai fenolik dan flavonoid total, serta nilai IC_{50} GMB 7 pada ketinggian 690 m dpl lebih tinggi dibandingkan pada ketinggian 1.280 dan 1.890 m dpl, masing-masing sebesar 290,62 GAE mg/g ekstrak, 125 CE mg/g ekstrak, dan 5,48 ppm. Kandungan fenolik dan flavonoid total berkorelasi sangat nyata dengan aktivitas antioksidan (IC_{50}).

Kata kunci: Teh, GMB 7, antioksidan, fenolik, flavonoid

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

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

UDC 633.912.1:66.095.26-936.3

Santi Puspitasari, Emil Budianto, and Dadi Rusadi Maspanger

Effect of Deproteinized Natural Rubber to Vinyl Monomer Ratio on Thermoplastic Natural Rubber Characteristics

J. TIDP 3(1), 1-10

March, 2016

Chemical modification of natural rubber latex by emulsion graft copolymerization with thermoplastic monomer produces thermoplastic natural rubber (TPNR). Ratio composition of natural rubber to thermoplastic monomer determines the TPNR properties. TPNR has good mechanical properties of natural rubber and high processability of plastic material thus enhancing its application in industry. The research, which was conducted at research laboratory of Indonesian Rubber Research Institute, from June to December 2014, aimed to study the effect of the ratio of deproteinized natural rubber (DPNR) latex to vinyl monomer (VM: methyl methacrylate and styrene) on physical and mechanical properties of TPNR produced from batch graft copolymerization. Batch graft copolymerization was conducted at certain ratios of DPNR latex with methyl methacrylate and styrene (70:30; 60:40; and 50:50) at (65°C, 5 hours), and subsequently at (70°C, 1 hour). The result showed that batch technique tend to cause the formation of homopolymer vinyl which also affected the TPNR properties. Visually, the TPNR had white color, hard and brittle texture yet easier to process as shown by low time and energy consumption during compounding. The ratio of DPNR to VM at 70:30 was regarded as the optimum ratio for its balanced properties between elastomeric material of DPNR and thermoplastic material of VM.

Keywords: Natural rubber, thermoplastic, emulsion graft copolymerization, vinyl, batch

UDC 663.913.1:631.563.6

M. Iqbal Prawira Atmaja, Haryadi, and Supriyanto

Quality Improvement of Non Fermented Cocoa Bean Through Pre-Incubation Treatments

J. TIDP 3(1), 11-20

March, 2016

The cocoa beans produced by farmers in Indonesia are mostly non fermented with unfavourable taste and flavour. Incubating the cocoa beans in acetate buffer medium has been shown to improve the quality of non fermented dried cocoa beans. Pre-incubation treatments of non fermented cocoa beans by physical treatments such as soaking and crushing them prior to the incubation in acetate buffer is expected to improve the beans quality (i.e. fermentation index and polyphenol). The aim of the research was to determine the effect of pre-incubation treatment of non fermented dried cocoa beans in acetate buffer medium on fermentation index and total polyphenols content. The research was carried out in Process Engineering Laboratory, Food Chemical and Biochemical Laboratory, and Postharvest Technology Laboratory at Gadjah Mada University from April to December 2013. The research used three treatments, first: the crushed beans size 4 mm, whole beans soaked in water (45°C; 16 hours), and beans without soaking (control). The incubation was performed in two stages, the first stage was in the acetate buffer medium at pH 2.7; 600 mM for 24 hours, then subsequently at pH 5.5; 600 mM for 12 hours. The results showed that crushed bean treatment of non fermented cocoa beans prior to incubation increased the fermentation index values, from 1.15 to 1.54 and decreased total polyphenol content from 55.69 to 24.16 mg GAE/g.

Keywords: Cocoa, non fermented, acetate buffer, fermentation index, total polyphenol

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

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

UDC 633.912.1 (594.43):631.56

Kasma Iswari

Adoption and Impact of The Implementation of Smallholders Rubber Post-Harvest Standard Operating Procedures in Dharmasraya District, West Sumatra

J. TIDP 3(1), 21-28

March, 2016

The lump quality produced by farmers in West Sumatra is low due to limited access to technologies and postharvest facilities, insufficient implementation of Standard Operating Procedures (SOP), and other problems. The research aimed to study the adoption of postharvest SOP of rubber and its impact at farmers level in Dharmasraya Regency, West Sumatera. The experiment was conducted in three districts at Dharmasraya Regency of West Sumatra Province, from March until December 2013, utilizing descriptive survey through demonstration plot and field school. Parameters observed were the adoption level, lump quality, and rubber trade before and after the demonstration and field school. The result showed that the adoption level of rubber postharvest technology varied, from very low to very high. The adoption positively contributed to lump quality improvement at farmers level, thus meeting the SNI requirements. The price of sheet which meets the SNI did not significantly differ from low graded lump so it is less produced by farmers. Further regulation which endorsed industries to buy rubber at processing and marketing unit or farmers supporting market is needed.

Keywords: Rubber, SOP, postharvest, lump

UDC 663.913.1:631.522

Dibyo Pranowo and Edi Wardiana

The Compatibility of Five Superior Cacao Clones As Scions with Rootstock Of Half-Sib Family of Sulawesi 01 Clone

J. TIDP 3(1), 29-36

March, 2016

Grafting is the most common cocoa propagation technique applied by farmers. One of the factors that determine the grafting success in cacao is the compatibility level between the scion and rootstock. The objectives of this research was to evaluate the grafting compatibility of half-sib family of Sulawesi 01 clone as rootstock with five superior cacao clones i.e. Sulawesi 01, Sulawesi 02, Sca 6, MCC 01, and MCC 02 as scions. The research was conducted at Pakuwon Experimental Station, West Java, at the altitude of 450 m above sea level with Latosol type of soil and B type of climate (Schmidt & Fergusson), from April to September 2015. This research used the randomized completely block design with five treatments of grafting combinations and five replications. Observation was taken at 14th, 21st, and 28th days after grafting on the total percentage of surviving graftings, percentage of sprouting grafting, percentage of grafting that have not sprouted, and bud sprouting rates. Data were analyzed by variance, correlation, and regression analysis. The results showed that the surviving grafting, the sprouting grafting and the rate of sprouting up to the 28th days after grafting varied among the scions. Based on the parameters observed, Sulawesi 01, Sulawesi 2, and Sca 6 demonstrated higher compatibility rate compared to MCC 01 and MCC 02. The results is applicable in seedling provision through grafting techniques in order to support cacao rejuvenation and or rehabilitation.

Keywords: Cacao, grafting, compatibility

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

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

UDC 633.912.1:632.937

Widi Amaria, Funny Soesanthi, and Yulius Ferry

The Effectiveness of Biofungicide *Trichoderma* sp. with Three Kinds of Carrier on White Root Disease *Rigidoporus microporus*

J. TIDP 3(1), 37-44

March, 2016

The effectiveness of *Trichoderma* sp. as biocontrol for white root disease is determined by the environment, thus it is best applied as biofungicide. The application of *Trichoderma* sp. with suitable carrier is expected to suppress pathogen (*Rigidoporus microporus*) in rubber seedlings. The objective of the research was to study the effectiveness of *Trichoderma* sp. biofungicide with three types of carriers in controlling white root disease in rubber seedlings. The research was conducted in Plant Protection Laboratory and screen house of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from July to December 2013. The experiment used a factorial design with 2 factors and 3 replications. The first factor is 4 types of *Trichoderma*, namely *Trichoderma virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride* whereas the second factor is the three types of carrier, namely molasses, compost, and talc. The biofungicide were made of four species of *Trichoderma* and the three carriers thus resulting in 12 biofungicides. The spora population of *Trichoderma* sp. was 10^8 spores/ml from which then 100 ml or gram applied on each plant. Rubber seedlings used were of AVROS 2037 clones, 3 months old clone-grafted seedlings grown in polybag. Observations were on the incubation stage, the intensity of the white root disease attack, the disease suppression, and the population of *Trichoderma* sp. in soil. The results showed no interactions between types of *Trichoderma* with types of carrier. The four *Trichoderma* species studied had similar suppressing effectivity on white root disease in rubber seedlings. Talc, compost, and molasses increased the *Trichoderma* sp. growth but talc was shown had the highest effectivity in suppressing the disease.

Keywords: Rubber, white root disease, biofungicide, *Trichoderma* sp.

UDC 633.73 (23:181m1000–1600)

Handi Supriadi, Enny Randriani, and Juniaty Towaha

Correlation Between Altitude, Soil Chemical Properties, and Physical Quality of Arabica Coffee Beans in Highland Areas of Garut

J. TIDP 3(1), 45-52

March, 2016

Altitude defines the climatic elements which in turn affect the soil chemical properties. Growth, productivity, qualities, and coffee flavor determines by a number of factors, one of which is the chemical properties in the soil. The research aimed to analyze the correlation between altitude, soil chemical properties, and physical quality of Arabica coffee beans in highland areas of Garut. The research was carried out in Garut Regency, West Java, from April to Agustus 2014. The research used survey method with purposive random sampling from selected locations. Parameters observed were soil chemical properties, percentage of normal beans and the beans weight at the altitude of 1.000–1.600 m asl. The data were then analyzed using correlation method. The result showed a significant correlation between altitude with soil chemical properties and Arabica coffee beans physical quality in Garut highlands. The higher the altitude, the higher level of soil chemical properties, such as pH, C-organic, N-total, Na, and KTK, in contrary with total P_2O_5 . Higher altitude and chemical properties inline with higher percentage of normal beans and the weight of 100 Arabica coffee beans.

Keywords: Arabica coffee, soil chemical properties, normal beans, beans weight, altitude

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

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

UDC 663.958.7

Budi Martono, Syamsul Falah, and Eneng Nurlaela

Antioxidant Activities of GMB 7 Variety of Tea at Different Altitude

J. TIDP 3(1), 53-60

March, 2016

GMB 7 is a tea variety which has high productivity and a potential source of natural antioxidants, grow well at low, medium, and high altitude. The research aimed to analyze the effect of altitude on antioxidant activity, total phenolic and total flavonoids content of GMB 7 tea variety. The research was conducted at the Biopharmacy Laboratory, Bogor Agricultural University, from November 2014 to February 2015. The treatments tested were of tea shoots extracts taken from three different altitudes at PT Tambi tea plantations, Wonosobo, at 690, 1.280, and 1.890 m above sea level. The tea shoots (100 g) were mixed in aquades with the ratio of 1:10, extracted with hot water (90°C; 30 minutes). The extracts were then filtered and evaporated using rotary vacuum evaporator (50 rpm; 60°C) to obtain a raw dried extract. Total phenolic was tested with Follin-Ciocalteu method at a wavelength of 765 nm while the total flavonoids was tested using AlCl₃ method at a wavelength of 510 nm. The antioxidant activity was determined by diphenylpicrylhydrazyl method (DPPH) at a wavelength of 517 nm. The results showed that total phenolics, total flavonoids, and IC₅₀ at an altitude of 690 m asl is higher compared to those at 1.280, and 1.890 m above sea level, respectively by 19%; 290.62 GAE mg/g extract, 125 CE mg/g extract, and 5.48 ppm. The total phenolic and flavonoid content significantly correlated with the antioxidant activity (IC₅₀).

Keywords: *Tea, GMB 7, antioxidant, phenolic, flavonoids*

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

Volume 3, Nomor 1, Maret 2016

Pengaruh Rasio Karet Alam Terdeproteinisasi dengan Monomer Vinil terhadap Karakteristik Karet Alam Termoplastik (<i>Santi Puspitasari, Emil Budianto, dan Dadi Rusadi Maspanger</i>)	1-10
Peningkatan Kualitas Biji Kakao Non Fermentasi Melalui Perlakuan Pendahuluan Sebelum Inkubasi (<i>M. Iqbal Prawira Atmaja, Haryadi, dan Supriyanto</i>)	11-20
Adopsi dan Dampak Penerapan <i>Standard Operating Procedure</i> Pascapanen Karet Rakyat Di Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat (<i>Kasma Iswari</i>)	21-28
Kompatibilitas Lima Klon Unggul Kakao Sebagai Batang Atas dengan Batang Bawah Progeni <i>Half-Sib</i> Klon Sulawesi 01 (<i>Dibyo Pranowo dan Edi Wardiana</i>)	29-36
Keefektifan Biofungisida <i>Trichoderma</i> sp. dengan Tiga Jenis Bahan Pembawa terhadap Jamur Akar Putih <i>Rigidoporus microporus</i> (<i>Widi Amaria, Funny Soesanthi, dan Yulius Ferry</i>)	37-44
Korelasi Antara Ketinggian Tempat, Sifat Kimia Tanah, dan Mutu Fisik Biji Kopi Arabika di Dataran Tinggi Garut (<i>Handi Supriadi, Enny Randriani, dan Juniatty Towaha</i>)	45-52
Aktivitas Antioksidan Teh Varietas GMB 7 Pada Beberapa Ketinggian Tempat (<i>Budi Martono, Syamsul Falah, dan Eneng Nurlaela</i>)	53-60

PENGARUH RASIO KARET ALAM TERDEPROTEINISASI DENGAN MONOMER VINIL TERHADAP KARAKTERISTIK KARET ALAM TERMOPLASTIK

EFFECT OF DEPROTEINIZED NATURAL RUBBER TO VYNIL MONOMER RATIO ON THERMOPLASTIC NATURAL RUBBER CHARACTERISTICS

* Santi Puspitasari¹⁾, Emil Budianto²⁾, dan Dadi Rusadi Maspanger¹⁾

¹⁾ Pusat Penelitian Karet

Jalan Salak No. 1, Bogor 16151 Indonesia

²⁾ Departemen Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Indonesia

Kampus UI Depok 16242 Indonesia

* puspitasari.santi@puslitkaret.co.id

(Tanggal diterima: 29 Desember 2015, direvisi: 16 Januari 2016, disetujui terbit: 3 Maret 2016)

ABSTRAK

Modifikasi kimiawi lateks karet alam secara kopolimerisasi cangkok emulsi dengan monomer termoplastik menghasilkan karet alam termoplastik (*thermoplastic natural rubber* = TPNR). Rasio komposisi karet alam terhadap monomer termoplastik menentukan sifat TPNR. TPNR memiliki perpaduan keunggulan sifat mekanik dari karet alam dan kemudahan pemrosesan dari material plastik sehingga dapat memperluas aplikasi karet alam di industri. Tujuan penelitian adalah mempelajari pengaruh rasio karet alam terdeproteinisasi (*deproteinized natural rubber* = DPNR) dengan monomer vinil (metil metakrilat dan stirena) terhadap karakteristik fisik-mekanik karet alam termoplastik melalui reaksi kopolimerisasi cangkok emulsi secara *batch*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pusat Penelitian Karet, Bogor, mulai bulan Juni sampai Desember 2014. Reaksi kopolimerisasi cangkok dijalankan pada berbagai rasio lateks DPNR terhadap metil metakrilat dan stirena (70:30; 60:40; dan 50:50) pada suhu (65°C; 5 jam), dilanjutkan suhu (70°C; 1 jam). Hasil penelitian menunjukkan teknik *batch* pada reaksi kopolimerisasi cangkok emulsi cenderung menyebabkan terbentuknya homopolimer vinil yang turut berpengaruh terhadap karakteristik TPNR. Secara visual, TPNR berwarna putih, bertekstur keras dan kaku, namun lebih mudah diolah karena memerlukan waktu dan energi pengkomponan yang rendah dibandingkan dengan karet alam yang tidak dimodifikasi. Rasio DPNR terhadap monomer vinil (MV) sebesar 70:30 dinilai optimum karena mampu menghasilkan TPNR yang memiliki kombinasi sifat elastomer dari DPNR dan termoplastik dari MV yang berimbang.

Kata kunci: Karet alam, termoplastik, kopolimerisasi cangkok emulsi, vinil, *batch*

ABSTRACT

Chemical modification of natural rubber latex by emulsion graft copolymerization with thermoplastic monomer produces thermoplastic natural rubber (TPNR). Ratio composition of natural rubber to thermoplastic monomer determines the TPNR properties. TPNR has good mechanical properties of natural rubber and high processability of plastic material thus enhancing its application in industry. The research, which was conducted at research laboratory of Indonesian Rubber Research Institute, from June to December 2014, aimed to study the effect of the ratio of deproteinized natural rubber (DPNR) latex to vinyl monomer (VM: methyl methacrylate and styrene) on physical and mechanical properties of TPNR produced from batch graft copolymerization. Batch graft copolymerization was conducted at certain ratios of DPNR latex with methyl methacrylate and styrene (70:30; 60:40; and 50:50) at (65°C, 5 hours), and subsequently at (70°C, 1 hour). The result showed that batch technique tend to cause the formation of homopolymer vinyl which also affected the TPNR properties. Visually, the TPNR had white color, hard and brittle texture yet easier to process as shown by low time and energy consumption during compounding. The ratio of DPNR to VM at 70:30 was regarded as the optimum ratio for its balanced properties between elastomeric material of DPNR and thermoplastic material of VM.

Keywords: Natural rubber, thermoplastic, emulsion graft copolymerization, vinyl, *batch*

PENDAHULUAN

Karet alam termoplastik (*thermoplastic natural rubber* = TPNR) merupakan salah satu bentuk modifikasi karet alam yang mulai banyak dikembangkan karena turut memegang peranan penting dalam menggerakkan industri hilir karet. Saat ini TPNR banyak digunakan dalam pembuatan selang gas LPG, komponen otomotif, dan peralatan medis. TPNR merupakan material polimer, tersusun atas karet alam sebagai fasa elastomerik dengan sifat mekanik yang baik dan material termoplastik sebagai fasa plastis yang memiliki keunggulan mudah diproses terutama pada suhu tinggi (Sangwichien, Sumanatrakool, & Patarapaiboolchai, 2008; Shank & Kong, 2012).

Produksi TPNR dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) pencampuran fisik pada titik leleh (*melt physical blending*) karet alam fasa padat dengan bijih plastik (Varghese, Alex, & Kuriakose, 2004; Ahmad, Tarawneh, Yahya, & Rasid, 2011; Kalkornsurapranee, Vennemann, Kummerlowe, & Nakason, 2012) dan (2) reaksi kimia secara kopolimerisasi cangkok karet alam fasa lateks dengan monomer termoplastik (Suksawad, Kosugi, Yamamoto, & Kawahara, 2011). Setiap metode memiliki karakteristik pengolahan dan menghasilkan sifat TPNR yang berbeda. Secara molekuler, TPNR hasil dari *melt physical blending* memiliki ikatan antara karet alam dengan material termoplastik yang lebih lemah dibandingkan dengan TPNR hasil kopolimerisasi cangkok karena pada proses *melt physical blending* hanya terjadi interaksi fisik antara molekul karet alam dengan material termoplastik. Kopolimerisasi cangkok melibatkan dua atau lebih monomer termoplastik yang berikatan kovalen dan membentuk percabangan pada rantai utama polimer karet alam (Man, Hashim, & Akil, 2008).

Polimer alami karet alam, yang tersusun atas monomer isoprena dan membentuk konfigurasi linier *cis 1,4-poliisoprena*, mengandung ikatan rangkap C=C dalam rantai molekulnya (Van Beilen & Poirier, 2007). Ikatan rangkap C=C menyebabkan karet alam tidak tahan terhadap oksidasi dan degradasi panas (Chaiyasat, Suksawad, Nuruk, & Chaiyasat, 2012). Namun, sifatnya yang reaktif memungkinkan karet alam dapat dikopolimerisasi cangkok emulsi dengan monomer termoplastik melalui mekanisme polimerisasi adisi. Sifat TPNR yang diperoleh secara kopolimerisasi cangkok emulsi sangat tergantung pada jenis dan konsentrasi monomer termoplastik, inisiator, dan surfaktan, serta kondisi reaksi yang meliputi suhu, waktu, dan teknik yang diterapkan (Puspitasari, Budianto, & Maspanger, 2015). Menurut Man *et al.* (2008), monomer termoplastik golongan vinil jenis stirena dan metil metakrilat, yang digunakan dalam kopolimerisasi

cangkok emulsi secara *seedling* dengan karet alam pada konsentrasi di atas 10%, mampu menghasilkan efisiensi cangkok lebih dari 90% dibandingkan dengan jenis monomer dan teknik reaksi yang lain.

Efisiensi cangkok yang tinggi juga dapat diperoleh dengan menggunakan karet alam terdeproteinisasi (*deproteinized natural rubber* = DPNR). Pada DPNR, lapisan protein yang melindungi partikel karet alam telah dieliminasi sehingga tidak menghalangi monomer vinil untuk berkontak langsung dengan molekul karet alam. Selain itu, terdeproteinisasi menyebabkan radikal bebas menjadi aktif sehingga reaksi kopolimerisasi cangkok dapat berjalan. Protein berfungsi sebagai *radical scavenger*, yaitu dapat menurunkan reaktivitas radikal bebas yang dibentuk oleh inisiator (Nakason, Pechurai, Sakaharo, & Kaesaman, 2003; Nampitch & Buakaew, 2006).

Keseragaman ukuran partikel TPNR turut ditentukan oleh pemilihan teknik reaksi (kontinu, semi-kontinu, *batch*, dan *seedling*). Reaksi kopolimerisasi cangkok seringkali dijalankan dengan teknik kontinu, semi-kontinu, atau *seedling* agar laju penambahan monomer vinil dapat diatur. Hasilnya berupa molekul TPNR yang memiliki distribusi ukuran molekul lebih seragam (*monodisperse*). Namun, teknik-teknik tersebut dianggap kurang efektif dan praktis apabila diaplikasikan pada skala pabrik karena memerlukan waktu yang lama hanya untuk mengumpulkan monomer vinil dalam reaktor. Sebaliknya, teknik *batch*, meskipun menghasilkan ukuran partikel TPNR yang cenderung tidak seragam (*polydisperse*), dianggap lebih sesuai diterapkan pada reaksi kopolimerisasi cangkok dengan waktu reaksi panjang, terutama pada skala besar. Penelitian bertujuan mempelajari pengaruh rasio karet alam terdeproteinisasi dengan monomer vinil (metil metakrilat dan stirena) terhadap karakteristik fisik-mekanik karet alam termoplastik melalui reaksi kopolimerisasi cangkok secara *batch*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Penelitian, Pusat Penelitian Karet, Bogor, mulai bulan Juni sampai Desember 2014.

Persiapan Bahan Penelitian

Penelitian menggunakan lateks karet alam pekat dengan kadar amonia tinggi (*high ammonia natural rubber* = HANR, 60%) yang didapatkan dari Koperasi INIRO, Pusat Penelitian Karet, Bogor. Monomer vinil yang terdiri atas metil metakrilat (MMA, kemurnian 99%) dan stirena (ST, kemurnian 99%) diperoleh dari Sigma Aldrich, Singapura. Urea (kemurnian 99%),

inisiator amonium peroksidisulfat (APS, kemurnian 98%) dan surfaktan sodium dodesil sulfat (SDS, kemurnian 99%) diperoleh dari Merck, Jerman. Bahan kimia karet yang diperlukan dalam pembuatan kompon karet alam termoplastik terdiri atas kombinasi seng oksida dan asam stearat sebagai bahan pengaktif, 2-merkaptobenzotiazol (MBT) sebagai bahan pencepat dan sulfur sebagai bahan pemvulkanisasi seluruhnya dalam spesifikasi teknis dan diperoleh dari pemasok lokal di Bogor, Jawa Barat. Karet alam mentah spesifikasi *pale crepe* produksi PT. Perkebunan Nusantara VIII, Jawa Barat digunakan sebagai pembanding.

Untuk pembuatan karet alam terdeproteinisasi menggunakan mesin sentrifugasi berkecepatan 9.000 rpm, sedangkan untuk pembuatan kompon karet alam termoplastik menggunakan mesin giling terbuka (*open mill*) kapasitas 1 kg dengan daya 7,5 kW. Instrumen untuk karakterisasi meliputi *Moving Die Rheometer* (MDR) Alpha 2000, *Hardness Shore A Tester*, dan *Tensometer Instron Llyod*.

Metode Pembuatan DPNR dan TPNR

Pembuatan DPNR sebagai bahan baku pembuatan TPNR mengadopsi metode yang dikembangkan oleh Yamamoto, Ngia, Klinklai, Saito, & Kawahara (2008): sebanyak 1.000 ml HANR dituangkan dalam gelas piala, kemudian ditambah dengan 0,1% urea dan diencerkan dengan larutan SDS 1% hingga kadar karet keringnya (K3) menjadi 30%. HANR diinkubasi selama 60 menit disertai pengadukan kecepatan rendah pada suhu ruang, kemudian disentrifugasi. Bagian pekat hasil sentrifugasi kembali diencerkan dengan menambahkan larutan SDS 1%. Lateks disentrifugasi ulang (2 kali) agar pemisahan bagian serum yang mengandung protein semakin sempurna.

Pembuatan TPNR (kopolimer) mengacu pada Man, Hashim, & Akil (2006) dengan tahapan: lateks DPNR dengan K3 = 60% dituangkan ke dalam reaktor, kemudian diencerkan dengan akuades hingga berkurang menjadi 20%. Reaktor dialiri gas N₂ selama 15 menit

untuk memaksa O₂ keluar dan menciptakan atmosfer *inert*. Suhu lateks ditingkatkan secara bertahap hingga mencapai 65°C. Setelah tercapai suhu reaksi, selanjutnya ke dalam lateks DPNR ditambahkan SDS 3%, APS 1%, dan MV, baik MMA maupun ST. Rasio DPNR terhadap MV ditetapkan sebesar 70:30, 60:40, dan 50:50 dengan pertimbangan dapat diperoleh sifat yang seimbang antara karet dengan termoplastik dalam produk TPNR. Penambahan bahan dilakukan secara sekaligus karena reaksi dijalankan dengan sistem *batch* (65°C; 5 jam). Reaksi dilanjutkan pada (70°C; 1 jam) untuk penyempurnaan. Pada akhir reaksi, TPNR atau kopolimer yang diperoleh digumpalkan menggunakan aseton. Gumpalan kopolimer digiling dalam mesin *crepper* hingga menjadi lembaran kopolimer basah yang akan dikeringkan dalam oven (50°C; 48 jam).

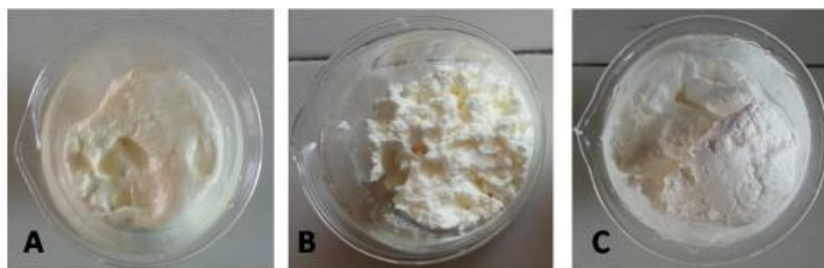
Lembaran kering TPNR dibuat menjadi kompon dalam *open mill* menggunakan formula ASTM 1A (*American Standard Testing and Material*) (Tabel 1). Urutan pengkomponan TPNR diawali dengan menggiling atau memastikan karet hingga menjadi lunak dan plastis, selanjutnya bahan kimia karet ditambahkan ke dalam matriks karet sesuai dengan urutan bahan. Campuran kemudian digiling hingga membentuk *masterbath* kompon yang homogen. Kompon disimpan dalam suhu ruang selama 24 jam sebelum diuji karakteristik vulkanisasi.

Karakterisasi Fisik dan Mekanik TPNR

Pengamatan dilakukan terhadap visualisasi fisik, pengolahan, karakteristik vulkanisasi serta sifat mekanik TPNR yang dihasilkan. Karakterisasi dalam MDR dilakukan pada suhu 150°C. Waktu vulkanisasi optimum yang diperoleh dari hasil karakterisasi digunakan sebagai dasar untuk proses vulkanisasi kompon TPNR dalam *Hydraulic Press Machine* pada tekanan 100 kg/cm². Vulkanisat TPNR dikarakterisasi sifat mekaniknya, meliputi kekerasan Shore A (ASTM D2240) serta elastisitas (ASTM D412), baik sebelum dan setelah kondisi pengusangan (70°C; 168 jam) sesuai ASTM D573-04.

Tabel 1. Formula kompon karet standar ASTM 1A
Table 1. Standard ASTM 1A for rubber compound formula

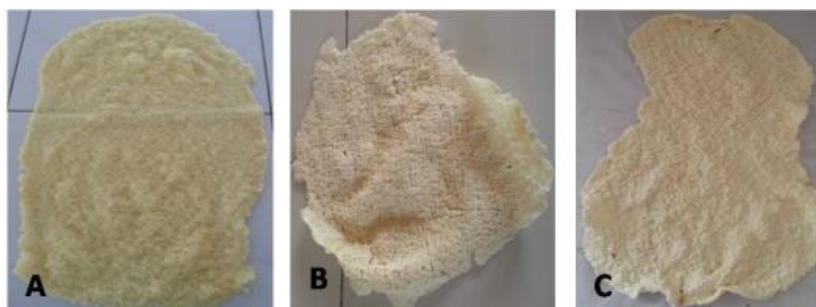
Bahan kimia	Dosis (berat seratus karet = BSK)	
	Kompon TPNR (%)	Kompon pembanding (%)
TPNR/Kopolimer	100	-
<i>Pale crepe</i> (NR)	-	100
Seng oksida (ZnO)	6	6
Asam stearat	0,5	0,5
2-merkaptobenzotiazol (MBT)	0,5	0,5
Sulfur	3,5	3,5



Gambar 1. (A) Koagulum HANR, (B) kopoli (DPNR/MMA), dan (C) kopoli (DPNR/ST)
Figure 1. (A) Coagulum of HANR, (B) copoly (DPNR/MMA), and (C) copoly (DPNR/ST)



Gambar 2. (A) Krep basah HANR, (B) kopoli (DPNR/MMA), dan (C) kopoli (DPNR/ST)
Figure 2. (A) Wet crepe of HANR, (B) copoly (DPNR/MMA), and (C) copoly (DPNR/ST)



Gambar 3. (A) Krep kering HANR, (B) kopoli (DPNR/MMA) (B), dan (C) kopoli (DPNR/ST)
Figure 3. (A) Dry crepe of HANR, (B) copoly (DPNR/MMA), and (C) copoly (DPNR/ST)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Lateks Karet Alam Terdeproteinisasi

Hasil deproteinisasi lateks karet alam secara hidrolisis dengan urea dan pencucian menggunakan larutan surfaktan SDS secara sentrifugasi dapat menurunkan kandungan protein dalam lateks karet alam dari 2,44% menjadi 0,51%. Hal ini terjadi karena urea dan protein membentuk ikatan hidrogen yang lebih kuat dibandingkan dengan ikatan kovalen antara karet alam dengan protein sehingga protein terlepas dari partikel karet alam. Protein yang telah berikatan dengan urea terdispersi dalam serum lateks. Komponen ini yang akan tereliminasi pada saat lateks disentrifugasi. Fungsi protein sebagai penstabil lateks digantikan oleh SDS.

Visualisasi Fisik TPNR

TPNR hasil reaksi kopolimerisasi cangkuk emulsi antara DPNR dengan MMA berkode kopoli (DPNR/MMA), sedangkan antara DPNR dan ST berkode kopoli (DPNR/ST). Awal terbentuknya TPNR dideteksi melalui pengamatan terhadap visualisasi fisik yang meliputi parameter warna dan tekstur koagulum serta lembaran basah dan kering TPNR (Gambar 1–3).

Secara umum terlihat bahwa TPNR memiliki visualisasi fisik berbeda dengan karet alam murni yang tidak dimodifikasi (HANR). Koagulum HANR memiliki penampilan fisik berwarna putih kekuningan, tekstur lunak, kenyal, dan permukaan halus, sedangkan koagulum kopoli (DPNR/MMA) dan kopoli (DPNR/ST) berwarna putih, bertekstur keras, rapuh, dan kaku serta permukaannya tidak beraturan (kasar).

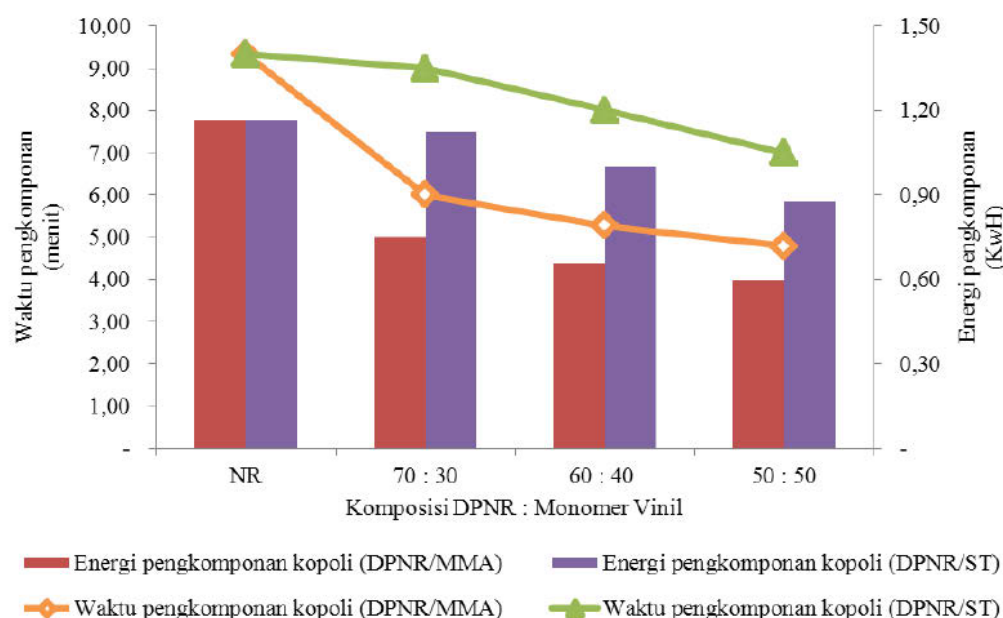
Lembaran HANR basah berwarna putih kekuningan dan bertekstur lunak, serta tidak kaku. Perubahan warna terjadi pada lembaran HANR kering, yaitu menjadi berwarna kuning dan kenyal. Hal serupa tidak terjadi pada lembaran TPNR. Baik dalam kondisi basah maupun kering memiliki visualisasi fisik yang sama, yakni berwarna putih dan bertekstur keras, kaku namun rapuh.

Komposisi MV sangat berpengaruh terhadap visualisasi fisik TPNR. Sifat MV yang transparan menjadi penyebab warna koagulum TPNR menjadi semakin putih dengan bertambahnya konsentrasi MV dalam TPNR. Koagulum TPNR yang disintesis pada rasio DPNR terhadap MV sebesar 70:30 masih berwarna kuning pucat karena partikel karet lebih dominan dibandingkan dengan partikel MV. Peningkatan jumlah MV juga berakibat pada bertambahnya kekerasan, kekakuan, dan kerapuhan TPNR karena dipengaruhi oleh sifat dasar MV, baik MMA maupun ST, yaitu keras, kaku, dan rapuh. Keberadaan molekul MV yang terangkai pada rantai molekul DPNR mengakibatkan struktur molekul TPNR membentuk jaringan semi kristalin, yaitu sebagian rantai bersifat kristalin dan selebihnya bersifat amorf. Rantai kristalin dengan susunan yang teratur membawa sifat

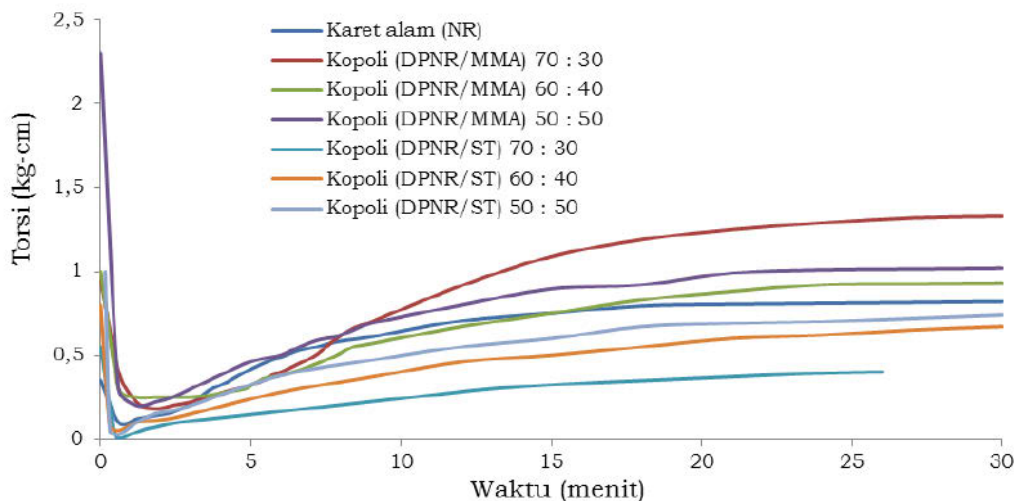
kaku dan keras, sedangkan sifat rapuh disebabkan oleh susunan rantai amorf. Penempelan MV membentuk percabangan pada rantai DPNR sehingga TPNR memiliki struktur rantai molekul yang rapat dan kaku. Kekakuan juga disebabkan oleh peningkatan interaksi dan polaritas di antara molekul penyusun TPNR.

Kemampuan Proses Pengolahan TPNR

Kemampuan proses pengolahan (*processability*) TPNR ditentukan berdasarkan parameter waktu dan konsumsi energi pengkomponan TPNR (Gambar 4). Komponen NR memerlukan waktu pengkomponan terlama sehingga mengkonsumsi energi terbesar. Waktu pengkomponan yang panjang, terutama saat mastikasi, dapat disebabkan NR telah mengalami pengerasan dipercepat (*accelerated hardening*) selama penyimpanan (Chaikumpollert *et al.*, 2011). *Accelerated hardening* karet alam ini disebabkan molekul bahan non karet (protein, lipid, keton, dan aldehid) yang saling berikatan silang membentuk gel (Nimpaiboon, Amnuaypornsri, & Sakdapipanich, 2013). Ikatan silang pada gel ini sulit diputus secara mekanik sehingga proses mastikasinya memerlukan waktu lama dan mengkonsumsi energi yang besar.



Gambar 4. Parameter pengkomponan *thermoplastic natural rubber* (TPNR)
Figure 4. Parameters of *thermoplastic natural rubber* (TPNR) compounding



Gambar 5. Rheograf *natural rubber* (NR) dan *thermoplastic natural rubber* (TPNR)
Figure 5. Rheograph of *natural rubber* (NR) and *thermoplastic natural rubber* (TPNR)

Penurunan waktu dan energi pengkomponan mulai terjadi pada kompon TPNR seiring dengan peningkatan komposisi MV. Pengkomponan dilakukan dalam mesin giling terbuka, dilengkapi dengan *roll* yang berputar sehingga menimbulkan panas. Akibatnya, MMA maupun ST dalam TPNR mulai mengalami pelelehan sehingga mempercepat terbentuknya plastisitas kompon TPNR. Pelelehan MMA dan ST dapat meningkatkan pergerakan rantai molekul kopolimer cangkok (Man *et al.*, 2008). Semakin tinggi komposisi MV, semakin banyak lelehan yang terbentuk sehingga akan lebih cepat mencapai plastisitas. Kopoli (DPNR/ST) mempunyai nilai parameter pengkomponan lebih tinggi dibandingkan dengan kopoli (DPNR/MMA) karena pengaruh dari titik leleh ST yang berada di atas MMA dan molekul ST bersifat lebih kaku dibandingkan dengan MMA.

Karakteristik Vulkanisasi Kompon TPNR

Rheograf hasil pengujian karakteristik vulkanisasi kompon TPNR suhu 150°C memperlihatkan nilai selisih modulus torsi ($S_{max}-S_{min}$) dan menggambarkan derajat ikatan silang yang terbentuk antar molekul karet saat vulkanisasi (Gambar 5). Nilai ini menentukan sifat mekanik TPNR. Ikatan silang terjalin di antara rantai molekul karet alam yang masih mengandung ikatan rangkap C=C yang belum diadisi oleh MV. Ikatan rangkap C=C saling membentuk ikatan silang yang dijembatani oleh atom sulfur dalam bentuk monosulfida, disulfida, maupun polisulfida. Vulkanisasi kompon NR maupun TPNR terjadi dalam tiga tahap. Tahap pertama, induksi pada menit ke-0 sampai 3:

terjadi reaksi kimia antara karet dengan bahan kimianya, namun belum terbentuk ikatan silang sehingga kurva rheograf menunjukkan kecenderungan menurun. Tahap kedua, mulai terjadi pembentukan jaringan ikatan silang antar molekul karet sehingga kurva rheograf mulai meningkat. Selama vulkanisasi, kekakuan kompon NR maupun TPNR akan bertambah seiring dengan semakin tingginya derajat ikatan silang. Ini menyebabkan rotor dalam MDR menjadi sulit bergerak dan menghasilkan modulus torsi yang tinggi. Setelah tercapai waktu vulkanisasi optimum, proses memasuki tahap ketiga, yaitu vulkanisasi lanjut.

Torsi kopoli (DPNR/MMA) merupakan yang tertinggi dibandingkan dengan NR dan kopoli (DPNR/ST). Torsi terendah ditunjukkan kopoli (DPNR/ST). Ikatan rangkap C=C di dalamnya telah banyak diadisi oleh monomer ST saat reaksi kopolimerisasi cangkok sehingga hanya sedikit yang bereaksi dengan sulfur membentuk ikatan silang. Ini berbeda dengan jumlah ikatan C=C pada kopoli (DPNR/MMA) yang masih mencukupi dalam menghasilkan ikatan silang sehingga torsi menjadi tinggi. Karakteristik rheograf untuk kopoli (DPNR/ST) memiliki kecenderungan mengalami efek peningkatan (*marching*) karena mengandung cincin benzena dalam struktur molekulnya sehingga memiliki ketahanan yang baik terhadap pemanasan lanjut. Pada kopoli (DPNR/MMA), terjadi efek *plateau* di akhir reaksi vulkanisasi. Sebaliknya, pada akhir kurva rheograf, kompon NR menunjukkan sedikit penurunan (*reversion*) akibat terdegradasinya struktur ikatan silang terutama ikatan polisulfida karena energi panas (Nakason,

Pechurai, Shakaro, & Kaesaman, 2006). Dalam molekul NR terdapat banyak hidrogen alilik ($-\text{CH}_3$) yang tidak terlibat dalam reaksi pembentukan ikatan silang, namun mampu berubah menjadi radikal yang dapat memicu disosiasi ikatan silang sulfur (Nampitch & Buakaew, 2006).

Karakteristik Mekanik TPNR

TPNR yang disintesis dari DPNR dan monomer MMA pada rasio 50:50 tidak diuji sifat mekaniknya karena memiliki sifat yang sangat kaku dan rapuh (Gambar 6). Nilai kuat-tarik dan perpanjangan-putus vulkanisat NR lebih tinggi dibandingkan dengan TPNR karena rantai molekul vulkanisat NR yang diregangkan mengalami kristalisasi (*strain-induced crystallization*). Saat diregangkan, ikatan silang dalam struktur molekul karet alam akan membentuk susunan teratur dan rapi menyerupai struktur kristal sehingga diperlukan tenaga yang besar untuk dapat memutus rantai molekul NR sehingga vulkanisat NR memiliki nilai modulus dan kekerasan yang rendah. Kekerasan NR yang rendah disebabkan dalam formulasi kompon NR tidak ditambah dengan *reinforcing filler*.

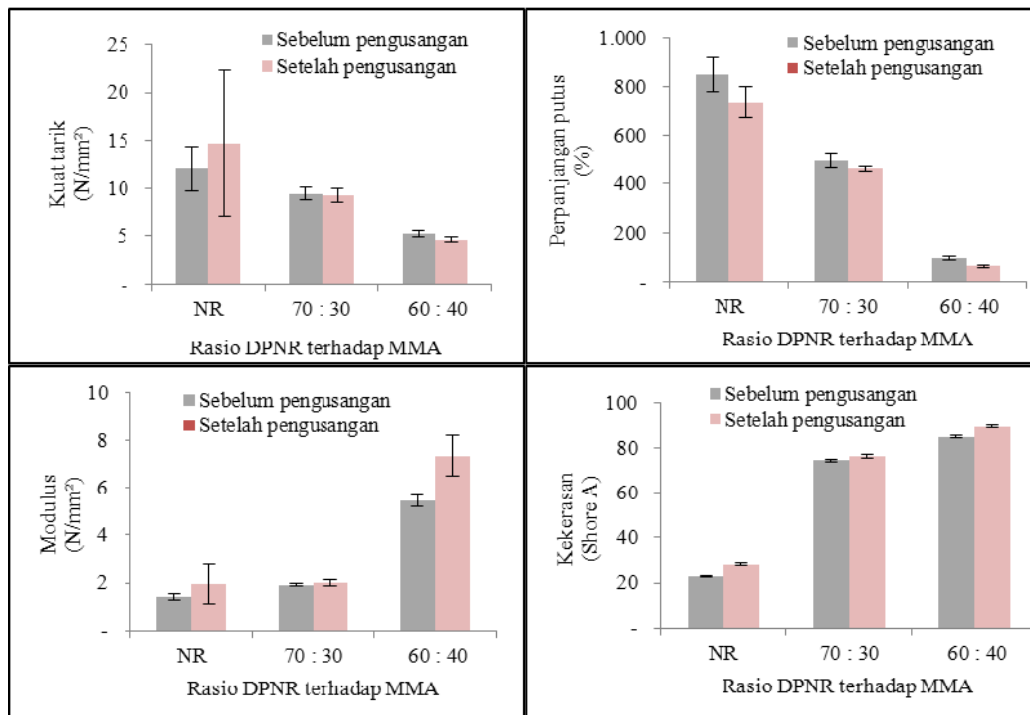
Berbeda dengan NR, dalam rantai molekul TPNR yang diregangkan tidak mengalami kristalisasi. Terdapatnya *pendent group* dalam struktur molekul MV menghambat terjadinya kristalisasi saat diregangkan. Rantai percabangan yang dibentuk oleh MV yang tercangkok pada rantai molekul DPNR, menyebabkan TPNR bersifat amorf dan memiliki susunan rantai molekul sangat rapat, namun tidak teratur. Hal ini mengakibatkan struktur TPNR hanya memiliki ruang sempit untuk dapat menampung rantai molekul TPNR menjadi panjang saat diregangkan. Oleh karena itu, nilai kuat-tarik dan perpanjangan-putusnya rendah. Berkurangnya elastisitas TPNR disertai dengan peningkatan modulus vulkanisat TPNR karena rantai molekulnya menjadi sulit bergerak. Peningkatan interaksi di dalam dan di antara molekul TPNR karena bertambahnya tingkat kepolaran mengakibatkan terbentuknya ikatan hidrogen yang kuat sehingga kekakuan molekul TPNR menjadi naik (Nakason *et al.*, 2006).

Kopolimer cangkok DPNR dengan MV merupakan contoh *self-reinforced material* (Nampitch & Buakaew, 2006). Penambahan MV meningkatkan kekerasan TPNR meskipun tidak ditambah dengan *reinforcing filler* dalam formulasi komponnya. Pada

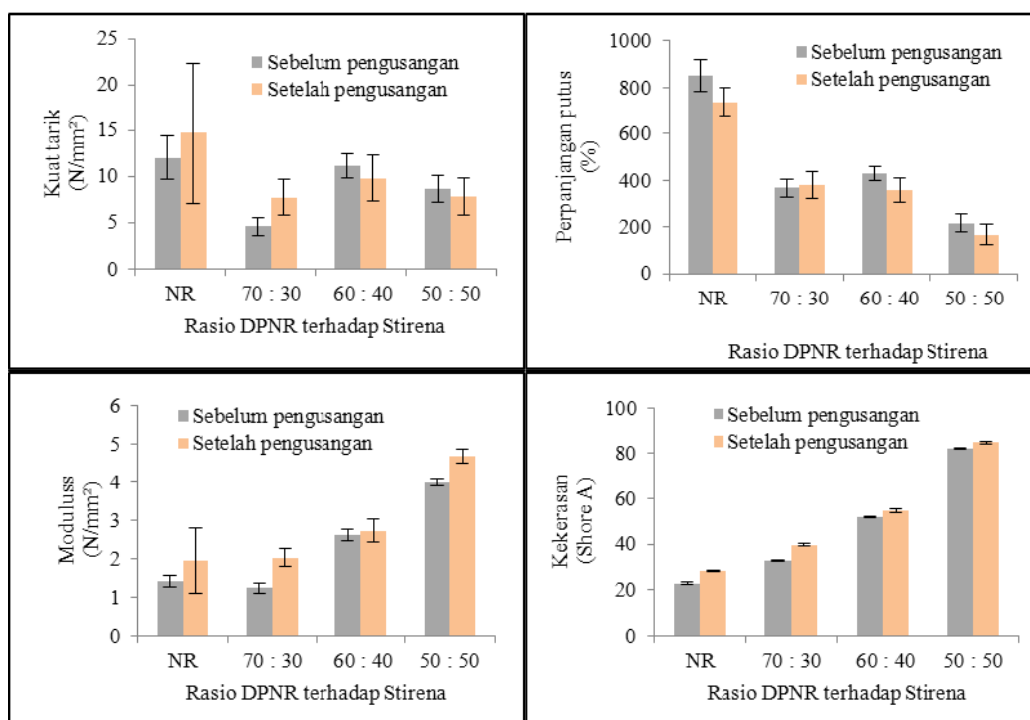
komposisi MV yang sama, monomer MMA memberikan tingkat kekerasan lebih tinggi dibandingkan dengan monomer ST. Keberadaan gugus metil pada posisi α dari gugus vinil dalam struktur molekul monomer MMA menyebabkan monomer ini mempunyai kekerasan cukup baik.

Pengujian pada kondisi setelah pengusangan bertujuan untuk mengetahui kemampuan TPNR dalam mempertahankan sifat mekaniknya setelah terpapar oleh oksigen pada kondisi pemanasan lanjut. Hasilnya, baik NR maupun TPNR mengalami peningkatan kekerasan dan modulus tetapi penurunan perpanjangan-putus. Pada parameter kuat-tarik, seluruh TPNR mengalami penurunan kecuali kopoli (DPNR/ST) 70:30 yang justru naik sebagaimana terjadi pada vulkanisat NR. Pada kondisi uji pengusangan terdapat dua kemungkinan mekanisme reaksi yang terjadi, yaitu reaksi vulkanisasi lanjut antara ikatan rangkap $\text{C}=\text{C}$ dalam rantai molekul karet dengan sulfur dan reaksi oksidasi atau pemutusan ikatan rangkap $\text{C}=\text{C}$ tersebut oleh atom oksigen. Reaksi vulkanisasi lanjut akan meningkatkan derajat ikatan silang dalam vulkanisat karet NR maupun TPNR.

Perubahan sifat mekanik setelah kondisi pengusangan disebabkan reaksi vulkanisasi lanjut lebih dominan daripada reaksi oksidasi ikatan rangkap (Gambar 7 dan 8). Akibat yang ditimbulkan adalah pergerakan di antara molekul penyusun polimer baik NR maupun TPNR, akan berkurang bahkan kehilangan kemampuannya dalam bergerak karena susunan struktur rantai molekulnya yang menjadi semakin rapat dengan bertambahnya jaringan ikatan silang yang terbentuk (Rattanasom & Prasertsri, 2009). Peningkatan derajat ikatan silang akibat vulkanisasi lanjut selama pengusangan diikuti oleh peningkatan kekerasan dan modulus tetapi penurunan elastisitas (perpanjangan-putus). Pada vulkanisat NR dan kopoli (DPNR/ST) 70:30, derajat ikatan silang yang semakin banyak meningkatkan kekuatannya, ditunjukkan oleh bertambahnya nilai kuat-tarik sehingga diperlukan tenaga yang besar untuk memutus rantai molekul vulkanisat kedua polimer tersebut. Dengan demikian, TPNR yang disintesis dari perpaduan karet alam terdeproteinisasi dengan monomer MMA maupun ST berpotensi digunakan sebagai bahan baku pembuatan produk karet. Ini terutama untuk aplikasi luar ruangan yang selama ini menggunakan karet sintetik, dan sebagai bahan aditif dalam pembuatan produk berbasis polimer.



Gambar 6. Sifat mekanik kopoli (DPNR/MMA)
Figure 6. Mechanical properties of copoly (DPNR/MMA)



Gambar 7. Sifat mekanik kopoli (DPNR/ST)
Figure 7. Mechanical properties of copoly (DPNR/ST)

KESIMPULAN

Peningkatan rasio MV terhadap DPNR menghasilkan TPNR bertekstur keras, kaku, dan rapuh. Teknik reaksi secara *batch* yang diterapkan dalam reaksi kopolimerisasi cangkok dapat memicu terbentuknya homopolimer vinil yang tidak tercangkok dalam rantai molekul karet alam, namun turut mempengaruhi pengolahan dan karakteristik TPNR yang dihasilkan. Kopoli (DPNR/MMA) unggul dalam kekerasan, sedangkan kopoli (DPNR/ST) memiliki sifat ketahanan pengusangan yang baik. Rasio DPNR terhadap MV sebesar 70:30 merupakan rasio paling optimum yang mampu menghasilkan TPNR dengan kombinasi sifat elastomer yang berimbang. TPNR menunjukkan karakteristik kuat-tarik dan perpanjangan-putus tidak terlalu rendah, serta modulus dan kekerasan tidak terlalu tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dan memberikan penghargaan setinggi-tingginya kepada Pusat Penelitian Karet atas dukungan pendanaan melalui Program Penelitian In-House Tahun Anggaran 2014.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, S. Hj., Tarawneh, A. A., Yahya, S. Y., & Rasid, R. (2011). *Reinforced thermoplastic natural rubber (TPNR) composite with different types of carbon nanotubes (MWNTS). Carbon nanotubes synthesize, characterization, application*. Yellampalli, S. (Ed.). Retrieved from <http://www.intechopen.com/books/carbon-nano-tubes-synthesis-characterization-applications/reinforced-thermoplastic-natural-rubber-tpnr-composites-with-different-types-of-carbon-nanotubes-mwn>.
- Chaikumpollert, O., Sae-Heng, K., Wakisaka, O., Mase, A., Yamamoto, Y., & Kawahara, S. (2011). Low temperature degradation and characterization of natural rubber. *Polymer Degradation and Stability*, 96, 1989-1995. doi: 10.1016/j.polyimdeggradstab. 2011. 08.010.
- Chaiyasat, P., Suksawad, C., Nuruk, T., & Chaiyasat, A. (2012). Preparation and characterization of nanocomposites of natural rubber with polystyrene and styrene-methacrylic acid copolymer nanoparticles. *EXPRESS Polymer Letters*, 6, 511-518. doi: 10.3144/expresspolymlett.2012.2.54
- Kalkornsurapranee, E., Vennemann, N., Kummerlowe, C., & Nakason, C. (2012). Novel thermoplastic natural rubber based on thermoplastic polyurethane blends: influence of modified natural rubbers on properties of the blends. *Iranian Polymer Journal*, 21(10), 689-700. doi: 10.1007/s13726-012-0075-5.
- Man, S. H. C., Hashim, A. S., & Akil, H. Md. (2006). Preparation and characterization of styrene-methyl methacrylate in deproteinized natural rubber latex (SMMA-DPNR). *Proceedings of VIth National Symposium on Polymeric Materials 2006* (pp. 1-7). Subang Jaya, Malaysia, 13-14 Desember 2006.
- Man, S. H. C., Hashim, A. S., & Akil, H. Md. (2008). Properties of styrene-methyl methacrylate grafted DPNR latex at different monomer concentration. *Journal of Applied Polymer Science*, 109, 9-15. doi: 10.1002/app.28047.
- Nakason, C., Pechurai, W., Sakaharo, K., & Kaesaman, A. (2003). Preparation of graft copolymers from deproteinized and high ammonia concentrated natural rubber latices with methyl methacrylate. *Journal of Applied Polymer Science*, 87, 68-75. doi: 10.1002/app.11671.
- Nakason, C., Pechurai, W., Sakaharo, K., & Kaesaman, A. (2006). Rheological, thermal, and curing properties of natural rubber-g-poly (methyl methacrylate). *Journal of Applied Polymer Science*, 99, 1600-1614. doi: 10.1002/app.22518.
- Nampitch, T., & Buakaew, P. (2006). The effect of curing parameters on the mechanical properties of styrene-NR elastomer containing natural rubber graft polystyrene, *Kasetsart. J. (Nat. Sci)*, 40, 7-16.
- Nimpaiboon, A., Amnuaypornsr, S., & Sakdapiparnich, J. (2013). Influence of gel content on the physical properties of unfilled and carbon black filled natural rubber vulcanizates. *Polymer Testing*, 32, 1135-1144. doi: 10.1016/j.polymertesting.2013.07.003.
- Puspitasari, S., Budianto, E., & Maspanger, D. R. (2015). Kajian modifikasi kimia secara kopolimerisasi cangkok pada pembuatan karet alam termoplastik. *Warta Perakatan*, 34(1), 65-76.
- Rattanasom, N., & Prasertsri, S. (2009). Relationship among mechanical properties, heat ageing resistance, cut growth behavior and morphology in natural rubber: Partial replacement of clay with various types of carbon black at similar hardness level. *Polymer Testing*, 28, 270-276. doi: 10.1016/j.polymertesting. 2008. 12.010.
- Sangwichien, C., Sumanatrakool, P., & Patarapaiboolchai, O. (2008). Effect of filler loading on curing characteristics and mechanical properties of thermoplastic vulcanizate. *Chiang Mai J. Sci*, 35(1), 141-149.

- Shanks, R., & Kong, I. (2012). *Thermoplastic elastomer*. El-Sonbati, A. (Ed.). Retrived from <http://www.intechopen.com/books/thermoplastic-elastomers/thermoplastic-elastomers>.
- Solichin, M. A., Anwar, & Tedjapura, N. (2007). Penggunaan asap cair deorub dalam pengolahan RSS. *Jurnal Penel. Karet.*, 25(1), 1–12.
- Sugiyono. (2010). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif R&D* (p. 380). Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Suhendry, Irwan, & Ompusunggu. (2005). Analisis jumlah padatan dengan oven mini KTiga SP tipe 1 untuk menetapkan kadar karet kering di tempat pengumpulan hasil. *J. Penelt. Karet.*, 24(1), 81–90.
- Sujarwo, R. M., Kopp, T., Nurmalina, R., Asmarantak, R. W. & Ummer, B. (2014). Choice of marketing channels by rubber small traders in the Jambi Province, Indonesia. In *Tropentag 2014: Conference Proceedings*. Prague, Czech Republic.
- Suksawad, P., Kosugi, K., Yamamoto, Y., & Kawahara, S. (2011). Preparation of thermoplastic elastomer from natural rubber grafted with polystyrene. *European Polymer Journal*, 47(3), 330–337. doi: 10.1016/j.eurpolymj.2010.11.018.
- Tan, S.S., & Humaedah, U. (2011). Kajian efektivitas metode diseminasi dalam upaya mempercepat adopsi inovasi teknologi. *J. Peng. dan Pengemb. Teknol. Pert.*, 14(2), 131–140.
- Tekasakul, P., & Tekasakul, S. (2006). Environmental problems related to natural rubber production in Thailand. *J. of Aerosol Research*, 21, 122–129.
- Trangadisaiikul, S. (2011). Oligopsony in the tire industry: A study of its impacts on the natural rubber industry in Thailand. *Thammasat Economic Journal*, 29(1), 129–164.
- Van Beilen, J. B., & Poirier, Y. (2007). Establishment of new crops for the production of natural rubber. *Trends in Biotechnology*, 25(11), 522–529. doi: 10.1016/j.tibtech.2007.08.009.
- Varghese, S., Alex, R., & Kuriakose, B. (2004). Natural rubber-isotactic polypropylene thermoplastic blends. *Journal of Applied Polymer Science*, 92(4), 2063–2068. doi: 10.1002/app.20077.
- Yamamoto, Y., Ngia, P. T., Klinklai, W., Saito, T., & Kawahara, S. (2008). Removal of proteins from natural rubber with urea and its application to continuous processes. *Journal of Applied Polymer Science*, 107, 2329–2332. doi: 10.1002/app.27236.
- Yulita, E. (2012). Pengaruh asap cair serbuk kayu limbah industri terhadap mutu bokar. *J. Riset Industri*, VI(1), 13–22.

PENINGKATAN KUALITAS BIJI KAKAO NON FERMENTASI MELALUI PERLAKUAN PENDAHULUAN SEBELUM INKUBASI

QUALITY IMPROVEMENT OF NON FERMENTED COCOA BEAN THROUGH PRE-INCUBATION TREATMENTS

* M. Iqbal Prawira Atmaja¹⁾, Haryadi²⁾, dan Supriyanto²⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada

²⁾ Staf Pengajar Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada

Jalan Flora No. 1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281 Indonesia

* iqbalprawira@mail.ugm.ac.id

(Tanggal diterima: 10 Desember 2015, direvisi: 5 Januari 2016, disetujui terbit: 18 Maret 2016)

ABSTRAK

Biji kakao yang dihasilkan petani di Indonesia sebagian besar non fermentasi sehingga rasa dan aromanya kurang baik. Inkubasi biji kakao dalam medium *buffer* asetat terbukti dapat memperbaiki kualitas biji kakao kering non fermentasi. Perlakuan pendahuluan biji kakao non fermentasi dengan perlakuan fisik, seperti perendaman dan pemecahan biji sebelum diinkubasi dalam *buffer* asetat, diharapkan dapat lebih meningkatkan kualitas biji (indeks fermentasi dan polifenol). Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh perlakuan pendahuluan biji kakao kering non fermentasi sebelum diinkubasi dalam medium *buffer* asetat terhadap indeks fermentasi dan kadar total polifenol. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan dan Laboratorium Kimia, Biokimia Pangan, dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada, mulai bulan April sampai Desember 2013. Penelitian menggunakan tiga perlakuan, yaitu biji hancuran ukuran 4 mm, biji utuh direndam dalam air (45°C; 16 jam), dan biji utuh tanpa perendaman (kontrol). Inkubasi dilakukan dengan dua tahap, tahap pertama pada medium *buffer* asetat pH 2,7; 600 mM selama 24 jam dan dilanjutkan tahap kedua pada medium *buffer* asetat pH 5,5; 600 mM selama 12 jam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan hancuran pada biji kakao kering non fermentasi sebelum inkubasi dapat meningkatkan nilai indeks fermentasi biji dari 1,15 menjadi 1,54 dan menurunkan kadar total polifenol dari 55,69 menjadi 24,16 mg GAE/g.

Kata kunci: Kakao, non fermentasi, *buffer* asetat, indeks fermentasi, kadar polifenol

ABSTRACT

The cocoa beans produced by farmers in Indonesia are mostly non fermented with unfavourable taste and flavour. Incubating the cocoa beans in acetate buffer medium has been shown to improve the quality of non fermented dried cocoa beans. Pre-incubation treatments of non fermented cocoa beans by physical treatments such as soaking and crushing them prior to the incubation in acetate buffer is expected to improve the beans quality (i.e. fermentation index and polyphenol). The aim of the research was to determine the effect of pre-incubation treatment of non fermented dried cocoa beans in acetate buffer medium on fermentation index and total polyphenols content. The research was carried out in Process Engineering Laboratory, Food Chemical and Biochemical Laboratory, and Postharvest Technology Laboratory at Gadjah Mada University from April to December 2013. The research used three treatments, first: the crushed beans size 4 mm, whole beans soaked in water (45°C; 16 hours), and beans without soaking (control). The incubation was performed in two stages, the first stage was in the acetate buffer medium at pH 2.7; 600 mM for 24 hours, then subsequently at pH 5.5; 600 mM for 12 hours. The results showed that crushed bean treatment of non fermented cocoa beans prior to incubation increased the fermentation index values, from 1.15 to 1.54 and decreased total polyphenol content from 55.69 to 24.16 mg GAE/g.

Keywords: Cocoa, non fermented, acetate buffer, fermentation index, total polyphenol

PENDAHULUAN

Produk kakao Indonesia sebagian besar dihasilkan oleh perkebunan rakyat, hanya sedikit oleh perkebunan swasta dan perkebunan milik negara (Neilson, 2007). Kelemahan dari produk biji kakao kering yang dihasilkan oleh petani adalah tingkat keasaman rendah, kadar biji *slaty* relatif tinggi, dan citarasa khas kakao yang lemah karena tidak terbentuknya prekursor citarasa. Hal itu terjadi karena petani umumnya tidak melakukan fermentasi biji kakao, melainkan langsung menjemurnya setelah dipisahkan dari kulit buah (Hashim, Selamat, Syed Muhammad, & Ali, 1998; Misnawi, Jinap, Jamilah, & Nazamid, 2003; Putra, Wartini, & Anggreni, 2010).

Fermentasi merupakan tahapan penting dalam pengolahan biji kakao. Selama proses fermentasi, lapisan *pulp* kaya gula yang melapisi biji kakao diubah menjadi etanol, asam asetat, dan asam laktat melalui proses fermentasi oleh kapang, bakteri asam asetat, dan bakteri asam laktat (Ardhana & Fleet, 2003; Schwan & Wheals, 2004). Kondisi tersebut memicu difusi asam ke dalam biji dan terjadinya peningkatan suhu hingga 50°C sehingga menyebabkan kematian biji kakao dan membran selnya menjadi *permeable* (Fowler, 2009). Selain itu, selama fermentasi dihasilkan komponen volatil dan non volatil (Jinap & Dimick, 1990; Rodriguez-Campos, Escalona-Buendía, Orozco-Avila, Lugo Cervantes, & Jaramillo-Flores, 2011; Rodriguez-Campos *et al.*, 2012).

Dalam proses fermentasi, bakteri asam asetat memegang peranan penting dalam pembentukan senyawa prekursor *flavor* (Giacometti, Jolic, & Josic, 2015). Ketika produksi asam asetat berhenti maka terjadi oksidasi asam asetat yang menyebabkan peningkatan pH menjadi 5. Derajat keasaman pada 3,8 dan 5,8 sangat dibutuhkan untuk kondisi optimal aktivitas *endogenous protease* yang akan memengaruhi degradasi protein biji dan menghasilkan berbagai macam prekursor aroma (Afoakwa, Peterson, Fowler, & Ryan, 2008; Ho, Zhao, & Fleet, 2014).

Untuk meningkatkan kualitas biji kakao kering non fermentasi salah satunya dapat dilakukan dengan cara menginkubasi biji kakao kering di dalam medium *buffer* asetat. Inkubasi biji kakao non fermentasi dalam medium asam terbukti dapat memperbaiki kualitasnya hingga setara dengan biji kakao fermentasi (Biehl, Brunner, Passern, Quesnel, & Adomako, 1985; Misnawi *et al.*, 2003). Hal ini disebabkan selama proses inkubasi dalam medium asam, larutan asam akan terdifusi ke dalam biji kakao basah sehingga terjadi peningkatan berat biji dan menyebabkan kerusakan *subcellular* biji dan *vacuola* protein mengembang (Biehl, Passern, & Sageman, 1981). Perlakuan biji kakao kering

non fermentasi sebelum diinkubasi dalam *buffer* asetat diharapkan dapat mempercepat difusi asam asetat ke dalam biji sehingga kualitasnya meningkat. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh perlakuan biji kakao kering non fermentasi sebelum inkubasi dalam *buffer* asetat terhadap nilai indeks fermentasi dan kadar polifenol.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses Pengolahan dan Laboratorium Kimia, Biokimia Pangan, dan Hasil Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, mulai bulan April sampai Desember 2013.

Persiapan Biji Kakao

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji kakao kering non fermentasi yang diperoleh dari perkebunan PT Pagilaran, Samigaluh, Kabupaten Kulon Progo, Jawa Tengah. Buah kakao dipecah menggunakan kayu untuk diambil bijinya, kemudian dibersihkan dengan air mengalir dan dijemur pada sinar matahari hingga kadar air $\leq 7\%$ seperti yang dilakukan oleh petani. Biji kakao kering non fermentasi disimpan dalam kemasan plastik vakum pada suhu ruangan.

Perlakuan Biji Kakao Kering Non Fermentasi sebelum Inkubasi dalam Buffer Asetat

Penelitian menggunakan tiga perlakuan terhadap biji kakao kering non fermentasi, yaitu (1) biji kakao kering dalam bentuk hancuran ukuran 4 mm, (2) biji utuh direndam dalam air, dan (3) biji utuh tanpa perendaman (kontrol). Untuk memperoleh biji kakao hancuran, lapisan *husk* biji kakao kering non fermentasi dikupas hingga bersih. Biji kakao kemudian dihancurkan dengan mortar hingga diperoleh ukuran kira-kira 4 mm. Pada perlakuan perendaman, biji kakao direndam dalam air (45°C; 16 jam) di *waterbath* (Misnawi *et al.*, 2003). Perbandingan biji kakao kering non fermentasi pada perendaman air adalah 30 biji di dalam 100 ml akuades. Setelah perendaman, biji kakao ditiriskan dan langsung dipindahkan ke dalam *buffer* asetat. Sebagai kontrol (pembandingan), biji kakao kering non fermentasi langsung diinkubasi pada *buffer* asetat. Tahapan penelitian disajikan pada Gambar 1.

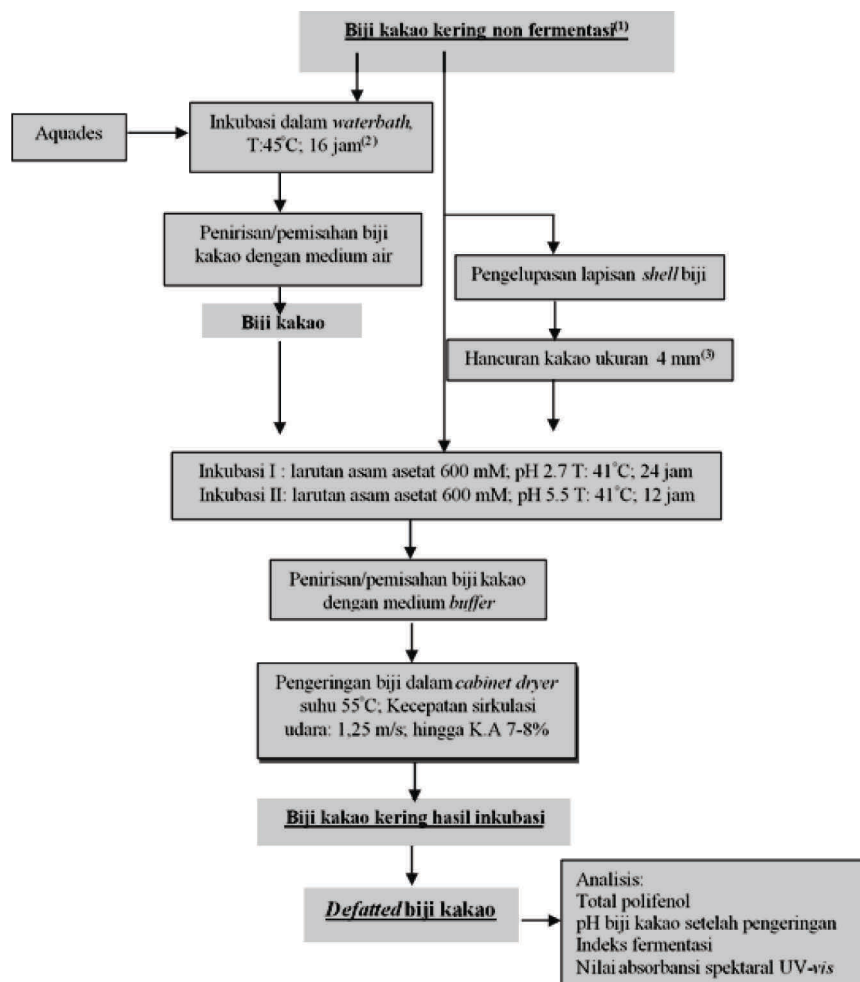
Inkubasi Biji Kakao dalam Buffer Asetat

Proses inkubasi biji kakao dilakukan dalam 2 tahap, tahap pertama biji diinkubasi dalam *buffer* asetat 600 mM (pH 2,7; 41°C; 24 jam), selanjutnya biji kakao dikeluarkan dari medium *buffer* dan dilanjutkan ke

inkubasi kedua pada medium *buffer* asetat 600 mM (pH 5,5; 41°C; 12 jam) (Bernaert, Camu, & Lochmueller, 2011). Perbandingan biji dan *buffer* asetat yang digunakan adalah 30 biji di dalam 90 ml larutan *buffer*. Khusus perlakuan biji hancuran, perbandingannya adalah 40 g di dalam 90 ml larutan asam. Setelah proses inkubasi, biji kakao selanjutnya dikeringkan menggunakan oven (55°C; kecepatan sirkulasi udara 1,25 m/s) hingga diperoleh kadar air $\leq 7\%$ (sekitar hari ke-4).

Penentuan Nilai Absorpsi Spektrum dan Indeks Fermentasi

Metode pengukuran indeks fermentasi mengacu pada Misnawi *et al.* (2003). Sebanyak 0,5 g sampel biji kakao yang telah dihancurkan diekstrak menggunakan 50 ml larutan campuran metanol : HCl (97 : 3). Campuran sampel dengan larutan kemudian dibiarkan homogen di dalam *refrigerator* (8°C) selama 16–19 jam. Filtrat selanjutnya disaring menggunakan kertas *Whatmann* No 1. Absorpsi spektrum diamati pada panjang gelombang 400–700 nm menggunakan UV-*vis* Shimadzu UV-1601 spektrofotometer. Indeks fermentasi dihitung berdasarkan rasio nilai absorbansi pada panjang gelombang 460 nm dengan absorbansi 530 nm ($IF = A_{460} / A_{530}$).



Gambar 1. Diagram alir tahapan penelitian
Figure 1. Research flowchart

Analisis Total Polifenol

Pengukuran total polifenol mengacu pada metode *Folin-Ciocalteu* yang dilakukan oleh Noor-Soffalina, Jinap, Nazamid, & Nazimah (2009). Serbuk kakao bebas lemak sebanyak 500 mg dicampurkan ke dalam 80 ml *aqueous acetone* 80% kemudian disonikasi selama 30 menit pada kondisi dingin melalui penambahan es batu ke dalam wadah sonikator. Campuran kemudian disaring menggunakan kertas saring *Whatmann* No. 1 hingga didapatkan ekstrak yang bersih. Residu dan *glassware* dibilas dengan aseton 80% hingga diperoleh volume 100 ml. Sebanyak 1 ml ekstrak dipipet ke dalam 10 ml labu ukur dan dilarutkan dengan akuades sebanyak 7 ml. Ekstrak polifenol kemudian direaksikan dengan 0,5 ml *reagent Folin-Ciocalteu* (1:1 air) dan dibiarkan selama 2–3 menit, selanjutnya ditambahkan 1 ml Na_2CO_3 15% (15 g dilarutkan dengan akuades) untuk menstabilkan pembentukan warna biru. Pembentukan warna biru disebabkan reaksi spesifik polifenol dengan reagen Folin. Sampel uji disimpan selama 2 jam pada ruang gelap, selanjutnya diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 760 nm. Hasil total polifenol disajikan dalam miligram asam galat *equivalent*/gram yang diperoleh dari persamaan kurva standar dari larutan asam galat dengan konsentrasi 1–100 mg/L (ppm). Sebagai pembanding nilai total polifenol digunakan biji kakao hasil fermentasi dari PT. Bumiloka, Jawa Barat.

Pengukuran Nilai pH Biji Kakao

Pengukuran nilai pH biji kakao berdasarkan metode Jinap, Ikrawan, Bakar, Saari, & Lioe (2008). Biji kakao sebanyak 5 g yang telah dihaluskan dengan mortar dimasukkan ke dalam erlenmeyer 150 ml, kemudian ditambahkan 45 ml akuades dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik selama 10 menit. Selanjutnya, suspensi sampel disentrifugasi selama 10 menit dan dilanjutkan dengan penyaringan menggunakan kertas saring *Whatmann* No. 4. Larutan didinginkan hingga suhu $27 \pm 2^\circ\text{C}$, kemudian diukur nilai pH-nya menggunakan pH meter yang terlebih dahulu dikalibrasi dengan larutan *buffer* pH 4 dan 7.

Penghilangan Lemak (*Defatting*) Biji Kakao

Penghilangan lemak biji kakao mengacu pada Jinap *et al.* (2010) menggunakan metode *soxhlet* dengan pelarut *petroleum eter* (*b.p.* 40°C – 60°C). Sebanyak 10 gram biji kakao yang telah dihancurkan hingga berukuran 0,3 mm dimasukkan ke dalam kertas saring kemudian ke dalam *soxhlet apparatus* dan diekstraksi selama 8 jam. Sampel *defatting* diletakkan di ruang terbuka selama 24 jam untuk menguapkan pelarut yang

tersisa, selanjutnya dihancurkan menjadi serbuk bebas lemak menggunakan *blender*. Sampel tersebut digunakan untuk analisis total polifenol.

Analisis Data

Data hasil uji yang diperoleh dianalisis *one way ANOVA* menggunakan program *IBM® SPSS® Statistic* 23. Jika terdapat perbedaan pengaruh yang nyata pada variabel bebas maka dilanjutkan dengan uji *Duncan* (DMRT).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Nilai pH Biji Kakao Selama Inkubasi dan Pengerangan

Nilai pH merupakan parameter penting untuk menentukan tingkat keasaman biji kakao fermentasi. Perubahan nilai pH diamati pada setiap tahap inkubasi (12 dan 24 jam), dan setelah pengeringan. Biji kakao kering tanpa fermentasi sebelum diinkubasi memiliki pH 6,12. Pada tahap awal inkubasi, semua perlakuan mengalami penurunan pH (3,48–3,96). Inkubasi tahap kedua mengakibatkan peningkatan pH biji kakao dibandingkan dengan inkubasi tahap pertama hingga 4,35–4,55 (Tabel 1). Penurunan nilai pH disebabkan asam asetat terdifusi ke dalam lapisan biji kakao sehingga terjadi proses asidifikasi. Asam yang terdifusi ke dalam dinding sel akan menyebabkan kematian sel biji kakao (Biehl *et al.*, 1985; Kirchhoff, Biehl, & Crone, 1989).

Perlakuan hancuran biji kakao pada tahap inkubasi I memiliki nilai pH paling rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal ini disebabkan perbedaan kecepatan difusi asam ke dalam kotiledon. Bentuk hancuran menyebabkan luas permukaan biji yang kontak dengan asam asetat lebih besar sehingga berpengaruh terhadap kecepatan penetrasi asam asetat (Biehl & Passern, 1982). Pada tahap inkubasi II (akhir proses inkubasi) dan setelah pengeringan, nilai pH pada perlakuan hancuran biji justru paling tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hal tersebut terjadi karena selama proses pengeringan senyawa asam volatil menguap bersama dengan menguapnya air (Jinap, Dimick, & Hollender, 1995). Selain itu, selama pengeringan udara dari luar akan masuk melalui kulit biji sehingga cairan sel yang terdapat di bawah kulit biji menguap dan secara perlahan kotiledon akan berubah menjadi cokelat. Pencokelatan adalah reaksi oksidasi senyawa polifenol dengan bantuan udara dan *polifenol oksidase* (Haryadi & Supriyanto, 2012).

Tabel 1. Perubahan nilai pH biji kakao selama inkubasi *buffer* asetat dan setelah pengeringan
Table 1. Changes in pH value of cocoa beans during incubation in acetate buffer and after drying

Perlakuan pada biji kakao kering non fermentasi	Tahap inkubasi		Nilai pH biji kakao setelah pengeringan
	Inkubasi I (pH 2,7; 600 mM; 24 jam)	Inkubasi II (pH 5,5; 600 mM; 12 jam)	
Biji utuh dengan perendaman air 45°C; 16 jam	3,90 ± 0,17 b	4,35 ± 0,16 a	4,81 ± 0,12 a
Biji hancuran 4 mm tanpa perendaman	3,48 ± 0,14 a	4,55 ± 0,12 b	5,68 ± 0,28 b
Biji utuh tanpa perendaman air (kontrol)	3,96 ± 0,26 b	4,39 ± 0,19 a	4,65 ± 0,09 a

Keterangan : Nilai pH biji kering non fermentasi sebelum inkubasi = 6,12. Inkubasi dalam medium asam asetat dilakukan pada suhu 41°C. Pengeringan dilakukan pada pengering kabinet suhu 55°C; sirkulasi udara 12,5 m/s; kadar air akhir biji 7%–8%.

Notes : pH value of non fermented dried cocoa beans before incubation = 6.12. Incubation in acetate buffer medium at 41°C. Beans dehydrated in the cabinet dryer at 55°C; air circulation at 12.5m/s; water content of dried beans 7%–8%.

Apabila dimasukkan ke dalam kategori karakteristik keasaman yang diusulkan Jinap & Dimick (1990) maka biji kakao bentuk hancuran masuk dalam kategori pH tinggi (5,50–5,80), sedangkan perlakuan biji utuh masuk dalam kategori pH rendah (4,75–5,19). Biji kakao yang masuk pada kategori pH rendah memiliki tingkat keasaman tinggi, disertai dengan tingginya konsentrasi asam asetat dan asam sitrat. Tingkat keasaman berpengaruh terhadap karakteristik citarasa dan aroma produk cokelat yang dihasilkan. Biji kakao dengan pH 5,0–5,5 menghasilkan potensi aroma lebih tinggi jika dibandingkan dengan pH 4,0–4,5 yang memberikan aroma lebih rendah (Biehl *et al.*, 1985; Afoakwa *et al.*, 2011; Ofosu-Ansah *et al.*, 2013).

Indeks Fermentasi dan Spektrum UV-vis Biji Kakao Hasil Inkubasi Buffer Asetat

Indeks fermentasi merupakan parameter untuk mengukur derajat fermentasi biji kakao dengan cara mengukur perubahan warna dari ungu menjadi cokelat. Selain itu, indeks fermentasi secara tidak langsung dapat digunakan sebagai alat pengukur kandungan antosianin pada biji kakao. Antosianin merupakan salah satu komponen utama polifenol biji kakao yang pada kondisi asam menghasilkan warna merah hingga ungu dengan absorbansi maksimum pada 500–550 nm (Misnawi *et*

al., 2003). Biji kakao hasil fermentasi konvensional memiliki indeks fermentasi ≥ 1 disebabkan oleh pembentukan warna cokelat-kuning hasil oksidasi polifenol (Misnawi *et al.*, 2003; Nazaruddin, Seng, Hassan, & Said, 2006).

Proses inkubasi dalam medium *buffer* asetat berperan dalam perubahan indeks fermentasi biji kakao. Tabel 2 menunjukkan biji kakao kering non fermentasi memiliki indeks fermentasi 0,36; sedangkan biji kakao hasil inkubasi memiliki nilai indeks fermentasi 1,04–1,54. Perlakuan awal sebelum inkubasi memberikan perbedaan yang nyata terhadap nilai indeks fermentasi biji kakao. Biji kakao dalam bentuk hancuran memiliki indeks fermentasi lebih tinggi (1,54) dibandingkan dengan perlakuan perendaman air dan kontrol.

Antosianin merupakan komponen polifenol yang memberikan warna ungu pada biji kakao. Hal itulah yang menyebabkan nilai indeks fermentasi biji kakao kering non fermentasi lebih kecil dari 1. Selama inkubasi biji kakao dalam *buffer* asetat, antosianin akan terhidrolisis menjadi antosianidin (Wollgast & Anklam, 2000). Selama pengeringan biji kakao, jumlah polifenol akan berkurang akibat pencokelatan enzim yang dikatalisis oleh *polifenol oksidase* dan akan terdifusi keluar dari biji (Kim & Keeney, 1983).

Tabel 2. Indeks warna fermentasi pada perlakuan inkubasi biji kakao kering non fermentasi
Table 2. Fermentation colour index of non fermented dried cocoa bean during treatment

Perlakuan pada biji kakao kering non fermentasi	Abs 460 nm	Abs 530 nm	Indeks fermentasi (Rasio 460/530 nm)
Biji utuh perendaman air 45°C; 16 jam	0,38	0,37	1,04 ± 0,02 b
Biji hancuran 4 mm tanpa perendaman	0,23	0,15	1,54 ± 0,15 a
Biji utuh tanpa perendaman (kontrol)	0,45	0,39	1,15 ± 0,12 b

Keterangan : Data ± Std dari tiga kali ulangan. Inkubasi pada medium *buffer* asetat suhu 41°C. Tahap I: asam asetat pH 2,7; 600 mM. Tahap II: asam asetat pH 5,5; 600 mM. Indeks fermentasi diukur pada biji kakao setelah pengeringan pada pengering kabinet (55°C; sirkulasi udara 12,5 m/s; 4 hari).

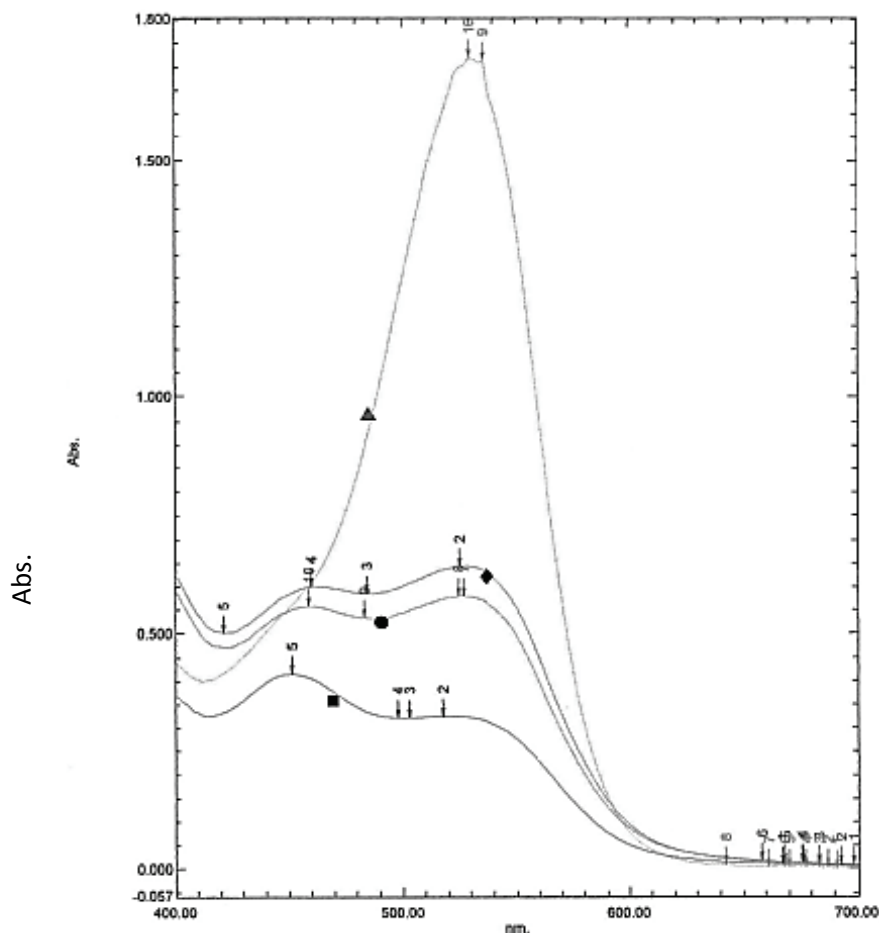
Notes : Data ± Std from three replications. Incubation in acetate buffer medium at 41°C. Phase I: acetate acid pH 2.7; 600mM. Phase II: acetate acid pH 5.5; 600mM. Fermentation index measured after beans dehydration in cabinet dryer (55°C; air circulation at 12.5m/s; 4 days).

Selain itu, asam asetat juga berperan dalam mengaktivasi enzim *polifenol oksidase* yang akan membantu oksidasi pada biji kakao kering sehingga biji menjadi warna coklat. Hansen, del Olmo, & Burri, (1998) dan Misnawi, Selamat, Bakar, & Saari (2002a) menyatakan bahwa pada biji kakao kering masih terdapat aktivitas enzim yang tersisa. Aktivitas enzim *polifenol oksidase* pada biji kakao kering rata-rata $157,49 \pm 58,03$ U/gram (bk) biji kakao dengan aktivitas maksimum 258,22 U/gram (Putra *et al.*, 2010).

Hasil pengukuran spektrum menunjukkan biji kakao kering tanpa fermentasi memiliki titik maksimum absorbansi pada 500–530 nm. Perubahan spektrum UV-*vis* terhadap masing-masing perlakuan memberikan spektrum grafik yang berbeda-beda. Setelah inkubasi, semua perlakuan biji kakao mengalami penurunan secara nyata pada absorbansi 530 nm. Sebaliknya, pada absorbansi di bawah 500 nm justru mengalami peningkatan. Perlakuan biji kakao dalam bentuk

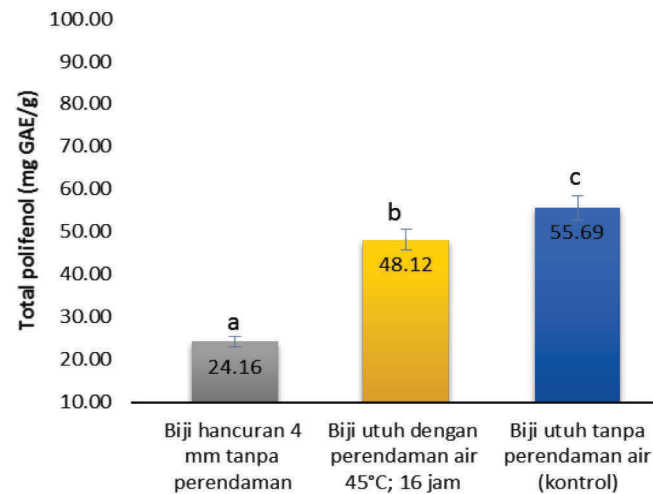
hancuran memiliki absorbansi lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Gambar 2). Perubahan kurva spektrum UV-*vis* biji kakao sebelum dan sesudah fermentasi juga telah dilaporkan oleh Misnawi *et al.* (2003) dan Romero-cortes *et al.* (2013).

Absorbansi 530 nm menunjukkan tingkat keberadaan antosianin pada biji kakao (Misnawi, Jinap, Nazamid, & Jamilah, 2002b). Inkubasi biji kakao pada medium *buffer* asetat menghasilkan penurunan spektrum pada absorbansi 530 nm dan terjadi peningkatan nilai spektrum pada nilai absorbansi di bawah 500 nm. Peningkatan absorbansi di bawah 500 nm kemungkinan besar karena produk oksidasi dari aktivitas *polifenol oksidase* seperti quinon yang terjadi selama proses pengeringan. Quinon merupakan produk hasil oksidasi polifenol yang bersifat sangat reaktif (Kim & Keeney, 1983). Hasil oksidasi polifenol biji kakao bisa dideteksi pada panjang gelombang 460 nm (Romero-cortes *et al.*, 2013).



Gambar 2. Perubahan spektrum UV-*vis* biji kakao kering non fermentasi sebelum (▲) dan setelah diinkubasi dalam medium *buffer* asetat dengan perlakuan pendahuluan biji hancuran (4 mm) (■), biji utuh direndam air 45°C; 16 jam (◆), dan biji utuh tanpa perendaman (kontrol) (●)

Figure 2. Changes in spectral UV-*vis* of dried non fermented cacao beans, pre- (▲) and post-incubation in acetate buffer medium with pre-treatments of crushed beans (4 mm) (■), water-soaked beans at 45°C; 16±2 hours (◆), and unsoaked beans (control) (●)



Gambar 3. Nilai total polifenol (mg GAE/g) biji kakao non fermentasi yang diinkubasi dalam medium *buffer* asetat pada tiga perlakuan pendahuluan. Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata pada uji Duncan taraf 5%

Figure 3. Total polyphenols value (mg GAE/g) of non fermented cocoa beans incubated in acetate buffer medium from the three pre-treatments. Different letters showed significantly different according to Duncan test at 5% level

Total Polifenol Biji Kakao Hasil Inkubasi *Buffer* Asetat

Selama proses inkubasi, asam asetat terdifusi ke dalam vakuola sel biji kakao, menyebabkan kerusakan struktur sel sehingga senyawa polifenol keluar dari sel dan terhidrolisis. Hal ini menyebabkan senyawa katekin teroligimerisasi dan senyawa proantosianidin berubah menjadi bentuk yang lebih kompleks (Biehl & Ziegleder, 2003). Hidrolisis tersebut menyebabkan terjadinya perubahan nilai total polifenol pada biji kakao setelah perlakuan inkubasi. Perubahan polifenol kakao banyak dipengaruhi oleh pengolahan kakao, seperti fermentasi, pengeringan, dan penyangraian. Umumnya proses fermentasi mampu mengurangi total polifenol dari konsentrasi awal hingga 90% sehingga kandungan polifenol pada biji kakao akan berbeda dengan produk turunannya (Kothe *et al.*, 2013).

Biji kakao tanpa fermentasi sebelum diinkubasi memiliki total polifenol sebesar $90,38 \pm 4,76$ mg GAE/g. Sebagai perbandingan, biji kakao fermentasi kandungan total polifenolnya sebesar 56,32 mg GAE/g, tidak berbeda jauh dengan biji kakao kering non fermentasi yang langsung diinkubasi ke *buffer* asetat, yaitu 55,69 mg GAE/g (Gambar 3). Perlakuan biji kakao kering sebelum dilakukan inkubasi dalam *buffer* asetat memberi pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap jumlah total polifenol biji kakao. Total polifenol pada perlakuan perendaman air dan hancuran dari biji kakao kering non fermentasi lebih rendah dibandingkan dengan yang langsung diinkubasi, yaitu masing-masing 48,12 dan 24,16 mg GAE/g.

KESIMPULAN

Perlakuan pendahuluan sebelum inkubasi biji kakao non fermentasi dalam medium *buffer* asetat berpengaruh terhadap pH, indeks fermentasi, dan total polifenol. Nilai pH biji kakao setelah inkubasi pada perlakuan pendahuluan biji hancuran (5,68) lebih tinggi dibandingkan dengan biji direndam air (4,81) dan tanpa perendaman (4,65). Selain itu, perlakuan pendahuluan biji hancuran menyebabkan nilai indeks fermentasi meningkat dari 1,15 menjadi 1,54 dan nilai total polifenol menurun dari 55,69 menjadi 24,16. Dengan demikian, biji kakao hancuran merupakan perlakuan pendahuluan sebelum inkubasi terbaik untuk meningkatkan kualitas biji kakao non fermentasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada direksi dan karyawan PT Pagilaran atas bantuan tempat dan sampel biji kakao selama penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Susanto Purwo atas bantuan sampel lemak kakao serta biji kakao Ghana dan Bumiloka.

DAFTAR PUSTAKA

- Afoakwa, E.O., Peterson, A., Fowler, M., & Ryan, A. (2008). Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review. *Crit Rev Food Sci. Nutr.*, 48, 840–857.
- Afoakwa, E. O., Quao, J., Budu, A. S., Takrama, J., & Saalia, F. K. (2011). Effect of pulp preconditioning on acidification, proteolysis, sugars and free fatty acids concentration during fermentation of cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(7), 755–764. doi: 10.3109/09637486.2011.581224.
- Ardhana, M. M., & Fleet, G. H. (2003). The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. *International Journal of Food Microbiology*, 86, 87–99.
- Bernaert, H., Camu, N., & Lochmueller, T. (2011). *Method for processing cocoa beans*. US Patent No. 2011/0064849A1.
- Biehl, B., Passern, D., & Sageman, W. (1981). Effect of acetic acid on subcellular structure of cocoa bean cotyledon. *J.Sci. food. Agric.*, 33, 1101–1109.
- Biehl, B., & Passern, D. (1982). Proteolysis during fermentation-like incubation of cocoa seeds. *J. Sci. Fd Agric.*, 33, 1280–1290.
- Biehl, B., Brunner, E., Passern, D., Quesnel, V. C., & Adomako, D. (1985). Acidification, proteolysis, and flavour potential in fermenting cocoa beans. *J. Sci. Fd Agric.*, 36, 583–598.
- Biehl, B., & Ziegler, G. (2003). Cocoa: Chemistry of processing, 2nd edition. In B. Caballero, L. Trugo, P. M. Finglas (Eds), *Encyclopedia of food sciences and nutrition* (pp. 1436–48). New York: Academic Press.
- Fowler, M.S. (2009). Cocoa beans: From tree to factory, 4th. In Beckett, S.T. (Ed), *Industrial chocolate manufacture and use* (pp.10–47). York, UK: Wiley Blackwell.
- Giacometti, J., Jolic, S.M., & Josic, D. (2015). Cocoa processing and impact on composition. In Preedy, V.R. (Ed), *Processing and impact on active components in food* (p. 605–12). London/Waltham/San Diego: Academic Press.
- Hansen, C. E., del Olmo, M., & Burri, C. (1998). Enzyme activities in cocoa beans during fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 77(2), 273–281.
- Haryadi, & Supriyanto. (2012). Teknologi kakao. In *Teknologi coklat* (p. 56). Cetakan pertama. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hashim, P., Selamat, J., Syed Muhammad, S. K., & Ali, A. (1998). Effect of mass and turning time on free amino acid, peptide-N, sugar, and pyrazine concentration during cocoa fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 78(4), 543–550.
- Ho, V.T.T., Zhao, J., & Fleet, G. (2014). Yeasts are essential for cocoa bean fermentation. *Int J Food Microbiol.*, 174, 72–87.
- Jinap, S., & Dimick, P. S. (1990). Acidic characteristics of fermented and dried cocoa beans from different countries of origin. *Jurnal of Food Science*, 55(2), 547.
- Jinap, S., Dimick, P. S., & Hollender, R. (1995). Flavour evaluation of chocolate formulated from cocoa beans from different countries. *Food Control*, 6(2), 105–110.
- Jinap, S., Ikrawan, Y., Bakar, J., Saari, N., & Lioe, H. N. (2008). Aroma precursors and methylpyrazines in underfermented cocoa beans induced by endogenous carboxypeptidase. *J. Food Sci.*, 73(7), 141–147.
- Jinap, S., Lioe, H., Yusep, I., Nazamid, S., & Jamilah, B. (2010). Role of carboxypeptidases to the free amino acid composition, methylpyrazine formation and sensory characteristic of under-fermented cocoa beans. *International Food Research Journal*, 17, 763–774.
- Kim, H., & Keeney, P. G. (1983). Method of analysis for (-)-epicatechin in cocoa beans by high performance liquid chromatography. *J Food Sci.*, 48, 548–551.
- Kirchhoff, P.M., Biehl, B., & Crone, G. (1989). Peculiarity of the accumulation of free amino acids during cocoa fermentation. *Food Chemistry*, 31, 295–311.
- Kothe, L., Zimmermann, B.F., & Galensa, R. (2013). Temperature influences epimerization and composition of flavanol monomers, dimers, and trimers during cocoa bean roasting. *Food Chem.*, 141, 3656–63.
- Misnawi, Selamat, J., Bakar, J., & Saari, N. (2002a). Oxidation of polyphenols in unfermented and partly fermented cocoa beans by cocoa polyphenol oxidase and tyrosinase. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(5), 559–566.
- Misnawi, Jinap, S., Nazamid, S., & Jamilah, B. (2002b). Activation of remaining key enzymes in dried under-fermented cocoa beans and its effect on aroma precursor formation. *Food Chemistry*, 78, 407–417.
- Misnawi, Jinap, S., Jamilah, B., & Nazamid, S. (2003). Effects of incubation and polyphenol oxidase enrichment on colour, fermentation index, procyanidins and astringency of unfermented and partly fermented cocoa beans. *International Journal of Food Science & Technology*, 38, 285–295.

- Nazaruddin, R., Seng, L. K., Hassan, O., & Said, M. (2006). Effect of pulp preconditioning on the content of polyphenols in cocoa beans (*Theobroma cacao*) during fermentation. *Industrial Crops and Products*, 24(1), 87–94.
- Neilson, J. (2007). Global markets, farmers and the state: Sustaining profits in the Indonesian cocoa sector. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 43(2), 227–250.
- Noor-Soffalina, S. S., Jinap, S., Nazamid, S., & Nazimah, S. A. H. (2009). Effect of polyphenol and pH on cocoa Maillard-related flavour precursors in a lipidic model system. *International Journal of Food Science & Technology*, 44(1), 168–180.
- Ofosu-Ansah, E., Budu, A. S., Mensah-Brown, H., Takrama, J. F., & Afoakwa, E. O. (2013). Changes in nib acidity, proteolysis and sugar concentration as influenced by pod storage and roasting conditions of fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *Journal of Food Science and Engineering*, 3(12), 635.
- Putra, G.P.G., Wartini, N.M., & Anggreni, A.A.M. (2010). Karakterisasi enzim polifenol oksidase biji kakao (*Theobroma cacao* Linn.). *AGRITech*, 30(30), 152–157.
- Rodriguez-Campos, J., Escalona-Buendía, H. B., Orozco-Avila, I., Lugo Cervantes, E., & Jaramillo-Flores, M. E. (2011). Dynamics of volatile and non-volatile compounds in cocoa (*Theobroma cacao* L.) during fermentation and drying processes using principal components analysis. *Food Research International*, 44, 250–258.
- Rodriguez-Campos, J., Escalona-Buendía, H. B., Contreras-Ramos, S. M., Orozco-Avila, I., Jaramillo-Flores, E., & Lugo-Cervantes, E. (2012). Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa. *Food Chemistry*, 132(1), 277–288.
- Romero-Cortes, T., Salgado-Cervantes, M. A., García-Alamilla, P., García-Alvarado, M. A., del C Rodríguez-Jimenes, G., Hidalgo-Morales, M., ... Robles-Olvera, V. (2013). Relationship between fermentation index and other biochemical changes evaluated during the fermentation of Mexican cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(10), 2596–2604. doi: 10.1002/jsfa.6088
- Schwan, R. F., & Wheals, A. E. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Review in food science and Nutrition*, 4, 205–221.
- Wollgast, J., & Anklam, E. (2000). Review on polyphenols in *Theobroma cacao*: Changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33(6), 423–447.
- World Cocoa Foundation. (2014). *Cocoa market update*. Retrieved from <http://www.worldcocoa.org/>.

ADOPSI DAN DAMPAK PENERAPAN *STANDARD OPERATING PROCEDURE* PASCAPANEN KARET RAKYAT DI KABUPATEN DHARMASRAYA, SUMATERA BARAT

ADOPTION AND IMPACT OF THE IMPLEMENTATION OF SMALLHOLDERS RUBBER POST-HARVEST STANDARD OPERATING PROCEDURES IN DHARMASRAYA DISTRICT, WEST SUMATRA

* Kasma Iswari

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Barat
Jalan Raya Padang-Solok Km 40, Sukarami Solok 25168 Indonesia
* *is230856@yahoo.co.id*

(Tanggal diterima: 23 Desember 2015, direvisi: 15 Januari 2016, disetujui terbit: 24 Maret 2016)

ABSTRAK

Mutu bahan olah karet (bokar) di tingkat petani di Provinsi Sumatera Barat masih rendah, disebabkan oleh terbatasnya akses terhadap teknologi, kurangnya sarana pascapanen, belum diterapkannya *standard operating procedure* (SOP), dan masalah lainnya. Tujuan penelitian adalah mengetahui adopsi dan dampak penerapan SOP pascapanen bahan olah karet (bokar) rakyat di Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat. Penelitian dilaksanakan di tiga kecamatan, Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat, mulai bulan Maret sampai Desember 2013 dengan metode survei deskriptif melalui pelaksanaan demonstrasi plot (demplot) dan sekolah lapang. Parameter yang diamati meliputi tingkat adopsi teknologi pascapanen, mutu bokar, dan tataniaga karet sebelum dan setelah demplot dan sekolah lapang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat adopsi teknologi pascapanen karet melalui demplot dan sekolah lapang di Kabupaten Dharmasraya bervariasi dari tingkat yang sangat rendah sampai sangat tinggi. Adopsi teknologi tersebut berdampak positif terhadap peningkatan mutu bahan olah karet rakyat sehingga dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Harga jual *sheet* dengan standar SNI di tingkat petani tidak jauh berbeda dengan *lump* kotor, hal ini yang menyebabkan petani belum banyak memproduksi *sheet*. Diperlukan regulasi agar pabrik membeli karet ke Unit Pengelola dan Pemasaran Bokar (UPPB) atau ke pasar lelang yang berpihak kepada petani.

Kata kunci: Karet, SOP, pascapanen, bokar

ABSTRACT

The lump quality produced by farmers in West Sumatra is low due to limited access to technologies and postharvest facilities, insufficient implementation of Standard Operating Procedures (SOP), and other problems. The research aimed to study the adoption of postharvest SOP of rubber and its impact at farmers level in Dharmasraya Regency, West Sumatra. The experiment was conducted in three districts at Dharmasraya Regency of West Sumatra Province, from March until December 2013, utilizing descriptive survey through demonstration plot and field school. Parameters observed were the adoption level, lump quality, and rubber trade before and after the demonstration and field school. The result showed that the adoption level of rubber postharvest technology varied, from very low to very high. The adoption positively contributed to lump quality improvement at farmers level, thus meeting the SNI requirements. The price of sheet which meets the SNI did not significantly differ from low graded lump so it is less produced by farmers. Further regulation which endorsed industries to buy rubber at processing and marketing unit or farmers supporting market is needed.

Keywords: Rubber, SOP, postharvest, lump

PENDAHULUAN

Karet merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan yang mempunyai peran cukup penting dalam kegiatan perekonomian Indonesia, khususnya Provinsi Sumatera Barat, karena dapat meningkatkan devisa negara. Sekitar 90% produksi karet alam Indonesia diekspor ke mancanegara dan hanya sebagian kecil yang dipasarkan di dalam negeri (Loewis, 2012).

Provinsi Sumatera Barat merupakan salah satu daerah penghasil karet di Indonesia, produksinya mencapai 130.524,30 ton/tahun dengan total luas tanaman menghasilkan (TM) 123.943,25 ha dan tanaman belum menghasilkan (TBM) 32.398.80 ha. Dari luasan tersebut, 28.544,00 ha (24%) di antaranya terdapat di Kabupaten Dharmasraya dengan produksi 29.938,40 ton/tahun. Daerah lainnya sebagai sentra produksi karet rakyat adalah Kabupaten Solok Selatan, Sijunjung, Pasaman, dan Sawahlunto (Badan Pusat Statistik [BPS] Provinsi Sumatera Barat, 2011).

Luas tanam karet rakyat cenderung meningkat setiap tahun seiring dengan fungsinya sebagai penopang ekonomi masyarakat. Namun, mutu bahan olah karet (bokar) di tingkat petani masih belum memenuhi standar sehingga menyebabkan penurunan volume ekspor. Menurut BPS Provinsi Sumatera Barat (2011), penurunan ekspor terbesar pada April 2012 terjadi pada golongan karet dan barang dari karet, yaitu 15,92 juta US\$ menjadi 13,19 juta US\$ atau turun sebesar 17,14%. Data dari Gabungan Perusahaan Ekspor Indonesia (GPEI) cabang Sumatera Barat mencatat volume ekspor karet Sumatera Barat ke Amerika Serikat dan China pada 2011 hanya 130.000 ton atau mengalami penurunan sekitar 15% untuk periode yang sama pada tahun 2010 (Loewis, 2012).

Mutu karet yang diekspor ke luar negeri sangat ditentukan oleh penanganan bokar di tingkat petani. Kenyataan di lapangan, kualitas lateks dan bokar yang dihasilkan petani belum memenuhi standar kualitas sebagaimana yang diharapkan. Ada beberapa temuan di antaranya bokar dicampur dengan bahan ikutan lainnya untuk meningkatkan bobot. Kondisi mutu bokar yang buruk ini dimanfaatkan oleh pedagang perantara untuk mendapatkan keuntungan melalui tekanan harga kepada petani (Novianti & Hendratno, 2008).

Rendahnya mutu bokar disebabkan banyak faktor, di antaranya rendahnya tingkat adopsi teknologi oleh petani yang menyebabkan ketidaktahuan masyarakat tentang mutu dan *standard operating procedure* (SOP) pascapanen karet. Rendahnya tingkat adopsi dipengaruhi oleh adanya faktor pembatas di tingkat petani di antaranya: (1) informasi teknologi pascapanen belum menyebar ke setiap wilayah gapoktan, (2)

rendahnya akses, sarana dan penguasaan teknologi pascapanen, serta strata sosial dan budaya.

Inovasi akan cepat diadopsi petani apabila: (1) menguntungkan, (2) selaras dengan nilai-nilai, pengalaman, dan kebutuhan, (3) tidak rumit, (4) dapat dicoba dan diamati (Hosen, 2012). Oleh sebab itu, perlu dilakukan pembinaan dan pendampingan teknologi adaptif secara intensif dan berkelanjutan kepada petani agar mampu menghasilkan karet berkualitas baik sesuai SNI (Sannia, Ismono, & Viantimala, 2013).

Pemenuhan mutu yang sesuai permintaan pasar tidak terlepas dari dukungan sektor yang saling terkait, mulai dari hulu hingga hilir. Di sektor hilir, penerapan *good handling practices* (GHP) adalah salah satu persyaratan yang harus dipenuhi dalam sistem jaminan mutu. Tujuannya adalah untuk menekan kehilangan hasil dan meningkatkan mutu hasil pertanian sehingga dapat menjamin pasokan bahan baku bagi kebutuhan industri. Penerapan SOP pascapanen akan mewujudkan tercapainya GHP (Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian [Ditjen PPHP], 2011). Penerapan SOP di petani perlu dikaji, di antaranya adalah kebiasaan petani dalam penanganan lateks yang kurang baik seperti menggunakan peralatan yang korosif sehingga lateks menjadi kotor dan dapat menurunkan mutu bokar (Husinsyah, 2006; Tekasakul & Tekasakul, 2006). Selanjutnya, Husinsyah (2006) menambahkan bahwa pelaksanaan SOP pascapanen karet di samping dapat meningkatkan pengetahuan petani juga akan berdampak positif terhadap peningkatan kualitas bokar yang dihasilkan sehingga dapat memenuhi SNI. Penelitian bertujuan mengetahui adopsi dan dampak penerapan SOP pascapanen bokar rakyat di Kabupaten Dharmasraya, Sumatera Barat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret sampai Desember 2013, di perkebunan karet rakyat Kelompok Maju Bersama di Nagari Koto Padang, Kecamatan Koto Baru, Kabupaten Dharmasraya, Provinsi Sumatera Barat. Analisis fisik dan kimia produk dilakukan di Laboratorium Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Sumatera Barat dan PT. Lembah Karet Padang.

Survei Keragaan SOP Pascapanen

Penelitian dirancang dengan metode survei deskriptif. Survei dilakukan sebelum dan sesudah pelaksanaan demonstrasi plot (demplot) dan sekolah lapang SOP pascapanen karet. Survei awal (*baseline survey*) untuk mengetahui tingkat dan permasalahan

dalam penerapan SOP pascapanen karet. Survei akhir untuk mengetahui peningkatan adopsi inovasi teknologi pascapanen dan permasalahan dalam adopsi teknologi.

Petani contoh ditentukan berdasarkan metode *simple random sampling* (sampel acak sederhana) pada kelompok sasaran atau kelompok pengguna SOP di tiga kecamatan yang berada di Kabupaten Dharmasraya (Koto Baru, Koto Besar, dan Sitiung) sebagai sentra produksi karet Sumatera Barat. Masing-masing kecamatan dipilih sebanyak 20 orang petani sehingga jumlah petani sampel sebanyak 60 orang. Kegiatan demplot dan sekolah lapang (SL) dilakukan terhadap 20 orang peserta yang dipilih secara acak dari tiga kecamatan.

Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer dan sekunder. Data primer didapatkan melalui metode wawancara dan *focus group discussion* (FGD). Wawancara dilakukan secara langsung terhadap petani, kelompok tani, dan tokoh kunci (tokoh masyarakat, penyuluh pertanian lapang, dan pejabat daerah

setempat). Alat yang digunakan berupa kuesioner terstruktur dan semi terstruktur. Data primer terdiri atas: (1) profil petani karet (sosial ekonomi), (2) tata niaga karet, (3) sistem sosial masyarakat, (4) tingkat penerapan SOP, (5) teknologi pascapanen karet yang diketahui, dan (6) kendala penerapan SOP di tingkat petani, dan lain-lain. Data sekunder diperoleh dari dinas/instansi terkait.

Panduan SOP Pascapanen Karet

SOP penanganan bokar dilaksanakan berdasarkan panduan yang dikeluarkan oleh Ditjen PPHP (2011) dan merujuk kepada Solichin, Anwar, & Tedjapura (2007). Kegiatannya meliputi penanganan lateks kebun, pembersihan bidang sadap, pengawetan dan pengangkutan lateks, penanganan *lump* mengacu standar mutu bokar SNI 06-2047-2002 (Tabel 1) serta mutu fisik dan kimia *sheet* mengacu standar mutu SNI 06-1903-1990 (Tabel 2).

Tabel 1. Mutu bahan olah karet menurut SNI 06-2047-2002

Table 1. The quality of processed rubber according to SNI 06-2047-2002

No.	Parameter	Satuan	Persyaratan			
			Lateks kebun	Sheet	Slab	Lump
1	Karet kering (KK) (minimal)					
	Mutu I	%	28	-	-	-
	Mutu II	%	20	-	-	-
2	Ketebalan (T)					
	Mutu I	mm	-	3	≤ 50	50
	Mutu II	mm	-	5	51–100	100
	Mutu III	mm	-	10	101–150	150
	Mutu IV	mm	-	-	> 150	> 150
3	Kebersihan (B)	-	Tidak terdapat kotoran	Tidak terdapat kotoran	Tidak terdapat kotoran	Tidak terdapat kotoran
4	Jenis koagulan	-		Asam semut dan bahan lain yang tidak merusak mutu karet *)	Asam semut dan bahan lain yang tidak merusak mutu karet *) serta penggumpalan alami	Asam semut dan bahan lain yang tidak merusak mutu karet *) serta penggumpalan alami

Keterangan : *) bahan tidak merusak mutu karet yang direkomendasikan oleh lembaga penelitian

Notes : *) the materials that will not damage the quality of rubber as recommended by research institutes

Tabel 2. Kriteria mutu fisik dan kimia *sheet* berdasarkan SNI 06-1903-1990

Table 2. The criterias of physical and chemical quality of sheet according to SNI 06-1903-1990

No	Kriteria	Satuan	Persyaratan
1	Kadar kotoran B/B	%	Maksimum 0,03
2	Kadar abu	%	Maksimum 0,50
3	Kadar zat menguap (B/B)	%	Maksimum 0,80
4	<i>Plasticity retention index</i> (PRI)		Minimum 60
5	Plastisitas awal (P0)		Minimum 60
6	Nitrogen	%	Maksimum 0,60
7	Kemantapan viskositas/Asit (<i>Skalpalitas Wallace</i>)		Maksimum 8
8	Kadar karet kering (K3)	%	95

Penerapan SOP Melalui Demplot dan Sekolah Lapang

1. Demplot

Penerapan SOP dilaksanakan pada kelompok tani melalui demplot berdasarkan jumlah pohon karet dengan kriteria jumlah pohon karet sebanyak 100 pohon yang berumur ≥ 5 tahun dengan lilit batang 45 cm (diukur 1 m dari permukaan tanah).

Demplot percontohan dimulai dari penanganan bokat sampai produk siap dipasarkan (penanganan lateks kebun, pembersihan bidang sadap, pengumpulan, pengawetan, pengangkutan, dan pengolahan lateks menjadi *sheet* angin). Tahapan pengolahan *sheet* angin adalah pengumpulan lateks, penggunaan anti koagulan, pengenceran, penyaringan, pembekuan menggunakan koagulan, pemipihan, dan pengeringan (Ditjen PPHP, 2011).

2. Sekolah Lapang

Sekolah lapang dilaksanakan satu kali dalam satu bulan sehingga ada enam kali tatap muka. Sekolah lapang melibatkan Dinas Perkebunan Kabupaten Dharmasraya dan Penyuluh Pertanian Lapang (PPL).

Metode yang digunakan adalah pendekatan pendidikan orang dewasa yang dipraktikkan melalui diskusi dan terjun ke lapangan serta menjadikan pengalaman dan lahan sebagai bahan belajarnya. Tujuannya meningkatkan pengetahuan, pemahaman, keterampilan, dan penghayatan tentang pengelolaan pascapanen karet yang berorientasi bisnis (Davis, 2006).

Parameter Pengamatan dan Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif. Pengukuran parameter tingkat adopsi penerapan SOP meliputi: (1) keikutsertaan dalam program pelatihan, (2) tingkat pengenalan SNI 06-2047-2002, (3) tingkat penerapan hasil pelatihan, dan (4) tingkat pengolahan bokat bersih dalam bentuk lateks cair, *lump*, *sheet* angin, dan *slab*. Pengukuran terhadap parameter tersebut dilakukan dengan teknik tertimbang mengikuti cara yang telah dilakukan oleh Sugiyono (2010), yaitu sangat rendah (0%–20%), rendah (21%–40%), sedang (41%–60%), tinggi (61%–80%), dan sangat tinggi (81%–100%). Di samping itu, dilakukan juga penilaian terhadap: (1) mutu hasil olahan berupa lateks kebun yang meliputi kadar kotoran, kadar karet kering (K3), dan warna dibandingkan dengan SNI, (2) mutu bokat berupa *sheet* dan lateks beku yang meliputi kadar kotoran (*Dirty Concentration/D.C*), kadar abu (*Ash Concentration/A.C*), kadar air (*Volatile matter/v.m*), nilai P0, P30, PRI, K3, dan (3) analisis tataniaga bokat di tingkat petani.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik dan Kepemilikan Aset Petani

Hasil survei terhadap karakteristik petani di tiga kecamatan lingkup Kabupaten Dharmasraya (Koto Baru, Koto Besar, dan Sitiung) menunjukkan umur responden bervariasi, dari 20 sampai 61 tahun dengan pengalaman kerja dalam usahatani karet 1–25 tahun. Ditinjau dari tingkat pendidikan, sebagian besar berpendidikan SLTA (64,7%), 23,5% tingkat SLTP, dan 11,8% tingkat SD. Pekerjaan utama responden sebagian besar adalah petani (52,9%), diikuti PNS/swasta (41,2%), dan pedagang (5,9%), dengan jumlah tanggungan keluarga dari setiap kepala keluarga (KK) sangat bervariasi, yaitu 0–7 orang (Tabel 3).

Faktor utama yang sangat penting dalam usahatani karet adalah kepemilikan aset oleh pelaku usaha, meliputi lahan, modal, tenaga kerja, ternak, dan lain sebagainya. Luas penguasaan lahan karet dari seluruh responden cukup bervariasi, yaitu 0,5–10 ha. Sebagian besar status kepemilikan lahan adalah hak milik (88,2%), dan sisanya 11,8% berupa bagi hasil dengan pola 60:40, yaitu 60% untuk pemilik dan 40% untuk penggarap. Pemanfaatan lahan selain untuk tanaman karet, juga kelapa sawit. Petani responden memiliki lahan kelapa sawit sangat bervariasi, yaitu antara 0 sampai 75 ha. Hampir separuh (47,1%) petani karet, selain berusahatani karet juga berusahatani kelapa sawit, sedangkan sisanya (52,9%) hanya berusahatani karet. Selain berusahatani karet, responden juga memiliki ternak besar berupa sapi dan kerbau. Kepemilikan sapi sangat bervariasi, yaitu 0–50 ekor/KK, demikian juga dengan kepemilikan kerbau, yaitu 0–20 ekor/KK (Tabel 3).

Adopsi dan Dampak Penerapan SOP

Penerapan SOP berdampak positif terhadap perilaku petani dan peningkatan mutu bokat. Sebelum dilakukan SL, program pelatihan pascapanen dan pengenalan tentang SNI 06-2047-2002, masing-masing tergolong ke dalam tingkat adopsi sedang dan rendah (47,1% dan 35,3%), tetapi setelah dilakukan SL, termasuk ke dalam tingkat adopsi yang sangat tinggi (100% dan 85%). Sebelum SL dilakukan tidak ada satu pun petani yang menerapkan SOP, tetapi setelah SL dilakukan meningkat menjadi 20% walaupun masih tergolong ke dalam tingkat adopsi sangat rendah. Penerapan SOP terbukti menyebabkan perubahan perilaku petani dalam menerapkan hasil-hasil pelatihan. Pengolahan karet (bokat bersih) dalam bentuk *lump* dan *sheet* angin meningkat dari 0% sebelum SL menjadi masing-masing 40,3% dan 10% setelah SL sehingga mutu hasil olahan, terutama kadar kotoran dan K3, telah memenuhi SNI (Tabel 4). Tetapi, tidak ada satu

pun petani yang melakukan pengolahan bokar bersih dalam bentuk lateks cair dan *slab*, baik saat sebelum SL maupun setelah SL.

Penerapan SOP melalui Demplot dan SL

Kelompok Maju Bersama difungsikan sebagai lokasi demplot karena seluruh anggota kelompok ini mempunyai kebun karet seluas 0,5–10 ha, akan tetapi bokar yang dihasilkan sebagian besar bermutu rendah. Penilaian K3 oleh pedagang pengumpul tidak berdasarkan alat pengukur kadar air, tetapi hanya perkiraan, sehingga anggota Kelompok Maju Bersama

dirugikan dari segi produksi dan harga. Berdasarkan kasus tersebut, Kelompok Maju Bersama ingin dibina dengan membenahi kembali masalah-masalah yang dihadapi terutama keorganisasian. Kelompok ini dibentuk sejak tahun 2010, beranggotakan sebanyak 20 orang yang berlokasi di Nagari Koto Padang, Kecamatan Koto Baru, Kabupaten Dharmasraya. Jumlah tersebut sudah cukup memadai, mengacu pada Feder, Murgai, & Quizon (2004) yang menyatakan bahwa kelas SL yang terlalu besar tidak efektif karena transfer ilmu sulit dilakukan dan tidak terjadi difusi antar petani.

Tabel 3. Karakteristik dan kepemilikan aset petani

Table 3. Farmers' characteristics and asset ownership

No.	Uraian	Kisaran atau nilai
1.	Umur	20–61
2.	Pendidikan	SD–SLTA
3.	Pekerjaan utama:	
	a. Petani (%)	52,9
	b. Pegawai swasta/pegawai negeri sipil (%)	41,2
	c. Pedagang (%)	5,9
4.	Lama bertani (tahun)	1–25
5.	Beban keluarga (orang/KK)	0–7
6.	Luas penguasaan lahan karet (ha)	0,5–10,0
7.	Luas penguasaan lahan kelapa sawit (ha)	0–75
8.	Luas penguasaan lainnya (ha)	0 ha
9.	Status kepemilikan lahan	BH–HM
10.	Ternak sapi (ekor/KK)	0–50
11.	Ternak kerbau (ekor/KK)	0–20
12.	Kecukupan modal sendiri	Kurang–cukup

Keterangan : BH = bagi hasil, HM = hak milik, KK = kepala keluarga

Notes : BH = sharing, HM = assets, KK = households

Tabel 4. Keragaan adopsi teknologi pascapanen karet di Kabupaten Dharmasraya sebelum dan sesudah SL

Table 4. Performance of rubber postharvest technology adoption at Dharmasraya regency before and after field school

No.	Kriteria adopsi	Sebelum SL		Sesudah SL	
		Nilai	Kategori	Nilai	Kategori
1.	Mengikuti program pelatihan pascapanen (bokar) (%)	47,10	Sedang	100,00	Sangat tinggi
2.	Mengenal SNI 06-2047-2002 (%)	35,30	Rendah	85,00	Sangat tinggi
3.	Menerapkan hasil pelatihan (SNI 06-2047-2002) (%)	0,00	Sangat rendah	20,00	Sangat rendah
4.	Pengolahan karet (bokar bersih) dalam bentuk:				
	a. Lateks cair (%)	0,00	Sangat rendah	0,00	Sangat rendah
	b. Lump (%)	0,00	Sangat rendah	40,30	Rendah-sedang
	c. Sheet angin bersih dan lump (%)	0,00	Sangat rendah	10,00	Sangat rendah
	d. Slab (%)	0,00	Sangat rendah	0,00	Sangat rendah
5.	Mutu hasil olahan:				
	• Kotoran (%)	3,00–5,00	Tidak sesuai dengan SNI	0,03	Sesuai dengan SNI
	• K3 (%)	71,30	Tidak sesuai dengan SNI	98,30	Sesuai dengan SNI
	• Warna	Hitam kecokelatan	-	Krem keputihan s.d cokelat	-

Tabel 5. Respons petani selama SL

Table 5. The farmers' responses during field school

Tahap	Materi Pelatihan	Jumlah anggota kelompok (orang)	Jumlah anggota hadir SL (orang)	Persentase kehadiran/respons	Jumlah yang menerapkan SOP (orang)	Persentase penerapan SOP setelah SL
1	Pascapanen karet secara umum	20	20	100	1	5
2	Pembersihan bidang sadap dan pengawetan lateks, penggunaan antikoagulan (teori dan praktik)	20	18	90	3	15
3	Pengolahan <i>lump</i> bersih (teori dan praktik)	20	15	75	3	15
4	Pengolahan <i>sheet</i> angin (teori dan praktik)	20	15	75	4	20
5	Pengolahan <i>sheet</i> angin (teori dan praktik)	20	12	60	4	20
6	Pengolahan <i>sheet</i> angin (teori dan praktik)	20	10	50	4	20

Penerapan SOP pascapanen karet melibatkan petani dan kelompok tani. Respon petani peserta SL mulai dari tahap satu sampai dengan enam kurang memuaskan. Pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa jumlah anggota yang menghadiri SL semakin lama semakin berkurang, tetapi jumlah anggota yang menerapkan SOP sampai pada tahap keenam meningkat walaupun hanya 20%. Hal ini disebabkan oleh banyak kendala, salah satunya bokar bersih yang dihasilkan dihargai sama dengan bokar kotor sehingga anggota kelompok kurang memberikan respon terhadap adanya SL. Masalah lainnya adalah kebiasaan dan sikap, petani tidak terbiasa dengan menyaring lateks sebelum dibekukan dan juga tidak terbiasa membuat *sheet*. Menurut Davis (2006) merubah kebiasaan dan sikap tersebut butuh waktu yang cukup lama. Mashuri & Zaduqisti (2015) menambahkan bahwa sikap adalah kesiapan seseorang untuk bertindak atau berperilaku tertentu. Sikap juga dapat diartikan sebagai suatu keadaan mental yang diatur melalui pengalaman yang memberi pengaruh dinamika (Sadati, Fami, & Asadi, 2010).

Mutu Bokar Hasil Olahan Peserta SL

Setelah dilakukan SL, mutu bokar bentuk *sheet* dan lateks beku hasil olahan kelompok Maju Bersama yang meliputi kadar kotoran, kadar abu, kadar air, nilai P0 dan PRI, serta K3 telah sesuai dengan SNI 06-1903-1990. Nilai K3 sangat tinggi, baik yang menggunakan deorap ataupun asam semut, yaitu sebesar 96,82%–98,65% (Tabel 6), jauh lebih tinggi dibandingkan dengan hasil penelitian Saputera, Agustina, & Rangkai (2011), yaitu 65,15%–90,08%. Nilai PRI mencapai 75,9–78,8, jauh melebihi SNI 06-1903-1990, yaitu minimum 60. Menurut Yulita (2012), PRI merupakan ukuran ketahanan karet terhadap pengusangan (oksidasi) pada suhu tinggi. Nilai PRI yang tinggi menunjukkan rantai molekul tahan oksidasi, sedangkan yang rendah artinya mudah teroksidasi menjadi karet lunak (Chukwu, Idiagha, & Ihuezor, 2010; Aguele, Idiaghe, & Apugo-Nwosu, 2015). PRI bokar merupakan standar mutu ekspor yang sangat menentukan, semakin tinggi nilainya maka semakin tinggi mutu bokar yang dihasilkan (komunikasi pribadi dengan wakil manajemen PT. Lembah Karya).

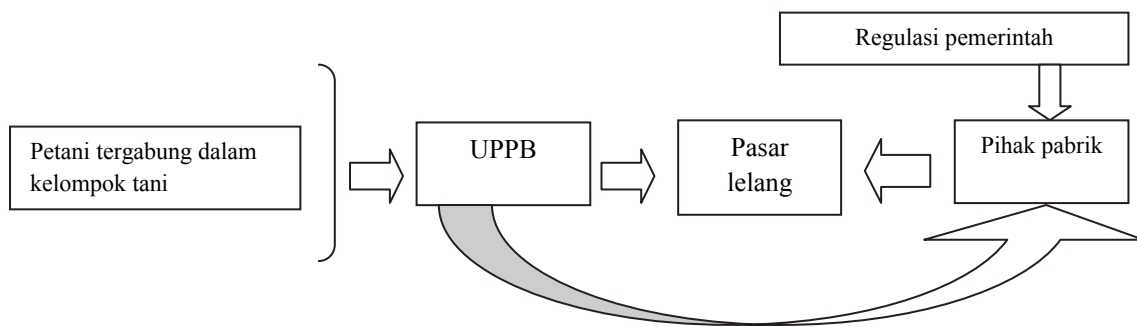
Tabel 6. Mutu bokar hasil olahan peserta SL

Table 6. The quality of processed rubber produced by at the field school participants

Perlakuan	Kotoran (D.C)	Abu (A.C)	Air (v.m)	P0	P30	PRI	K3 (%)
Deorap	0,002	0,35	0,26	33,0	26,0	78,8	98,65
Asam semut	0,003	0,26	0,26	33,0	26,0	78,8	98,54
Deorap 12,5%	0,003	0,55	0,32	30,5	23,0	75,4	97,37
Deorap 15%	0,006	0,49	0,29	27,0	20,5	75,9	96,82
Lateks	0,035	0,52	0,21	9,0	3,0	33,3	71,61

Keterangan : D.C=dirty concentration, A.C=ash concentration, v.m=volatile matter, nilai P0, P30, PRI, K3

Notes : D.C=dirty concentration, A.C=ash concentration, v.m=volatile matter, nilai P0, P30, PRI, K3



Gambar 1. Tataniaga bokar yang menguntungkan petani (Sumber: Kopp *et al.*, 2014)

Figure 1. Rubber trading system profitable for farmers (Source: Kopp *et al.*, 2014)

Tataniaga Bokar di Tingkat Petani

Berdasarkan hasil survei diketahui alur penjualan bokar di Kabupaten Dharmasraya adalah dari petani ke pedagang pengumpul dan selanjutnya dari pedagang pengumpul ke pabrik. Pedagang pengumpul membeli bokar petani dengan harga sesuai keinginannya sehingga petani dirugikan. Sujarwo, Kopp, Nurmalina, Asmarantak, & Ummer (2014) telah menerapkan model tataniaga karet di Jambi untuk meningkatkan pendapatan petani karet, yaitu membentuk UPPB yang berperan memutus rantai pedagang pengumpul (Gambar 1). Pelaksanaan model tersebut membutuhkan dukungan regulasi pemerintah terkait pembelian bokar oleh pabrik.

Kelompok tani yang bergabung dalam UPPB dapat menjual bokar di pasar lelang atau langsung menjual ke pabrik melalui skema kerja sama. Harga jual karet di tingkat petani terlebih dahulu disepakati antara UPPB dengan kelompok tani. Selanjutnya, UPPB membuat kesepakatan harga dengan pabrik sehingga *bargaining position* petani akan meningkat.

KESIMPULAN

Tingkat adopsi teknologi pascapanen karet melalui demplot dan SL di Kabupaten Dharmasraya bervariasi dari sangat rendah sampai sangat tinggi. Adopsi teknologi tersebut berdampak positif bagi peningkatan mutu bahan olah karet rakyat sehingga dapat memenuhi SNI. Tetapi, harga jual *sheet* dengan standar SNI di tingkat petani tidak jauh berbeda dengan *lump* kotor, sehingga petani belum banyak memproduksi *sheet*. Oleh sebab itu, perlu regulasi dari pemerintah agar pabrik membeli karet ke UPPB atau ke pasar lelang yang berpihak kepada petani.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Srimaryati, S.TP, Ir. Atman, M.Kom, dan Sri Gumala Dewi yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Aguele, F.O., Idiaghe, J.A., & Apugo-Nwosu, T.U. (2015). A study of quality improvement of natural rubber products by drying methods. *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*, 3, 7–12.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat. (2011). *Sumatera Barat dalam angka 2010/2011*. Padang: Badan Pusat Statistik Provinsi Sumatera Barat.
- Chukwu, M.N., Idiagha, J.A., & Ihuezor. (2010). Effect of acid coagulation level on the plasticity retention index (PRI) of natural rubber. *Multidisciplinary Journal of Research Development*, 15(3), 1–4.
- Davis, K. (2006). Farmer field schools: A boon or bust for extension in Africa. *Journal of International Agricultural and Extension Education*, 13(1), 91–97.
- Dunning, D., Anderson, J.E., Schlösser, T., & Ehlebracht, D. (2014). Trust at zero acquaintance: More a matter of respect than expectation of reward. *J. of Person and Soci. Psychol.*, 107(1), 122–141.
- Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian. (2011). *Pedoman penerapan sistem jaminan mutu bokar*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengolahan dan Pemasaran Hasil Pertanian.
- Feder, G., Murgai, R., & Quizon, J.B. (2004). The acquisition and diffusion of knowledge: The case of pest management training in farmer field schools, Indonesia. *J. of Agric. Economics.*, 55(2), 221–243.

- Husinsyah. (2006). Kontribusi pendapatan petani karet terhadap pendapatan petani. *J. Sosial Ekonom*, 3(1), 9–20.
- Kopp, T., Alamsyah, Z., Patricia, R.S., & Brümmer, B. (2014). Have Indonesian rubber processors formed a cartel? Analysis of intertemporal marketing margin, manipulation, *American J. of Agric Economics*, 69(2), 285–292.
- Loewis, D. (2012). *Perkembangan ekspor Sumatera Barat*. Retrieved from <http://bisnis-sumatra.com>.
- Mashuri, A., & Zaduqisti, E. (2015). The effect of intergroup threat and social identity salience on the belief in conspiracy theories over terrorism in Indonesia: Collective angst as a mediator. *Int. J. Psychol. Res.*, 8(1), 24–35.
- Novianti, T, & Hendratno, E. H. (2008). Analisis penawaran ekspor karet alam Indonesia ke Cina. *J. Manajemen Agri.*, 5(1), 40–51.
- Sadati, S.A., Fami, H.S, & Asadi, A. (2010). Farmer's attitude on sustainable agriculture and its determinants: A case study in Behbahan county of Iran. *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*, 2(5), 422–427.
- Sannia, B., Ismono, R.H., & Viantimala, B. (2013). Hubungan kualitas karet rakyat dengan tambahan pendapatan petani di desa program dan non-program. *JIIA*, 1(1), 36–43.
- Saputera, H., Agustina, M., & Rang kai, Y.A., (2011). Uji penggunaan berbagai jenis koagulan terhadap kualitas bahan olah karet (*Hevea brasiliensis*). *J. Agric. Peat.*, 12(2), 38–42.
- Suhendry, Irwan, & Ompusunggu. (2005). Analisis jumlah padatan dengan oven mini KTiga SP tipe 1 untuk menetapkan kadar karet kering di tempat pengumpulan hasil. *J. Penelt. Karet.*, 24(1), 81–90.
- Sugiyono. (2010). *Metode penelitian kuantitatif kualitatif R & D* (p. 380). Bandung: Penerbit Alfabeta.
- Sujarwo, R. M., Kopp, T., Nuralina, R., Asmarantak, R. W. & Ummer, B. (2014). Choice of marketing channels by rubber small traders in the Jambi Province, Indonesia. Tropentag 2014: Conference Proceedings. Prague, Czech Republic.
- Tekasakul, P., & Tekasakul, S. (2006). Environmental problems related to natural rubber production in Thailand. *J. of Aerosol Research*, 21, 122–129.
- Trangadisaikul, S. (2011). Oligopsony in the tire industry: A study of its impacts on the natural rubber industry in Thailand. *Thammasat Economic Journal*, 29(1), 129–164.
- Yulita, E. (2012). Pengaruh asap cair serbuk kayu limbah industri terhadap mutu boka. *J. Riset Industri*, VI(1), 13–22.

KOMPATIBILITAS LIMA KLON UNGGUL KAKAO SEBAGAI BATANG ATAS DENGAN BATANG BAWAH PROGENI *HALF-SIB* KLON SULAWESI 01

THE COMPATIBILITY OF FIVE SUPERIOR CACAO CLONES AS SCIONS WITH ROOTSTOCK OF HALF-SIB FAMILY OF SULAWESI 01 CLONE

* Dibyo Pranowo dan Edi Wardiana

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

* *dibyo.pranowo@yahoo.com*

(Tanggal diterima: 30 November 2016, direvisi: 22 Desember 2016, disetujui terbit: 14 Maret 2016)

ABSTRAK

Perbanyak tanaman kakao melalui teknik sambung (*grafting*) paling banyak diterapkan oleh petani. Salah satu faktor yang menentukan keberhasilan penyambungan tanaman adalah tingkat kompatibilitas antara batang atas dengan batang bawah yang digunakan. Tujuan penelitian adalah mengevaluasi tingkat kompatibilitas lima klon unggul kakao, yaitu Sulawesi 01, Sulawesi 02, Sca 6, MCC 01, dan MCC 02, sebagai batang atas dengan progeni *half-sib* klon Sulawesi 01 sebagai batang bawah. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan (KP). Pakuwon, Jawa Barat, pada ketinggian tempat 450 m dpl dengan jenis tanah Latosol dan tipe iklim B (Schmidt & Fergusson), mulai bulan April sampai September 2015. Rancangan yang digunakan adalah acak kelompok dengan lima perlakuan kombinasi penyambungan dan lima ulangan. Pengamatan dilakukan pada hari ke-14, 21, dan 28 setelah penyambungan terhadap persentase total hasil sambungan yang hidup, hasil sambungan yang telah dan belum bertunas, serta kecepatan munculnya tunas. Data dianalisis menggunakan analisis ragam, korelasi, dan regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase benih hasil sambungan yang bertahan hidup, persentase benih hasil sambungan yang bertunas, dan kecepatan munculnya tunas hingga hari ke-28 setelah penyambungan bervariasi antar klon batang atas. Berdasarkan ketiga parameter tersebut, klon Sulawesi 01, Sulawesi 02, dan Sca 6 memiliki tingkat kompatibilitas lebih tinggi dibandingkan dengan MCC 01 dan MCC 02. Hasil penelitian dapat dimanfaatkan untuk perbanyak bibit menggunakan teknik sambung dalam mendukung program peremajaan dan atau rehabilitasi kakao.

Kata kunci: Kakao, penyambungan, kompatibilitas

ABSTRACT

Grafting is the most common cocoa propagation technique applied by farmers. One of the factors that determine the grafting success in cacao is the compatibility level between the scion and rootstock. The objectives of this research was to evaluate the grafting compatibility of half-sib family of Sulawesi 01 clone as rootstock with five superior cacao clones i.e. Sulawesi 01, Sulawesi 02, Sca 6, MCC 01, and MCC 02 as scions. The research was conducted at Pakuwon Experimental Station, West Java, at the altitude of 450 m above sea level with Latosol type of soil and B type of climate (Schmidt & Fergusson), from April to September 2015. This research used the randomized completely block design with five treatments of grafting combinations and five replications. Observation was taken at 14th, 21st, and 28th days after grafting on the total percentage of surviving graftings, percentage of sprouting grafting, percentage of grafting that have not sprouted, and bud sprouting rates. Data were analyzed by variance, correlation, and regression analysis. The results showed that the surviving grafting, the sprouting grafting and the rate of sprouting up to the 28th days after grafting varied among the scions. Based on the parameters observed, Sulawesi 01, Sulawesi 2, and Sca 6 demonstrated higher compatibility rate compared to MCC 01 and MCC 02. The results is applicable in seedling provision through grafting techniques in order to support cacao rejuvenation and or rehabilitation.

Keywords: Cacao, grafting, compatibility

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman yang umumnya diperbanyak secara vegetatif (klonal) melalui teknik penyambungan (*grafting*) batang atas atau entres (*scion*) dan batang bawah (*rootstock*). Dasar pertimbangan pemilihan teknik penyambungan adalah cukup mudah dalam pelaksanaannya, serta penampilan sifat pada tanaman hasil penyambungannya relatif sama dengan induknya sehingga dapat mempertahankan sifat-sifat baik yang diinginkan. Oleh karena itu, teknik penyambungan menggunakan batang atas dari klon unggul yang telah direkomendasikan untuk program rehabilitasi dan atau peremajaan kakao tua dan rusak (tidak produktif) akan berdampak positif bagi upaya peningkatan produktivitas kakao nasional.

Beberapa faktor yang mempengaruhi keberhasilan penyambungan tanaman adalah tingkat kompatibilitas antara batang atas dengan batang bawah, tipe/jenis penyambungan, kondisi lingkungan pada saat dan atau setelah penyambungan, aktivitas pertumbuhan batang bawah, polaritas, adanya kontaminan patogen, aplikasi zat pengatur tumbuh, proses perkembangan tunas setelah penyambungan, dan keterampilan para pelaksana (Hartmann, Kester, Davies, & Geneve, 2010). Tingkat keberhasilan penyambungan antara batang atas dengan batang bawah yang diperoleh dari tanaman dengan spesies sama (*homograft*) lebih tinggi dibandingkan dengan antar spesies yang berbeda (*heterograft*). Demikian juga sebaliknya, tingkat keberhasilan penyambungan akan semakin menurun apabila dilakukan antar genus dalam progeni yang sama, bahkan penyambungan antar progeni tidak akan berhasil (Andrews & Marquez, 1993; Hartmann *et al.*, 2010; Darikova, Savva, Vaganov, Grachev, & Kuznetsova, 2011; Kumar, 2011; Goldschmidt, 2014; Gainza, Opazo, & Muñoz, 2015). Oleh sebab itu, menurut Toruan-Mathius *et al.*, (2007) dan Prawoto (2008) *cited in* Anita-Sari & Susilo (2012), informasi tentang kompatibilitas antara batang bawah dengan batang atas merupakan hal yang penting. Adanya interaksi antar keduanya akan menimbulkan keragaman respons.

Saat ini terdapat beberapa klon unggul kakao lindak yang dapat menjadi pilihan untuk dikembangkan, di antaranya adalah klon Sulawesi 01 (Kementerian Pertanian [Kementan], 2008a), Sulawesi 02 (Kementan, 2008b), Sca 6 (Kementan, 2009), MCC 01 (Kementan, 2014a) dan MCC 02 (Kementan, 2014b). Klon Sulawesi 01 dan 02 serta Sca 6 adalah klon generasi ketiga yang merupakan hasil introduksi, dan saat ini telah banyak dikembangkan di Indonesia melalui program Gerakan Peningkatan Produktivitas dan Mutu Kakao Nasional (Gernas). Potensi daya hasil ketiga klon tersebut masing-masing adalah 1,8–2,5; 1,8–2,75; dan

1,54 ton/ha, serta tahan dan agak tahan terhadap penyakit *vascular streak dieback* (VSD) (Baon, 2011; Susilo, 2013). Klon MCC 01 dan MCC 02 adalah klon dengan produktivitas tinggi (3,672 dan 3,132 ton/ha), dan tahan terhadap hama penggerek buah (PBK), penyakit VSD dan busuk buah (Susilo, Anita-Sari, & Imran, 2014).

Klon Sulawesi 01 merupakan klon unggul yang telah dikembangkan secara luas dan telah beradaptasi dengan baik di daerah pengembangan kakao nasional. Klon Sulawesi 01 termasuk klon yang dinilai cukup efisien dalam memanfaatkan energi matahari (Regazzoni, Sugito, Suryanto, & Prawoto, 2015) sehingga diduga akan relatif tahan terhadap naungan. Hasil penelitian lainnya yang telah dilakukan Towaha & Wardiana (2015) menunjukkan bahwa klon Sulawesi 01 dinilai cukup toleran terhadap kondisi kekeringan. Oleh sebab itu, klon Sulawesi 01 dinilai cukup baik untuk dijadikan sebagai sumber batang bawah dalam proses penyambungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi tingkat kompatibilitas lima klon kakao unggul sebagai batang atas dengan progeni saudara tiri (*half-sib*) klon Sulawesi 01 sebagai batang bawah.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan (KP) Pakuwon, Jawa Barat, pada ketinggian tempat 450 m dpl dengan jenis tanah Latosol dan tipe iklim B (Schmidt & Fergusson), mulai bulan April sampai September 2015.

Penyiapan Bahan Tanaman

Bahan tanaman untuk batang bawah, progeni *half-sib*, adalah hasil perbanyakan secara generatif (biji) klon Sulawesi 01, yang diperoleh dari Kebun Percobaan (KP) Pakuwon. Benih kakao disemai di dalam *polybag* berwarna hitam berukuran 20 cm × 25 cm, setelah berumur 4 bulan benih siap untuk dilakukan penyambungan. Batang atas (entres) yang digunakan adalah lima klon unggul kakao, yaitu Sulawesi 01, Sulawesi 02, MMC 01, dan MCC 02 yang diperoleh dari kebun entres milik Dinas Perkebunan Sulawesi Selatan, sedangkan klon Sca 6 diperoleh dari KP Pakuwon.

Penyambungan Benih

Pelaksanaan penyambungan dilakukan pukul 8.00 sampai 10.00 WIB selama 10 hari berturut-turut. Entres yang belum disambung disimpan dalam rumah kaca dengan suhu dan kelembapan yang terkendali, serta dilakukan penyiraman setiap hari agar kondisinya selalu segar. Benih hasil penyambungan kemudian

dikelompokkan ke dalam lima kelompok berdasarkan waktu pelaksanaan penyambungan (setiap dua hari). Kelima kelompok tersebut selanjutnya dijadikan sebagai blok ulangan. Jumlah benih untuk setiap unit percobaan terdiri dari 60 benih sehingga keseluruhan berjumlah 5 klon $\times$ 5 kelompok $\times$ 60 benih = 1.500 benih hasil sambungan.

Pengamatan dilakukan pada umur 14, 21, dan 28 hari setelah penyambungan terhadap total benih yang hidup, benih yang telah dan belum bertunas, serta kecepatan munculnya tunas. Kecepatan munculnya tunas (%/hari) merupakan nilai rata-rata perbandingan antara persentase benih yang telah bertunas dengan hari pengamatan. Kriteria yang digunakan untuk menentukan benih hasil sambungan yang hidup adalah terbentuknya "titik-sambungan antara batang atas dengan batang bawah (*graft union*) yang normal dan sehat, serta hasil sambungan masih memperlihatkan warna hijau dan segar (tidak layu)".

Analisis Data

Data dianalisis dengan Anova dan dilanjutkan dengan uji beda nilai rata-rata menggunakan metode Tukey pada taraf 5%. Di samping itu, dilakukan juga

analisis korelasi antara total benih hidup dengan yang telah bertunas dan kecepatan munculnya tunas, serta analisis regresi antara umur setelah penyambungan dengan persentase total benih yang hidup untuk melihat tingkat kestabilan hasil sambungan. Seluruh analisis data ini dilakukan melalui bantuan perangkat lunak statistik Minitab versi 16.0 dan IBM SPSS versi 21.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tingkat Keberhasilan Penyambungan

Perbedaan klon batang atas berpengaruh nyata terhadap persentase total benih yang hidup, benih yang telah bertunas, dan kecepatan munculnya tunas sejak umur 14 hari setelah penyambungan (HSP), sedangkan terhadap persentase benih hidup tetapi belum bertunas baru terlihat sejak umur 21 HSP. Pada 28 HSP, perlakuan batang atas klon Sulawesi 01, Sulawesi 02 dan Sca 6 tidak menunjukkan perbedaan pengaruh yang nyata terhadap semua parameter keberhasilan penyambungan, tetapi berbeda nyata dengan perlakuan batang atas klon MCC 01 dan MCC 02 (Tabel 1 sampai Tabel 4).

Tabel 1. Persentase benih hidup pada 14, 21, dan 28 hari setelah penyambungan (HSP)

Table 1. Percentage of surviving seedling at 14th, 21st and 28th days after grafting

Klon batang atas	Total benih hidup (%)		
	14 HSP	21 HSP	28 HSP
Sulawesi 01	92,50 a	87,86 ab	87,43 a
Sulawesi 02	91,20 ab	88,68 a	87,66 a
Sca 6	90,20 ab	88,84 a	87,29 a
MCC 01	87,33 c	87,93 ab	85,13 b
MCC 02	88,00 bc	87,29 b	85,02 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%; HSP = hari setelah penyambungan

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels; HSP=days after grafting

Tabel 2. Persentase benih bertunas pada 14, 21, dan 28 hari setelah penyambungan (HSP)

Table 2. Percentage of sprouting seedling at 14th, 21st and 28th days after grafting

Batang atas	Total benih bertunas (%)		
	14 HSP	21 HSP	28 HSP
Sulawesi 01	67,89 a	74,66 a	81,59 a
Sulawesi 02	64,63 ab	73,53 ab	81,15 a
Sca 6	64,37 ab	71,33 b	80,47 a
MCC 01	62,55 b	65,67 c	73,67 b
MCC 02	61,77 b	67,67 c	75,67 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%; HSP = hari setelah penyambungan

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels; HSP=days after grafting

Tabel 3. Persentase benih belum bertunas pada 14, 21, dan 28 hari setelah penyambungan (HSP)
Table 3. Percentage of seedling have not sprouted at 14th, 21st, and 28th days after grafting

Batang atas	Total benih yang belum bertunas (%)		
	14 HSP	21 HSP	28 HSP
Sulawesi 01	24,61 a	13,20 b	5,84 b
Sulawesi 02	26,57 a	15,15 b	6,51 b
Sca 6	25,83 a	17,51 ab	6,82 b
MCC 01	24,87 a	22,26 a	11,46 a
MCC 02	26,23 a	19,62 ab	9,35 ab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%; HSP = hari setelah penyambungan

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels; HSP=days after grafting

Tabel 4. Kecepatan munculnya tunas pada 14, 21, dan 28 hari setelah penyambungan (HSP)
Table 4. Bud sprouting rates at 14th, 21st, and 28th days after grafting

Batang atas	Kecepatan munculnya tunas (%/hari)		
	14 HSP	21 HSP	28 HSP
Sulawesi 01	1,72 a	1,26 a	1,21 a
Sulawesi 02	1,70 a	1,25 a	1,18 a
Sca 6	1,73 a	1,33 a	1,16 a
MCC 01	1,44 b	1,04 b	0,88 b
MCC 02	1,44 b	1,07 b	0,90 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%; HSP = hari setelah penyambungan

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels; HSP= days after grafting

Persentase total sambungan yang hidup, persentase benih yang belum bertunas, dan kecepatan munculnya tunas mengalami penurunan seiring bertambahnya hari setelah penyambungan. Sebaliknya, persentase benih yang bertunas mengalami peningkatan seiring bertambahnya hari setelah penyambungan. Persentase benih hasil sambung yang bertahan hidup untuk batang atas klon Sulawesi 01, Sulawesi 02, dan Sca 6 nyata lebih tinggi (87,43%; 87,66%; dan 87,29%) dibandingkan dengan MCC 01 dan MCC 02 (85,13% dan 85,02%). Tidak terlihat perbedaan yang nyata antar klon Sulawesi 01, Sulawesi 02, dan Sca 6 maupun antara klon MCC 01 dengan MCC 02 untuk semua parameter tersebut (Tabel 1 dan 2).

Klon Sulawesi 01 memiliki hubungan genetik yang lebih dekat dengan klon Sulawesi 02 dan Sca 6 bila dibandingkan dengan klon MCC 01 dan MCC 02. Klon Sulawesi 01 dan Sulawesi 02 termasuk ke dalam *cluster* yang sama berdasarkan hasil analisis kekerabatan genetik, dan sebagai batang atas keduanya memiliki daya hidup dan pertumbuhan yang tergolong sedang (Anita-Sari & Susilo, 2012). Kedua klon tersebut merupakan hasil introduksi (Susilo, Anita-Sari, Sobandi, Suwitra, & Nurlia, 2012), pemiliknya adalah pemerintah daerah Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, Sulawesi Tenggara,

dan Sulawesi Tengah (Ditjenbun, 2013) yang mengindikasikan bahwa materi dasar atau sumber genetiknya berada di keempat provinsi tersebut. Klon Sca 6 telah dikembangkan secara luas di daerah Sulawesi dan daerah lainnya di Indonesia melalui program Gernas kakao pada tahun 2000-an (Baon, 2011). Sementara itu, klon MCC 01 dan MCC 02 merupakan hasil dari proses seleksi di salah satu kabupaten sentra produksi, yaitu Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan (Susilo, 2013) dan telah dilepas sebagai klon unggul pada tahun 2014 (Kementan, 2014a,b). Susilo *et al.* (2015) telah menegaskan adanya perbedaan dari beberapa sifat yang dimiliki oleh klon MCC 01 dan MCC 02 dibandingkan dengan Sulawesi 01.

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa kombinasi penyambungan *homogenetic* lebih cepat dalam menyelesaikan proses lignifikasi dibandingkan dengan kombinasi *heterogenetic* yang sering menimbulkan inkompatibilitas (Güçlü & Koyuncu, 2012). Perbedaan proses biokimia dan struktur anatomi merupakan salah satu faktor penyebab yang memiliki kontribusi penting dalam proses terjadinya inkompatibilitas, terutama selama berlangsungnya proses pembentukan dan perkembangan kambium (Errera, 1998; Mahunu, Adjei, & Asante, 2012; Mose

cited in Mahunu, Osei-Kwarteng, & Quainoo, 2013). Terdapat beberapa penanda secara biokimiawi, di antaranya senyawa fenol, pati, polipeptida, serta aktivitas peroksidase dan *phenylalanine ammonia-lyase* (PAL) yang dapat membantu dalam mendiagnosa terjadinya proses inkompatibilitas pada fase yang lebih dini (Hosseini, Farajollah, & Hassapour, 2008; Mng'omba, du Toit, & Akinnifesi, 2008; Zarrouk, Testillano, Risueño, Moreno, & Gogorcena, 2010; Stino, Ghoneim, Marwad, & Fadl, 2011; GÜÇLÜ & Koyuncu, 2012; Kohatsu *et al.*, 2013; Pereira *et al.*, 2014; Gainza *et al.*, 2015).

Batang atas dan batang bawah yang digunakan dalam penelitian ini seluruhnya berasal dari spesies yang sama, yaitu *Theobroma cacao*. Model penyambungan seperti ini disebut *homograft* dan peluang keberhasilannya dinilai tinggi (Hartmann *et al.*, 2010; Darikova *et al.*, 2011). Hartmann *et al.* (2010) mengemukakan bahwa penyambungan antara batang atas dengan batang bawah yang diperoleh dari tanaman yang sama, atau dari tanaman yang berbeda tetapi klon yang sama, memiliki tingkat keberhasilan yang paling tinggi. Hasil penelitian Bhuiyan, Rahim, & Alam (2010) juga menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman mangga hasil penyambungan antara batang atas dengan batang bawah yang berasal dari kultivar sama, nyata lebih baik dibandingkan dengan kombinasi lainnya yang berasal dari kultivar berbeda.

Korelasi dan Regresi

Hasil analisis korelasi menunjukkan pola yang konsisten untuk ketiga umur pengamatan (14, 21, dan 28 HSP). Persentase total benih yang hidup berkorelasi secara positif dengan persentase benih yang telah bertunas, dan kecepatan munculnya tunas (Tabel 5). Hasil ini menjelaskan, benih-benih sambungan yang

cepat dalam membentuk tunas daun memiliki peluang yang lebih besar untuk hidup.

Daun merupakan organ tanaman tempat dilakukannya proses fotosintesis untuk menghasilkan fotosintat yang dapat dikonversi menjadi energi yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian Hamdan & Basheer-Salimia (2010) menunjukkan bahwa kombinasi sambungan tanaman anggur yang cepat pecah tunas berhubungan secara positif dengan tingkat keberhasilan penyambungan, panjang tunas, dan perkembangan akar. Hasil penelitian lain pada penyambungan tanaman jambu mete yang telah dilakukan oleh Chipojola *et al.* (2013) menunjukkan adanya hubungan yang nyata antara kecepatan keluarnya tunas, jumlah daun, ukuran daun, tinggi tajuk, dan tipe batang atas.

Persentase total benih yang hidup mengalami penurunan mulai dari 14 HSP sampai 28 HSP (Tabel 1). Berdasarkan hasil analisis regresi sampai batasan waktu 28 HSP, penurunan total benih yang hidup pada sambungan dengan menggunakan batang atas Sulawesi 01, Sulawesi 02, dan Sca 6 tidak berbentuk linier, tetapi berbentuk kuadratik dan logaritmik. Sedangkan penyambungan dengan batang atas MCC 01 dan MCC 02 menurun secara linier (Gambar 1). Hal ini mengindikasikan bahwa sambungan dengan menggunakan batang atas Sulawesi 01, Sulawesi 02, dan Sca 6 dinilai cukup stabil karena semakin lama umur pengamatan maka persentase benih hidup semakin menuju pada kondisi yang konstan (relatif stabil). Hal yang berbeda terjadi pada sambungan dengan menggunakan batang atas MCC 01 dan MCC 02, semakin lama umur pengamatan maka persentase total benih yang hidup semakin menurun dan persentase benih yang mati semakin meningkat secara linier.

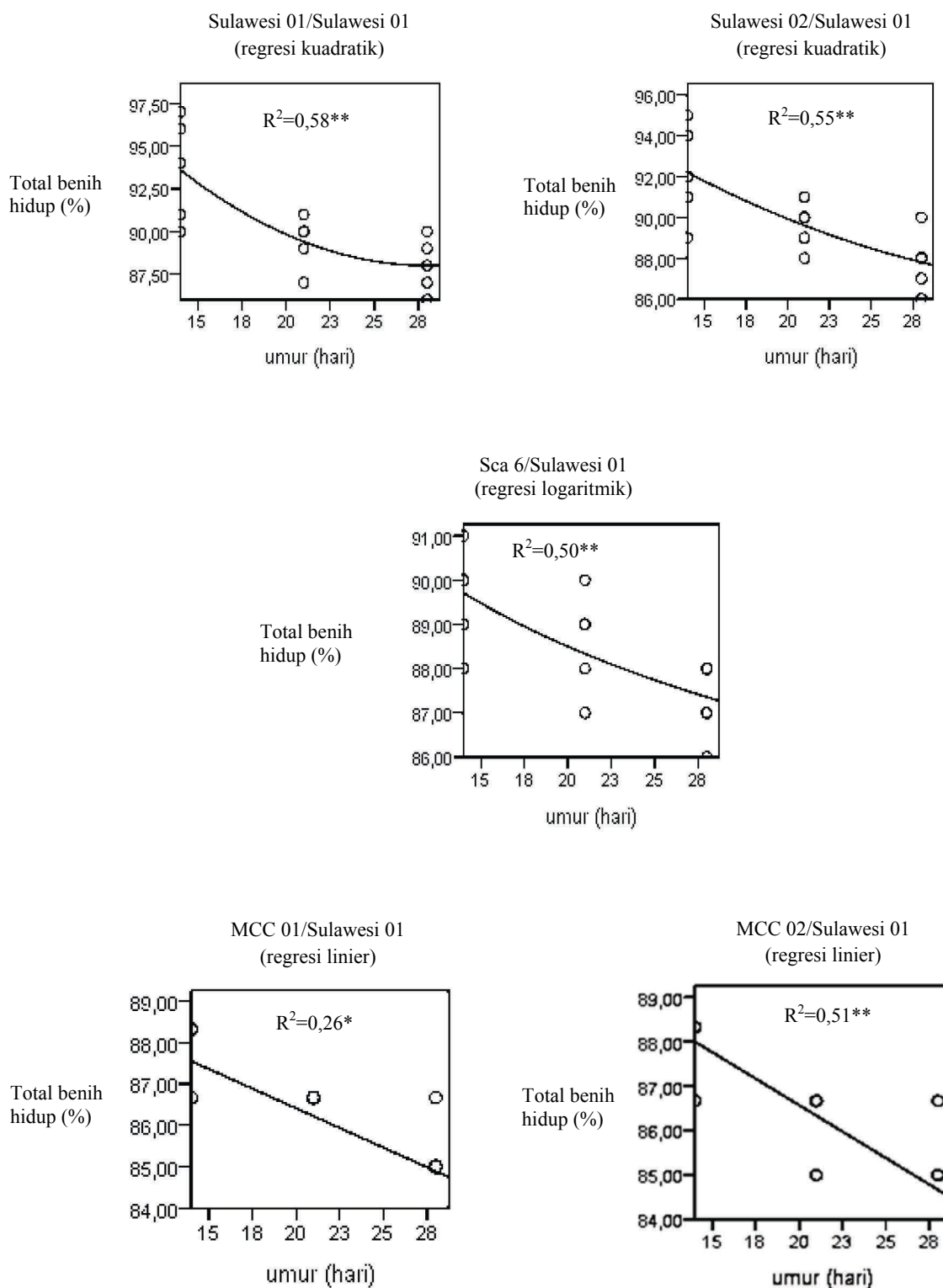
Tabel 5. Korelasi antara total benih yang telah bertunas dan kecepatan munculnya tunas pada 14, 21, dan 28 hari setelah penyambungan (HSP)

Table 5. Correlation between the total of sprouting seedling and bud sprouting rates at 14th, 21st, and 28th days after grafting

Peubah yang dikorelasikan	Total benih yang telah bertunas (%)	Kecepatan munculnya tunas (%/hari)
Total benih yang hidup (%):		
- Umur 14 HSP	0,64 **	0,65 **
- Umur 21 HSP	0,67 **	0,68 **
- Umur 28 HSP	0,70 **	0,68 **

Keterangan : ** nyata pada taraf 1%; HSP = hari setelah penyambungan

Notes : ** significant at 1% level; HSP = days after grafting



Gambar 1. Regresi antara hari setelah penyambungan sampai 28 HSP dengan total benih yang hidup pada lima kombinasi sambungan klon unggul kakao; * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%; HSP=hari setelah penyambungan

Figure 1. Regression between days after grafting until 28th days after grafting and the total of surviving seedling on five grafting combination of superior cacao clones; * and ** significant at 5% and 1% levels respectively; HSP= days after grafting

KESIMPULAN

Persentase benih hidup hasil penyambungan klon unggul kakao Sulawesi 01, Sulawesi 02, Sca 6, MCC 01, dan MCC 02 sebagai batang atas dengan progeni klon Sulawesi 01 sebagai batang bawah sampai umur 28 hari setelah penyambungan sebesar 85,02%–87,66%. Keberhasilan penyambungan batang atas klon Sulawesi 01, Sulawesi 02, dan Sca 6 lebih tinggi dan relatif stabil dibandingkan dengan klon MCC 01 dan MCC 02. Ketiga klon tersebut memiliki peluang yang baik sebagai sumber batang atas bagi program peremajaan dan atau rehabilitasi tanaman kakao yang tidak produktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Ujang Suherman dan beberapa staf AWWI (Agro Widyawisata Ilmiah) KP. Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian serta pengumpulan datanya di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrews, P.K., & Marquez, C.S. (1993). Graft incompatibility. *Horticultural Reviews*, 15, 183–232.
- Anita-Sari, I., & Susilo, A.W. (2012). Keberhasilan sambungan pada beberapa jenis batang atas dan famil batang bawah kakao (*Theobroma cocoa* L.). *Pelita Perkebunan*, 28(2), 72–81.
- Baon, J.B. (2011). *100 Tahun Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia 1911-2011* (p. 373). Jember: Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Bhuiyan, M.F.A., Rahim, M.A., & Alam, M.S. (2010). Study on the growth of plants produced by epicotyl (stone) grafting with different rootstock-scion combinations in mango. *J. Agrofor. Environ.*, 3(2), 163–166.
- Chipojola, F.M., Mwase, W.F., Kwapata, M.B., Njoloma, J.P., Bokosi, J.M., & Maliro, M.F. (2013). Effect of tree age, scion source and grafting period on the grafting success of cashew nut (*Anacardium occidentale* L.). *Afric. J. of Agric. Res.*, 8(46), 5785–5790.
- Darikova, J.A., Savva, Y.V., Vaganov, E.A., Grachev, A.M., & Kuznetsova, G.V. (2011). Graft of woody plants and the problem of incompatibility between scion and rootstock (a review). *Journal of Siberian Federal University, Biology*, 1(4), 54–63.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2013). *Klon kakao tahan organisme pengganggu tumbuhan (OPT)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian RI.
- Errera, P. (1998). Implications of phenolic compounds in graft incompatibility in fruit tree species. *Scientia Horticulturae*, 74(3), 195–205.
- Flaishman, M.A., Loginovsky, K., Golobowich, S., & Lev-Yadun, S. (2008). *Arabidopsis thaliana* as model system for graft union development in homografts and heterografts. *J. Plant Growth Regul.*, 27, 231–239.
- Gainza, F., Opazo, I., & Muñoz, C. (2015). Graft incompatibility in plants: Metabolic changes during formation and establishment of the rootstock/scion union with emphasis on *Prunus* species. *Chilean J. of Agric. Res.*, 75(suppl. 1), 28–34.
- Goldschmidt, E.E. (2014). Plant grafting: New mechanisms, evolutionary implications. *Plant Science*, 5(727), 1–9.
- Güçlü, S.F., & Koyuncu, F. (2012). A method for prediction of graft incompatibility in Sweet Cherry. *Not. Bot. Horti. Agrobo.*, 40(1), 243–246.
- Hamdan, A-J.S., & Basheer-Salimia, R. (2010). Preliminary compatibility between some Table-Gravapine scion and Phylloxera-Resistant rootstock cultivars. *Jordan J. of Agric. Sci.*, 6(1), 1–10.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies, F.T., & Geneve, R.L. (2010). Plant propagation: Principles and practices. In *Chapter 11, Principles of grafting and budding* (pp. 415–463). 7th edition. Pearson Education, Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
- Hossein, D.G., Farajollah, S., & Hassanpour, H. (2008). Identification of graft incompatibility of Pear cultivar on Quince rootstock by using isozymes banding pattern and starch. *Asian J. of Plant Sci.*, 7(1), 109–112.
- Kementerian Pertanian. (2008a). *Pelepasan kakao klon Sulawesi 01 sebagai varietas unggul*. SK Mentan No. 1694/Kpts/SR.120/12/2008. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Pertanian. (2008b). *Pelepasan kakao klon Sulawesi 02 sebagai varietas unggul*. SK Mentan No. 1695/Kpts/SR.120/12/2008. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Pertanian. (2009). *Pelepasan kakao klon Sca 6 sebagai varietas unggul*. SK Menteri Pertanian No. 1984/Kpts/SR.120/4/2009. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Kementerian Pertanian. (2014a). *Pelepasan kakao klon M01 sebagai varietas unggul dengan nama MCC 01*. SK Menteri Pertanian No. 1083/Kpts/SR.120/10/2014. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.

- Kementerian Pertanian. (2014b). *Pelepasan kakao klon M45 sebagai varietas unggul dengan nama MCC 02*. SK Menteri Pertanian No. 1082/Kpts/SR.120/10/2014. Jakarta: Kementerian Pertanian RI.
- Kohatsu, D.S., Zucareli, V., Brambilla, W.P., Ono, E.O., da Silva, T.R.B., & Rodrigues, J.D. (2013). Peroxidase and polyphenol oxidase activity on the yield of grafted and ungrafted cucumber plants. *Afric. J. of Agric. Res.*, 8(3), 279–283.
- Kumar, G.N.M. (2011). *Propagation of plants by grafting and budding* (p. 16). Revised Edition. Washington: Horticultural and Landscape Architectur, Washington State University.
- Mahunu, G.K., Adjei, P.Y., & Asante, A.K. (2012). Anatomical studies on graft formation in cashew (*Anacardium occidentale* L.). *Agric. and Biol. J. of North Amer.*, 3(4), 150–153.
- Mahunu, G.K., Osei-Kwarteng, M., & Quainoo, A.K. (2013). Dynamics of graft formation in fruit tress: A review. *Albanian J. Agric. Sci.*, 12(2), 177–180.
- Mng'omba, S.A., du Toit, E.S., & Akinnifesi, F.K. (2008). The relationship between graft incompatibility and phenol in *Uapaca kirkirana* Müell Arg. *Scientia Horticulturae*, 117, 212–218.
- Pereira, I.D.S., Messias, R.D.S., Campos, A.D., Errera, P., Antunes, L.E.C., Fachinello, J.C., & Pina, A. (2014). Growth characteristics and phenylalanine ammonia-lyase activity in peach grafted on different *Prunus* spp. *Biologia Plantarum*, 58(1), 114–120.
- Pina, A., & Errera, P. (2005). A review of new advances in mechanism of graft compatibility-incompatibility. *Scientia Horticulturae*, 106, 1–11.
- Regazzoni, O., Sugito, Y., Suryanto, A., & Prawoto, A.A. (2015). Efisiensi penggunaan energi matahari klon-klon tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) yang diusahakan di bawah tiga spesies tanaman penayang. *Pelita Perkebunan*, 31(1), 21–29.
- Stino, R.G., Ghoneim, E.I., Marwad, I.D., & Fadl, T.R. (2011). Performance of summer grafted superior seedless grapes grafts on different rootstock. *J. of Hort. Sci. and Ornament. Plants*, 3(1), 86–90.
- Susilo, W.A., Anita-Sari, I., Sobandi, Suwitra, & Nurlia. (2012). Stabilitas daya hasil klon-klon harapan kakao (*Theobroma cacao* L.) tahan hama penggerek buah kakao. *Pelita Perkebunan*, 28(3), 123–135.
- Susilo, A.W. (2013). Peran petani dalam pengembangan klon-klon lokal Sulawesi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*, 25, 1–6.
- Susilo, A.W., Anita-Sari, I., & Imran (2015). Yield performance of locally selected cocoa clones in North Luwu. *Pelita Perkebunan*, 31(3), 152–162.
- Towaha, J., & Wardiana, E. (2015). Evaluasi tingkat toleransi 35 genotipe kakao terhadap periode kering. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 2(3), 133–142.
- Zarrouk, O., Testillano, P.S., Risueño, M.C., Moreno, M.A., & Gogorcena, Y. (2010). Changes in cell/tissue organization and peroxidase activity as markers for early detection of graft incompatibility in Peach/Plum combinations. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 135(1), 9–17.

KEEFEKTIFAN BIOFUNGISIDA *Trichoderma* sp. DENGAN TIGA JENIS BAHAN PEMBAWA TERHADAP JAMUR AKAR PUTIH *Rigidoporus microporus*

THE EFFECTIVENESS OF BIOFUNGICIDE *Trichoderma* sp. WITH THREE KINDS OF CARRIER ON WHITE ROOT DISEASE *Rigidoporus microporus*

* Widi Amaria, Funny Soesanthy, dan Yulius Ferry

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

* w_amarial@yahoo.com

(Tanggal diterima: 20 November 2015, direvisi: 12 Desember 2015, disetujui terbit: 14 Maret 2016)

ABSTRAK

Keefektifan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih (JAP) dipengaruhi oleh faktor lingkungan, oleh karena itu lebih baik dibuat dalam bentuk biofungisida. Biofungisida *Trichoderma* sp. dengan bahan pembawa yang sesuai diharapkan mampu menekan infeksi patogen *R. microporus* di pembibitan. Tujuan penelitian adalah mengetahui keefektifan biofungisida *Trichoderma* sp. dengan tiga jenis bahan pembawa terhadap penyakit JAP pada bibit karet. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Rumah Kasa Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai bulan Juli sampai Desember 2013. Percobaan menggunakan rancangan faktorial dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah 4 jenis *Trichoderma*, yaitu *Trichoderma virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride*, dan faktor kedua adalah 3 jenis bahan pembawa, yaitu molase, kompos, dan talk. Biofungisida dibuat dari masing-masing jenis *Trichoderma* dengan masing-masing jenis pembawa sehingga terbentuk 12 biofungisida. Populasi spora *Trichoderma* sp. dalam biofungisida adalah 10^8 spora/ml dan jumlah yang diaplikasikan sebanyak 100 ml atau gram per tanaman. Bibit tanaman karet yang digunakan adalah klon AVROS 2037 hasil okulasi berumur 3 bulan dalam polybag. Peubah pengamatan meliputi masa inkubasi, intensitas dan penekanan serangan JAP, serta populasi *Trichoderma* sp. dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara jenis *Trichoderma* dengan jenis bahan pembawa. Keempat jenis *Trichoderma* yang diuji memiliki keefektifan yang sama dalam menekan penyakit JAP pada bibit karet. Bahan pembawa talk, kompos, dan molase dapat meningkatkan kemampuan pertumbuhan *Trichoderma* sp., tetapi bahan pembawa talk mempunyai kemampuan paling tinggi dalam menekan penyakit JAP.

Kata kunci: Karet, jamur akar putih, biofungisida, *Trichoderma* sp.

ABSTRACT

The effectiveness of *Trichoderma* sp. as biocontrol for white root disease is determined by the environment, thus it is best applied as biofungicide. The application of *Trichoderma* sp. with suitable carrier is expected to suppress pathogen (*Rigidoporus microporus*) in rubber seedlings. The objective of the research was to study the effectiveness of *Trichoderma* sp. biofungicide with three types of carriers in controlling white root disease in rubber seedlings. The research was conducted in Plant Protection Laboratory and screen house of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from July to December 2013. The experiment used a factorial design with 2 factors and 3 replications. The first factor is 4 types of *Trichoderma*, namely *Trichoderma virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride* whereas the second factor is the three types of carrier, namely molasses, compost, and talc. The biofungicide were made of four species of *Trichoderma* and the three carriers thus resulting in 12 biofungicides. The spora population of *Trichoderma* sp. was 10^8 spores/ml from which then 100 ml or gram applied on each plant. Rubber seedlings used were of AVROS 2037 clones, 3 months old clone-grafted seedlings grown in polybag. Observations were on the incubation stage, the intensity of the white root disease attack, the disease suppression, and the population of *Trichoderma* sp. in soil. The results showed no interactions between types of *Trichoderma* with types of carrier. The four *Trichoderma* species studied had similar suppressing effectivity on white root disease in rubber seedlings. Talc, compost, and molasses increased the *Trichoderma* sp. growth but talc was shown had the highest effectivity in suppressing the disease.

Keywords: Rubber, white root disease, biofungicide, *Trichoderma* sp.

PENDAHULUAN

Penyakit jamur akar putih (JAP) yang disebabkan oleh *Rigidoporus microporus* merupakan penyakit penting pada tanaman karet mulai dari tingkat pembibitan sampai tanaman dewasa. Patogen JAP bersifat tular tanah (*soil borne*) dan bibit (*seedling borne*), menyerang lebih dari 80.000 hektar pertanaman karet di Indonesia (Jayasinghe, 2010), dengan taksiran kerugian hasil mencapai 300 milyar rupiah setiap tahunnya (Situmorang, 2004).

R. microporus termasuk jamur parasit fakultatif, yaitu hidup sebagai saprofit tanah, tetapi bila bertemu dengan akar tanaman akan berubah menjadi parasit. Patogen ini menyebar melalui kontak antara akar tanaman yang sakit dengan yang sehat. Rizomorf dari *R. microporus* akan menjalar pada leher akar dan selanjutnya menginfeksi akar lateral, menyebabkan akar membusuk sehingga tanaman mati dan tumbang (Omorusi, 2012). Perkembangan patogen sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, antara lain kelembapan di atas 90%, kandungan bahan organik tinggi, aerasi yang baik, tanah gembur/berpori, dan pH 6–7 (Sinulingga & Eddy, 1989).

Pengendalian JAP yang banyak dikembangkan adalah melalui pemanfaatan *Trichoderma* sp. Mekanisme *Trichoderma* sp. mengendalikan JAP di antaranya adalah kompetisi, antibiosis, induksi ketahanan, dan menghasilkan metabolit sekunder yang dapat mematikan patogen (Druzhinina *et al.*, 2011; Mukherjee *et al.*, 2012; Sharma, Radheshyam, Joshi, & Dhaker, 2012;). Saat ini Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) telah mengoleksi beberapa jenis *Trichoderma* sp. yang potensial sebagai agens hayati terhadap JAP. Hasil penelitian *in vitro* dan *in vivo* diperoleh 4 jenis *Trichoderma*, yaitu *T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride*, yang memperlihatkan daya hambat tinggi terhadap *R. microporus* dengan mekanisme yang berbeda-beda. *T. virens* dan *T. atroviride* menekan pertumbuhan *R. microporus* dengan mekanisme kompetisi dan mikoparasit, sedangkan *T. hamatum* dan *T. amazonicum* dengan mekanisme antibiosis dan kompetisi. Aplikasi keempat jenis jamur tersebut mampu menekan intensitas penyakit JAP sebesar 66,7%–91% pada bibit karet di rumah kaca (Amaria, Taufiq, & Harni, 2013; Amaria & Wardiana, 2014; Amaria, Harni, & Samsudin, 2015).

Keefektifan *Trichoderma* sp. untuk aplikasi di pembibitan sampai tanaman dewasa di lapang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, antara lain suhu, pH, kelembapan udara, dan tanah (Gupta *et al.*, 2014). Oleh karena itu, *Trichoderma* sp. lebih baik jika dibuat dalam bentuk biofungisida. Biofungisida adalah bahan

yang mengandung agens hayati dengan media pembawa tertentu untuk dapat menghambat pertumbuhan patogen untuk mengendalikan penyakit tanaman. Persyaratan untuk media pembawa adalah dapat meningkatkan keefektifan dan daya simpan, kompatibel dengan lingkungan, tidak menyebabkan fitotoksik pada tanaman, dan bahan pembawa murah serta mudah diperoleh (Jeyarajan & Nekkeeran, 2000). Beberapa peneliti telah memanfaatkan bahan pembawa untuk biofungisida *Trichoderma*, seperti talk (Sriram, Roopa, & Savitha, 2011; Mukherjee, Horwitz, Herrera-Estrella, Schmoll, & Kenerley, 2013; Patel & Patel, 2014), kompos (Panahian, Rahnama, & Jafari, 2012; Damiri, Mulawarman, & Mutiara, 2014), dan molase (Hidayat, 2013).

Penelitian bertujuan mengetahui keefektifan biofungisida *Trichoderma* sp. dengan tiga jenis bahan pembawa terhadap penyakit JAP pada bibit karet.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Rumah Kasa Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai bulan Juli sampai Desember 2013.

Penyiapan Isolat dan Bahan Tanaman

Isolat *Trichoderma* sp. yang digunakan adalah *T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride*, merupakan koleksi Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah diuji kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan *R. microporus* secara *in vitro* dan *in vivo*. Isolat patogen *R. microporus* diperoleh dari Pusat Penelitian Karet, Balai Penelitian Sembawa, Sumatera Selatan.

Bibit tanaman karet yang digunakan adalah klon AVROS 2037 (rentan terhadap penyakit JAP) hasil okulasi berumur 3 bulan yang ditanam dalam polybag dengan media tanah dan rumput kering (3 tanah : 1 rumput kering).

Perbanyakan Isolat Patogen

Patogen *R. microporus* diperbanyak pada media kayu karet (Suwandi, 2008). Potongan-potongan kayu karet berukuran 12 cm × 1 cm × 1 cm sebanyak 20 potong dimasukkan ke dalam kantong plastik tahan panas berukuran ½ kg. Media *malt extract agar* (MEA) yang masih cair dituang pada kayu karet secara merata, masing-masing 50 ml/kantong. Media kayu karet + MEA yang telah ditutup dengan kapas dan aluminium foil, selanjutnya disterilisasi menggunakan *autoclave* (120°C, 10 menit). Setelah didinginkan pada suhu ruang, media kemudian diinokulasi dengan 2 potong

isolat *R. microporus* dari biakan murni *potato dextrose agar* (PDA) dan diinkubasi pada suhu ruang selama 2 bulan. Setelah permukaan media berubah warna menjadi putih (karena sudah dipenuhi oleh hifa jamur *R. microporus*), biakkan ini siap digunakan sebagai inokulan.

Perbanyakan *Trichoderma* sp.

Biakan murni 4 isolat jamur *T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride* yang berumur 5 hari pada *potato dextrose agar* (PDA) diinokulasikan dalam media cair *potato dextrose broth* (PDB). Media PDB sebanyak 750 ml dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1.000 ml, disterilisasi dengan *autoclave* (120°C; 20 menit). Perbanyak spora *Trichoderma* sp. pada media cair dilakukan di dalam rangkaian fermentor sederhana, terdiri atas: (1) aerator, (2) glasswool, (3) KMNO₄, (4) media cair PDB, dan (5) akuades (Nurhayatiningsih, 2013). Setiap media cair PDB steril pada erlenmeyer diinokulasi dengan *Trichoderma* sp., selanjutnya diinkubasi selama 10 hari, dan dihitung jumlah spora sampai 10⁸ spora/ml menggunakan *haemocytometer* dan *compound microscope*. Hasil perbanyakan ini digunakan untuk campuran pada pembuatan biofungisida dengan bahan pembawa kompos dan talk.

Pembuatan Biofungisida

Biofungisida dibuat secara sederhana dengan bahan pembawa molase, kompos, dan talk. Pembuatan biofungisida dengan bahan pembawa molase menggunakan rangkaian fermentor sederhana seperti pada perbanyakan *Trichoderma* sp. dengan media PDB. Biakan murni isolat *Trichoderma* sp. sebanyak 2 potong dengan diameter 0,8 cm dimasukkan ke dalam 750 ml molase 5%, selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang selama 10 hari (sampai kerapatan spora 10⁸ spora/ml).

Biofungisida dengan bahan pembawa kompos dibuat dari bahan rumput kering yang telah dicacah dan permukaannya disiram dengan masing-masing jenis *Trichoderma* sp. dalam media PDB (kerapatan 10⁸ spora/ml). Setelah ditutup dengan plastik, biofungisida dibiarkan selama 1 bulan. Setelah 1 bulan tutup plastik dibuka dan dikeringanginkan. Pembuatan biofungisida dengan bahan pembawa talk metodenya sama dengan biofungisida dengan bahan pembawa kompos. Biakan *Trichoderma* sp. pada media PDB dengan kerapatan 10⁸ spora/ml dicampur dengan talk yang telah steril dengan perbandingan 1 : 2 (750 ml *Trichoderma* sp. : 1.500 g talk) (Sriram *et al.*, 2011). Campuran kemudian diaduk rata seperti adonan dan dikeringanginkan sampai kadar air 4%, selanjutnya diayak menggunakan ayakan tepung ukuran 80 mesh.

Rancangan Penelitian dan Aplikasi Perlakuan Biofungisida pada Bibit Karet di Rumah Kasa

Penelitian disusun dalam rancangan faktorial 2 faktor dengan rancangan dasar acak kelompok yang diulang 3 kali. Sebagai faktor pertama adalah empat jenis *Trichoderma* (T), yaitu *T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride*. Faktor kedua adalah tiga jenis bahan pembawa (P), yaitu molase, kompos, dan talk.

Bibit karet berumur 3 bulan diinokulasi dengan *R. microporus* dua minggu sebelum aplikasi biofungisida. Dua potong kayu yang telah dipenuhi oleh miselium patogen *R. microporus* ditanamkan pada media tanam dalam polybag dengan jarak 3 cm dari batang karet (Suwandi, 2008). Biofungisida dengan bahan pembawa molase diaplikasikan dengan cara menyiramkannya sebanyak 100 ml di sekeliling media tanam dengan jarak 3 cm dari batang karet. Biofungisida dengan bahan pembawa kompos dan talk ditaburkan sebanyak 100 g/tanaman pada lubang alur yang telah dibuat di sekeliling bibit karet pada kedalaman 3–10 cm.

Pengamatan dan Analisis Data

Peubah yang diamati meliputi:

- Masa inkubasi, yaitu waktu yang dibutuhkan dari mulai inokulasi sampai gejala JAP muncul pertama kali.
- Intensitas serangan JAP, diamati setiap bulan, menggunakan rumus (Boggie & Person, 1988):

$$I = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan:

I = intensitas serangan

n = jumlah tanaman pada skala serangan-v

v = nilai skala serangan

Z = nilai skala dari serangan tertinggi

N = jumlah tanaman yang diamati

Nilai skala kategori serangan menurut Fairuzah, Dalimunthe, Karyudi, Suryaman, & Widhayati (2012):

Skala 0 = akar tanaman bebas dari serangan patogen *R. microporus*

Skala 1 = akar tanaman ditumbuhi miselium *R. microporus* tetapi terbatas pada permukaan kulit

Skala 2 = miselium telah melekat kuat pada kulit dan diperkirakan sudah masuk ke kayu

Skala 3 = bagian kulit dan kayu telah membusuk

Skala 4 = tanaman mati

- Penekanan serangan JAP, dihitung dari data intensitas serangan dibandingkan dengan kontrol (tanpa perlakuan biofungisida). Oleh karena itu, khusus untuk peubah ini diperlukan petak kontrol.

- d. Jumlah populasi *Trichoderma* sp. dalam tanah dihitung setiap bulan dengan cara mengambil sampel tanah pada setiap perlakuan, kemudian diisolasi di laboratorium menggunakan metode *dillution plate* pada media selektif *Trichoderma* sp. Masing-masing sampel tanah diambil 10 gram dan diencerkan dengan 100 ml akuades, kemudian dibuat seri pengenceran sampai 10^{-3} . Setiap suspensi diambil 1 ml dan dicampur merata pada media selektif *Trichoderma* sp. Selanjutnya, diinkubasi selama 5 hari pada suhu kamar dan dihitung jumlah koloninya (*colony forming unit/cfu*). Populasi *Trichoderma* sp. dihitung dengan rumus:

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

Keterangan:

Pb = populasi jamur (cfu/ml)

Jk = jumlah koloni

Fp = faktor pengenceran

p = pengenceran

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

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis sidik ragam dan dilanjutkan dengan uji beda rata-rata perlakuan menggunakan metode Tukey pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi yang nyata antara perlakuan jenis *Trichoderma* dan bahan pembawa untuk semua peubah yang diamati (masa inkubasi, intensitas, dan penekanan serangan JAP), tetapi berpengaruh nyata pada bahan pembawa (Tabel 1).

Pengaruh Jenis *Trichoderma*

Keempat jenis *Trichoderma* yang diuji memiliki kemampuan yang sama terhadap masa inkubasi, intensitas, dan penekanan serangan JAP pada bibit karet (Tabel 2). Kemampuan *Trichoderma* sp. dalam menghambat perkembangan *R. microporus*, yaitu melalui mekanisme antagonis kompetisi, antibiosis, dan mikoparasit (Amaria *et al.*, 2015). Selain itu juga menghasilkan antibiotik dan enzim untuk mendegradasi sel patogen sehingga tidak dapat berkembang. Enzim yang dihasilkan antara lain trichodermin, gliotoksin, dan gliovirin (Benítez, Rincón, Limón, & Codón, 2004; Gupta *et al.*, 2014). Jeyarajan & Nakkeeran (2000) menjelaskan bahwa *Trichoderma* sp. banyak digunakan sebagai agens hayati karena memiliki karakteristik kompetensi rizosfir dan saprofit, penghambatan terhadap patogen tinggi, mudah diperbanyak, mempunyai spektrum luas, aman untuk lingkungan, dan kompatibel dengan agens hayati lain.

Hasil penelitian pengaruh jenis *Trichoderma* sp. terhadap masa inkubasi penyakit JAP pada bibit karet tidak berbeda nyata antar perlakuan. Masa inkubasi tercepat pada perlakuan *T. virens*, yaitu 56,78 hari diikuti oleh *T. amazonicum*, *T. hamatum*, dan *T. atroviride* berturut-turut 57,22; 57,56 dan 62,33 hari. Begitu juga dengan intensitas serangan penyakit JAP baik pada 30, 60 dan 90 hari setelah aplikasi.

Amaria *et al.* (2013) melaporkan bahwa *T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride* dapat menekan patogen *R. microporus* 80%–85% *in vitro*. Pengujian di rumah kaca pada bibit karet klon AVROS 2037 yang sudah diinokulasi dengan *R. microporus*, menunjukkan keempat jenis *Trichoderma* tersebut dengan masa inkubasi 30,53–37,73 hari, intensitas serangan 90 HSA adalah 31,67%–38,33% dan kemampuannya dalam menekan serangan JAP sebesar 25% (Amaria & Wardiana, 2014).

Tabel 1. Analisis ragam pengaruh biofungisida *Trichoderma* sp. dengan 3 jenis bahan pembawa terhadap penyakit jamur akar putih
Table 1. Variance analysis of the effect of *Trichoderma* sp. biofungicide with 3 types of carrier on white root disease

No.	Peubah pengamatan	Nilai peluang perlakuan		
		Jenis <i>Trichoderma</i> (T)	Faktor bahan pembawa (P)	Interaksi (PxT)
1.	Masa inkubasi	0,9360	0,0070 **	0,9866
2.	Intensitas serangan	0,9152	0,0008 **	0,8656
3.	Penekanan serangan	0,9018	0,0008 **	0,8769
4.	Populasi <i>Trichoderma</i> sp.	0,8907	0,0000 **	0,2265

Keterangan : * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%

Notes : * and ** significant at 5% and 1% level respectively

Tabel 2. Pengaruh jenis *Trichoderma* terhadap masa inkubasi, intensitas serangan pada 30, 60, dan 90 hari setelah aplikasi (HSA), serta penekanan serangan pada 90 HSA

Table 2. The effect of *Trichoderma* species on incubation period, the attack intensity at 30th, 60th, and 90th days after application, and attack suppression at 90th days after application

Jenis <i>Trichoderma</i>	Masa inkubasi (hari)	Intensitas serangan (%)			Penekanan serangan pada 90 HSA (%)
		30 HSA	60 HSA	90 HSA	
<i>T. virens</i>	56,78	1,67	10,00	19,44	62,91
<i>T. hamatum</i>	57,56	2,22	11,67	21,11	60,49
<i>T. amazonicum</i>	57,22	1,11	13,33	21,11	61,73
<i>T. atroviride</i>	62,33	2,22	8,89	17,78	67,59
	tn.	tn.	tn.	tn.	tn.

Keterangan : tn = tidak nyata; HSA = hari setelah aplikasi

Notes : tn = not significant; HSA = days after application

Tabel 3. Populasi *Trichoderma* sp. dalam tanah pada 30, 60, dan 90 hari setelah aplikasi (HSA)

Table 3. Population of *Trichoderma* sp. in soil at 30th, 60th, and 90th after application

Jenis <i>Trichoderma</i>	Populasi <i>Trichoderma</i> sp. (x 000)		
	30 HSA	60 HSA	90 HSA
<i>T. virens</i>	5,56	7,56	10,78
<i>T. hamatum</i>	5,56	8,56	9,89
<i>T. amazonicum</i>	6,22	10,22	10,89
<i>T. atroviride</i>	6,22	8,67	10,67
	tn.	tn.	tn.

Keterangan : tn = tidak nyata; HSA = hari setelah aplikasi

Notes : tn = not significant; HSA = days after application

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa keempat jenis *Trichoderma* yang diuji ternyata menunjukkan hasil yang lebih baik terhadap masa inkubasi, intensitas, dan penekanan serangan pada 90 HSA dibandingkan dengan penelitian Amaria & Wardiana (2014). Berdasarkan data pada Tabel 2 dapat diketahui adanya peningkatan masa inkubasi menjadi 56,78–62,33 hari, penurunan intensitas serangan pada 60 dan 90 HSA masing-masing menjadi 8,89–13,33 dan 17,78–21,11 %, dan peningkatan penekanan serangan pada 90 HSA menjadi 61,73–67,59% (Tabel 2).

Terjadinya peningkatan keefektifan keempat jenis *Trichoderma* yang diuji dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu salah satunya disebabkan penggunaan bahan pembawa molase, kompos, dan talk. Hal ini didukung oleh adanya peningkatan jumlah populasi keempat jenis *Trichoderma* yang diuji mulai dari 30 sampai 90 HSA (Tabel 3).

Faktor-faktor yang mempengaruhi perkembangan populasi *Trichoderma* sp. dalam tanah antara lain pH, aerasi, dan nutrisi. *Trichoderma* sp. dapat berkembang pada pH rendah dan keadaan yang lembap untuk mendukung proses antagonisme agar berlangsung dengan baik (Berlian, Setyawan, & Hadi, 2013).

Kondisi lingkungan seperti ini salah satunya dapat diperoleh melalui penggunaan bahan pembawa yang sesuai. Perkembangan populasi *Trichoderma* sp. dalam tanah setelah aplikasi sangat penting untuk mendukung kemampuannya dalam menekan penyakit. *Trichoderma* sp. merupakan salah satu jenis jamur antagonis yang mudah berkembang dan beradaptasi pada media tanah. Menurut Weaver *et al.* (2005), jamur antagonis yang memiliki persistensi tinggi berpeluang besar untuk menghambat perkembangan jamur patogen sehingga dapat menekan penyakit.

Pengaruh Bahan Pembawa

Pengaruh bahan pembawa terhadap masa inkubasi menunjukkan bahwa perlakuan molase tidak berbeda dengan kompos dan talk, namun bahan pembawa talk menyebabkan munculnya gejala serangan JAP lebih lama dibandingkan dengan kompos, yaitu 73,84 hari (Tabel 4). Intensitas serangan JAP pada 30 sampai 90 HSA bervariasi dari ke 3 jenis bahan pembawa, tetapi pada umur 90 HSA ternyata bahan pembawa talk lebih efektif dibandingkan dengan molase dan kompos. Demikian juga dengan penekanan serangan

pada 90 HSA, bahan pembawa talk ternyata lebih efektif dibandingkan dengan molase dan kompos (Tabel 4).

Trichoderma sp. dengan bahan pembawa talk yang mengandung nutrisi rendah, tetap dapat berkembang baik pada tanah. Hal ini diduga karena *Trichoderma* sp. dapat mempertahankan diri dengan baik dengan membentuk kladospora (Berlian *et al.*, 2013). Talk sebagai bahan pembawa biofungisida dengan bahan aktif *Trichoderma* sp. telah banyak digunakan dan efektif untuk pengendalian penyakit tanaman lainnya. Wijesinghe, Wijeratnam, Samarasekara, & Wijesundera (2011) melaporkan penggunaan bahan pembawa talk dengan *T. asperellum* untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang *Thielaviopsis paradoxa*. Biofungisida *T. harzianum* dan *T. viride* dengan bahan pembawa talk juga dapat mengurangi kejadian penyakit layu *Fusarium* (Sriram *et al.*, 2011; Patel & Patel, 2014).

Populasi *Trichoderma* sp. dalam tanah dengan bahan pembawa molase, mengalami penurunan sampai 90 HSA, berbeda halnya dengan bahan pembawa kompos dan talk yang keduanya mengalami peningkatan (Tabel 5). Hal ini mengindikasikan bahwa bahan pembawa talk dan kompos dinilai cukup baik dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan populasi *Trichoderma* sp. di dalam tanah. Bahan pembawa talk lebih baik bila dibandingkan kompos terhadap intensitas

dan penekanan serangan JAP pada 90 HSA (Tabel 4). Subash, Meenakshisundaram, Sasikumar, & Unnamalai (2014), juga melaporkan bahwa talk sebagai bahan pembawa *T. harzianum* efektif mengendalikan penyakit damping off pada tanaman cabai dibandingkan kompos.

Perlakuan biofungisida dengan bahan pembawa kompos, selain mempercepat munculnya gejala serangan, juga meningkatkan intensitas serangan JAP. Hal ini terjadi karena patogen *R. microsporus* berkembang baik pada media tanam yang mengandung bahan organik tinggi dengan kondisi lembap. Sinulingga & Eddy (1989) melaporkan bahwa kelembapan dan kandungan bahan organik tanah yang tinggi dapat meningkatkan perkembangan *R. microsporus*. Kondisi ini menyebabkan rizomorf berkembang lebih cepat sehingga dapat mengkolonisasi sistem perakaran. Selanjutnya Setyorini, Saraswati, & Anwar (2006) menjelaskan bahwa kompos yang berupa sisa-sisa tanaman dan mikroorganisme merupakan sumber bahan organik potensial bagi tanah untuk perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Namun, bahan-bahan tersebut dapat lapuk dan busuk bila berada dalam keadaan lembap dan basah sehingga menjadi tempat yang sesuai untuk perkembangan jamur patogen.

Tabel 4. Pengaruh bahan pembawa terhadap masa inkubasi, intensitas serangan pada 30, 60, dan 90 hari setelah aplikasi (HSA), serta penekanan serangan pada 90 HSA

Table 4. The effect of the carriers on incubation period, the attack intensity at 30th, 60th, and 90th days after application, and attack suppression at 90th days after application

Bahan pembawa	Masa Inkubasi (hari)	Intensitas serangan (%)			Penekanan serangan pada 90 HSA(%)
		30 HSA	60 HSA	90 HSA	
Molase	58,00 ab	1,67 a	11,67 ab	20,83 a	60,61 b
Kompos	43,59 b	3,75 a	16,67 a	30,00 a	45,13 b
Talk	73,84 a	0,00 a	4,58 b	8,75 b	83,80 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%; HSA=hari setelah aplikasi

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels; HSA=days after application

Tabel 5. Pengaruh bahan pembawa terhadap populasi *Trichoderma* sp. pada 30, 60, dan 90 hari setelah aplikasi (HSA)

Table 5. The effect of the carriers on the *Trichoderma* sp. population on 30th, 60th, and 90th days after application

Bahan pembawa	Populasi <i>Trichoderma</i> sp. (x 000)		
	30 HSA	60 HSA	90 HSA
Molase	6,33 ab	8,33 a	3,92 b
Kompos	4,75 b	8,58 a	14,00 a
Talk	6,58 a	9,33 a	13,75 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%; HSA=hari setelah aplikasi

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels; HSA=days after application

KESIMPULAN

Tidak ada interaksi antara jenis *Trichoderma* dengan jenis bahan pembawa. *T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *T. atroviride* efektif menekan penyakit jamur akar putih pada bibit karet dengan masa inkubasi 56,78–62,33 hari, intensitas serangan 17,78%–21,11%, dan penekanan serangan 61,73%–67,59%. Bahan pembawa talk, kompos, dan molase dapat meningkatkan kemampuan pertumbuhan *Trichoderma* sp., tetapi bahan pembawa talk mempunyai kemampuan paling tinggi dalam menekan penyakit JAP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dr. Rita Harni, M.Si., Dr. Ir. Samsudin, M.Si., dan Ir. Edi Wardiana, M.Si. yang telah memberikan banyak saran dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan karya tulis ilmiah, serta Bapak Sumantri sebagai Teknisi Litkayasa di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian serta pengumpulan data.

DAFTAR PUSTAKA

- 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>
- Benítez, T., Rincón, A.M., Limón, M.C., Codón, A.C. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *Int Microbiol.*, 7(4), 249–60.
- Berlian, I., Setyawan, B., & Hadi, H. (2013). Mekanisme antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa patogen tular tanah. *Warta Perakaretan*, 32(2), 74–82.
- Boggie, L. M., & Person, H. (1988). *Plant roots and their environment*. Development in agricultural and manage forest. Uppsala Sweden.
- Damiri, N., Mulawarman, & Mutiara, M. (2014). Effect of temperature and storage on effectiveness of *Trichoderma viride* as biocontrol agents of *Rigidoporus microporus*, Pathogen of white root on rubber. *AGRIVITA*, 36(2), 169–173. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2014-36-2-p169-173>.
- Druzhinina, I. S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B.A., Kenerley, C.M., Monte, E., ... Kubicek, CP. (2011). *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews Microbiology*, 9, 749–759. doi: 10.1038/nrmicro2637.
- Fairuzah, Z., Dalimunthe, C.I., Karyudi, Suryaman, S., & Widhayati, W. (2012). Efektivitas endohevea dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Prosiding Konferensi Nasional Karet* (pp. 259–268). Yogyakarta, 19–20 September 2012.
- Gupta, V.K., SchMoll, M., Herrera-Estrella, A., Upadhyay, R.S., Druzhinina, I., & Tuohy, M.G. (2014). *Biotechnology and biology of Trichoderma* (p. 527). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Hidayat, R. W. (2013). Produksi biofungisida *Trichoderma harzianum* pada berbagai media cair untuk mengendalikan penyakit lanas tembakau (*Phytophthora nicotianae*) (Skripsi, Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember, Jember).
- Jayasinghe, C. K. (2010). White root disease of rubber tree: An overview. *Proceedings of International Workshop on White root rot disease of Hevea Rubber* (pp. 1–8). 14th–16th Dec. 2010, Hotel Janaki, Colombo, Sri-Lanka.
- Jeyarajan, R., & Nakkeeran, S. (2000). Exploitation of microorganisms and viruses as biocontrol agents for crop disease mangement. In *Biocontrol Potential and their Exploitation in Sustainable agriculture* (pp. 95–116). Upadhyay et al. (Ed.), Kluwer Academic/Plenum Publishers, USA. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-4209-4_8.
- Mukherjee, M., Mukherjee, P.K., Horwitz, B.A., Zachow, C., Berg, G. Zeilinger, S. (2012). *Trichoderma*–plant–pathogen interactions: Advances in genetics of biological control. *Indian J Microbiol*, 52(4), 522–529. doi: 10.1007/s12088-012-0308-5.
- Mukherjee, P. K., Horwitz, B. A., Herrera-Estrella, A., Schmoll, M., & Kenerley, C. M. (2013). *Trichoderma* research in the genome era. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 51, 105–29.
- Nurhayatiningsih. (2013). *Prospek jamur Trichoderma koningii untuk pengendalian penyakit Phytophthora palmivora pada tanaman kakao*. Retrieved from <http://ditjenbun.pertanian.go.id/bbpptsurabaya/tinymcpuk/gambar/file/prospek%20trico%20tuk%20Kakao.pdf>

- Omorusi, V. I. (2012). Effects of white root rot disease on *Hevea brasiliensis* (Muell. Arg.)-Challenges and Control Approach. (pp. 139-152). Retrieved from <http://dx.doi.org/10.5772/54024>.
- Panahian, Gh., Rahnama, K., & Jafari, M. (2012). Mass production of *Trichoderma* spp. and application. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(2), 292–298.
- Patel, R., & Patel, D. (2014). Screening of *Trichoderma* and antagonistic analysis of a potential strain of *Trichoderma* for production of a bioformulation. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(10), 1–6.
- Semangun, H. (2000). *Penyakit-penyakit tanaman perkebunan Indonesia* (p. 835). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Setyorini, D., Saraswati, R., & Anwar, E.K. (2006). Kompos. In Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Saraswati, R., Setyorini, D., & Hartatik, W. (Eds), *Pupuk organik dan pupuk hayati*. Bogor: Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sharma, Radheshyam, Joshi, A., & Dhaker, R. C. (2012). A brief review on mechanism of *Trichoderma* fungus use as biological control agents. *International Journal of Innovations in Bio-Sciences*, 2(4), 200–210.
- Sinulingga, W., & Eddy. (1989). *Pengendalian penyakit jamur akar putih pada tanaman karet* (pp. 8–15). Medan: Pusat Penelitian Sungei Putih.
- Situmorang, A. (2004). Status dan manajemen pengendalian penyakit akar putih di perkebunan karet. In Situmorang, A., Budiman, A., Suryaningtyas, H., Thomas, Lasminingsih, M., & Gunawan, A. (Eds). *Pertemuan Teknis Strategi Pengelolaan Penyakit Tanaman Karet untuk Mempertahankan Potensi Produksi Mendukung Industri Perakatan Indonesia Tahun 2020* (pp. 66–86). Palembang, 6–7 Oktober 2004.
- 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.
- Subash, N., Meenakshisundaram, M., Sasikumar, C., & Unnamalai, N. (2014). Mass cultivation of *Trichoderma harzianum* using agricultural waste as a substrate for the management of damping off disease and growth promotion in chilli plants (*Capsicum annum* L.). *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(5), 188–192.
- Suwandi. (2008). Evaluasi kombinasi isolat *Trichoderma* mikoparasit dalam mengendalikan penyakit akar putih pada bibit karet. *J. HPT Tropika*, 8(1), 55–62.
- Wijesinghe, C.J., Wilson Wijeratnam, R.S., Samarasekara, J.K.R.R., Wijesundera, R.L.C. (2011). Development of a formulation of *Trichoderma asperellum* to control black rot disease on pineapple caused by (*Thielaviopsis paradoxa*). *Crop Protection*, 30, 300–306.

KORELASI ANTARA KETINGGIAN TEMPAT, SIFAT KIMIA TANAH, DAN MUTU FISIK BIJI KOPI ARABIKA DI DATARAN TINGGI GARUT

CORRELATION BETWEEN ALTITUDE, SOIL CHEMICAL PROPERTIES, AND PHYSICAL QUALITY OF ARABICA COFFEE BEANS IN HIGHLAND AREAS OF GARUT

* Handi Supriadi, Enny Randriani, dan Juniaty Towaha

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

(Tanggal diterima: 8 Desember 2015, direvisi: 29 Desember 2015, disetujui terbit: 18 Maret 2016)

ABSTRAK

Ketinggian tempat mempengaruhi unsur-unsur iklim yang akan berdampak terhadap sifat kimia tanah. Pertumbuhan, produktivitas, mutu, dan citarasa kopi ditentukan oleh beberapa faktor, salah satunya sifat kimia tanah. Tujuan penelitian adalah menganalisis korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Kabupaten Garut. Penelitian dilakukan di dataran tinggi Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, mulai bulan April sampai Agustus 2014. Penelitian menggunakan metode survei dengan pemilihan lokasi dan ketinggian tempat secara *purposive* serta pengambilan sampel tanah dan biji kopi secara acak di masing-masing lokasi. Parameter yang diamati adalah sifat kimia tanah, persentase biji normal, dan berat biji kopi Arabika pada ketinggian tempat 1.000–1.600 m dpl. Data dianalisis menggunakan korelasi. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang nyata antara ketinggian tempat dengan beberapa sifat kimia tanah dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Garut. Semakin tinggi tempat maka semakin meningkat pula sifat kimia tanah seperti pH, C-organik, N-total, Na, dan KTK, tetapi sebaliknya untuk P_2O_5 total. Meningkatnya tinggi tempat dan beberapa sifat kimia tanah tersebut seiring dengan meningkatnya pula persentase biji normal dan berat 100 biji kopi Arabika.

Kata kunci: Kopi Arabika, sifat kimia tanah, ketinggian tempat, biji normal, berat biji

ABSTRACT

Altitude defines the climatic elements which in turn affect the soil chemical properties. Growth, productivity, qualities, and coffee flavor determines by a number of factors, one of which is the chemical properties in the soil. The research aimed to analyze the correlation between altitude, soil chemical properties, and physical quality of Arabica coffee beans in highland areas of Garut. The research was carried out in Garut Regency, West Java, from April to August 2014. The research used survey method with purposive random sampling from selected locations. Parameters observed were soil chemical properties, percentage of normal beans and the beans weight at the altitude of 1.000–1.600 m asl. The data were then analyzed using correlation method. The result showed a significant correlation between altitude with soil chemical properties and Arabica coffee beans physical quality in Garut highlands. The higher the altitude, the higher level of soil chemical properties, such as pH, C-organic, N-total, Na, and KTK, in contrary with total P_2O_5 . Higher altitude and chemical properties inline with higher percentage of normal beans and the weight of 100 Arabica coffee beans.

Keywords: Arabica coffee, soil chemical properties, normal beans, beans weight, altitude

PENDAHULUAN

Pertanaman kopi Arabika di Kabupaten Garut terdapat di kawasan pegunungan dengan ketinggian tempat yang beragam, antara 1.000–1.600 m dpl. Teknologi budi daya tanaman kopi, khususnya

pemupukan, yang diterapkan petani pada umumnya hampir sama di semua lokasi dan ketinggian tempat. Meskipun demikian, mutu fisik biji kopi Arabika yang dihasilkan petani bervariasi antar ketinggian tempat. Beberapa hasil penelitian telah membuktikan pengaruh ketinggian tempat terhadap mutu fisik dan citarasa kopi

(Leonel, Philippe, & Segovia, 2006; Silva, de Queiroz, Ferreira, Corrêa, & Rufino, 2015).

Ketinggian tempat berpengaruh terhadap suhu udara dan curah hujan (Ping *et al.*, 2013; Saeed, Barozai, Ahmad, & Shah, 2014). Semakin tinggi tempat, suhu udara semakin rendah dan curah hujan semakin tinggi serta tanahnya semakin subur (Sari, Santoso, & Mawardi, 2013; Van Beusekom, González, & Riveras, 2015). Perubahan kedua faktor iklim tersebut akan berdampak pada proses dekomposisi bahan organik dan komposisi kimia di dalam tanah serta proses pematangan buah (Somporn, Kamtuo, Theerakulpisut, & Siriamornpun, 2012).

Informasi mengenai sifat kimia tanah dapat dijadikan pedoman dalam pemilihan lokasi penanaman kopi dan menentukan dosis pupuk yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan tanaman (Núñez *et al.*, 2011; Maro, Mrema, Msanya, & Teri, 2013). Dengan demikian, pengelolaan tanaman kopi dapat lebih efisien dan biaya produksi dapat ditekan (Amaral *et al.*, 2011; Hanisch, Dara, Brinkmann, & Buerkert, 2011).

Kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman tergantung pada sifat kimia tanah seperti pH, karbon organik, dan kandungan mineral di dalam tanah (Kufa, 2011). Unsur hara yang tersedia di dalam tanah terdiri dari unsur hara makro, yaitu nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), natrium (Na), dan unsur hara mikro, yakni boron (B), seng (Zn), tembaga (Cu), dan besi (Fe). Setiap unsur hara tersebut berperan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kopi (Núñez *et al.*, 2011).

Penelitian bertujuan menganalisis korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Kabupaten Garut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di dataran tinggi Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat, mulai bulan April sampai Agustus 2014. Penelitian menggunakan metode survei dengan pemilihan lokasi pengembangan kopi Arabika dan ketinggian tempat secara *purposive* (Tabel 1) serta pengambilan sampel tanah dan biji kopi per lokasi secara acak.

Lokasi penelitian memiliki jenis tanah Andosol dan iklim tipe B (Schmidt & Ferguson, 1951). Sampel tanah diambil dari masing-masing lokasi secara komposit pada kedalaman 0–20 cm di bawah tajuk tanaman kopi. Kultivar kopi Arabika yang terdapat di lokasi penelitian termasuk dalam kelompok *Typica* atau dikenal dengan nama “Kopi Buhun”.

Tabel 1. Lokasi dan ketinggian tempat pengambilan contoh tanah di wilayah Kabupaten Garut

Table 1. The location and altitude of soil sampling in Garut Regency

No.	Lokasi	Ketinggian tempat (m dpl)
1	Tenjonagara	1.000
2	Pangauban	1.150
3	Cikandang	1.200
4	Cibodas	1.253
5	Simpang 1	1.272
6	Simpang 2	1.304
7	Margamulia	1.317
8	Sirnajaya	1.326
9	Sukalilah	1.345
10	Pamalayan	1.371
11	Kerkop	1.400
12	Legok Gede	1.458
13	Kramatwangi 1	1.557
14	Kramatwangi 2	1.600

Sampel tanah dibawa ke laboratorium untuk selanjutnya dianalisis kandungan kemasaman tanah (pH), karbon (C)-organik, nitrogen (N)-total, C/N, P₂O₅ tersedia, kalsium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), natrium (Na), kapasitas tukar kation (KTK), dan kejenuhan basa (KB). Penetapan nilai pH H₂O menggunakan pH meter. Kandungan C-organik, N-total, dan P₂O₅, masing-masing diukur menggunakan metode Walkey & Black, Kjeldahl, dan Bray I. Kandungan basa dapat ditukarkan (Ca, Mg, K, dan Na) diukur melalui perkolasi amonium asetat 1 M (pH 7), sedangkan KTK melalui destilasi langsung (Balai Penelitian Tanah, 2009).

Dari masing-masing lokasi juga diambil sampel buah kopi secara acak dan diolah secara basah. Biji kopi yang diperoleh dijemur hingga kadar air 12% (Sumirat, 2008). Peubah yang diamati meliputi persentase biji normal dan berat 100 biji. Data sifat kimia tanah, ketinggian tempat, dan mutu fisik biji kopi selanjutnya dianalisis dengan metode korelasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Korelasi Ketinggian Tempat dengan Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis menunjukkan nilai pH di lokasi penelitian bervariasi antara 5,30–6,74 dengan kategori masam (M), agak masam (AM), dan netral (N) (Tabel 2). Kemasaman (pH) tanah yang terbaik untuk pertumbuhan dan produksi serta mutu kopi Arabika adalah 5,8–6,2 (Maro, Msanya, & Mrema, 2014) sehingga secara umum tanah di lokasi penelitian sesuai untuk pengembangan tanaman kopi Arabika.

Kemasaman tanah (pH) nyata berkorelasi positif dengan ketinggian tempat (Tabel 4), yaitu nilai pH cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya ketinggian tempat. Salah satu faktor penyebabnya adalah kandungan bahan organik tanah yang lebih tinggi (Tabel 2). Bahan organik dapat meningkatkan pH tanah yang nilainya sangat tergantung dari kualitas bahan organik (Nazari, Soemarno, & Agustina, 2012; Nigussie & Kissi, 2012).

Peningkatan pH disebabkan adanya proses dekomposisi dari berbagai jenis bahan organik sehingga menghasilkan kation-kation basa. Soepardi (1983) *cited in* Nazari *et al.* (2012) menyatakan bahwa hasil akhir sederhana dari perombakan bahan organik, antara lain berupa kation-kation basa, seperti Ca, Mg, K dan Na. Pelepasan kation-kation basa ke dalam larutan tanah

menyebabkan tanah jenuh dengan kation-kation tersebut dan pada akhirnya meningkatkan pH tanah.

Kandungan C-organik pada ketinggian tempat 1.000–1.326 m dpl termasuk kategori tinggi, sedangkan pada ketinggian 1.345–1.600 m dpl tergolong sangat tinggi (Tabel 2). Ini menunjukkan bahwa daerah pengembangan kopi Arabika tersebut kaya akan bahan organik (Sari, Santoso & Mawardi, 2013). Sumber utama bahan organik adalah serasah/humus yang berasal dari guguran daun dan ranting tanaman kopi serta penaung maupun tanaman lainnya yang jumlahnya cukup melimpah. Menurut Ping *et al.* (2013) curah hujan yang lebih tinggi dan suhu yang lebih rendah di daerah pegunungan akan meningkatkan jumlah serasah/humus yang merupakan sumber utama bahan organik.

Tabel 2. Sifat kimia tanah pada pertanaman kopi Arabika di Garut berdasarkan ketinggian tempat
Table 2. Soil chemical properties in Arabica coffee plantations in Garut based on its altitude

Ketinggian Tempat (m dpl)	pH	Kriteria*	C-organik (%)	Kriteria*	N-total (%)	Kriteria*	P ₂ O ₅ Tersedia (ppm)	Kriteria*
1.000	5,61	AM	4,45	T	0,24	S	77,35	ST
1.150	5,83	AM	4,72	T	0,26	S	77,34	ST
1.200	5,30	M	4,74	T	0,27	S	73,00	ST
1.253	5,47	M	4,75	T	0,29	S	71,20	ST
1.272	5,83	AM	4,76	T	0,33	S	61,50	ST
1.304	5,81	AM	4,90	T	0,35	S	64,40	ST
1.317	5,92	AM	3,29	T	0,23	S	61,50	ST
1.326	6,45	AM	4,91	T	0,43	S	64,30	ST
1.345	6,74	N	5,64	ST	0,49	S	51,70	ST
1.371	6,25	AM	5,86	ST	0,52	T	48,10	ST
1.400	5,40	M	6,50	ST	0,53	T	55,80	ST
1.458	6,09	AM	6,85	ST	0,54	T	55,01	ST
1.557	6,60	N	7,83	ST	0,56	T	42,60	ST
1.600	6,61	N	7,84	ST	0,56	T	41,70	ST

Ketinggian Tempat (m dpl)	Basa dapat ditukarkan (cmol(+)/kg								KTK (cmol(+)/kg)	Kriteria*
	K	Kriteria*	Ca	Kriteria*	Mg	Kriteria*	Na	Kriteria*		
1.000	0,82	T	20,54	ST	3,45	T	0,23	R	25,15	T
1.150	0,32	R	19,14	T	2,77	T	0,25	R	22,20	S
1.200	0,98	T	16,40	T	2,12	T	0,47	S	35,29	T
1.253	0,99	T	16,41	T	2,12	T	0,45	S	35,30	T
1.272	1,53	ST	23,33	ST	4,02	T	0,22	R	34,40	T
1.304	0,34	R	17,03	T	2,05	T	0,33	R	44,91	ST
1.317	1,32	ST	23,26	ST	4,03	T	0,41	S	51,80	ST
1.326	0,24	R	12,30	T	5,52	T	0,55	S	51,82	ST
1.345	0,22	R	11,25	T	0,87	R	0,37	R	34,90	T
1.371	0,23	R	11,27	T	0,88	R	0,36	R	34,91	T
1.400	1,02	ST	27,78	ST	6,62	T	0,88	T	63,80	ST
1.458	1,05	ST	27,77	ST	6,60	T	0,87	T	63,82	ST
1.557	0,33	R	17,74	T	5,94	T	0,62	S	65,77	ST
1.600	1,45	ST	17,61	T	3,51	T	0,71	S	64,95	ST

Keterangan : AM = agak masam, M = masam, N = netral, R = rendah, S = sedang, T = tinggi, ST = sangat tinggi (* = Balai Penelitian Tanah, 2009)

Notes : AM = slightly acidic, M = acidic, N = neutral, R = low, S = medium, T = high, ST = very high (* = Soil Research Institute, 2009)

Tabel 3. Mutu fisik biji kopi Arabika di Garut berdasarkan ketinggian tempat
Table 3. Physical quality of Arabica coffee beans in Garut based on its altitude

Ketinggian tempat (m dpl)	Biji normal (%)	Berat 100 biji (g)
1.000	57,42	15,39
1.150	67,45	18,73
1.200	69,86	16,78
1.253	75,00	18,60
1.272	62,92	19,02
1.304	72,68	18,73
1.317	81,12	22,36
1.326	81,52	22,77
1.345	83,16	20,20
1.371	89,98	22,77
1.400	92,86	23,23
1.458	94,44	23,01
1.557	92,86	24,18
1.600	98,26	24,49

Berdasarkan hasil analisis, kandungan C-organik tanah nyata berkorelasi positif dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Pada daerah yang lebih tinggi proses dekomposisi serasah berjalan lambat sehingga terjadi akumulasi C-organik di dalam tanah (Bhattacharyya *et al.*, 2008 cited in Charan *et al.*, 2013; Kidanemariam *et al.*, 2012). Hasil penelitian serupa juga dilaporkan oleh Kidanemariam *et al.* (2012) di wilayah Ethiopia, serta Sari *et al.* (2013) dan Sipahutar, Marbun, & Fauzi (2014) di dataran tinggi Sumatera Utara.

Hasil analisis menunjukkan kandungan N-total pada ketinggian 1.000-1.345 m dpl termasuk dalam kategori sedang (S), sedangkan pada ketinggian 1.371-1.600 m dpl termasuk kategori tinggi (T) (Tabel 2). Korelasi positif nyata terlihat antara kandungan N-total dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Ini berarti bahwa kandungan N-total cenderung naik seiring dengan bertambahnya ketinggian tempat. Kandungan N di dalam tanah selain ditentukan oleh ketersediaan N-total, juga dipengaruhi oleh kandungan bahan organik di dalam tanah (Rusdiana & Lubis, 2012). Beberapa peneliti melaporkan bahwa kandungan bahan organik (C-organik) yang tinggi dapat meningkatkan proses nitrifikasi sehingga kandungan N meningkat (Kidanemariam *et al.*, 2013; Purwanto, Hartati, & Istiqomah, 2014; Sipahutar *et al.*, 2014).

Nilai P_2O_5 pada semua ketinggian tempat, berdasarkan hasil analisis, termasuk kategori sangat tinggi (ST). Menurut Sukarman & Dariah (2014), tanah Andosol di Indonesia mempunyai kandungan P_2O_5 tersedia yang sangat tinggi, yaitu 32–313 ppm dengan nilai rata-rata 152 ppm. Begitu juga menurut Sari *et al.* (2013), P_2O_5 tersedia mencapai 70 ppm pada tanah Andosol di Ijen-Raung, Jawa Timur.

Nilai P_2O_5 tersedia berkorelasi negatif dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Hasil tersebut menunjukkan bahwa P_2O_5 tersedia nilainya menurun dengan meningkatnya ketinggian tempat. Hasil penelitian ini serupa dengan yang dilaporkan oleh Sari *et al.* (2013), Vincent, Sundqvist, Wardle, & Giesler (2014), dan Sipahutar *et al.* (2014). Suhu udara yang lebih tinggi dapat menstimulasi aktivitas mikroba dan kandungan P_2O_5 tersedia di dalam tanah, meningkatkan mineralisasi mikroba dan serapan P_2O_5 oleh tanaman sehingga dapat meningkatkan akselerasi siklus P_2O_5 serta kandungan P_2O_5 tersedia cenderung lebih tinggi (Rui, Wang, Chen, Zhou, & Wang, 2012).

Kation basa Na nyata berkorelasi positif dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Pada tempat yang lebih tinggi, kandungan bahan organiknya lebih tinggi dibandingkan dengan tempat yang lebih rendah (Tabel 2). Kandungan Na nyata dipengaruhi oleh C-organik. Perombakan bahan organik tersebut akan menghasilkan kation basa, di antaranya Na (Soepardi, 1983 cited in Nazari, Soemarno, & Agustina, 2012; Nigussie, Kissi, Misganaw, & Ambaw, 2012).

Nilai kapasitas tukar kation (KTK) tanah berkorelasi positif dengan ketinggian tempat (Tabel 4). Diduga, semakin meningkat ketinggian tempat, kerapatan vegetasinya juga semakin besar sehingga menyumbang bahan organik lebih banyak (Sari *et al.*, 2013). Koloid organik ini juga memiliki daya jerap kation lebih besar daripada koloid liat sehingga penambahan bahan organik ke tanah dapat meningkatkan nilai KTK tanah (Kufa, 2011; Nazari *et al.*, 2012; Kilambo *et al.*, 2015).

Tabel 4. Korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika
Table 4. Correlation between altitude, soil chemical properties, and physical quality of Arabica coffee beans

Parameter	pH	C- organik	N-total	P ₂ O ₅ total	K	Ca	Mg	Na	CTK	Biji Normal	Berat 100 biji
Ketinggian Tempat	0,62*	0,80**	0,85**	-0,92**	0,09	0,04	0,37	0,70**	0,85**	0,91**	0,90**
Biji Normal	0,54*	0,87**	0,87**	-0,85**	-0,02	0,04	0,36	0,81**	0,82**	-	-
Berat 100 biji	0,61*	0,79**	0,79**	-0,84**	0,01	0,09	0,50	0,69**	0,83**	-	-

Keterangan : * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% dan 1%

Notes : * and ** significant at 5% and 1% levels respectively

Korelasi antara Ketinggian Tempat, Sifat Kimia Tanah, dan Mutu Fisik Biji Kopi

Mutu fisik biji kopi di antaranya ditentukan oleh persentase biji normal dan berat biji yang juga menentukan tingkat produktivitas dan harga kopi di pasaran. Mutu yang baik akan menghasilkan produktivitas dan nilai jual yang tinggi. Mutu fisik biji kopi dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan tumbuh (Sumirat, 2008; Nugroho, Mawardi, Yusianto, & Arimersetiwati, 2012). Faktor lingkungan tumbuh tanaman meliputi kandungan unsur hara tanah dan ketinggian tempat termasuk ke dalam.

Persentase biji normal di lokasi penelitian bervariasi antara 57,42%–98,26% dan berat 100 biji kopi Arabika bervariasi antara 15,39–24,49 g (Tabel 3). Persentase biji normal di atas 80% tergolong tinggi (Hulupi, Mawardi, & Yusianto, 2012). Biji kopi yang diambil dari ketinggian tempat 1.317–1.600 m dpl memenuhi kriteria tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa ketinggian tempat berkorelasi positif dengan mutu fisik biji kopi (Tabel 4). Semakin tinggi tempat/lokasi maka mutu fisik biji kopi (persentase biji normal dan berat 100 biji) semakin baik. Laporan Da Silva *et al.* (2005) juga menunjukkan bahwa berat 100 biji kopi meningkat dengan bertambahnya ketinggian tempat. Suhu yang lebih rendah pada tempat yang lebih tinggi akan memperlambat proses pematangan buah kopi sehingga pembentukan biji kopi lebih sempurna dan lebih berisi (berat) (Bote & Struik, 2011; Bertrand *et al.*, 2011; Somporn *et al.*, 2012). Hasil analisis korelasi sifat kimia tanah dengan ketinggian tempat juga mengindikasikan bahwa semakin tinggi tempat, semakin baik sifat kimia tanah sehingga mutu dan produksi biji juga akan lebih baik.

Kondisi tanah yang asam (pH di bawah 5) dapat meningkatkan kandungan aluminium trivalen (Al³⁺) (Lidon & Barreiro, 2002 *cited in* Cyamweshi *et al.*, 2014) yang dapat meracuni tanaman (Hoshino *et al.*, 2000 *cited in* Cyamweshi *et al.*, 2014). Kehadiran

unsur tersebut mempengaruhi proses fisiologis dan biokimia di dalam jaringan tanaman sehingga produktivitas berkurang (Mora *et al.*, 2006 *cited in* Cyamweshi *et al.*, 2014). Keberadaan Al pada tanah asam membuat beberapa nutrisi penting seperti P, Ca, dan Mg menjadi tidak tersedia bagi tanaman. Unsur Al dapat menghambat perkembangan dan fungsi akar sehingga berdampak negatif terhadap produktivitas tanaman (Obiri-Nyarko, 2011). Salah satu cara untuk menaikkan pH tanah ialah dengan pengapuran. Cyamweshi *et al.* (2014) melaporkan pengapuran dengan dosis 1,25 ton/ha dapat meningkatkan pH tanah sebesar 16,60% dan meningkatkan produksi kopi 60,53%.

Persentase biji normal dan berat 100 biji kopi Arabika berkorelasi positif dengan pH tanah (Tabel 3). Clemente, Martinez, Alves, & Lara (2013) dan Kilambo *et al.* (2015) melaporkan bahwa pH tanah selain berpengaruh terhadap produktivitas dan citarasa juga menentukan kualitas biji kopi Arabika. C-organik tanah dan kandungan N juga berkorelasi positif dengan persentase biji normal dan berat 100 biji (Tabel 4). Menurut Maro *et al.* (2014) untuk tumbuh dan berproduksi optimal tanaman kopi memerlukan bahan organik (C-organik) di atas 2%. Kandungan C-organik tanah di daerah dataran tinggi Garut juga sesuai dengan kebutuhan kopi Arabika (Tabel 2).

Untuk tumbuh dan berproduksi optimal tanaman kopi Arabika juga memerlukan unsur N dengan kadar di atas 0,12% (Maro *et al.*, 2014). Pasokan N yang cukup akan meningkatkan jumlah cabang plagiotrop (cabang produksi), luas daun, dan produksi pati, serta karbohidrat lainnya yang berperan dalam pembentukan dan pertumbuhan biji kopi (Guimarães & Mendes, 1997 *cited in* Clemente *et al.*, 2013). Selain itu, unsur hara N berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman dan kandungan kafein dalam jaringan tanaman kopi.

Tanaman kopi Arabika di daerah pegunungan Garut sudah tidak perlu diberi unsur P karena tanahnya sudah mengandung unsur P_2O_5 tersedia yang sangat tinggi (Tabel 2). Kandungan unsur P_2O_5 tersedia yang diperlukan oleh tanaman kopi Arabika di atas 30 ppm (Maro *et al.*, 2014). Hasil uji korelasi menunjukkan kandungan P_2O_5 berkorelasi negatif dengan persentase biji normal dan berat 100 biji di daerah dataran tinggi Garut (Tabel 4), artinya peningkatan kadar P_2O_5 cenderung berisiko terhadap mutu fisik kopi.

Unsur P sangat diperlukan pada awal perkembangan tanaman dan menentukan produktivitas tanaman kopi (Silva & Lima, 2014; Dias, Neto, Guimarães, Reis, & de Oliveira, 2015). Keberadaannya dalam jaringan tanaman mempengaruhi penyerapan unsur penting lain yang menentukan dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman kopi selanjutnya (Silva, Lima, & Bottega, 2013). Namun, kandungan P yang berlebih (sangat tinggi) seperti di lokasi penelitian (Tabel 2) akan mempercepat proses pematangan buah sehingga pengisian biji tidak optimal, akibatnya ukuran biji mengecil dan beratnya berkurang (Somporn *et al.*, 2012; Martins *et al.*, 2015).

Batas kritis unsur hara K, Ca, dan Mg di dalam tanah untuk tanaman kopi masing-masing adalah 0,4; 0,89; 0,8 cmol/kg (Iloyanomon, Daniel, & Aikpokpodion, 2011). Kandungan kation-kation basa (K, Ca, dan Mg) di daerah pegunungan Garut (Tabel 2) sudah sesuai untuk tanaman kopi Arabika, kecuali kandungan K di ketinggian tempat 1.150, 1.304, 1.326, 1.345, 1.371, dan 1.557 m dpl yang nilainya di bawah batas kritis. Untuk meningkatkan kandungan unsur K di lokasi-lokasi tersebut di antaranya dapat dilakukan dengan pemberian pupuk KCl.

Unsur K memainkan peran penting dalam sintesis protein, karbohidrat, dan adenosin trifosfat (ATP), pengaturan tekanan osmotik, serta toleransi terhadap hama dan penyakit melalui efek daya tahan dan permeabilitas membran plasma (Marschner, 2012 *cited in* Moura *et al.*, 2015). Selain itu, unsur K juga berperan dalam reproduksi tanaman kopi, terutama pada hasil dan ukuran biji (Clemente *et al.*, 2013), menentukan kualitas citarasa dengan mengaktifkan enzim polifenol oksidase serta menentukan kandungan kafein dan fenol dalam biji kopi (Gonthier, Witter, Sponberg, & Philpott, 2011; Clemente *et al.*, 2013; Mancuso, Soratto, Crusiol, & Castro, 2014; Clemente, Martinez, Alves, Finger, & Cecon, 2015).

Unsur kalsium (Ca) berpengaruh terhadap produksi buah dan citarasa kopi. Semakin tinggi kandungan Ca maka produksinya semakin tinggi dan citarasa semakin baik (Castro-Tanzia, Dietsch, Ureña, Vindasa, & Chandler, 2012; Silva *et al.*, 2013). Kekurangan unsur Mg akan mendorong terjadinya

gugur daun sehingga berpengaruh langsung terhadap sintesis klorofil, reaksi fitokimia, dan fungsi stomata, akibatnya pertumbuhan tanaman kopi terhambat (Da Silva *et al.*, 2014).

Unsur Na nyata berkorelasi positif dengan persentase biji normal dan berat 100 biji (Tabel 4). Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin tinggi unsur Na maka kualitas biji kopi semakin baik. Di lokasi penelitian kandungan Na umumnya tergolong rendah sampai sedang dan Ca tergolong tinggi sampai sangat tinggi (Tabel 2), kondisi ini sesuai untuk tanaman kopi. Walaupun kandungan Na yang tinggi dapat meningkatkan salinisasi tanah sehingga dapat mengakibatkan produksi kopi berkurang (Ferreira *et al.*, 2011), jika terdapat Ca yang cukup maka tanaman akan terlindungi dari cekaman akibat unsur Na (Jouyban, 2012; Chemura, Kutwayo, Chagwasha, & Chidoko, 2014).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa KTK berpengaruh nyata terhadap mutu fisik biji kopi. Nilai KTK di lokasi penelitian sesuai untuk tanaman kopi karena untuk tumbuh dan berproduksi optimal tanaman kopi memerlukan nilai KTK di atas 15 me/100 g (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014). Pada Tabel 4, terlihat bahwa terdapat korelasi yang nyata dengan indeks positif antara KTK dengan persentase biji normal dan berat 100 biji.

KESIMPULAN

Terdapat korelasi yang nyata antara ketinggian tempat dengan beberapa sifat kimia tanah dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Garut. Semakin tinggi tempat maka semakin meningkat pula sifat kimia tanah seperti pH, C-organik, N-total, Na, dan KTK, tetapi sebaliknya untuk P_2O_5 total. Meningkatnya tinggi tempat dan beberapa sifat kimia tanah tersebut dapat meningkatkan pula mutu biji fisik kopi Arabika yang meliputi persentase biji normal dan berat 100 biji.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Dinas Perkebunan Kabupaten Garut beserta staf yang telah memberikan dukungan informasi untuk kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amaral, J.F.T., Martinez, H.E.P., Laviola, B.G., Tomaz, M.A., Filho, E.I.F., & Cruz, C.D. (2011). Productivity and efficiency of nutrient use in coffee crops. *Coffee Science, Lavras*, 6(1), 65–74.

- Balai Penelitian Tanah. (2009). *Analisis kimia tanah, tanaman, air, dan pupuk* (p. 234). Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- 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, 147–158.
- 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.
- Castro-Tanzia, S., Dietsch, T., Urenaa, N., Vindasa, L., & Chandlec, M. (2012). Analysis of management and site factors to improve the sustainability of smallholder coffee production in Tarrazú, Costa Rica. *Agriculture, Ecosystems, and Environment*, 155, 172–181.
- Charan, G., Bharti, V. K., Jadhav, S.E., Kumar, S., Acharya, S., Kumar, P., ... Srivastava, R.B. (2013). Altitudinal variations in soil physico-chemical properties at cold desert high altitude. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(2), 267–277.
- Chemura, A., Kutwayo, D., Chagwasha, T.M., & Chidoko, P. (2014). An assessment of irrigation water quality and selected soil parameters at mutema irrigation scheme, Zimbabwe. *Journal of Water Resource and Protection*, 6, 132–140.
- Clemente, J.M., Martinez, H.E.P., Alves, L.C., & Lara, M.C.R. (2013). Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. *Rev. Ceres. Viçosa*, 60(2), 279–285.
- 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. *Maringá*, 37(3), 297–305.
- Cyamweshi, R.A., Nabahungu, N.L., Mukashema, A., Ruganzu, V., Gatarayiha, 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. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17, 229–238.
- Da Silva, D.M., Brandão, I.R., Alves, J.D., de Santos, M.O., de Souza, K.R.D., & de Silveira, H.R.O. (2014). Physiological and biochemical impacts of magnesium deficiency in two cultivars of coffee. *Plant and Soil*, 382(1), 133–150.
- Dias, K.G de L., Neto, A.E.F., Guimarães, P.T.G., Reis, T.H.P., & de Oliveira, C.H.C. (2015). Coffee yield and phosphate nutrition provided to plants by various phosphorus sources and levels. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, 39(2), 110–120.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Pedoman teknis budidaya kopi yang baik* (p. 60). Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Ferreira, D.C., de Souza, J.A.R., Batista, R.O., Campos, C.M.M., Matangue, M.T.A., & Moreira, D.A. (2011). Nutrient inputs in soil cultivated with coffee crop fertigated with domestic sewage. *Revista Ambiente and Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science*, 6(3), 77–85.
- Gonthier, D.J., Witter, J.D., Spongberg, A.L., & Philpott, S.M. (2011). Effect of nitrogen fertilization on caffeine production in coffee (*Coffea arabica*). *Chemoecology*, 21, 123–130.
- Hanisch, S., Dara, Z., Brinkmann, K., & Buerkert, A. (2011). Soil fertility and nutrient status of traditional Gayo coffee agroforestry systems in the Takengon region, Aceh Province, Indonesia. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 112(2), 87–100.
- Hulupi, R., Mawardi, S., & Yusianto. (2012). Pengujian sifat unggul beberapa klon harapan kopi arabika di kebun percobaan Andungsari, Jawa Timur. *Pelita Perkebunan*, 28(2), 62–71.
- Iloyanomon, C.I., Daniel, M.A., & Aikpokpodion, P.E. (2011). Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea canephora*) plantations of different ages in Ibadan, Nigeria. *J. Soil Nature*, 5(1), 17–21.
- Jouyban, Z. (2012). The effects of salt stress on plant growth. *Tech. J. Engin. & App. Sci.*, 2(1), 7–10.
- 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 Highlands, Northern Ethiopia. *Open Journal of Soil Science*, 2, 223–233.
- Kilambo, Deusdedit, L., Mlilo, Bahati, L., Mtenga, Damian, J., ... Godstein, P. (2015). Effect of soils properties on the quality of compact Arabica hybrids in Tanzania. *American Journal of Research Communication*, 3(1), 15–19.
- Kufa, T. (2011). Chemical properties of wild coffee forest soils in Ethiopia and management implications. *Agricultural Sciences*, 2(4), 443–450.
- Leonel, L., Philippe, V., & Segovia, N. (2006). *Effects of altitude, shade, yield and fertilization on coffee quality (Coffea arabica L. var. Caturra) produced in agroforestry systems of the Northern Central Zones of Nicaragua*. Presented at 2nd International Symposium on Multi-Strata Agroforest.
- Mancuso, M.A.C., Soratto, R.P., Crusciol, C.A.C., & Castro, G.S.A. (2014). Effect of potassium sources and rates on arabica coffee yield, nutrition, and macronutrient export. *R. Bras. Ci. Solo*, 38, 1448–1456.
- Maro, G.P., Mrema, J.P., Msanya, B.M., & Teri, J.M. (2013). Farmers' perception of soil fertility problems and their attitudes towards integrated soil fertility management for coffee in Northern Tanzania. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 4(5), 93–99.
- Maro, G., Msanya, B., & Mrema, J. (2014). Soil fertility evaluation for coffee (*Coffea arabica*) in Hai and Lushoto Districts, Northern Tanzania. *International Journal of Plant and Soil Science*, 3(8), 934–947.
- Martins, L.D., Rodrigues, W.N., Machado, L.S., Brinate, S.V.B., Colodetti, T.V., Amaral, J.F.T., & Tomaz, M.A. (2015). Evidence of genetic tolerance to low availability of phosphorus in the soil among genotypes of *Coffea canephora*. *Genetics and Molecular Research*, 14(3), 10576–10587.

- Moura, W.M., Soares, Y.J.B., Júnior, A.T.A., de Lima, P.C., Martinez, H.E.P., Amaral, G.A., & Gravina. (2015). Genetic diversity in arabica coffee grown in potassium-constrained environment. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, 39(1), 23–31.
- Nazari, Y.A., Soemarno, & Agustina, L. (2012). Pengelolaan kesuburan tanah pada pertanaman kentang dengan aplikasi pupuk organik dan anorganik. *Indonesian Green Technology Journal*, 1(1), 7–12.
- Nigussie, A., Kissi, E., Misganaw, M., & Ambaw, G. (2012). Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of lettuces (*Lactuca sativa*) grown in chromium polluted soils. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 12(3), 369–376.
- Nigussie, A., & Kissi, E. (2012). The contribution of coffee agroecosystem to soil fertility in Southwestern Ethiopia. *African Journal of Agricultural Research*, 7(1), 74–81.
- Nugroho, D., Mawardi, S., Yusianto, & Arimersetiowati, R. (2012). Karakterisasi mutu fisik dan cita rasa biji kopi Arabika varietas Maragogip (*Coffea arabica* L. var. Maragotype Hort. ex Froehner) dan seleksi pohon induk di Jawa Timur. *Pelita Perkebunan*, 28(1), 1–13.
- Núñez, P.A., Pimentel, A., Almonte, I., Sotomayor-Ramírez, D., Martínez, N., Pérez, A., & Céspedes, C.M. (2011). Soil fertility evaluation of coffee (*Coffea* spp.) production systems and management recommendations for the Barahona Province, Dominican Republic. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 11(1), 127–140.
- Obiri-Nyarko, F. (2011). Ameliorating soil acidity in Ghana: A concise review of approaches. *ARPN Journal of Science and Technology*, 2, 142–154.
- Ping, C., Gary, J., Michaelson, Cynthia, A., Stiles, & González, G. (2013). Soil characteristics, carbon stores, and nutrient distribution in eight forest types along an elevation gradient, eastern Puerto Rico. *Ecological Bulletins*, 54, 67–86.
- Purwanto, Hartati, S., & Istiqomah, S. (2014). Pengaruh kualitas dan dosis seresah terhadap potensial nitrifikasi tanah dan hasil jagung manis. *Sains Tanah-Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 11(1), 11–20.
- Rui, Y.C., Wang, Y.F., Chen, C.R., Zhou, X.Q., & Wang, S.P. (2012). Warming and grazing increase mineralization of organic P in an alpine meadow ecosystem of Qinghai-Tibet Plateau, China. *Plant and Soil*, 357, 73–87.
- Rusdiana, O., & Lubis, R.S. (2012). Pendugaan korelasi antara karakteristik tanah terhadap cadangan karbon (carbon stock) pada hutan sekunder. *Jurnal Silviculture Tropika*, 1, 14–21.
- Saeed, S., Barozai, M.Y.K., Ahmad, A., & Shah, S.H. (2014). Impact of altitude on soil physical and chemical properties in Sra Ghurgai (Takatu mountain range) Quetta, Balochistan. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(3), 730–735.
- 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 penanang. *Pelita Perkebunan*, 29(2), 93–107.
- Schmidt, F.H., & Ferguson, J.H.A. (1951). *Rainfall types based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea* (p. 77). Djakarta: Kementerian Perhubungan, Djawatan Meteorologi dan Geofisik/Verhandelingen.
- Silva, S.A., Lima, J.S.S., & Bottega, E.L. (2013). Yield mapping of arabic coffee and their relationship with plant nutritional status. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(3), 556–564.
- Silva, S.A., & Lima, J.S.S. (2014). Spatial estimation of foliar phosphorus indifferent species of the genus *coffea* based on soil properties. *R. Bras. Ci. Solo*, 38, 1439–1447.
- Silva, S. de A., de Queiroz, D. M., Ferreira, W. P. M., Corrêa, P. C., & Rufino, J. L. dos S. (2015). Mapping the potential beverage quality of coffee produced in the Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 3098–3108. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7485>
- Sipahutar, A.H., Marbun, P., & Fauzi. (2014). Kajian C-organik, N dan P humitropepts pada ketinggian tempat yang berbeda di Kecamatan Lintong Nihuta. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4), 1332–1338.
- 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. *J. Sci. Food Agric.*, 92(9), 1956–1963.
- Sukarman, & Dariah, A. (2014). *Tanah andosol di Indonesia: Karakteristik, potensi, kendala, dan pengelolaannya untuk pertanian* (p. 144). Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sumirat, U. (2008). Dampak kemarau panjang terhadap perubahan sifat biji kopi Robusta (*Coffea canephora*). *Pelita Perkebunan*, 24(2), 80–94.
- Van Beusekom, A.E., González, G., & Rivera, M.M. (2015). Short-term precipitation and temperature trends along an elevation gradient in Northeastern Puerto Rico. *Earth Interactions*, 19(3), 1–33.
- Vincent, A.G., Sundqvist, M.K., Wardle, D.A., & Giesler, R. (2014). Bioavailable soil phosphorus decreases with increasing elevation in a subarctic tundra landscape. *PLoS ONE*, 9(3), 1–11.

AKTIVITAS ANTIOKSIDAN TEH VARIETAS GMB 7 PADA BEBERAPA KETINGGIAN TEMPAT

ANTIOXIDANT ACTIVITIES OF GMB 7 VARIETY OF TEA AT DIFFERENT ALTITUDE

* Budi Martono¹⁾, Syamsul Falah²⁾, dan Eneng Nurlaela²⁾

¹⁾ **Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar**

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

²⁾ **Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,**

Departemen Biokimia, Institut Pertanian Bogor

Jalan Agatis Gd. Fapet, Lantai 5-Wing 5 Kampus Darmaga, Bogor 16680 Indonesia

* budimartono@hotmail.com

(Tanggal diterima: 3 Desember 2015, direvisi: 23 Desember 2015, disetujui terbit: 24 Maret 2016)

ABSTRAK

GMB 7 merupakan varietas unggul teh yang mempunyai produktivitas tinggi dan berpotensi sebagai sumber antioksidan alami, dapat tumbuh dengan baik di dataran rendah, sedang, dan tinggi. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh ketinggian tempat terhadap aktivitas antioksidan, kandungan fenolik, dan flavonoid pada teh varietas GMB 7. Penelitian dilakukan di Laboratorium Biofarmaka Institut Pertanian Bogor, mulai November 2014 sampai Februari 2015. Perlakuan yang diuji adalah ekstrak pucuk teh yang diambil dari tiga ketinggian tempat di perkebunan teh PT Tambi, Wonosobo, yaitu 690, 1280, dan 1890 m dpl. Serbuk pucuk teh sebanyak 100 g ditambahkan akuades dengan perbandingan 1:10, diekstraksi dengan air panas (90°C; 30 menit). Ekstrak disaring dan filtratnya dikeringkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* (50 rpm; 60°C) sampai diperoleh ekstrak kasar kering. Fenolik total diuji dengan metode Follin-Ciocalteu pada panjang gelombang 765 nm, sedangkan flavonoid total diuji menggunakan metode AlCl_3 pada panjang gelombang 510 nm. Aktivitas antioksidan ditentukan dengan metode *diphenylpicrylhydrazyl* (DPPH) pada panjang gelombang 517 nm. Hasil penelitian menunjukkan nilai fenolik dan flavonoid total, serta nilai IC_{50} GMB 7 pada ketinggian 690 m dpl lebih tinggi dibandingkan pada ketinggian 1.280 dan 1.890 m dpl, masing-masing sebesar 290,62 GAE mg/g ekstrak, 125 CE mg/g ekstrak, dan 5,48 ppm. Kandungan fenolik dan flavonoid total berkorelasi sangat nyata dengan aktivitas antioksidan (IC_{50}).

Kata kunci: Teh, GMB 7, antioksidan, fenolik, flavonoid

ABSTRACT

GMB 7 is a tea variety which has high productivity and a potential source of natural antioxidants, grow well at low, medium, and high altitude. The research aimed to analyze the effect of altitude on antioxidant activity, total phenolic and total flavonoids content of GMB 7 tea variety. The research was conducted at the Biopharmacy Laboratory, Bogor Agricultural University, from November 2014 to February 2015. The treatments tested were of tea shoots extracts taken from three different altitudes at PT Tambi tea plantations, Wonosobo, at 690, 1.280, and 1.890 m above sea level. The tea shoots (100 g) were mixed in aquades with the ratio of 1:10, extracted with hot water (90°C; 30 minutes). The extracts were then filtered and evaporated using *rotary vacuum evaporator* (50 rpm; 60°C) to obtain a raw dried extract. Total phenolic was tested with Follin-Ciocalteu method at a wavelength of 765 nm while the total flavonoids was tested using AlCl_3 method at a wavelength of 510 nm. The antioxidant activity was determined by *diphenylpicrylhydrazyl* method (DPPH) at a wavelength of 517 nm. The results showed that total phenolics, total flavonoids, and IC_{50} at an altitude of 690 m asl is higher compared to those at 1.280, and 1.890 m above sea level, respectively by 19%; 290.62 GAE mg/g extract, 125 CE mg/g extract, and 5.48 ppm. The total phenolic and flavonoid content significantly correlated with the antioxidant activity (IC_{50}).

Keywords: Tea, GMB 7, antioxidant, phenolic, flavonoids

PENDAHULUAN

Senyawa antioksidan dapat diperoleh dari bahan-bahan alami maupun sintetis. Antioksidan sintetis seperti butil hidroksi anisol (BHA), butil hidroksi toluen (BHT), propil galat (PG) dan tetrabutyl hidroquinon (TBHQ) dapat meningkatkan risiko karsinogenesis (Amarowicz, Naczki, & Shahidi, 2000). Adanya efek samping yang ditimbulkan antioksidan sintetis mendorong pemanfaatan antioksidan alami. Antioksidan alami dapat diperoleh dari bagian-bagian tertentu tumbuhan, seperti akar, buah, daun, kulit, dan lainnya.

Teh (*Camellia sinensis* L. Kuntze) merupakan salah satu tanaman yang memiliki potensi sebagai sumber antioksidan. Daun teh mengandung lebih dari 700 senyawa kimia, seperti flavanoid, asam amino, vitamin (B, C, E, dan K), kafein, polisakarida (Mondal *et al.*, 2004), katekin (Perva-Uzunalic *et al.*, 2006). Senyawa flavonoid berfungsi sebagai antioksidan untuk melindungi tubuh dari serangan radikal bebas (Rohdiana, 2001; Kohlmünzer, 2003; Cai, Luo, Sun, & Corke, 2004; Hara, 2006). Senyawa-senyawa yang terkandung dalam tanaman teh tersebut memiliki bioaktivitas seperti anti kanker, penuaan, peradangan, bakteri, dan jamur (Yang, Lambert, Ju, Lu, & Sang, 2006; Friedman, 2007).

Tanaman teh yang diusahakan di Indonesia sebagian besar adalah hibrida alami antara teh assam dan sinensis dengan kecenderungan bertipe assam. GMB 7 merupakan varietas assamica hasil persilangan Mal 2 × PS 1 yang banyak ditanam karena produktivitasnya tinggi (5,80 ton/ha/tahun), agak tahan terhadap cacar daun, dan tumbuh baik pada dataran rendah, sedang, dan tinggi (Direktorat Jenderal Perkebunan, 1998). Perbedaan ketinggian tempat mempengaruhi pertumbuhan, hasil, dan kualitas teh.

Kualitas teh ditentukan oleh kandungan metabolit sekunder, antara lain katekin, kafein, flavonol, theaflavin, dan thearubigin. Penelitian pengaruh ketinggian tempat terhadap kandungan metabolit sekunder tanaman teh telah dilaporkan oleh Owuor, Obaga, & Othieno (1990), Bhattacharya & Sen-Mandi (2011), Mitrowihardjo, Woerjono, Hari, & Prapto (2012), Shyam Choudhury & Sen Mandi (2012), Mustafi, Siddhanta, & Shyam Choudhury (2014). Tetapi khusus untuk penelitian kadar fenolik, flavonoid, dan antioksidan varietas GMB 7 pada beberapa ketinggian tempat belum dilakukan. Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh ketinggian tempat terhadap aktivitas antioksidan, kandungan fenolik, dan flavonoid pada teh varietas GMB 7.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada bulan November 2014 sampai Februari 2015 di Laboratorium Biofarmaka Institut Pertanian Bogor. Bahan yang digunakan adalah pucuk teh dengan 3 daun muda di bawahnya (P+3) dari varietas GMB 7. Sampel pucuk teh diperoleh dari perkebunan teh PT Tambi Wonosobo, Jawa Tengah pada tiga ketinggian tempat yang berbeda, yaitu 690, 1.280, dan 1.890 m dpl.

Preparasi dan Ekstraksi Daun Teh

Sampel pucuk teh (P+3) sebanyak 3 kg diambil dari masing-masing ketinggian tempat (690, 1.280, dan 1.890 m dpl) secara serentak 46 hari setelah pemetikan pertama, selanjutnya dikeringkan di bawah sinar matahari hingga kadar air kurang dari 10%. Sampel yang sudah kering digiling hingga berbentuk serbuk berukuran 100 mesh. Serbuk pucuk teh sebanyak 100 g ditambah akuades dengan perbandingan 1:10, kemudian diekstraksi dengan air panas (90°C; 30 menit). Selanjutnya, ekstrak disaring dan filtratnya dikeringkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* (50 rpm; 60°C) hingga diperoleh ekstrak kasar kering (Maydina, 2012). Rendemen dihitung dengan membandingkan berat ekstrak dengan berat bahan dikalikan 100%.

Analisis Kadar Air

Analisis kadar air simplisia dimulai dengan mengeringkan 2 buah cawan porselen dalam oven (105°C; 10 menit). Selanjutnya, cawan diletakkan ke dalam desikator selama 15 menit dan dibiarkan dingin, kemudian ditimbang. Cawan tersebut ditimbang kembali hingga beratnya konstan. Sebanyak 5 g sampel simplisia dimasukkan ke dalam cawan dan dioven (105°C; 3 jam). Cawan dimasukkan ke dalam desikator dan dibiarkan sampai dingin, kemudian ditimbang (World Health Organization, 1998). Kadar air dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Penentuan Kandungan Fenolik Total

Penentuan kandungan fenolik total mengacu pada Javanmardi, Stushnoff, Locke, & Vivanco (2003). Sebanyak 0,2 mL ekstrak pucuk teh dengan konsentrasi 100 mg/L dicampur dengan 2,5 mL reagen *Folin-Ciocalteu* 10% dan 2 mL Na_2CO_3 dengan konsentrasi 7,5%, lalu diinkubasi (45°C; 15 menit). Absorban larutan diukur menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 765 nm. Fenolik total ekstrak pucuk

teh dinyatakan sebagai miligram (mg) asam galat ekuivalen per gram bobot ekstrak kering (GAE mg/g ekstrak pucuk teh). Sebagai standar digunakan asam galat pada berbagai konsentrasi (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, dan 80 mg/L).

Penentuan Kandungan Flavonoid Total

Kandungan flavonoid total ditentukan menurut Jiang *et al.* (2009). Sebanyak 0,5 mL ekstrak pucuk teh (1.000 mg/L) dilarutkan ke dalam labu erlenmeyer yang berisi 5 mL akuades untuk direaksikan dengan 0,3 mL NaNO₂ 5%. Setelah lima menit reaksi, ditambahkan 0,6 mL AlCl₃ 10%. Enam menit kemudian ditambahkan 2 mL NaOH 1 M. Absorban larutan diukur pada panjang gelombang 510 nm. Flavonoid total dinyatakan sebagai milligram (mg) katekin ekuivalen per gram ekstrak kering (CE mg/g ekstrak pucuk teh). Sebagai standar digunakan katekin pada berbagai konsentrasi (0, 20, 40, 60, 80, 100, 120, dan 140 mg/L).

Uji Antioksidan dengan Metode DPPH

Aktivitas antioksidan ditentukan dengan metode *diphenylpicrylhydrazyl* (DPPH) (Yuslinda, Mukhtar, & Khairunnisa, 2012) dengan modifikasi konsentrasi dan volume sampel. Sebanyak 2 mL larutan sampel dengan konsentrasi 0; 2,5; 5; 7,5; 10; 12,5; dan 15 mg/L dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambah 2 mL larutan DPPH 0,004% dalam metanol. Campuran larutan dihomogenkan dan serapan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 517 nm (Molyneux, 2004). Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing konsentrasi larutan sampel. Larutan standar yang digunakan adalah vitamin C dengan konsentrasi 0, 1, 2, 3, 4, 5, dan 6 mg/L. Pengujian juga dilakukan terhadap blanko. Nilai absorban yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mendapatkan persentase penangkapan radikal bebas dan persamaan regresi $Y = a + b \ln x$. Nilai IC₅₀ dihitung menggunakan rumus persamaan regresi tersebut. Nilai IC₅₀ paling rendah menunjukkan aktivitas antioksidan paling tinggi. Aktivitas persentase penangkapan radikal DPPH (%) dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Inhibisi} = \frac{\text{Absorbansi blanko} - \text{Absorbansi sampel}}{\text{Absorbansi blanko}} \times 100\%$$

Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh ketinggian tempat terhadap kandungan fenolik dan flavonoid total serta aktivitas antioksidan ekstrak pucuk teh dilakukan analisis ragam satu arah dan dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. Hubungan antara aktivitas antioksidan dengan kandungan fenolik dan

flavonoid total dinyatakan dengan persamaan regresi linier. Analisis dilakukan dengan bantuan program SAS versi 9.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air dan Rendemen Ekstrak Pucuk Teh

Pada Tabel 1 terlihat bahwa kadar air yang diperoleh sebesar 4,13%–8,50% atau sesuai dengan standar Farmakope Herbal Indonesia, yaitu < 10% (Dinas Kesehatan, 2008). Dengan demikian, keamanan dan kondisi bahan aktif pada simplisia pucuk teh tersebut dapat dipertahankan dalam waktu yang lama. Pengukuran kadar air simplisia dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keberhasilan dari pengerjaan simplisia, sebagai faktor koreksi rendemen, dan juga keamanan dari masa simpan simplisia.

Tabel 1. Kadar air simplisia dan rendemen ekstrak pucuk teh pada ketinggian tempat yang berbeda

Table 1. Water content and yield of tea shoots extract at different altitudes

Ketinggian tempat (m dpl)	Kadar air simplisia (%)	Rendemen ekstrak (%)
690	6,79	19,00 a
1.280	8,50	15,00 b
1.890	4,13	14,00 b

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

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

Hasil pengukuran rendemen ekstrak pucuk teh pada ketinggian 690 m dpl nyata lebih tinggi (19,00%) dibandingkan dengan ketinggian 1.280 dan 1.890 m dpl (Tabel 1). Hal ini menunjukkan bahwa komponen kimia yang terdapat pada pucuk teh lebih banyak pada ketinggian 690 m dpl. Perbedaan rendemen disebabkan oleh kandungan senyawa bioaktif pada sampel dan menunjukkan kadar metabolit sekunder yang terbawa oleh pelarut (Ukieyanna, 2012). Nilai rendemen dapat digunakan untuk memperkirakan banyaknya senyawa bioaktif yang terdapat di dalam rendemen, tetapi tidak dapat digunakan untuk menentukan jenisnya.

Hasil pengukuran rendemen pada penelitian ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan menggunakan ekstrak metanol yang hanya sebesar 11,27% (Yulia, 2006). Adanya perbedaan rendemen diduga disebabkan oleh pemanasan atau suhu sehingga akan berpengaruh terhadap kelarutan ekstrak (Pambayun, Gardjito, Sudarmadji, & Kuswanto, 2007). Informasi ini dapat digunakan untuk pemilihan pelarut yang tepat saat

ekstraksi metabolit sekunder yang diharapkan (Kresnawaty & Zainuddin, 2009).

Kandungan Fenolik Total

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap kandungan fenolik total. Pada Tabel 2 terlihat bahwa ekstrak pucuk teh varietas GMB 7 pada ketinggian 690 m dpl mempunyai kandungan fenolik total sebesar 290,62 GAE mg/g, nyata lebih tinggi dibandingkan dengan ketinggian 1.280 dan 1.890 m dpl. Hal ini disebabkan adanya hubungan antara suhu dan kandungan fenolik total. Meningkatnya suhu menyebabkan peningkatan kandungan fenolik sampai pada suhu tertentu kemudian menurun seiring dengan peningkatan suhu yang lebih tinggi (Liyana & Shahidi, 2005).

Tabel 2. Kandungan fenolik total ekstrak pucuk teh pada ketinggian tempat yang berbeda

Table 2. The total phenolic content of tea shoots extract at different altitudes

Ketinggian tempat (m dpl)	Kadar fenolik total (GAE mg/g)
690	290,62 ± 0,58 a
1.280	200,05 ± 0,57 b
1.890	151,56 ± 0,25 c

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

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

Konsentrasi Flavonoid Total

Kandungan flavonoid dipengaruhi kondisi lingkungan, antara lain suhu, kelembapan, intensitas cahaya, sinar ultraviolet, hara, ketersediaan air, dan kadar CO₂ dalam atmosfer (Darusman, Heryanto, Rafi, Rohaeti, & Wahyuningrum, 2011). Kondisi lingkungan tersebut dipengaruhi oleh ketinggian tempat. Hasil penelitian menunjukkan pada ketinggian tempat yang lebih tinggi kandungan flavonoidnya rendah. Kandungan flavonoid total ekstrak pucuk teh varietas GMB 7 pada ketinggian 1.890 m dpl nyata lebih rendah dibandingkan dengan ketinggian 1.280 dan 690 m dpl, masing-masing sebesar 125; 56,67; dan 48,33 mg/g (Tabel 3).

Flavonoid adalah golongan senyawa fenolik yang mempunyai struktur C₆–C₃–C₆ dan memiliki pola oksidasi pada fragmen C₃ berupa cincin oksigen heterosiklik dan glikosilasi (Daniel, 2006). Senyawa flavonoid yang dominan pada tanaman teh adalah katekin dan flavonol (Mazza & Oomar, 1998) yang memiliki aktivitas antioksidan lebih kuat dari senyawa flavonoid lainnya (Nijveldt *et al.*, 2001). Flavonoid

dapat menghambat pertumbuhan sel kanker melalui penghambatan daur sel, pemacuan apoptosis, penghambatan angiogenesis, antiproliferatif, atau kombinasi dari beberapa mekanisme tersebut (Ren *et al.*, 2003). Flavonoid dapat berperan sebagai antioksidan dengan menangkap radikal bebas melalui pemberian atom hidrogen.

Tabel 3. Kandungan flavonoid total ekstrak pucuk teh pada ketinggian tempat yang berbeda

Table 3. The total flavonoids content of tea shoots extract at different altitudes

Ketinggian tempat (m dpl)	Kadar flavonoid (CE mg/g)
690	125,00±0,28 a
1.280	56,67±0,05 b
1 890	48,33±0,08 c

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

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

Tabel 4. Antioksidan ekstrak pucuk teh pada ketinggian tempat yang berbeda

Table 4. The antioxidant activities of tea shoots extract at different altitudes

Ketinggian tempat (m dpl)	Kadar antioksidan (GAE mg/g)
690	5,48 ± 0,01 c
1.280	5,65 ± 0,05 b
1.890	6,60 ± 0,11 a
Vitamin C	8,16 ± 0,03

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

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

Aktivitas Antioksidan Pucuk Teh pada Tiga Ketinggian Tempat

Ketinggian tempat berpengaruh nyata terhadap aktivitas antioksidan ekstrak daun teh GMB 7. Nilai IC₅₀ pada ketinggian 690, 1.280, dan 1.890 m dpl berturut-turut sebesar 5,48; 5,65; dan 6,60 ppm, sedangkan vitamin C sebesar 8,16 ppm (Tabel 4). Semakin kecil nilai IC₅₀ berarti semakin besar aktivitas antioksidannya. Nilai IC₅₀ ekstrak daun teh lebih rendah dibandingkan dengan vitamin C, artinya bahwa potensi antioksidan ekstrak daun teh GMB 7 lebih tinggi dibandingkan dengan vitamin C. Nilai IC₅₀ yang semakin kecil

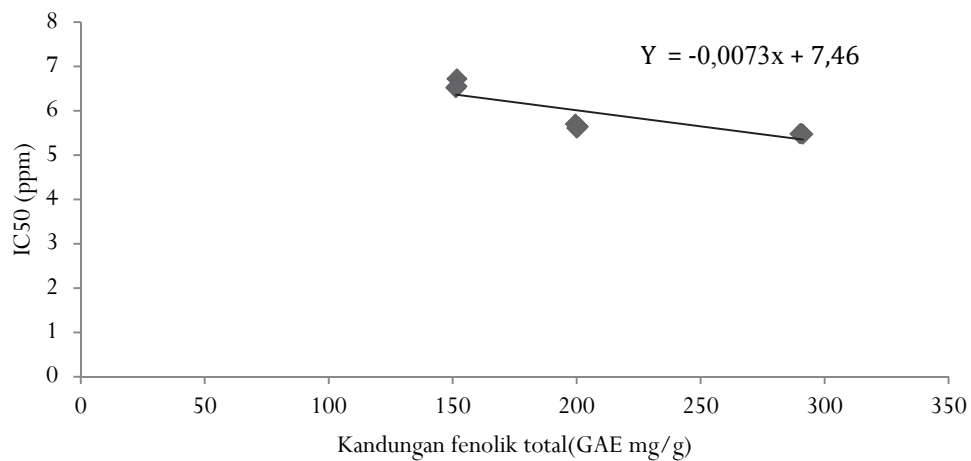
menunjukkan kemampuan antioksidan yang semakin tinggi dalam menangkal radikal bebas (Molyneux, 2004). Berdasarkan hasil perhitungan, nilai IC_{50} terendah ditunjukkan oleh sampel teh varietas GMB 7 yang ditanam pada ketinggian 690 m dpl dengan nilai IC_{50} sebesar 5,48 ppm, berbeda nyata dengan ketinggian 1.280 dan 1.890 m dpl.

Hubungan antara Kandungan Fenolik dan Flavonoid Total dengan Aktivitas Antioksidan

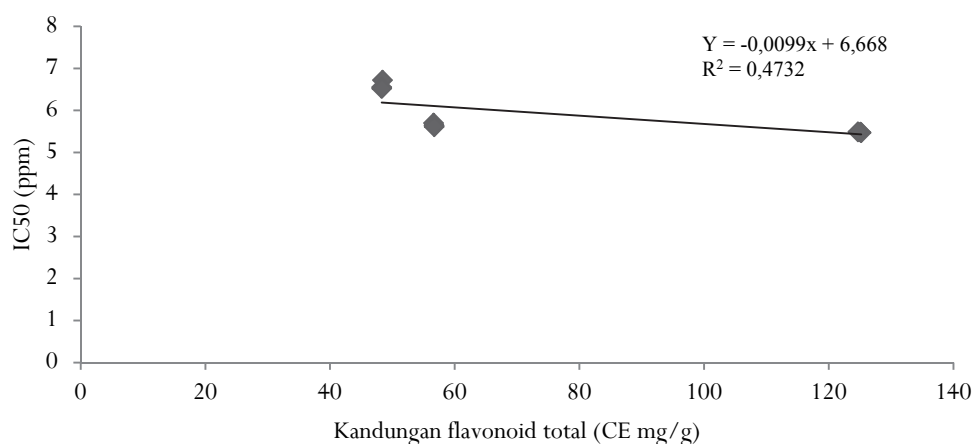
Aktivitas antioksidan bahan alam dipengaruhi oleh kadar fenolik dan flavonoid yang dikandungnya. Senyawa fenolik mengandung gugus benzena yang mengalami hidroksilasi, sedangkan senyawa flavonoid mempunyai gugus fenol lebih kompleks dengan derajat hidroksilasi yang lebih tinggi. Keberadaan gugus hidroksil pada senyawa fenol dan flavonoid

menimbulkan aktivitas antioksidan. Hal ini disebabkan atom oksigen pada gugus hidroksil mempunyai pasangan elektron bebas yang cukup untuk menghambat reaktivitas atom reaktif penyusun senyawa radikal bebas (Manitto, 1980).

Hubungan kandungan fenolik total dengan aktivitas antioksidan disajikan pada Gambar 1. Hasil analisis regresi menunjukkan adanya hubungan linier yang nyata antara kandungan fenolik total daun teh dengan aktivitas antioksidan. Hasil ini sejalan dengan beberapa penelitian yang dilaporkan oleh Sanchez *et al.* (2007); Anesini, Ferraro, & Filip (2008); El-Haitum *et al.* (2008); Jagdish, Upadhyay, Singh, & Rai (2009); Mello & Quadros (2014). Semakin meningkat kandungan fenolik total maka semakin menurun nilai IC_{50} atau semakin meningkat aktivitas antioksidannya.



Gambar 1. Hubungan antara kandungan fenolik total dengan aktivitas antioksidan (IC_{50})
Figure 1. The relationship between total phenolic content with antioxidant activity (IC_{50})



Gambar 2. Hubungan antara kandungan flavonoid total dengan aktivitas antioksidan (IC_{50})
Figure 2. Relationship between total flavonoid content with antioxidant activity (IC_{50})

Hubungan linier yang nyata juga ditunjukkan antara kandungan flavonoid total dengan nilai aktivitas antioksidan (IC_{50}), yaitu nilai R^2 sebesar 0,4732 (Gambar 2). Semakin meningkat kandungan flavonoid total maka nilai IC_{50} semakin turun atau semakin meningkat aktivitas antioksidannya.

KESIMPULAN

Ketinggian tempat nyata berpengaruh terhadap kandungan fenolik dan flavonoid total, serta aktivitas antioksidan ekstrak pucuk teh varietas GMB 7. Nilai kandungan fenolik dan flavonoid total, serta aktivitas antioksidan yang tertinggi diperoleh pada ketinggian 690 m dpl, masing-masing sebesar 290,62 GAE mg/g ekstrak, 125 CE mg/g ekstrak, dan 5,48 ppm. Aktivitas antioksidan ekstrak pucuk teh GMB 7 lebih tinggi dibandingkan vitamin C. Kandungan fenolik dan flavonoid total berbanding lurus dengan aktivitas antioksidan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Tambi Wonosobo Jawa Tengah yang telah memberikan izin dan menyediakan materi untuk kegiatan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amarowicz, R., Naczek, M., & Shahidi, F. (2000). Antioxidant activity of crude tanin of canola and rapeseed hulls. *JAOCs*, 77(9), 957–961.
- Anesini, C., Ferraro, G.E., & Filip, R. (2008). Total polyphenol content and antioxidant capacity of commercially available tea (*Camellia sinensis*) in Argentina. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(19), 9225–9229.
- Bhattacharya, S., & Sen-Mandi, S. (2011). Variation in antioxidant and aroma compounds at different altitude: A study on tea (*Camellia sinensis* L. Kuntze) clones of Darjeeling and Assam, India. *African Journal of Biochemistry Research*, 5(5), 148–159.
- Cai Y., Luo, Q., Sun, M., & Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci.*, 74, 2157–2184.
- Daniel, M. (2006). *Medical plants: Chemistry and properties*. Enfield (US): Science Publishers.
- Darusman, L.K., Heryanto, L., Rafi, M., Rohaeti, E., & Wahyuningrum, A. (2011). Prediksi kadar flavonoid total tempuyung (*Sonchus arvensis* L.) menggunakan kombinasi spektroskopi IR dengan regresi kuadrat terkecil parsial. *Jurnal kimia*, 5, 101–108.
- Departemen Kesehatan. (2008). *Farmakope herbal Indonesia*. Jakarta: Departemen Kesehatan RI.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (1998). *SK Menteri Kehutanan dan Perkebunan No. 684.a/Kpts-IX/98 tentang pelepasan teh MPS 7 sebagai varietas unggul dengan nama GMB 7*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan, Departemen Kehutanan dan Perkebunan.
- El-Haitum, A., Amrani, S.M., Gougoulis, N., Daioudi, Z., Mosheva, L., & Masheva, N. (2008). Comparative study on the antioxidant efficiency of polyphenols in red wines from different ecological regions. *Oxidation Communications*, 31(3), 527–536.
- Friedman, M. (2007). Overview of antibacterial, antitoxin, antiviral, and antifungal activities of tea flavonoids and teas. *Molecular Nutrition & Food Research*, 51, 116–134.
- Hara Y. (1999). Tea in Japan. In Jain, N.K. (Ed.), *Global advances in tea science* (pp. 89–102). New Delhi: Aravali Book International (P) Ltd.
- Hara, Y. (2006). Prophylactic functions of tea catechins. In Jain, W. K., Siddiqi, M. A., & Weisburger, J. H. (Eds.), *Protective effects of tea on human health* (pp. 16–24). Wallingford: CABI Publishing. doi: 10.1079/9781845931124.0016
- Jagdish, S., Upadhyay, A.K., Singh, S., & Rai, M. (2009). Total phenolics content of free radical scavenging activity of brassica vegetables. *Journal of Food Science and Technology*, 46(6), 595–597.
- Javanmardi, J., Stushnoff, C., Locke, E., & Vivanco, J. M. (2003). Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian *Ocimum* accessions. *J. Food Chem.*, 83(4), 547–550.
- Jiang, S.H., Chang-Lu Wang, Zhi-Qiang Chen, Mian-Hua Chen, Yu-Rong Wang, Chang-Jin Liu, Qing-Li Zhou, & Zhen-Jing Li. (2009). Antioxidant properties of the extract and subfractions from old leaves of *Toona sinensis* Roem (Meliaceae). *J. Food Biochem.*, 33(3), 425–441.
- Jun, M.H.Y., Yu, J., Fong, X., Wan, C.S., Yang, C.T., & Ho. (2003). Comparison of antioxidant activities of isoflavones from kudzu root (*Pueraria labata* Ohwl). *J Food Sci.*, 68(2), 2117–2122. .
- Kohlmunzer, S. (2003). *Farmakognozja*. 5th ed, PZWL, Warszawa. (pp. 475, 550–555, 577–579, in Polish).

- Kresnawaty, I., & Zainuddin, A. (2009). Aktivitas antioksidan dan antibakteri dari derivat metil ekstrak etanol daun gambir (*Uncaria gambir*). *Jurnal Littri*, 15(4), 145–151.
- Liyana, P.C., & Shahidi, F. (2005). Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology. *Food Chemistry*, 93, 47–56.
- Manitto, P. (1981). *Biosynthesis of natural products*. Ellis Horwood Ltd., Publishers.
- Martono, Y. (2012). *Penetapan kadar asam galat, kafein, dan epigallocatekin galat pada berbagai produk teh celup*. Jakarta: Universitas Kristen Satya Wacana.
- Maydina, R. (2012). *Karakterisasi dan aktivitas antioksidan nanopartikel ekstrak kulit kayu mahoni (Swietenia macrophylla King.) tersulut kitosan* (Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Mazza, G., & Oomar, B.D. (1998). *Herbs, botanicals, and teas*. Boca Ranton: CRC Press.
- Mello, L.D., & Quadros, G.P. (2014). Correlation between antioxidant activity and total phenolic content with physicochemical parameters of blended extracts of *Camellia sinensis*. *Acta Scientiarum*, 36(1), 97–103.
- Mitrowihardjo, S., Woerjono, M., Hari, H., & Prapto, Y. (2012). Kandungan katekin dan kualitas (warna air seduhan, flavor, kenampakan) enam klon teh (*Camellia sinensis* (L.) Kuntze) di ketinggian tempat yang berbeda. *Agritech*, 32(2), 199–206.
- Mohamed, M.T.Z., & Zoysa. (2006). *Current status and future research focus of tea in Sri Lanka*. Srilanka: Tea Research Institute of Srilanka.
- Molyneux, P. (2004). The use of stable radical diphenylpicryl-hydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin Journal of Science Technology*, 26(2), 211–219.
- Mondal, T.K., Bhattacharya, S., Laxmikumaran, M., & Ahuja, P.S. (2004). Recent advances of tea (*Camellia sinensis*) biotechnology. *Plant Cell, Tissue, and Organ Culture*, 76, 195–254.
- Mustafi, P., Siddhanta, R., & Shyam Choudhury, S. (2014). Altitude related variation of antioxidant properties of tea leaf (*Camellia sinensis*). *Research & Reviews: Journal of Microbiology and Virology*, 4(2), 1–6.
- Nijveldt, R.J., van Nood, E., van Hoorn, D.E.C., Boelens, P.G., van Norren, K., & van Leeuwen, P.A.M. (2001). Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am J Clin Nutr*, 74, 418–25.
- Owuor, P.O., Obaga, S.O., & Othieno, C.O. (1990). The effects of altitude on the chemical composition of black tea. *J. Sci. Food Agric.*, 50(1), 9–17.
- Pambayun, R., Gardjito, M., Sudarmadji, S., & Kuswanto, K. R.. (2007). Kandungan fenol dan sifat antibakteri dari berbagai jenis ekstrak produk gambir (*Uncaria gambir* Roxb). *Majalah Farmasi Indonesia*, 18(3), 141–146.
- Perva-Uzunalic, A., Skerget, M., Knez, Z., Weinreich, B., Otto, F., & Gruner, S. (2006). Extraction of active ingredients of green tea (*Camellia sinensis*): Extraction efficiency of major catechins and caffeine. *Food Chemistry*, 96, 597–605.
- Ren, W., Qiao, Z., Wang, H., Zhu, L., & Zhang, L. (2003). Flavonoids: Promising anticancer agents. *Medical Research Review*, 23(4), 519–534.
- Rohdiana, D. (2001). Aktivitas daya tangkap radikal polifenol dalam daun teh. *Majalah Jurnal Indonesia*, 12(1), 53–58.
- Sanchez, C.S., Gonzalez, A.M.T., Garciaparrilha, M.C., Granadon, J.J.Q., De La Serrana, H.L.G., & Martinez, M.C.L. (2007). Different radical scavenging tests in virgin olive oil and their relation of the total phenol content. *Analytica Chimica Acta*, 593(1), 103–107.
- Shyam Choudhury, S., & Sen Mandi, S. (2012). Natural ultraviolet irradiance related variation in antioxidant and aroma compounds in tea (*Camellia sinensis* L. Kuntze) plants grown in two different altitudes. *Int. J. Environment. Biol.*, 2(1), 1–6.
- Sriyadi, B. (2012). Seleksi klon teh assamica unggul berpotensi hasil dan kadar katekin tinggi. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*, 15(1), 1–10.
- Ukieyanna, E. (2012). *Aktivitas antioksidan, kadar fenolik, dan flavonoid total tumbuhan suruhan (Peperomia pellucida L.Kunth)* (Skripsi, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- World Health Organization. (1998). *Quality control method for medicinal plant material*. Geneva: World Health Organization.
- Yang, C.S., Lambert, J.D., Ju, J., Lu, G., & Sang, S. (2006). Tea and cancer prevention: Molecular mechanisms and human relevance. *Toxicology and Applied Pharmacology*. doi: 10.1016/j.taap.2006.11.024
- Yulia, R. (2006). *Kandungan tanin dan potensi anti Streptococcus mutans daun teh var. assamica pada berbagai tahap pengolahan* (Skripsi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, Bogor).
- Yuslinda, E., Mukhtar, H., & Khairunnisa. (2012). Penentuan aktivitas antioksidan dari beberapa ekstrak sayur-sayuran segar dan dikukus dengan metode DPPH. *J. Scientia*, 2(1), 1–5.

MITRA BESTARI
JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR
VOLUME 3 NOMOR 1 2016

Prof. Ir. I Gusti Ayu Mas Sri Agung, M.Rur.Sc., Ph.D.
Universitas Udayana - Budidaya Pertanian

Dr. Isroi, M.Si.
Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia –
Bioteknologi Pertanian

Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr.
Institut Pertanian Bogor – Pascapanen Pertanian

Dr. Ir. Agus Wahyudi, M.S.
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Agroekonomi

Dr. Ir. Taryono, M.Sc.
Universitas Gadjah Mada – Genetika dan Biologi Molekuler

Prof (R). Dr. Supriadi, M.Sc.
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat – Fitopatologi

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 penanang terhadap persentase tanaman berbuah tanaman kopi Arabika umur 9 bulan

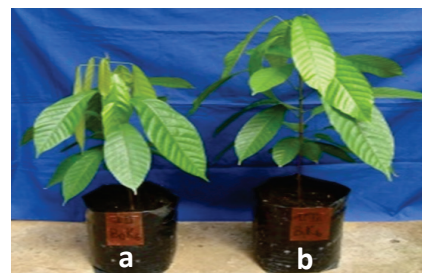
Table 1. Effect of various shading trees on percentage of fruit set of coffee at 9 months old

Jenis tanaman penanang	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

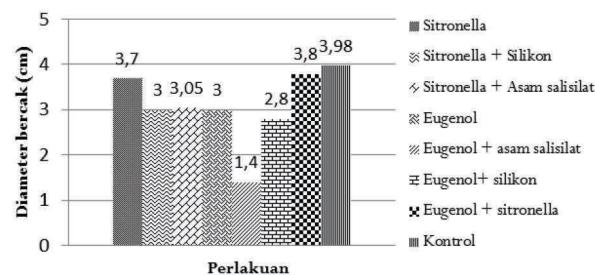
Contoh penampilan gambar/foto:



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

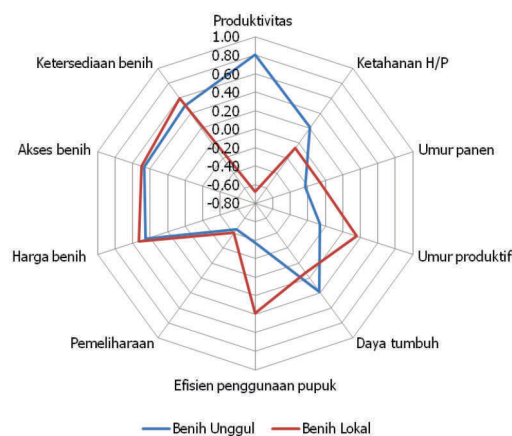
Figure 1. Growth of hybrid cacao seedlings: (a) without treatment and (b) with seed treatment and planting medium

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