

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

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**

Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 7, Nomor 1, Maret 2020

Terakreditasi DIKTI No.30/E/KPT/2018
Tanggal 24 Oktober 2018



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 7, Nomor 1, Maret 2020

Terakreditasi DIKTI No.30/E/KPT/2018

Tanggal 24 Oktober 2018

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

DEWAN EDITOR

Ketua

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

Anggota

Dr. Tri Joko Santoso, SP, M.Si. - 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. Rr. Kurnia Dewi Sasmita, SP, M.Si. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Ilmu Tanah)

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

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

EDITOR PELAKSANA

Eko Heri Purwanto, S.TP, 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

Dewi Nur Rokhmah, SP, M.Sc. - Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Khaerati, S.Si., M.Si - 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 2020 Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

PENERBIT

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

MITRA BESTARI

JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

1. **Prof. Dr. Ir. Sudarsono, M.Sc.**
Institut Pertanian Bogor
Biologi Molekuler/Pemuliaan
2. **Prof. Dr. Ir. Sutrisno, M.Agr.**
Institut Pertanian Bogor
Pascapanen Pertanian
3. **Dr. Amzul Rifin, S.P., M.A.**
Institut Pertanian Bogor
Agribisnis
4. **Dr. Ir. Ade Wachjar, M.S.**
Institut Pertanian Bogor
Agronomi
5. **Dr. Ir. Taryono, M.Sc.**
Universitas Gadjah Mada
Genetika dan Biologi Molekuler
6. **Ir. Arifin Noor Sugiharto, M.Sc, Ph.D.**
Universitas Brawijaya
Pemuliaan
7. **Dr. Hagus Tarno, Agr. Sc.**
Universitas Brawijaya
Entomologi
8. **Prof. Ir. I. G. A. Mas Sri Agung,
M.Rur.Sc, Ph.D.**
Universitas Udayana
Ekofisiologi
9. **Prof. (R). Dr. Ika Mariska Soedharma**
Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia
Bioteknologi Pertanian
10. **Dr. Ir. Isroi, M.Si.**
Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri
Indonesia
Bioteknologi Pertanian
11. **Prof. (R). Dr. Supriadi, M.Sc.**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Fitopatologi
12. **Prof. (R). Dr. Elna Karmawati, M.S.**
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Perkebunan
Entomologi
13. **Prof. (R). Dr. Ir. I Wayan Rusastra, M.S.**
Pusat Sosial Ekonomi dan Analisis Kebijakan
Agroekonomi
14. **Puji Lestari, SP, M.Si, Ph.D.**
Balai Besar Litbang Bioteknologi & SDG
Pertanian
Biologi Molekuler
15. **Prof. (R). Dr. Ir. Rubiyo, M.Si.**
Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan
Teknologi Pertanian
Agronomi
16. **Prof. (R). Dr. Ir. Risfaheri, M.Si.**
Balai Besar Pascapanen
Pascapanen Pertanian
17. **Dr. Ir. Agus Wahyudi, M.S.**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Agroekonomi
18. **Dr. Ir. Oti Rostiana, M.Sc**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman
19. **Prof. Dr. Ir. Jajang Sauman Hamdani,
MS**
Universitas Padjadjaran
Budidaya Pertanian
20. **Dr. Caspar Chater**
Instituto de Biotecnologia de la UNAM
Genetika dan Biologi Molekuler
21. **Dr. Ir. Maswar, M. Agric. Sc.**
Balai Penelitian Tanah
Hidrologi dan Konservasi Tanah
22. **Prof. (R). Dr. Ir. Joni Munarso, M.S.**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Pasca Panen Pertanian
Teknologi Pascapanen

- 23. Kuntoro Boga Andri, SP, M.Agr., Ph.D**
Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian
Agroekonomi
- 24. Prof. (R). Dr. Ir. I. Djatnika, MS**
Balai Penelitian Tanaman Hias
Fitopatologi
- 25. Prof. (R) Dr. Ir. Nur Richana, M.Si**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca
Panen Pertanian
Teknologi Pascapanen
- 26. Prof. (R). Dr. Dra. Endang Gati Lestari, M.Si.**
Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan
Sumberdaya Genetik Pertanian
Bioteknologi Pertanian
- 27. Prof (R). Dr. Ir. Hengky Novarianto, MS**
Balai Penelitian Tanaman Palma
Pemuliaan dan Genetika Tanaman
- 28. Ir. Octivia Trisilawati, M.Sc**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman
- 29. Prof. (R).Ir. Bambang Heliyanto, M.Sc., Ph.D**
Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Pemuliaan dan Genetika Tanaman
- 30. Dr. Ir. Yulia Pujiharti, M.Si.**
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung
Sistem Usaha Pertanian
- 31. Dr. Ir. Joko Pitono**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman
- 32. Prof. (R). Ir. Nurindah, Ph.D.**
Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Entomologi
- 33. Dr. Ir. Muchamad Yusron, M.PHIL**
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banten
Budidaya Tanaman
- 34. Prof. (R). Dr. Ir. Fahmuddin Agus, M.Sc**
Balai Penelitian Tanah
Konservasi Tanah dan Air
- 35. Reflinur, SP., MSi., Ph.D**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi
- 36. Dr. Ir. Nurliani Bermawie**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman
- 37. Dr. Ir. I Ketut Ardana, M.Si**
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Perkebunan
Sosial Ekonomi Pertanian
- 38. Dr. Ika Roostika Tambunan, S.P.,b M.Si**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian
- 39. Dr. Dra. Dwinita Wikan Utami, M.Si.**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian
- 40. Dr. Chaireni Martasari, SP. M.Si**
Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah
Subtropika
Pemuliaan Tanaman dan Bioteknologi

PENGANTAR EDITOR

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

Volume 7 Nomor 1 Tahun 2020 ini menyajikan 5 artikel: 2 artikel kopi di bidang proteksi tanaman dan pasca panen, 2 artikel kakao di bidang agronomi, serta 1 artikel kakao di bidang pemuliaan tanaman.

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

Ketua Dewan Editor

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

Volume 7, Nomor 1, Maret 2020

Indikator Atribut Sensori Kopi Specialty Asal Jawa Barat Berbasis Komponen Biokimia <i>(Anandya Vanessa Isnidayu, Anggoro Cahyo Sukartiko, Makhmudun Ainuri)</i>	1-8
Pengaruh Agroekosistem Pertanaman Kopi terhadap Keanekaragaman dan Kelimpahan Semut (Formicidae) <i>(Susilawati, Gusti Indriati)</i>	9-18
Efektivitas Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Arang Hayati terhadap Pertumbuhan Benih Kakao <i>(Dewi Nur Rokhmah, Iing Sobari, Kurnia Dewi Sasmita)</i>	19-28
Peningkatan Efisiensi Media Pembentukan Embrio Somatik Kakao Melalui Penggunaan Gula Pasir <i>(Nur Ajjah, Sri Hartati)</i>	29-38
Respons Benih Kakao Terhadap Amelioran, Mikrob Pelarut Fosfat, dan Pupuk Fosfat pada Tanah Masam <i>(Kurnia Dewi Sasmita, Iswandi Anas, Syaiful Anwar, Sudirman Yahya, Gunawan Djajakirana)</i>	39-52

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 1, Maret 2020

**INDIKATOR ATRIBUT SENSORI KOPI *SPECIALTY* ASAL JAWA BARAT
BERBASIS KOMPONEN BIOKIMIA**

***INDICATOR OF SENSORY ATTRIBUTES OF SPECIALTY COFFEE ORIGINATED FROM WEST
JAVA BASED ON BIOCHEMICAL COMPONENT***

* Anandya Vanessa Isnidayu, Anggoro Cahyo Sukartiko, Makhmudun Ainuri

¹⁾ **Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Gadjah Mada**

Jl. Flora 1, Yogyakarta 55281 Indonesia

* anandyavi@gmail.com

(Tanggal diterima: 25 Oktober 2019, direvisi: 23 Desember 2019, disetujui terbit: 7 Februari 2020)

ABSTRAK

Penilaian kualitas sensori kopi pada umumnya dilakukan oleh panelis menggunakan metode *cup testing* berdasarkan standar *Specialty Coffee Association of America* (SCAA). Tingkat kepekaan yang tinggi dalam penilaian citarasa sangat dibutuhkan sehingga harus dilakukan oleh panelis terlatih. Dengan adanya keterbatasan pada metode tersebut, perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk mendapatkan standar penilaian kualitas sensori kopi berdasarkan metode analitikal yang lebih andal dan presisi, salah satunya yaitu berdasarkan komponen biokimia. Tujuan penelitian adalah menganalisis mutu sensori dan komponen biokimia kopi Arabika serta menentukan indikator atribut sensori berdasarkan komponen biokimia tersebut. Penelitian dilakukan di dua daerah produsen kopi Arabika di Jawa Barat pada bulan Mei sampai September 2019. Komponen biokimia yang dianalisis antara lain kafein, trigonelin, asam klorogenat (CGA), sukrosa, dan lemak, sedangkan atribut sensori yang dinilai yaitu *aroma*, *flavor*, *aftertaste*, *acidity*, *body*, *balance*, *uniformity*, *sweetness*, *clean cup*, dan *overall*. Metode yang digunakan adalah survey dengan penentuan sampel secara *stratified* dan *simple random sampling*, yang dilanjutkan dengan analisis statistik *Two-way Anova* dan *Partial Least Square*. Hasil penelitian menunjukkan adanya variasi kandungan biokimia yang berasal dari kedua daerah produsen kopi. Lemak memiliki korelasi positif dengan atribut *aroma* dan *flavor*, serta berkorelasi negatif dengan atribut *body*. Kafein memiliki korelasi negatif dengan atribut *aftertaste*, sedangkan CGA memiliki korelasi negatif dengan atribut *acidity*. Korelasi antara komponen biokimia dengan atribut sensori menunjukkan bahwa kandungan biokimia tersebut berperan sebagai indikator atribut sensori.

Kata kunci: Citarasa, Indikasi Geografis, kopi Java Preanger, ketinggian lahan, kopi Sarongge, korelasi, mutu

ABSTRACT

Assessing coffee sensory quality is generally carried out by panelists using cup testing with reference to the Specialty Coffee Association of America (SCAA) standards. A high level of sensitivity sensory is essential thus it must be done by trained panelists. Given the limitations of the method, a deeper study is required to obtain a standard of assessment of coffee sensory quality based on more reliable and precise analytical methods, one of which is biochemical components. This study was aimed to analyze the sensory quality and biochemical components of Arabica coffee and determine the indicators of sensory attributes based on those biochemical components. The study was conducted at two Arabica coffee-producing areas in West Java from May to September 2019. The biochemical components analyzed included caffeine, trigonelline, chlorogenic acid (CGA), sucrose, and lipid, while the sensory attributes assessed were aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, balance, uniformity, sweetness, clean cup, and overall. The survey method with stratified and simple random sampling was used and followed by Two-way Anova and Partial Least Square analysis. Results showed

variations in the biochemical content of coffee from the two areas. Lipid has a positive correlation with the aroma and flavor attributes, and negatively correlated with the body attribute. Caffeine has a negative correlation with the aftertaste attribute, whereas CGA has a negative correlation with the acidity attribute. Correlation between biochemical components with sensory attributes showed that the biochemical content acts as an indicator of sensory attributes.

Keywords: Altitude, correlation, Geographical Indications, Java Preanger coffee, quality, Sarongge coffee, taste

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki keunggulan geografis sebagai produsen kopi terbesar keempat di dunia (ICO, 2019). Keunggulan geografis tersebut menjadikan kopi asal Indonesia memiliki kualitas yang baik dan mampu bersaing dalam perdagangan global. Sebagai salah satu komoditas perkebunan andalan, kopi memiliki peran strategis dalam perekonomian nasional. Pada tahun 2016, total ekspor kopi Indonesia mencapai 414,65 ribu ton dengan total nilai US\$1.008,55 juta (Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan, 2017).

Jawa Barat merupakan salah satu daerah produsen kopi Arabika dengan citarasa khas yaitu *body* dan *acidity* yang sedang. Pada tahun 2013, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia telah memberikan sertifikat Indikasi Geografis (IG) pada kopi lokal yang berasal dari beberapa daerah di Jawa Barat dengan nama Kopi Arabika Java Preanger. Kawasan IG kopi Arabika Java Preanger mencakup wilayah Kabupaten Garut, Kabupaten Bandung, Kabupaten Bandung Barat sebelah utara dan selatan, Kabupaten Cianjur sebelah timur, Kabupaten Purwakarta sebelah selatan, Kabupaten Subang sebelah timur laut, dan Kabupaten Sumedang sebelah barat daya (MPIG Kopi Arabika Java Preanger, 2012).

Indonesia juga merupakan salah satu negara dengan tingkat konsumsi kopi yang cukup tinggi. Data dari *International Coffee Organization* (ICO) menunjukkan bahwa pertumbuhan konsumsi kopi di Indonesia pada tahun 2015 mencapai 8%, melebihi pertumbuhan kopi dunia yang hanya 6%. Pertumbuhan konsumen tersebut menunjukkan adanya potensi pengembangan kopi lokal. Sebagai upaya optimalisasi komoditas kopi lokal di Jawa Barat, dilakukan perluasan lahan kopi salah satunya di Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur sebelah utara. Kawasan tersebut saat ini telah menghasilkan kopi Arabika berkualitas yang dikenal dengan nama kopi Sarongge.

Penilaian kualitas kopi pada umumnya dilakukan berdasarkan metode analisis citarasa dengan mengacu pada standar *Specialty Coffee Association of America* (SCAA). Pada analisis tersebut, panelis mengidentifikasi dan menilai atribut sensori kopi dengan cara menyeruput kopi yang telah diseduh di cangkir-cangkir yang disediakan sehingga uji citarasa

tersebut juga dikenal dengan istilah *cup testing*. Atribut sensori yang dinilai pada *cup testing* antara lain *aroma*, *flavor*, *aftertaste*, *acidity*, *body*, *balance*, *uniformity*, *sweetness*, *clean cup*, dan *overall*. Produk kopi dapat diklasifikasikan sebagai kopi *specialty* apabila skor akhir yang diperoleh dari *cup testing* minimal 80 dari skala 100 (SCAA, 2015).

Menurut Murray *et al.* (2001), kepribadian panelis yang mencakup komitmen, motivasi, dan pengetahuan memiliki pengaruh besar terhadap keberhasilan panelis dalam melakukan analisis sensori. Selain itu, kondisi lingkungan seperti pencahayaan dan sirkulasi udara juga memiliki peranan penting yang harus diperhatikan dalam uji sensori. Adanya distraksi, baik dari individu panelis maupun lingkungan, dapat menyebabkan hasil analisis menjadi bias. Oleh karena itu, berdasarkan standar SCAA, penilaian citarasa kopi harus dilakukan oleh panelis terlatih dan bersertifikat Q-Grader. Minimnya jumlah Q-Grader menyebabkan adanya keterbatasan dalam penilaian citarasa kopi, sehingga diperlukan metode lain sebagai alternatif. Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan studi untuk menganalisis citarasa kopi secara lebih mendalam sehingga dapat diperoleh standar penilaian berdasarkan metode analisis yang lebih andal dan presisi, salah satunya yaitu berdasarkan komponen biokimia.

Beberapa komponen biokimia yang mempengaruhi mutu kopi antara lain kafein, trigonelin, asam klorogenat (CGA), sukrosa, dan lemak (Farah *et al.*, 2006; Gichimu *et al.*, 2014; Cheng *et al.*, 2016). Kafein merupakan metabolit sekunder yang termasuk golongan senyawa alkaloid. Akumulasi kafein pada biji kopi menyebabkan timbulnya rasa pahit pada kopi (Campa *et al.*, 2005). Senyawa alkaloid lain yang terkandung pada biji kopi yaitu trigonelin. Menurut Gichimu *et al.* (2014), kandungan trigonelin akan meningkatkan kualitas citarasa kopi. Komponen asam terbesar pada biji kopi yaitu CGA yang merupakan senyawa fenol utama pada kopi. Namun, dalam jumlah yang terlalu banyak, CGA dapat menurunkan kualitas citarasa kopi (Farah *et al.*, 2006). Senyawa karbohidrat utama pada biji kopi adalah sukrosa. Menurut Murkovic & Derler (2006), sukrosa pada kopi Arabika memiliki konsentrasi yang lebih tinggi dibandingkan kopi Robusta. Sementara itu, lemak merupakan konstituen terbesar dari biji kopi. Menurut Figueiredo *et al.*

(2015), sebagian besar lemak kopi merupakan fraksi minyak yang terdapat pada bagian endosperm biji.

Penelitian ini bertujuan menganalisis atribut sensori dan kandungan biokimia kopi Arabika asal Jawa Barat, serta menentukan indikator atribut sensori berdasarkan komponen biokimia sehingga dapat digunakan sebagai parameter dalam penilaian mutu citarasa kopi.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei sampai September 2019. Panen dan persiapan sampel dilakukan di Desa Ciputri, Pacet, Kabupaten Cianjur dan Desa Pulosari, Pangalengan, Kabupaten Bandung. Bahan yang digunakan adalah buah kopi Arabika Sarongge yang berasal dari Desa Ciputri dan buah kopi Arabika Java Preanger yang berasal dari Desa Pulosari. Desa Pulosari merupakan salah satu daerah dengan luas areal dan produksi kopi tertinggi di Jawa Barat dan termasuk dalam kawasan IG Kopi Arabika Java Preanger. Sementara itu, Desa Ciputri merupakan kawasan penghasil Kopi Sarongge, yang berdasarkan Buku Persyaratan IG belum termasuk dalam kawasan IG Kopi Arabika Java Preanger. Kedua daerah tersebut memiliki perbedaan kondisi lingkungan, terutama suhu rata-rata dan curah hujan (Fick & Hijmans, 2017; BMKG, 2019).

Penentuan Sampel

Buah kopi Arabika yang sudah berwarna merah dipanen pada bulan Mei 2019. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik *stratified sampling* berdasarkan ketinggian lokasi yang mengacu pada kriteria teknis kesesuaian lahan kopi yang ditentukan oleh Direktorat Jenderal Perkebunan (2014), yaitu 1.000-1.500 mdpl (S1) dan 1.500-1.750 mdpl (S2). Pada penelitian ini, sampel buah kopi Sarongge dan Java Preanger dari kelas kesesuaian lahan S1 secara berurutan diambil dari ketinggian 1.200 dan 1.256 mdpl. Sementara itu, sampel buah kopi Sarongge dan Java Preanger dari kelas kesesuaian lahan S2 secara berurutan diambil dari ketinggian 1.535 dan 1.520 mdpl. Selanjutnya, dipilih tiga sublokasi sehingga secara keseluruhan terdapat 12 titik pengambilan sampel untuk Kopi Sarongge dan Kopi Java Preanger. Pada setiap sublokasi, pengambilan sampel dilakukan dengan metode *simple random sampling*. Buah kopi diolah menggunakan metode olah basah (*full wash*).

Analisis Biokimia dan Atribut Sensori

Biji kopi beras yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk analisis kandungan biokimia. Kafein, trigonelin dan CGA dianalisis dengan metode *Liquid Chromatography Mass Spectrometry* (LCMS) di Laboratorium Politeknik Jember. Sementara itu, analisis sukrosa dan lemak masing-masing dilakukan dengan metode Nelson-Somogyi (Sudarmadji *et al.*, 1997) dan *soxhlet* (*Association of Official Analytical Chemistry*, 2005) di Laboratorium Kimia Biokimia Bahan Pangan FTP UGM.

Pengujian citarasa kopi (*cup testing*) dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (Puslitkoka) Jember. Biji kopi beras disangrai pada tingkat medium dan diproses menjadi kopi bubuk berdasarkan prosedur yang mengacu pada standar SCAA (SCAA, 2015). Penilaian atribut sensori kopi dilakukan oleh 3 orang panelis terlatih mencakup atribut *aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, balance, uniformity, sweetness, clean cup*, dan *overall*. Panelis menilai masing-masing atribut sensori dengan skor 6,00 sampai 6,75 (*good*), 7,00 sampai 7,75 (*very good*), 8,00 sampai 8,75 (*excellent*), hingga 9,00 sampai 10,00 (*outstanding*). Skor akhir (*final score*) diperoleh dengan menjumlahkan skor masing-masing atribut.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Two-way Anova* untuk mengetahui tingkat perbedaan kandungan biokimia dan atribut sensori kopi berdasarkan daerah asal dan ketinggian lahan. Apabila terdapat perbedaan signifikan dari hasil uji *F-test* ($p < 0,05$), dilakukan uji lanjutan (*post hoc*) untuk mengetahui signifikansi perbedaan masing-masing parameter. Analisis *Two-way Anova* dilakukan dengan bantuan *software* SPSS versi 23.0. Selanjutnya, dilakukan analisis multivariat dengan metode *Partial Least Square* (PLS) dengan bantuan *software* The Unscrambler 10.5.1. Komponen biokimia dianggap sebagai variabel penduga, sedangkan atribut-atribut citarasa sebagai variabel respon.

Pada penelitian ini, dilakukan *pre-treatment* data yaitu *Savitzky-Golay smoothing* dan *first derivative*, mengacu pada Ribeiro *et al.* (2011). Model kalibrasi PLS ditentukan untuk mengetahuinya adanya korelasi antara komponen biokimia dan atribut sensori. Evaluasi kinerja model tersebut didasarkan pada nilai R^2 dan *Root Mean Square Error* (RMSE). Nilai R^2 merupakan kuadrat dari koefisien korelasi yang berkisar antara 0 (tidak ada korelasi) sampai dengan 1 (korelasi sempurna). Sementara itu RMSE menjelaskan standar deviasi dari perbedaan antara hasil prediksi dengan data referensi.

Tabel 1. Skor atribut sensori Kopi Sarongge dan Java Preanger
 Table 1. Sensory attribute scores for Sarongge and Java Preanger Coffee

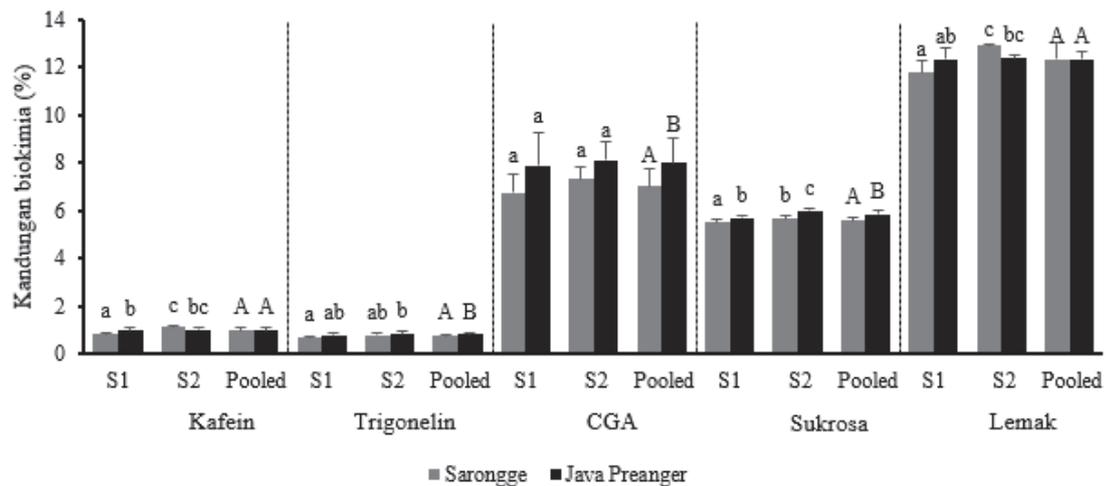
Atribut sensori	Kopi Sarongge		Kopi Java Preanger	
	S1 (1.200 mdpl)	S2 (1.535 mdpl)	S1 (1.256 mdpl)	S2 (1.520 mdpl)
Aroma	7,92 ± 0,204	7,96 ± 0,102	7,83 ± 0,129	7,83 ± 0,129
Flavor	7,67 ± 0,204	7,79 ± 0,246	7,75 ± 0,224	7,38 ± 0,518
Aftertaste	7,58 ± 0,204	7,71 ± 0,224	7,67 ± 0,204	7,29 ± 0,485
Acidity	7,63 ± 0,262	7,79 ± 0,246	7,92 ± 0,024	7,25 ± 0,612
Body	7,67 ± 0,204	7,79 ± 0,102	7,79 ± 0,246	7,83 ± 0,258
Uniformity ^{*)}	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000
Balance	7,67 ± 0,204	7,75 ± 0,224	7,71 ± 0,188	7,25 ± 0,612
Clean cup ^{*)}	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000
Sweetness ^{*)}	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000	10,00 ± 0,000
Overall	7,63 ± 0,137	7,92 ± 0,465	7,83 ± 0,303	7,29 ± 0,641
Final score ^{**)}	83,75 ± 0,880	84,70 ± 1,374	84,50 ± 1,204	82,12 ± 2,870

Keterangan: ^{*)} Parameter mendapatkan skor maksimal berdasarkan *cup testing* (berlaku untuk kebanyakan kopi lainnya)

^{**)} Nilai skor akhir >80 termasuk kelas *specialty* (SCAA, 2015)

Notes : ^{*)} The parameters get the maximum score based on *cup testing* (applies to most other coffees)

^{**)} Final score >80 classified as a *specialty class* (SCAA, 2015)



Keterangan: CGA = Asam klorogenat. S1 = Ketinggian 1.200 mdpl (Sarongge) dan 1.256 mdpl (Java Preanger). S2 = Ketinggian 1.535 mdpl (Sarongge) dan 1.520 mdpl (Java Preanger). Pooled = Data gabungan. Huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signifikan berdasarkan daerah asal (huruf kapital) dan ketinggian (huruf kecil) pada uji Tukey ($\alpha = 0,05$).

Notes : CGA = Chlorogenic acid. S1 = Altitude of 1,200 masl (Sarongge) and 1,256 masl (Java Preanger). S2 = Altitude of 1,535 masl (Sarongge) and 1,520 masl (Java Preanger). Pooled = Combined data. Different letters show significant differences based on the area of origin (uppercase letters) and altitude (lowercase letters) at Tukey test ($\alpha = 0.05$).

Gambar 1. Perbandingan kandungan biokimia Kopi Sarongge dan Java Preanger. Garis vertikal menunjukkan standar deviasi
 Figure 1. Comparison of biochemical content of Sarongge Coffee and Java Preanger. Vertical lines indicate standard deviations

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mutu Sensori Kopi

Hasil evaluasi mutu sensori Kopi Sarongge dan Java Preanger seperti yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa Kopi Sarongge dan Java Preanger,

baik yang berasal dari kelas ketinggian S1 (1.200 dan 1.256 mdpl) maupun S2 (1.535 dan 1.520 mdpl), memiliki skor *cupping* yang lebih besar dari 80 sehingga dapat dikategorikan sebagai kopi *specialty* (SCAA, 2015). Nilai tertinggi ditunjukkan oleh Kopi Sarongge yang berasal dari ketinggian S2 (1.535 mdpl) dengan

skor 84,70. Skor citarasa Kopi Sarongge yang lebih tinggi dari Java Preanger sebagai kopi bereputasi menunjukkan bahwa Kopi Sarongge mempunyai potensi yang sangat baik untuk dikembangkan pada pasar yang lebih luas, termasuk pasar ekspor. Berdasarkan hasil Anova, tidak terdapat perbedaan signifikan pada seluruh atribut sensori Kopi Sarongge dan Java Preanger. Hasil ini menunjukkan bahwa panelis tidak dapat mendiferensiasi perbedaan citarasa yang disebabkan oleh perbedaan kandungan biokimia dengan selisih yang relatif rendah (Nugroho, 2005).

Kandungan Biokimia Biji Kopi

Kandungan kafein, trigonelin, CGA, sukrosa, dan lemak biji kopi pada penelitian ini secara berturut-turut berkisar antara 0,86-1,13%; 0,74-0,85%; 6,76-8,12%; 5,53-6,00%; dan 11,78-12,92%. Hasil tersebut sesuai dengan kisaran kandungan biokimia kopi Arabika seperti yang dilaporkan oleh peneliti-peneliti sebelumnya (Campa *et al.*, 2005; Gichimu *et al.*, 2014; Cheng *et al.*, 2016). Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian kandungan biokimia yang telah dianalisis menggunakan *Two-way Anova*.

Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada beberapa kandungan biokimia Kopi Sarongge dan Java Preanger. Berdasarkan daerah asal, perbedaan signifikan ($p < 0,05$) ditemukan pada kandungan trigonelin, CGA, dan sukrosa. Kopi Java Preanger memiliki kandungan trigonelin, CGA, dan sukrosa yang lebih tinggi dibandingkan Kopi Sarongge. Sridevi & Giridhar (2013) dalam penelitiannya menjelaskan bahwa perbedaan kandungan biokimia dapat disebabkan oleh suhu lingkungan yang berbeda pada lokasi budidaya. Pangalengan yang merupakan daerah asal Kopi Java Preanger memiliki suhu rata-rata 17,7°C (Fick & Hijmans, 2017), lebih rendah dibandingkan Pacet yang merupakan daerah asal Kopi Sarongge dengan suhu rata-rata 21,2°C (BMKG, 2019). Semakin rendah suhu lingkungan, proses fisiologis dan pertumbuhan kopi berjalan lebih lambat sehingga waktu pematangan kopi menjadi lebih lama dan menyebabkan kandungan biokimia pada biji kopi terakumulasi lebih banyak (Avelino *et al.*, 2005; Scott, 2015). Hal ini dapat menjelaskan perbedaan kandungan trigonelin, CGA, dan sukrosa antara Kopi Java Preanger dan Kopi Sarongge.

Berdasarkan ketinggian lahan untuk masing-masing daerah asal (Sarongge dan Java Preanger), perbedaan signifikan ($p < 0,05$) ditemukan pada kandungan kafein, sukrosa, dan lemak. Ketiga komponen biokimia tersebut terakumulasi lebih banyak pada Kopi Sarongge yang berasal dari ketinggian S2 (1.535 mdpl) dibandingkan yang berasal dari ketinggian

S1 (1.200 mdpl). Perbedaan kandungan kafein, sukrosa, dan lemak berdasarkan ketinggian lahan juga ditemukan oleh peneliti-peneliti sebelumnya yang melaporkan adanya peningkatan kandungan biokimia biji kopi seiring dengan bertambahnya ketinggian lahan (Avelino *et al.*, 2005; Bertrand *et al.*, 2006; Leroy *et al.*, 2006; Supriadi *et al.*, 2017; Worku, *et al.*, 2018). Hasil yang berbeda terjadi pada Kopi Java Preanger, yaitu perbedaan signifikan kandungan biokimia untuk kedua kelas ketinggian hanya ditemukan pada kandungan sukrosa. Kopi Java Preanger pada ketinggian S2 (1.520 mdpl) memiliki kandungan sukrosa lebih tinggi dibandingkan dengan ketinggian S1 (1.256 mdpl). Perbedaan hasil seperti ini dapat terjadi karena tingkat kematangan yang berbeda dari kedua jenis kopi. Menurut Cheng *et al.* (2016), perbedaan suhu lingkungan pada daerah asal kopi dapat menyebabkan perbedaan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai tingkat kematangan yang sama persis. Selain itu, kandungan biokimia juga dipengaruhi oleh komposisi mineral pada tanah. Menurut Wintgens (2004), kandungan makronutrien seperti nitrogen, kalsium, dan kalium akan mempengaruhi kandungan biokimia pada biji kopi.

Korelasi Komponen Biokimia dan Atribut Sensori

Parameter statistik untuk model PLS yang terbentuk dapat dilihat pada Tabel 2. Berdasarkan parameter tersebut, korelasi terbaik di antara seluruh atribut sensori yang dianalisis ditemukan pada atribut *aroma* dengan nilai R^2 mendekati 1 dan nilai RMSE mendekati 0 dengan menggunakan 2 faktor. Faktor atau disebut juga variabel desain, merupakan hasil ekstraksi variabel-variabel yang dianalisis. Ekstraksi variabel perlu dilakukan untuk mengurangi *noise* dan varian yang tidak berguna (Leone, 2017). Semakin sedikit faktor yang digunakan, semakin sederhana model yang terbentuk. Nilai R^2 yang tinggi dan RMSE yang rendah menunjukkan kinerja dan presisi yang baik dari model PLS tersebut.

Korelasi antara variabel-variabel yang dianalisis dapat diketahui berdasarkan distribusi variabel tersebut pada *correlation loading*. Elips pada *correlation loading* menjelaskan variasi yang diperhitungkan oleh masing-masing faktor yang dihasilkan. Elips dalam menjelaskan sebanyak 50% dari total varian, sedangkan elips luar menjelaskan 100% varian. Korelasi antara dua variabel dapat dijelaskan berdasarkan jarak variabel tersebut. Variabel yang berada pada posisi yang berdekatan menjelaskan adanya korelasi positif, sebaliknya posisi pada arah yang berlawanan menunjukkan korelasi negatif (Nassar *et al.*, 2015).

Tabel 2. Nilai R² dan RMSE model atribut sensori kopi
 Table 2. R² and RMSE values of the coffee sensory attribute models

Atribut sensori	Jumlah faktor	R ²	RMSE
Aroma	2	0,93	0,03
Flavor	3	0,91	0,02
Aftertaste	4	0,86	0,01
Acidity	4	0,81	0,01
Body	4	0,89	0,01
Uniformity ^{*)}	4	0,76	0,01
Balance ^{*)}	4	0,77	0,03
Clean cup ^{*)}	4	0,74	0,05
Sweetness ^{*)}	4	0,85	0,15

Keterangan : RMSE: Root Mean Square Error

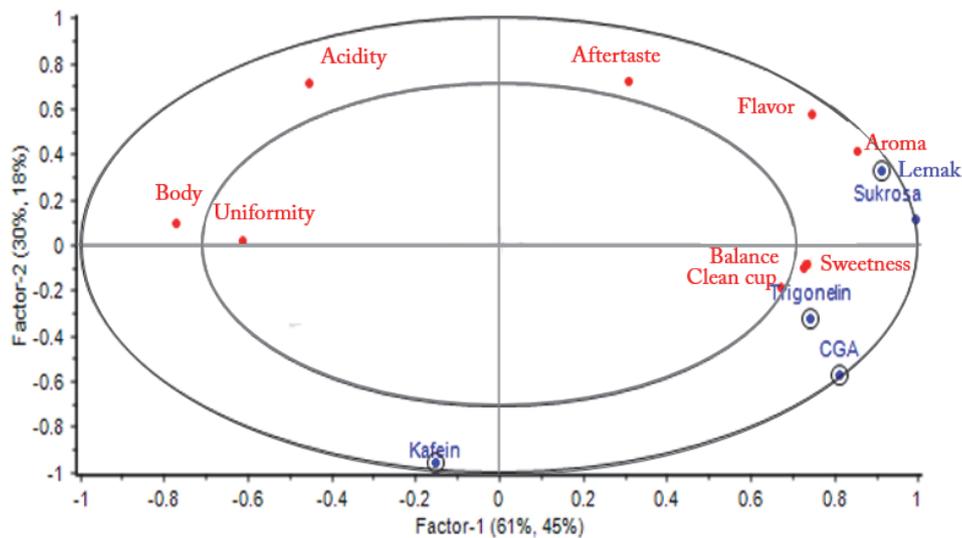
^{*)} Model dengan nilai R²<0,8 dan/atau RMSE>0,1 tidak digunakan

Notes : RMSE: Root Mean Square Error

^{*)} Models with R²<0.8 and/or RMSE>0.1 are not used

Gambar 2 merupakan *correlation loading* yang memperlihatkan korelasi komponen biokimia dan atribut sensori kopi. Berdasarkan Gambar 2 tersebut, dua faktor PLS pertama menjelaskan 91% dari total varian pada variabel penduga (komponen biokimia) dan 63% dari total varian pada variabel respon (atribut sensori). *Correlation loading* memperlihatkan adanya hubungan signifikan antara beberapa komponen biokimia dengan atribut sensori kopi. Atribut *aroma* dan *flavor* memiliki korelasi positif dengan lemak. Sukrosa juga terlihat memiliki korelasi positif dengan *aroma* dan *flavor*, namun hasil analisis PLS menunjukkan bahwa komponen biokimia tersebut bukan merupakan

komponen yang penting dalam pembentukan model pendugaan atribut sensori. Lemak pada biji kopi, atau sering disebut sebagai *coffee oil*, merupakan konstituen terbesar dari biji kopi yang terdiri dari trigliserida (75%), *diterpene alcohols* (19%), *sterol* (5%), dan sebagian kecil *tocopherol* (Sunarharum *et al.*, 2014). Selama proses penyangraian, terjadi migrasi lemak ke permukaan biji yang menyebabkan perubahan pada profil lemak dan mempengaruhi aroma kopi yang dihasilkan. Namun, *sterol* dan sebagian besar trigliserida tidak mengalami perubahan sehingga masih dapat diekstraksi pada saat kopi diseduh dan berkontribusi pada *flavor* kopi (Sunarharum *et al.*, 2014).



Gambar 2. Korelasi komponen biokimia dan atribut sensori. Label berwarna biru merupakan variabel penduga (komponen biokimia), sedangkan label berwarna merah merupakan variabel respon (atribut sensori). Simbol (●) yang dilingkari menandakan variabel yang penting dalam pembentukan model

Figure 2 Correlation of biochemical components and sensory attributes. The blue label is the estimating variables (biochemical components), while the red label is the response variables (sensory attributes). The symbol (●) circled indicates an important variable in the formation of the model

Pada *correlation plot*, atribut *aftertaste* berada pada posisi yang berseberangan dengan kafein yang mengindikasikan adanya korelasi negatif. Semakin tinggi kadar kafein yang terkandung pada biji kopi, skor penilaian terhadap atribut *aftertaste* akan semakin rendah. Menurut Farah *et al.* (2006), kafein merupakan senyawa yang dapat menyebabkan timbulnya rasa pahit pada kopi. Rasa pahit tersebut apabila terakumulasi secara berlebihan akan dapat mempengaruhi atribut *aftertaste* dan keseluruhan citarasa kopi (Kreuml *et al.*, 2013).

Korelasi negatif juga ditunjukkan oleh atribut *acidity* dengan kandungan CGA. Korelasi negatif antara *acidity* dengan CGA menjelaskan bahwa semakin tinggi kandungan CGA, skor *acidity* semakin rendah. Pada proses penyangraian, CGA akan terdegradasi dan menghasilkan substansi fenol yg berperan terhadap rasa pahit dan masam sehingga tingginya kadar CGA akan menghasilkan citarasa negatif yang berpengaruh terhadap kualitas seduhan terutama pada atribut *acidity* (Farah *et al.*, 2006; Gichimu *et al.*, 2014).

Atribut *body* berada pada posisi yang berseberangan dengan lemak yang mengindikasikan adanya korelasi negatif. Korelasi negatif antara atribut *body* dan lemak juga dilaporkan oleh Ribeiro *et al.* (2011). Hal ini karena fraksi lemak yang terekstraksi selama proses penyeduhan membawa vitamin yang larut dalam lemak (*fat-soluble vitamins*) dan berkontribusi pada atribut *body* (Sunarharum *et al.*, 2014). Sementara itu, indikator atribut *uniformity*, *balance*, *clean cup*, dan *sweetness* tidak dapat diidentifikasi pada penelitian ini. Hal ini karena model yang terbentuk tidak menunjukkan kinerja dan presisi yang cukup baik berdasarkan nilai R^2 , RMSE, dan jumlah faktor yang digunakan.

KESIMPULAN

Terdapat variasi kandungan biokimia pada Kopi Sarongge dan Java Preanger. Berdasarkan daerah asal (Kopi Sarongge dan Java Preanger), perbedaan signifikan ditemukan pada kandungan trigonelin, CGA, dan sukrosa. Sementara itu, berdasarkan ketinggian lahan (1.200 dan 1.256 mdpl untuk kelas kesesuaian lahan S1, serta 1.520 dan 1.535 mdpl untuk kelas kesesuaian lahan S2), perbedaan signifikan ditemukan pada kandungan kafein, sukrosa, dan lemak. Beberapa komponen biokimia berkorelasi dengan atribut sensori kopi. Lemak memiliki korelasi positif dengan atribut *aroma* dan *flavor*, serta berkorelasi negatif dengan atribut *body*. Kafein memiliki korelasi negatif dengan atribut *aftertaste*, sedangkan CGA memiliki korelasi negatif dengan atribut *acidity*. Adanya korelasi antara komponen biokimia dengan atribut sensori

menunjukkan bahwa komponen biokimia tersebut berperan sebagai indikator atribut sensori.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada petani dan pelaku usaha Kopi Sarongge dan Kopi Java Preanger yang telah membantu selama proses pengambilan data. Penelitian ini didanai oleh Lembaga Pengelola Dana Penelitian (LPDP) sebagai dana bantuan penelitian dalam komponen Beasiswa Pendidikan Indonesia (BPI).

DAFTAR PUSTAKA

- Association of Official Analytical Chemistry. (2005). *Association of official analytical chemistry (AOAC) official method 963.15, Lipid Content*.
- Avelino, J., Barboza, B., Araya, J. C., Fonseca, C., Davrieux, F., Guyot, B., & Cilas, C. (2005). Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 85(11), 1869–1876. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/jsfa.2188>
- Bertrand, B., Vaast, P., Alpizar, E., Etienne, H., Davrieux, F., & Charmetant, P. (2006). Comparison of bean biochemical composition and beverage quality of Arabica hybrids involving Sudanese-Ethiopian origins with traditional varieties at various elevations in Central America. *Tree Physiol*, 26(9), 1239–1248. <https://doi.org/10.1093/treephys/26.9.1239>
- BMKG. (2019). *Data klimatologi stasiun SMPK Pacet*. Bogor.
- Campa, C., Doulebeau, S., Dussert, S., Hamon, S., & Noirot, M. (2005). Diversity in bean caffeine content among wild coffee species: Evidence of a discontinuous distribution. *Food Chemistry*, 91, 633–637. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.032>
- Cheng, B., Furtado, A., Smyth, H. E., & Henry, R. J. (2016). Influence of genotype and environment on coffee quality. *Trends in Food Science and Technology*, 57, 20–30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.09.003>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Pedoman teknis budidaya kopi yang baik*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan.
- Farah, A., Monteiro, M. C., Calado, V., Franca, A. S., & Trugo, L. C. (2006). Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. *Food Chemistry*, 98, 373–380. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.032>

- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302-4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>.
- Figueiredo, L. P., Borem, F. M., Ribeiro, F. C., Giomo, G. S., da Silva Taveira, J. H., & Malta, M. R. (2015). Fatty acid profiles and parameters of quality of specialty coffees produced in different Brazilian regions. *African Journal of Agricultural Research*, 10(35), 3484-3493. <https://doi.org/10.5897/ajar2015.9697>
- Gichimu, B. M., Gichuru, E. K., Mamati, G. E., & Nyende, A. B. (2014). Biochemical composition within *Coffea arabica* cv. Ruiru 11 and its relationship with cup quality. *Journal of Food Research*, 3, 31-44. <https://doi.org/10.5539/jfr.v3n3p31>
- ICO. (2019). *Total production by all exporting countries*. Retrieved from <http://www.ico.org/prices/production.pdf>
- Kreuml, M. T. L., Majchrzak, D., Ploederl, B., & Koenig, J. (2013). Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Food Science and Nutrition*, 1(4), 267-272. <https://doi.org/10.1002/fsn3.35>
- Leone, R. (2017). *Chemometric data treatment of spectroscopic measurements for characterization of monovarietal extra-virgin olive oil from Marche*. Instituto Superior Técnico.
- Leroy, T., Ribeyre, F., Bertrand, B., Chametant, P., Dufour, M., Montagnon, C., ... Pot, D. (2006). Genetics of coffee quality. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 229-242. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/S1677-04202006000100016>
- MPIG Kopi Arabika Java Preanger. (2012). *Buku persyaratan indikasi geografis kopi arabika java preanger*. Bandung. Retrieved from <http://e-book.dgip.go.id/indikasi-geografis/filemedia/Buku-Persyaratan-Kopi-Arabika-Java-Preanger1/mobile/index.html#p=6>
- Murkovic, M., & Derler, K. (2006). Analysis of amino acids and carbohydrates in green coffee. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 69, 25-32. <https://doi.org/10.1016/j.jbbm.2006.02.001>
- Murray, J. M., Delahunty, C. M., & Baxter, I. A. (2001). Descriptive sensory analysis: past, present and future. *Food Research International*, 34, 461-471.
- Nassar, A. M. K., Kubow, S., & Donnelly, D. J. (2015). High-throughput screening of sensory and nutritional characteristics for cultivar selection in commercial hydroponic greenhouse crop production. *International Journal of Agronomy*, 1-28. <https://doi.org/10.1155/2015/376417>
- Nugroho, D. (2005). *Performa mutu fisik, biokimia, dan citarasa kopi arabika (Coffea arabica) dari kawasan tinggi dan menengah*. Universitas Gadjah Mada.
- Ribeiro, J. S., Ferreira, M. M. C., & Salva, T. J. G. (2011). Chemometric models for the quantitative descriptive sensory analysis of Arabica coffee beverages using near infrared spectroscopy. *Talanta*, 83, 1352-1358. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2010.11.001>
- SCAA. (2015). *SCAA protocols cupping specialty coffee*. Specialty Coffee Association of America. Specialty Coffee Association of America. Retrieved from <http://www.scaa.org/?page=resources&d=coffee-protocols>
- Scott. (2015). How does elevation affect the taste of coffee? Retrieved September 13, 2010, from <https://driftaway.coffee/elevation/>
- Sridevi, V., & Giridhar, P. (2013). Influence of altitude variation on trigonelline content during ontogeny of *Coffea canephora* fruit. *Journal of Food Studies*, 2(1), 62-74. <https://doi.org/10.5296/jfs.v2i1.3747>
- Sub Direktorat Statistik Tanaman Perkebunan. (2017). *Statistik kopi indonesia 2016*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Sudarmadji, B., Bambang, H., & Suhardi. (1997). *Analisa bahan makanan dan pertanian*. Yogyakarta: Liberty.
- Sunarharum, W. B., Williams, D. J., & Smyth, H. E. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62, 315-325. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.030>
- Supriadi, H., Randriani, E., & Towaha, J. (2017). Korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Garut. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 3(1), 45-52. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v3n1.2016.p45-52>
- Wintgens, J. N. (2004). *Coffee: growing, processing, sustainable production*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Worku, M., de Meulenaer, B., Duchateau, L., & Boeckx, P. (2018). Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method. *Food Research International*, 105, 278-285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.016>

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 1, Maret 2020

**PENGARUH AGROEKOSISTEM PERTANAMAN KOPI TERHADAP
KEANEKARAGAMAN DAN KELIMPAHAN SEMUT (FORMICIDAE)**

***THE EFFECT OF COFFEE PLANTATIONS AGROECOSYSTEM ON DIVERSITY AND
ABUNDANCE OF ANTS (FORMICIDAE)***

* Susilawati, Gusti Indriati

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

* susilawatisp.ss@gmail.com

(Tanggal diterima: 14 Juli 2019, direvisi: 24 Januari 2020, disetujui terbit: 25 Februari 2020)

ABSTRAK

Semut (Formicidae:Hymenoptera) merupakan salah satu kelompok serangga yang dominan serta memiliki sifat biologi dan ekologi yang sangat penting. Keberadaan semut pada pertanaman kopi sangat penting karena memiliki fungsi sebagai predator. Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh agroekosistem pertanaman kopi terhadap keanekaragaman dan kelimpahan spesies semut. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Februari sampai Juni 2018. Pertanaman kopi dibagi menjadi 4 kelompok berdasarkan lokasi dan agroekosistemnya, dan setiap kelompok terdiri dari 4 petak pengamatan. Pengambilan contoh semut pada 15 tanaman sampel di setiap petak pengamatan. Pengamatan dilakukan dengan menangkap semut yang terdapat pada bagian batang, daun, ranting dan buah tanaman kopi. Pada setiap tanaman kopi dilakukan pengambilan semut selama 5 sampai 10 menit. Perbedaan agroekosistem pertanaman kopi dikelompokkan berdasarkan lokasi, ketinggian tempat dari permukaan laut, jenis tanaman kopi, jenis tanaman penabung, dan vegetasi yang terdapat di sekitar lokasi pengamatan. Hasil penelitian menemukan 59 morfospesies semut dengan jumlah 2.535 individu. Semut dominan yang ditemukan adalah *Dolichoderus* sp1. Ditemukan 4 spesies semut yaitu *Camponotus* sp1., *Crematogaster* sp1., *Dolichoderus* sp1., *Polyrhachis* sp1. yang merupakan serangga predator. Perbedaan agroekosistem pertanaman kopi memengaruhi keanekaragaman dan kelimpahan semut.

Kata kunci: Biodiversitas, *Dolichoderus* sp, ekologi, morfospesies, predator

ABSTRACT

*Ant (Formicidae: Hymenoptera) is one of the dominant groups of insects and has significant biological and ecological properties. The presence of ants in coffee plantations plays an important role as it functions as a predator. The study aimed to investigate the effect of coffee plantation agroecosystem on the diversity and abundance of ant species. The study was conducted from February to June 2018 at Pakuwon Experimental Station. The coffee plants were divided into 4 groups, based on their locations and agroecosystems, where each group consisted of 4 observation plots. Ants sampling were taken from 15 sample plants in each plot. Observation was conducted on ants found in the stems, leaves, twigs and fruits of coffee plants. The ants were taken for 5 to 10 minutes from each plant. The differences in coffee agroecosystem were grouped based on location, altitude, coffee species, shade plant, and vegetation around the observation site. The study found 59 ant morphospecies with a total of 2,535 individuals. The dominant ant was *Dolichoderus* sp1. There were 4 ant species that were found in all four locations, namely *Camponotus* sp1., *Crematogaster* sp1., *Dolichoderus* sp1., *Polyrhachis* sp1. which are predatory. The analysis result showed that different coffee agroecosystem affects diversity and abundance of ants.*

Keywords: Biodiversity, *Dolichoderus* sp, ecology, morphospecies, predator

PENDAHULUAN

Keberadaan serangga di suatu habitat pertanian dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya pola tanam seperti pertanian organik dan pertanian anorganik (Adhi, Hadi, & Tarwotjo, 2017), penggunaan pestisida (Park, Blitzer, Gibbs, Losey, & Danforth, 2015), keberadaan habitat alami (Susilawati, Damayanti, Akhmad, & Pudjianto, 2017) dan jenis vegetasi yang terdapat di sekitar habitat pertanian (Erawati & Kahono, 2010). Perbedaan komposisi vegetasi di suatu habitat akan memengaruhi keberadaan jenis dan populasi semut. Semut juga dikenal sebagai bioindikator lingkungan yang terganggu (Hoffmann & Andersen, 2003), karena mempunyai sifat peka terhadap perubahan lingkungan. Selain itu, semut berperan penting sebagai predator yang dapat mengendalikan hama tanaman.

Hama utama pada pertanaman kopi adalah *Hypothenemus hampei* yang dapat menyebabkan kehilangan hasil sehingga akan memengaruhi produksi kopi. Di Indonesia, tingkat serangan PBKo bervariasi dari perkebunan kopi satu dengan yang lain. Laila, Agus, & Saranga (2011) melaporkan bahwa serangan hama PBKo di Sulawesi Selatan telah menyebabkan kehilangan hasil hingga 60%. Tingkat serangan PBKo pada level 2,34% dengan produksi 800 kg/ha sudah diperlukan tindakan pengendalian untuk mengurangi resiko kerusakan ekonomi (Wegbe, Cilas, Decazy, Alauzet & Dufour, 2003). Penetapan tindakan pengendalian pada level serangan yang rendah (2,34%) membuktikan bahwa PBKo merupakan hama penting dan menimbulkan kerugian ekonomi yang tinggi.

Pengendalian yang dilakukan oleh petani pada umumnya menggunakan insektisida sintetik. Namun hal ini tidak efektif karena hampir semua stadia PBKo berada di dalam biji kopi (Laila *et al.* 2011). Selain itu penggunaan insektisida dalam pengendalian hama memiliki dampak negatif, yaitu terjadinya resistensi, resurgensi, munculnya hama baru, tercemarnya lingkungan hidup, teracuninya binatang ternak bahkan manusia (Untung, 2001). Pengendalian menggunakan musuh alami salah satunya adalah dengan predator, merupakan alternatif pengendalian yang aman dan ramah lingkungan.

Semut (Formicidae:Hymenoptera) merupakan salah satu kelompok serangga yang dominan serta memiliki sifat biologi dan ekologi sangat penting (Hölldobler & Wilson, 1990). Pada umumnya fungsi semut adalah sebagai predator. Semut dilaporkan sebagai predator pada serangga penggerek buah kopi *H. hampei*. Dua spesies semut *Wasmannia auropunctata* dan *Solenopsis picea* dilaporkan sebagai predator *H. hampei*

pada pertanaman kopi di Southern Meksiko (Morris & Perfecto, 2016). Hasil penelitian Morris & Perfecto (2016) di laboratorium memperlihatkan bahwa kedua spesies semut tersebut berpotensi sebagai predator larva dan pupa *H. hampei*. Beberapa penelitian yang telah dilakukan di Indonesia mengenai predator semut sudah banyak dilakukan, namun untuk keanekaragaman semut pada tanaman kopi masih kurang. Beberapa penelitian mengenai predator semut diantaranya, hubungan predasi semut hitam (*Dolichoderus thoracicus*) pada hama utama tanaman kakao di Jember (Wiriyadiputra, 2007). Penelitian lain telah dilakukan untuk mengetahui keanekaragaman dan struktur komunitas semut pada tanaman lada (Yudiyanto, Qayim, Munif, Setiadi, & Rizali, 2014), dan tentang keanekaragaman semut serta pola keberadaannya pada daerah urban di Palu, Sulawesi Tengah (Hasriyanty, Rizali, & Buchori, 2015). Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh agroekosistem pertanaman kopi terhadap keanekaragaman dan kelimpahan semut.

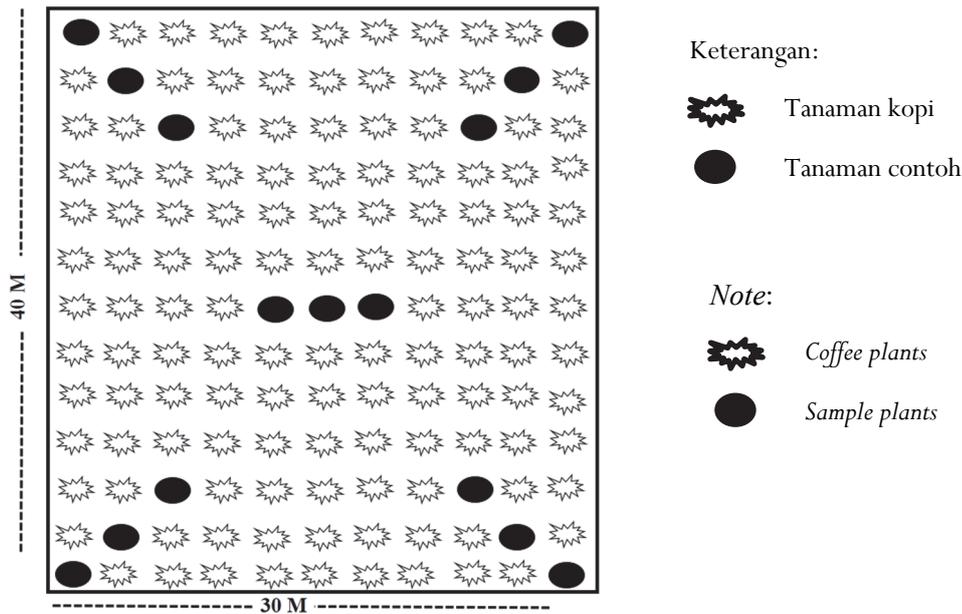
BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di pertanaman kopi, Kebun Percobaan (KP) Pakuwon (6°49'19.5"S 106°44'20.7"E) Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai bulan Februari sampai Juni 2018. Pertanaman kopi dibagi menjadi 4 kelompok berdasarkan lokasi dan agroekosistemnya (ketinggian tempat 470–508 m dpl, jenis tanaman kopi, jenis tanaman penayang, dan vegetasi yang terdapat di sekitar lokasi pengamatan) (Tabel 1). Tanaman kopi yang digunakan berumur 5–7 tahun. Setiap kelompok pertanaman kopi terdiri dari 4 petak pengamatan yang berukuran 30 m x 40 m, sehingga terdapat 16 petak pengamatan.

Teknik Pengambilan Contoh

Pengambilan contoh semut dilakukan dengan menggunakan metode acak dan pengoleksian langsung mengacu pada metode yang dikemukakan oleh Bestelmeyer *et al.*, (2000). Setiap petak pengamatan terdapat 15 tanaman sampel yang diambil secara beraturan dengan membentuk garis diagonal pada tengah petakan (Gambar 1). Pengamatan dilakukan pada setiap tanaman kopi dengan mengamati dan menangkap semut yang terdapat pada batang, daun, ranting, dan buah tanaman kopi. Semut yang terdapat pada tanaman kopi ditangkap dengan menggunakan pinset untuk semut yang berukuran relatif besar dan menggunakan kuas untuk semut yang berukuran relatif kecil. Pelaksanaan pengambilan contoh semut disesuaikan



Gambar 1. Denah sampel tanaman kopi pada petak pengamatan
Picture 1. Layout of coffee sampling at observation site

Tabel 1. Deskripsi lokasi penelitian di Kebun Percobaan Pakuwon
Table 1. Description of samples location in Pakuwon Experimental Station

Petak pengamatan	Lokasi	Ketinggian tempat (m dpl)	Jenis kopi	Tanaman penabung	Habitat sekitar perbatasan			
					U	T	S	B
Lokasi 1								
L1.1	Kebun Perbenihan 2	470–475	Arabika	<i>Reutealis trisperma</i>	KO	KO	BI	KO
L1.2				dan <i>Averrhoa</i>	KO	KO	KY	JR
L1.3				<i>bilimbi</i>	KS	KO	KO	JR
L1.4					KS	PI	PO	KO
Lokasi 2								
L2.1	Kebun Plasma nutfah	480–488	Robusta,	<i>Gliciridia cepium</i>	KA	JR	KO	KO
L2.2			Arabika,		KO	KO	KO	KA
L2.3			Liberika		KO	KO	SI	KA
L2.4					KO	JR	SI	KO
Lokasi 3								
L3.1	Bioindustri	490–497	Robusta	<i>Gliciridia cepium</i> dan <i>Musa sp</i>	KO	KO	PI	KS
L3.2					KS	KO	PI	KO
L3.3					KS	KO	PI	KO
L3.4					KO	KO	KA	PA
Lokasi 4								
L4.1	Kebun Perbenihan 3	503–508	Robusta	<i>Gliciridia cepium</i>	IL	JR	KO	KO
L4.2					KO	JR	PB	KO
L4.3					KO	JR	KO	KA
L4.4					IL	KO	KO	KA

Keterangan : IL=Ilalang; KO= Kopi; JR=Jalan Raya; KA=Kakao; KS=Kemiri Sunan; PB=Perbenihan Karet; SI=Singkong; BI=Bintaro; KY=Kayumanis; PI=Pisang; PA=Pala; PO=Pongamia
U=Utara; T=Timur; S=Selatan; B=Barat, Ln.n= Lokasi ke n ulangan ke n.

Note : *IL=Imperata cylindrica* Raeusch.; *KO=coffee*; *JR=road*; *KS= Reutealis trisperma*; *PB=rubber nursery*; *SI=cassava*; *BI=Cerbera manghas*; *KY=Cinnamomum verum*; *PI=Musa sp.*; *PA=Myristica fragrans*; *PO=Pongamia pinnata*;
U=north; T=east; S=south; B=west; Ln.n=Location n, replication n

dengan waktu dan suhu optimum aktifnya serangga, yaitu jam 09.00–11.00 WIB pada setiap pengamatan dan dilakukan pada saat cuaca cerah (Bestelmeyer *et al.*, 2000). Pada setiap tanaman kopi dilakukan pengambilan semut selama 5–10 menit agar semaksimal mungkin dapat mengambil contoh semut dengan ciri morfologi yang berbeda. Semut yang diperoleh dimasukkan ke dalam botol koleksi yang berisi alkohol 70%. Jenis semut yang diperoleh kemudian diidentifikasi hingga tingkat genus dan morfospesies di laboratorium. Identifikasi dilakukan berdasarkan buku *Identification Guide to the Ant Genera of Borneo* (Hashimoto, 2003).

Analisis Data

Jumlah semut yang telah diidentifikasi kemudian ditabulasikan ke dalam *database* dalam format Excel. Keanekaragaman semut ditunjukkan dengan nilai jumlah morfospesies dan nilai indeks keanekaragaman yang ditunjukkan dengan nilai H' pada setiap lokasi. Kelimpahan semut pada penelitian ini tidak menunjukkan kelimpahan dari populasi. Untuk melihat perbedaan keanekaragaman dan kelimpahan semut pada setiap lokasi ditampilkan dalam *boxplot*. Analisis tersebut dilakukan dengan menggunakan software R Statistik (Fox & Leverage, 2016).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Keanekaragaman Spesies dan Kelimpahan Semut

Sejumlah 56 morfospesies dari 25 genus dengan 2.535 individu semut dikoleksi dari empat lokasi yang berbeda pada 16 petak pertanaman kopi di Kebun Percobaan Pakuwon, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Sejumlah 620 individu semut yang terdiri dari 19 morfospesies dan 15 genus ditemukan di lokasi 1 (L1). Pada lokasi 2 (L2)

ditemukan 344 individu semut dari 41 morfospesies dan 18 genus. Pada lokasi 3 (L3) ditemukan 15 genus dan 30 morfospesies dengan jumlah individu 580, lokasi 4 (L4) ditemukan 991 individu semut yang terdiri dari 17 morfospesies dan 10 genus (Tabel 2). Jumlah morfospesies yang ditemukan di pertanaman kopi Kebun Percobaan Pakowun hampir sama dengan jumlah yang ditemukan di pertanaman kopi Vietnam, yaitu 58 morfospesies (Onishi *et al.*, 2016). Salah satu faktor yang memengaruhi jenis spesies semut di suatu habitat adalah altitude. Keanekaragaman semut tinggi pada daerah dengan altitude rendah dan menurun dengan semakin tingginya altitude suatu tempat. Selain itu, kondisi agroekosistem pertanaman kopi di kebun percobaan Pakuwon pada setiap lokasi berbeda-beda, baik dari jenis tanaman penayang, tanaman pembatas, dan jenis kopi yang ditanam. Selain itu jenis tanaman juga merupakan faktor tinggi rendahnya keanekaragaman semut pada suatu agroekosistem pertanaman kopi. Akan tetapi jumlah ini masih jauh lebih sedikit dibandingkan semut yang ditemukan oleh Philpott, Bichier, Rice, & Greenberg (2008) di pertanaman kopi Bukit Barisan, yaitu berjumlah 136 morfospesies. Tinggi rendahnya serangga yang ditemukan disuatu habitat, dipengaruhi oleh faktor tanaman, keadaan iklim dan habitat di sekitarnya. Humphrey, Hawes, Peace, Ferris-Kaan, & Jukes (1999) melaporkan bahwa keanekaragaman Carabidae dan Syrphidae dipengaruhi oleh jenis tanaman yang berada di sekitar habitat dan ketebalan naungan. Selain itu, perbedaan metode dan alat pengambilan contoh semut juga memengaruhi jumlah serangga yang diperoleh. Hal ini sesuai dengan pendapat Yaherwandi, Manuwoto, Buchori, Hidayat, & Prasetyo (2007) yang menyatakan bahwa jumlah serangga yang terkumpul dalam suatu penelitian akan optimal jika alat dan metode yang digunakan dalam pengambilan contoh efektif untuk memerangkap serangga.

Tabel 2. Keanekaragaman dan kelimpahan semut berdasarkan genus dan morfospesies pada tanaman kopi
 Table 2. Diversity and abundance of ants based of genus and morphospecies in coffee plantation

Lokasi	Genus	Morfospesies	Rerata±SB	N	Rerata±SB	H'
L1	15	19	7,00±3,83	620	155,00±43,80	0,815
L2	18	41	18,50±3,87	344	86,00±21,40	3,127
L3	15	30	12,00±4,55	580	145,00±57,35	1,598
L4	10	17	6,00±2,52	991	247,75±87,61	0,877
Jumlah	22	56		2.535		

Keterangan: N = jumlah individu, H' = indeks keanekaragaman, SB = simpangan baku

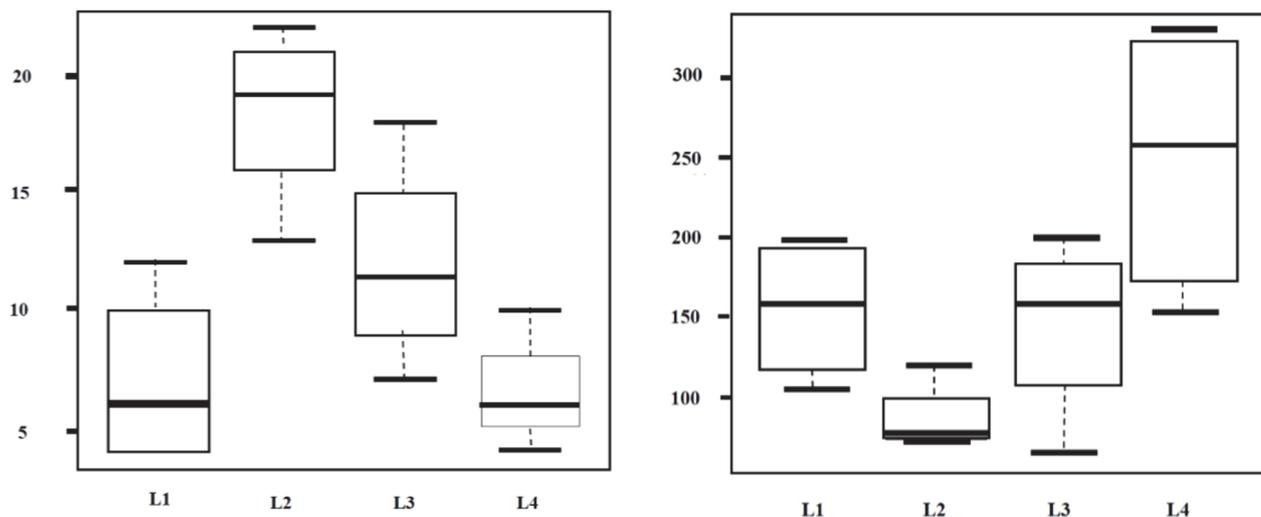
Note: N= number of individu, H'=diversity indeks, SB = standard deviation

Pengaruh Perbedaan Vegetasi Tanaman terhadap Keanekaragaman dan Kelimpahan Semut

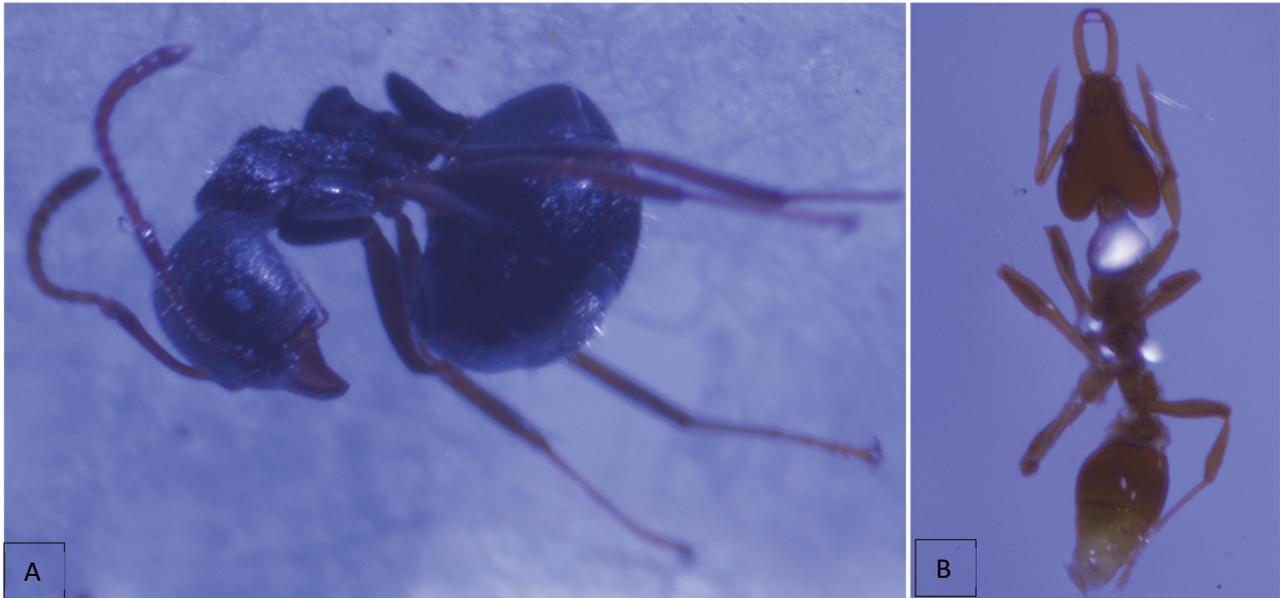
Jumlah spesies dan indeks keanekaragaman tertinggi terdapat pada L2 dengan jumlah spesies 41 dan nilai indeks keanekaragaman (H') adalah 3,127. Jumlah spesies terendah terdapat pada L4 dengan jumlah 17 morfospesies dan indeks keanekaragaman terendah terdapat di lokasi L1 dengan nilai 0,815. Tingginya nilai H' menandakan semakin tinggi keanekaragaman semut pada pertanaman kopi (Tabel 2). Berdasarkan hasil Anova, perbedaan lokasi memengaruhi kelimpahan ($F_{(3,12)}=5,364$ dan $P = 0,014*$) dan keanekaragaman ($F_{(3,12)} = 8,800$ dan $P = 0,002**$) semut di pertanaman kopi (Gambar 2). Perbedaan lokasi pertanaman kopi memiliki perbedaan jenis spesies kopi, batas tanaman yang berbeda, dan perbedaan tinggi naungan. Hal inilah yang mengakibatkan terjadinya perbedaan kelimpahan dan keanekaragaman semut antar lokasi. Pada lokasi L2 tanaman penananya adalah *Gliciridia cepium* yang lebih tinggi dan tajuk lebih rindang dibandingkan tanaman penangung pada lokasi lainnya. Hal ini akan memengaruhi iklim mikro pada agroekosistem yang optimum untuk kehidupan serangga, seperti yang dilaporkan oleh Rasiska & Khairullah (2017) bahwa tanaman penangung yang berkanopi lebar, cabang rata, dan memiliki banyak daun memungkinkan sejumlah serangga lebih memilih habitat tersebut. Perbedaan jenis tanaman penangung akan memengaruhi kondisi yang terkait dengan elemen iklim berupa suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya. Selain itu, pada lokasi L2 terdapat tiga spesies tanaman kopi yang berbeda yaitu *Coffea canephora* (kopi Robusta), *C. arabica* (kopi Arabika), dan *C. liberica* (kopi Liberika) yang merupakan kebun plasma nutfah kopi. Lokasi L2

merupakan lokasi yang memiliki jenis spesies kopi lebih beragam dibandingkan dengan lokasi L1, L3, dan L4. Hal inilah yang diduga memengaruhi tingginya keanekaragaman semut pada lokasi L2. Berdasarkan pendapat Rubiana (2014), jenis semut yang berada di suatu habitat akan dipengaruhi oleh vegetasi tanaman karena berhubungan dengan ketersediaan makanan. Susilawati (2016) menambahkan bahwa vegetasi tanaman yang merupakan inang dari serangga akan memengaruhi jenis serangga disuatu habitat. Novotny *et al.* (2006) menyatakan bahwa keberadaan serangga di suatu habitat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti keanekaragaman vegetasi habitat, tanaman inang, dan garis latitude suatu lanskap.

Nilai keanekaragaman serangga di suatu habitat dipengaruhi oleh jenis vegetasi yang berada disekitar lahan, struktur tanaman, dan ketinggian naungan (Onishi *et al.*, 2016). Dijelaskan lebih lanjut bahwa jenis semut akan lebih beragam pada kopi yang ditanam dengan menggunakan sistem pertanian tradisional dengan tanaman penangung adalah tanaman hutan dan pohon yang tinggi dan rimbun. Selanjutnya, Sholih (2017) menyatakan bahwa aspek fisik dan biologis lingkungan dapat memengaruhi keanekaragaman spesies semut pada suatu habitat. Jumlah spesies semut akan berpengaruh terhadap kebutuhan seperti tempat untuk membuat sarang, suhu tanah, ketersediaan cahaya, dan kondisi tanah. Berkurangnya tempat yang cocok untuk bersarang dapat memengaruhi spesies semut spesialis yang ada pada suatu habitat. Misalnya, semut *Camponatus gigas* yang bergantung pada serasah kayu untuk bersarang akan jarang ditemui pada daerah ekosistem yang memiliki sedikit serasah kayu.



Gambar 2. Box plot kekayaan spesies (A) dan kelimpahan (B) semut pada 4 lokasi yang berbeda di pertanaman kopi
Picture 2. Boxplot species richness (A) and abundance (B) ant at 4 different locations in plant plantation



Gambar 3. Semut spesies *Dolichoderus* sp. yang dominan ditemukan di kebun percobaan Pakuwon (A), semut spesies *Strumigenys* sp. yang ditemukan di lokasi L2 (B).

Picture 3. *Dolichoderus* sp the dominant ant found at Pakuwon Experimental Station (A), *Strumigenys* sp found in location L2(B)

Tabel 3. Kekayaan dan kelimpahan semut berdasarkan genus

Table 3. Species richness and abundance of ant based on genus

No	Genus	Lokasi pertanaman kopi			
		L1 (n=4)	L2 (n=4)	L3 (n=4)	L4 (n=4)
1	<i>Anoplolepis</i>	1	28	56	16
2	<i>Aphaenogaster</i>	0	2	4	0
3	<i>Camponotus</i>	4	21	5	8
4	<i>Cardiocondyla</i>	0	25	2	0
5	<i>Crematogaster</i>	1	40	52	15
6	<i>Dilobocondyla</i>	1	0	0	0
7	<i>Dolichoderus</i>	580	46	370	772
8	<i>Euprenolepis</i>	0	0	1	0
9	<i>Iridomyrmex</i>	5	6	0	2
10	<i>Loweriella</i>	6	58	18	0
11	<i>Monomorium</i>	1	19	16	116
12	<i>Myrmecaria</i>	0	15	0	0
13	<i>Paratrechina</i>	0	21	5	4
14	<i>Pheidole</i>	10	0	0	0
15	<i>Pheidolegeton</i>	1	0	0	0
16	<i>Philidris</i>	1	2	12	0
17	<i>Plagiolepis</i>	0	28	9	2
18	<i>Polyrhachis</i>	3	20	2	2
19	<i>Strumigenys</i>	0	1	0	0
20	<i>Tapinoma</i>	1	4	26	54
21	<i>Technomyrmex</i>	1	7	0	0
22	<i>Tetramorium</i>	4	1	2	0

Dominansi dan Fungsi Semut

Sejumlah 22 genus semut ditemukan pada pertanaman kopi di Kebun Percobaan Pakuwon. Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan 3 genus semut yang dominan, yaitu *Dolichoderus* (69,74%) (gambar

3a), *Monomorium* (6,00%), dan *Crematogaster* (4,26%). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada empat lokasi penelitian terdapat beberapa genus yang hanya ditemukan di satu lokasi. Genus *Myrmecaria* dan *Strumigenys* ditemukan hanya pada lokasi L2. Genus

Dilobocondyla, *Pheidole*, *Pheidolegeton* hanya ditemukan pada lokasi L1 dan *Euprenolepis* hanya ditemukan di lokasi L3. Kemudian terdapat semut yang ditemukan di keempat lokasi tersebut, yaitu *Anoplolepis*, *Camponotus*, *Crematogaster*, *Dolichoderus*, *Monomorium*, *Polyrhachis*, dan *Tapinoma* (Tabel 3).

Semut yang ditemukan di lokasi penelitian memiliki beberapa peranan penting dalam keseimbangan ekosistem. Peranan semut pada umumnya sebagai predator, pengurai, dan herbivor. Predator merupakan serangga pemakan serangga hama sehingga bermanfaat untuk mengendalikan hama yang dapat merugikan tanaman. Peran semut sebagai predator umumnya memangsa serangga hama seperti ulat, kumbang, belalang, wereng, penggerek batang, dan kutu putih. *Dolichoderus* (Gambar 3A) merupakan salah satu semut yang dapat berperan sebagai predator pada hama tanaman kakao. Selain itu, semut *Anoplolepis* disebut sebagai predator bagi serangga-serangga kecil seperti *Thrip* dan kutu putih. Hasil laporan di India menyatakan bahwa *Myrmecaria* merupakan salah satu genus semut yang berfungsi sebagai predator larva Lepidoptera (Gathalkar & Barsagade, 2018). Bustillo, Cardenas, Posada (2002) menyatakan bahwa semut genus *Solenopsis*, *Pheidole*, *Wasmannia*, *Paratrechina*, *Crematogaster*, *Brachymyrmex*, dan *Prenolepis* berperan sebagai predator. Semut memangsa PBKo dengan masuk ke dalam biji kopi dan membawa pradewasa PBKo ke dalam sarang semut, dalam hal ini semut sebagai predator.

Semut memiliki karakter tersendiri dalam berburu makanan. *Strumigenys* (Gambar 3B) yang ditemukan di Lokasi L2 memiliki morfologi yang khas dengan bentuk mandibel unik dan merupakan genus semut yang berfungsi sebagai predator (Larabee & Suarez, 2014). Selain memiliki karakteristik khas, semut juga memiliki pola berburu yang berbeda, seperti dilaporkan Sholih (2017) bahwa semut dari subfamili Ponerinae biasanya berburu sendiri dan memiliki struktur mandibel yang kuat dan dilengkapi dengan sengat untuk melumpuhkan mangsa, sedangkan semut seperti *Myrmecaria opaciventris*, *Paratrechina longicornis* serta semut semut arboreal seperti *O.smaragdina* memiliki cara berburu mangsa secara berkelompok dengan menggigit mangsanya (Cerdá & Dejean, 2011). Walaupun memiliki pola berburu yang berbeda, sebagian besar semut selalu membawa mangsanya ke sarang nya.

Semut yang bersifat generalis akan mudah dijumpai pada lebih dari satu tipe penggunaan lahan dibandingkan semut yang bersifat spesialis. Hasil penelitian menunjukkan *Anoplolepis* sp. terdapat di setiap lokasi tanaman kopi yang berbeda. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Rubiana (2014), salah satu

spesies yang terdapat pada irisan diagram venn yang ditemukan pada tiga tipe penggunaan lahan yaitu hutan karet, perkebunan karet, dan kelapa sawit adalah *Anoplolepis gracilipes*.

KESIMPULAN

Perbedaan agroekosistem pertanaman kopi memengaruhi keanekaragaman dan kelimpahan semut. Pada 4 agroekosistem pertanaman kopi di KP Pakuwon, keanekaragaman dan kelimpahan semut tertinggi ditemukan pada agroekosistem dengan beragam varietas kopi yang dibudidayakan (Robusta, Arabika, dan Liberika). Pada ke-4 agroekosistem tersebut ditemukan 22 genus dan 59 morfospesies semut, tetapi yang paling dominan adalah dari *Dolichoderus* sp (69,74%). Umumnya semut yang ditemukan berperan sebagai predator yang dapat dimanfaatkan untuk menekan populasi hama kopi. Oleh karena itu, untuk membantu mengurangi populasi hama pada pertanaman kopi maka dianjurkan untuk menanam lebih dari satu varietas atau klon

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sdra. Euis dan Nisa yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian serta pengamatan datanya baik di lapangan maupun di laboratorium.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Susilawati (Kontributor Utama)
2. Gusti Indriati (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Adhi, L. S., Hadi, M., & Tarwotjo, U. (2017). Keanekaragaman dan kelimpahan semut sebagai predator hama tanaman padi di lahan sawah organik dan anorganik Kecamatan Karangnom Kabupaten Klaten. *Bioma*, 19(2), 125–135.
- Bestelmeyer, B. T., Agosti, D., Alonso, L. ., Brandão, C. R. F., Brown, J. W., Delabie, J. H. C., & Silvestre, R. (2000). Field techniques for the study of ground-dwelling ants: an overview, description and evaluation. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Washington: Smithsonian Institution Press.

- Bustillo, A. E., Cárdenas, R., & Posada, F. J. (2002). Natural enemies and competitors of *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) in Colombia. *Neotropical Entomology*, 31(4), 635–639. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2002000400018>
- Cerdá, X., & Dejean, A. (2011). Predation by ants on arthropods and other animals. In: *Predation in the hymenoptera: An evolutionary perspective*, 39-78. ISBN: 1978-81-7895-530-8
- Erawati, N. V., & Kahono, S. I. H. (2010). Keanekaragaman dan kelimpahan belalang dan kerabatnya (Orthoptera) pada dua ekosistem pegunungan di Taman Nasional Gunung Halimun-Salak. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 7(2), 100–115.
- Fox, J., & Leverage, A. (2016). R and the journal of statistical software. *Journal of Statistical Software*, 73(2). <https://doi.org/10.18637/jss.v073.i02>
- Gathalkar, G. B., & Barsagade, D. D. (2018). Cephalic microstructure and its role in predation biology of *Myrmecaria brunnea* on *Antheraea mylitta*. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.7324/JABB.2017.60101>
- Hasriyanty, Rizali, A., & Buchori, D. (2015). Keanekaragaman semut dan pola keberadaannya pada daerah urban di Palu. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 12(1), 39–47. <https://doi.org/10.5994/jei>
- Hoffmann, B. D., & Andersen, a N. (2003). Responses of ants to disturbances in Australia, with particular reference to functional groups. *Austral Ecology*, 28, 444–464.
- Hölldobler, B., & Wilson, E. (1990). *The superorganism: the beauty, elegance, and strangeness of insect societies* (1 st). New York: W. W. Norton & Company Inc.
- Humphrey, J. W., Hawes, C., Peace, A. J., Ferris-Kaan, R., & Jukes, M. R. (1999). Relationships between insect diversity and habitat characteristics in plantation forests. *Forest Ecology and Management*, 113(1), 11–21. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(98\)00413-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(98)00413-7)
- Laila, M., Agus, N., & Saranga, A. P. (2011). Aplikasi konsep pengendalian hama terpadu untuk pengendalian hama bubuk buah kopi (*Hypothenemus hampei*). *J. Fitomedika*, 7(3), 162–166.
- Larabee, F. J., & Suarez, A. V. (2014). The evolution and functional morphology of trap-jaw ants (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 20, 25–36.
- Morris, J. R., & Perfecto, I. (2016). Testing the potential for ant predation of immature coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) life stages. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 233, 224–228. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.09.018>
- Novotny, V., Drozd, P., Miller, S. E., Kulfan, M., Janda, M., Basset, Y., & Weiblen, G. D. (2006). Why are there so many species of herbivorous insects in tropical rainforests? *Science*, 313(August), 1115–1118.
- Onishi, Y., Jaitrong, W., Suttiprapan, P., Buranapanichpan, S., Chanbang, Y., & Ito, F. (2016). Ant species diversity in coffee plantation in Chiang Mai Province, Northern Thailand. *J.Thailand Nat. Hist. Mus.*, 10(1), 33–48.
- Park, M. G., Blitzer, E. J., Gibbs, J., Losey, J. E., & Danforth, B. N. (2015). Negative effects of pesticides on wild bee communities can be buffered by landscape context. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1809), 1–9. <https://doi.org/10.1098/rspb.2015.0299>
- Philpott, S. M., Bichier, P., Rice, R. A., & Greenberg, R. (2008). Biodiversity conservation, yield, and alternative products in coffee agroecosystems in Sumatra, Indonesia. *Biodiversity and Conservation*, 17(8), 1805–1820. <https://doi.org/10.1007/s10531-007-9267-2>
- Rasiska, S., & Khairullah, A. (2017). Efek tiga jenis pohon penabung terhadap keragaman serangga pada pertanaman kopi di perkebunan rakyat Manglayang, Kecamatan Cilengkrang, Kabupaten Bandung. *Jurnal Agrikultura*, 28(3), 161–166.
- Rubiana, R. (2014). *Pengaruh transformasi habitat terhadap keanekaragaman dan struktur komunitas semut di Jambi*. Institut Pertanian Bogor.
- Sholih, M. B. (2017). *Keanekaragaman spesies dan layanan ekosistem rayap dan semut pada berbagai tipe penggunaan lahan di Jambi*. Institut Pertanian Bogor.

- Susilawati. (2016). *Keanekaragaman dan kelimpahan serangga pengunjung bunga mentimun pada struktur lanskap berbeda*. Institut Pertanian Bogor.
- Susilawati, Damayanti, B., Akhmad, R., & Pudjianto. (2017). Pengaruh keberadaan habitat alami terhadap keanekaragaman dan kelimpahan serangga pengunjung bunga mentimun. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 14(3), 51–60. <https://doi.org/10.5994/jei.14.3.51>
- Untung, K. (2001). *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gajah Mada University Press.
- Wegbe, K., Cilas, C., Decazy, B., Alauzet, C., & Dufour, B. (2003). Estimation of production losses caused by the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) and calculation of an economic damage threshold in Togolese coffee plots. *Journal of Economic Entomology*, 96, 1473–1478. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-96.5.1473>
- Wiriyadiputra, S. (2007). Pemampunan semut hitam (*Dolichoderus thoracicus*) pada perkebunan kakao dan pengaruhnya terhadap serangan hama *Helopeltis* spp. *Pelita Perkebunan*, 23(1), 57–71
- Yaherwandi, Manuwoto, S., Buchori, D., Hidayat, P., & Prasetyo, L. B. (2007). Keanekaragaman Hymenoptera parasitoid pada struktur lanskap pertanian berbeda di daerah aliran sungai (DAS) Cianjur, Jawa Barat. *HPT Tropika*, 7(1), 10–20.
- Yudiyanto, Qayim, I., Munif, A., Setiadi, D., & Rizali, A. (2014). Keanekaragaman dan struktur komunitas semut pada perkebunan lada di Lampung. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 11(2), 65–71. <https://doi.org/10.5994/jei.11.2.65>

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 1, Maret 2020

**EFEKTIVITAS APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN ARANG HAYATI
TERHADAP PERTUMBUHAN BENIH KAKAO**

***THE EFFECTIVENESS OF ARBUSCULAR MYCORRHIZAE FUNGI AND BIOCHAR APPLICATIONS
ON THE GROWTH OF CACAO SEEDLINGS***

* Dewi Nur Rokhmah, Iing Sobari, Kurnia Dewi Sasmita

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

* dewi.nur.rokhmah@gmail.com

(Tanggal diterima: 20 Agustus 2019, direvisi: 27 Januari 2020, disetujui terbit: 27 Februari 2020)

ABSTRAK

Pembenihan merupakan proses penting dalam penyiapan bahan tanaman kakao. Media pembenihan yang baik harus memiliki nutrisi dan sifat fisik yang baik untuk mendukung pertumbuhan benih. Fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati dapat menjadi input tambahan dalam media pembenihan kakao yang diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan benih. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh pemberian FMA dan arang hayati terhadap pertumbuhan benih kakao. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dalam susunan perlakuan faktorial yang terdiri atas 2 faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah aplikasi FMA terdiri dari 2 taraf, yaitu: M0 = tanpa FMA dan M1 = dengan aplikasi FMA 10 g/benih (100 spora/benih). Faktor kedua adalah aplikasi arang hayati terdiri dari 5 taraf, yaitu: B0 = tanpa aplikasi arang hayati, B1 = arang sekam padi 2%, B2 = arang sekam padi 4%, B3 = arang kayu sengon 2%, dan B4 = arang kayu sengon 4%. Peubah yang diamati adalah tinggi benih, jumlah daun, dan diameter batang pada 2, 3, 4, 5 and 6 bulan setelah tanam (BST), kandungan klorofil daun, bobot kering benih, dan kadar hara pada media pembenihan. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi FMA berpengaruh nyata terhadap tinggi benih pada 3, 4, 5 dan 6 BST. Sedangkan aplikasi arang hayati berpengaruh nyata terhadap tinggi benih dan jumlah daun benih kakao pada 5 dan 6 BST.

Kata kunci: Arang sekam padi, arang kayu sengon, jumlah daun, media pembenihan, tinggi benih

ABSTRACT

Seedling is an important process in preparing cocoa plant material. The growing medium must have sufficient nutrition and physical properties to enable cocoa seeds to grow well. Arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biological charcoal (biochar) added into growing media were expected to increase the growth of cocoa seeds. The study aimed to determine the effect of AMF and biological charcoal on the growth of cocoa seeds. The randomized complete block design (RBD) in factorial 2 factors with three replications was used in this study. The first factor was AMF application consisted of two levels, namely: M0 = without AMF and M1 = application of 10 g/seedling AMF (100 spores/seedling). The second factor was the biochar application consisted of 5 factors namely: B0 = no biochar, B1 = 2% rice husk biochar, B2 = 4% rice husk biochar, B3 = 2% albizia wood biochar, and B4 = 4% albizia wood biochar. The variables observed were the height of seedling, number of leaves and stem diameter at 3, 4, 5 and 6 month after planting (MAP), leaf chlorophyll content, weight of dry cocoa seedling, and nutrient content in seedling media. The result showed that the application of AMF significantly affected the height of seedling at 3, 4, 5 and 6 MAP. While the application of biochar significantly affected the height and number of leaves of cacao seedlings.

Keywords: Albizia wood biochar, height of seedling, number of leaves, rice husk biochar, seedling media

PENDAHULUAN

Salah satu faktor kunci keberhasilan pengusahaan tanaman kakao adalah penggunaan bahan tanam yang berkualitas unggul, baik jenis klon maupun vigoritasnya. Vigoritas tanaman kakao dewasa di tingkat lapangan sangat tergantung pada vigoritas saat di persemaian dan atau pembenihan. Di tingkat pembenihan, jenis dan komposisi media pembenihan merupakan faktor penting yang menentukan kualitas vigor benih. Media pembenihan harus memiliki karakteristik fisik, kimia, dan biologi yang sesuai dengan kebutuhan bagi pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman maupun tajuk tanaman.

Salah satu bahan alternatif untuk perbaikan media pembenihan bagi pertumbuhan benih kakao adalah fungi mikoriza arbuskula (FMA). FMA bersimbiosis mutualisme dengan 80%–90% dari seluruh jenis tanaman, termasuk kakao (Smith & Read, 2008). Inokulasi FMA berpengaruh baik terhadap pertumbuhan benih kakao (Nasaruddin, 2012), serta dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman, kemampuan tanaman dalam menyerap air dan hara, efisiensi penggunaan air, dan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Muzakkir, 2012).

Akar benih tanaman yang diinfeksi oleh FMA mampu beradaptasi dengan lingkungan pertanian yang ekstrim (Wu, Srivastava, Zou, & Malhotra, 2017). FMA dapat bersimbiosis dengan bakteri tanah dan secara signifikan dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman inang (Bonfante, 2003; Miransari, 2010). FMA yang berasosiasi dengan akar tanaman mampu meningkatkan serapan hara N, P, K, dan nilai tegangan osmotik sel-sel tanaman pada tanah yang kadar airnya cukup rendah. Melalui proses-proses tersebut, maka tanaman dapat melangsungkan kehidupannya secara baik dan mampu meningkatkan laju pertumbuhan vegetatifnya, sehingga produktivitas tanaman meningkat (Scheublin, Ridgway, Young, & van der Heijden, 2004).

FMA dalam menjalankan aktivitas biologisnya di rizosfer sangat membutuhkan lingkungan yang optimal dan nutrisi yang cukup. Kebutuhan tersebut salah satunya disediakan oleh adanya bahan organik. Arang merupakan substansi hitam berpori dengan kandungan karbon tinggi, dibuat dari kayu atau bahan organik lainnya yang dibakar secara tidak sempurna (kondisi kurang oksigen). Arang ini berwarna hitam, ringan, dan mudah hancur. Arang hayati mampu menambah suplai bahan organik yang diperlukan FMA dalam pertumbuhannya (Nurbaity, Setiawan, & Mulyani, 2011). Arang hayati sebesar 3,73% optimal untuk meningkatkan populasi mikrob pada media pembenihan kakao. Arang hayati dapat membantu

menyediakan substrat bagi aktivitas mikrob karena mengandung fraksi C labil yang dapat termineralisasi oleh mikrob (Sasmita, Anwar, Yahya, & Djajakirana, 2017a). Mikrob dapat menggunakan fraksi C labil tersebut sebagai sumber energi (Ameelot, 2014).

Arang juga dapat membantu menyediakan lingkungan fisik tanah yang sesuai untuk FMA (Elmer, 2011). Arang memiliki pori yang dapat meningkatkan sirkulasi air dan udara dalam tanah, sehingga dapat memperluas sistem perakaran tanaman. Pori arang dapat menjadi habitat bagi mikroorganisme seperti FMA (Warnock, Lehman, Kuyper, & Rilig, 2007; Lehmann *et al.*, 2011). Pori arang juga dapat berfungsi untuk mengikat dan menyimpan unsur hara, melepaskan hara secara perlahan sehingga tidak mudah terlindi. Arang juga berfungsi untuk menggemburkan tanah sehingga mempermudah akar tanaman menyerap unsur hara (Ennis, Evans, Islam, Ralebitso-Senior, & Senior, 2012). Beberapa literatur telah mengkaji aplikasi FMA dengan pemberian arang pada beberapa tanaman, seperti gandum (Solaiman, Blackwell, Abbott, & Storer, 2010), asparagus (Elmer, 2011), sorgum (Nurbaity *et al.*, 2011), dan wortel (Hammer *et al.*, 2014). Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh pemberian FMA dan arang hayati terhadap pertumbuhan benih kakao.

BAHAN DAN METODE

Waktu, Lokasi, dan Bahan Penelitian

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Oktober 2016 sampai Maret 2017 di rumah kaca Kebun Percobaan (KP) Pakuwon dan Laboratorium Terpadu Balittri. Bahan tanaman yang digunakan adalah benih kakao lindak umur 2 minggu setelah semai. Bahan untuk media pembenihan adalah tanah yang berasal dari Pakuwon, dengan karakteristik seperti yang ditampilkan pada Tabel 1. Arang hayati berasal dari arang sekam padi dan kayu sengon sesuai perlakuan. Karakteristik kimia arang sekam padi dan kayu sengon disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kadar hara tanah media pembenihan kakao sebelum perlakuan

Table 1. Initial soil nutrient content of cocoa seedling media

Parameter	Nilai
pH H ₂ O (1:5)	5,40
N total (%)	0,18
C-organik (%)	2,12
P tersedia (ppm)	3,09
K-dd (me/100 g)	0,11
Ca-dd (me/100 g)	0,11
Na-dd (me/100 g)	0,82
Mg-dd (me/100 g)	0,28

Tabel 2. Sifat kimia arang sekam padi dan kayu sengon
Table 2. Chemical properties of rice husk and albizia wood biochar

Parameter	Arang sekam padi	Arang kayu sengon
Kadar air (%)	7,53	13,93
pH H ₂ O (1:5)	7,00	7,90
N total (%)	0,83	0,73
C total (%)	40,24	92,34
Nisbah C/N	48,5	126,5
P total (%)	0,15	0,10
K total (%)	0,48	0,77
Ca total (%)	0,17	0,60
Mg total (%)	0,13	0,16
Na total (%)	0,14	0,25
Fe total (%)	0,44	0,51
Cu total (ppm)	14,35	9,15
Zn total (ppm)	243,71	297,99
Mn total (ppm)	377,70	121,19
Bahan volatil (%)	31,00	71,81

Sumber: Sasmita, Anas, Anwar, Yahya, & Djajakirana (2017b)

Penyiapan Media Pembenuhan dan Pemeliharaan Benih

Tanah terlebih dahulu dibersihkan, dikeringanginkan, kemudian diayak menggunakan ayakan lolos 2 mm. Selanjutnya dilakukan penetapan kadar air tanah dan arang hayati untuk mengetahui bobot kering mutlak (BKM) masing-masing bahan sesuai dosis perlakuan dengan bobot total media 2.200 g BKM. Tanah dan arang hayati kemudian dicampur merata dan dimasukkan ke dalam polybag berukuran 20 cm x 30 cm. Media tersebut diinkubasi selama 15 hari sebelum digunakan untuk pengujian pertumbuhan benih kakao. Kondisi air dalam media pembenuhan selama inkubasi dijaga pada kapasitas lapang dengan cara melakukan penyiraman air setiap dua hari sekali sampai air mengalir dari lubang polybag.

Setelah selesai diinkubasi media pembenuhan diberikan pupuk dasar sebanyak 1 g urea per polybag. Selanjutnya kecambah kakao hasil persemaian berumur 2 minggu ditanam ke dalam polybag. Inokulasi FMA sebanyak 10 g di sekitar perakaran dilakukan pada saat penanaman benih semai ke polybag. FMA yang digunakan merupakan konsorsium beberapa spesies, yaitu *Gigaspora margarita*, *Glomus manihotis*, dan *Acaulospora* sp. dengan media pembawa zeolit yang diproduksi oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT).

Pemeliharaan benih meliputi penyiraman, penyiangan, dan pengendalian hama. Penyiraman dilakukan sekali dua hari sampai kapasitas lapang. Penyiangan dilakukan secara manual dengan mencabut rumput yang tumbuh dalam polybag. Pengendalian hama dilakukan secara manual dengan mengambil dan membuang hama yang terdapat di areal penelitian.

Rancangan Penelitian

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dalam susunan perlakuan faktorial yang terdiri atas dua faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah perlakuan FMA yang terdiri dari 2 taraf: (M0) tanpa aplikasi FMA dan (M1) dengan aplikasi FMA 10 g/benih (100 spora/benih). Faktor kedua adalah aplikasi arang hayati pada media pembenuhan yang terdiri dari 5 taraf: (B0) tanpa arang hayati, (B1) arang sekam padi 2%, (B2) arang sekam padi 4%, (B3) arang kayu sengon 2%, dan (B4) arang kayu sengon 4%.

Peubah yang Diamati dan Analisis Data

Peubah yang diamati adalah (1) penambahan tinggi benih, (2) penambahan jumlah daun, (3) penambahan diameter batang pada 2, 3, 4, dan 6 bulan setelah tanam (BST), (4) kandungan klorofil daun, dan (5) bobot kering benih kakao pada 6 BST, serta (6) kadar hara pada media pembenuhan. Pengamatan tinggi benih diukur mulai ketinggian 2 cm dari permukaan tanah sampai titik percabangan tunas. Jumlah daun dihitung dari semua daun yang terbentuk. Diameter batang diukur menggunakan jangka sorong pada batang dengan ketinggian 5 cm dari permukaan tanah. Kandungan klorofil daun diukur menggunakan klorofil meter Konica Minolta seri SPAD 502 yang dilakukan secara langsung di lapangan. Bobot kering benih kakao dilakukan dengan mengeringkan akar dan tajuk tanaman menggunakan oven (105°C; 24 jam). Kadar hara media pembenuhan benih kakao dilakukan pada saat umur tanaman 6 BST. Sifat kimia tanah yang diamati adalah C-organik, P₂O₅, K-dd, Ca-dd, Na-dd, dan Mg-dd.

Data yang diperoleh dianalisis ragam (anova). Apabila hasilnya berbeda nyata maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata perlakuan menggunakan uji Tukey pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Hara Media Pembenuhan Kakao

Hasil analisis tanah media pembenuhan kakao di akhir pengamatan memperlihatkan bahwa aplikasi FMA menghasilkan kandungan hara P tersedia lebih besar 42,25% dibanding perlakuan tanpa FMA (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa FMA memiliki kemampuan untuk melepaskan P tanah dari bentuk yang sukar larut menjadi bentuk larut sehingga P tersedia meningkat.

Aplikasi FMA berperan dalam melepaskan P yang terikat kuat sehingga meningkatkan P tersedia pada tanah Andisol (Sufardi, Syakur, & Karnilawati, 2013). FMA menghasilkan asam-asam organik dan enzim fosfatase yang mampu melepaskan ikatan-ikatan P sukar larut dari logam pengompleks P seperti Fe, Al, Ca (Fellbaum *et al.*, 2014). Oleh karena itu, FMA dapat

meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap P dari sumber-sumber mineral P yang sukar larut (Naher, Othman, & Panhwar, 2013). Tanaman yang bersimbiosis dengan FMA dapat menyerap P dalam jumlah lebih besar dibanding tanaman tanpa FMA (Karnilawati, Sufardi, & Syakur, 2013).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian arang kayu sengon mampu meningkatkan kandungan C-organik pada media pembenihan. Penambahan arang kayu sengon 4% menghasilkan kandungan C-organik 48,34% lebih banyak daripada tanpa arang, dan pada penambahan arang sekam padi 4% menghasilkan kandungan C-organik 16,15% lebih besar daripada tanpa arang (Tabel 2). Pemberian arang kayu sengon lebih mampu meningkatkan C-organik dibanding arang sekam padi. Hal yang sama dilaporkan Sarkhot, Berhe, & Ghezzehei (2012) dan Sasmita *et al.* (2017a) bahwa pemberian arang hayati mampu meningkatkan C-organik. Hasil penelitian Sasmita *et al.*

(2017b) juga menunjukkan pemberian arang kayu sengon menghasilkan kandungan C-organik tanah lebih besar dibanding arang sekam padi.

Pemberian arang juga meningkatkan kandungan P, K, Ca, Na, dan Mg tanah, terutama pada penambahan arang kayu sengon 4%. Pemberian arang kayu sengon 4% mampu meningkatkan P tersedia 47,96%, K tersedia 28,23%, Ca tersedia 21,57%, Na tersedia 38,52%, dan Mg tersedia 77,38% dari perlakuan tanpa arang (Tabel 2). Arang hayati secara langsung menjadi sumber hara P dan K (Lehmann *et al.*, 2002), selain itu arang hayati meningkatkan ketersediaan P melalui peningkatan pH tanah dan ameliator logam kompleks P (Xu, Wei, Sun, Shao, & Chang, 2013). Hasil penelitian lain juga menjumpai bahwa aplikasi arang kayu sengon dan sekam padi meningkatkan ketersediaan P pada media pembenihan kakao (Sasmita *et al.*, 2017b).

Tabel 3. Kadar hara tanah media pembenihan kakao pada enam bulan setelah tanam (BST)

Table 3. Soil nutrient content of cocoa seedling media at six months after planting

Perlakuan	C-organik (%)	P ₂ O ₅ (ppm)	K-dd	Ca-dd	Na-dd	Mg-dd
FMA (M):						
- M0 (tanpa FMA)	1,51	2,43	1,69	3,54	0,76	0,09
- M1 (FMA 10 g/benih)	1,37	4,21	1,65	2,85	1,33	0,50
Arang Hayati (B):						
- B0 (tanpa arang hayati)	1,09	2,56	1,50	3,09	0,75	0,01
- B1 (arang sekam padi 2%)	1,28	2,55	1,58	3,08	0,77	0,09
- B2 (arang sekam padi 4%)	1,30	3,12	1,57	2,71	1,21	0,45
- B3 (arang kayu sengon 2%)	1,41	3,44	1,61	3,17	1,27	0,42
- B4 (arang kayu sengon 4%)	2,11	4,92	2,09	3,94	1,22	0,42

Tabel 4. Hasil analisis ragam untuk perlakuan fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati, serta interaksinya

Table 4. Variance analysis for arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biochar treatments and their interactions

Peubah yang diamati	Perlakuan		
	FMA	Arang hayati	Interaksi FMA dengan arang hayati
Tinggi benih pada 2 BST	tn	tn	tn
Tinggi benih pada 3 BST	*	tn	tn
Tinggi benih pada 4 BST	*	tn	tn
Tinggi benih pada 5 BST	*	*	tn
Tinggi benih pada 6 BST	*	*	tn
Jumlah daun pada 2 BST	tn	tn	tn
Jumlah daun pada 3 BST	tn	tn	tn
Jumlah daun pada 4 BST	tn	tn	tn
Jumlah daun pada 5 BST	tn	*	tn
Jumlah daun pada 6 BST	tn	*	tn
Diameter batang pada 2 BST	tn	tn	tn
Diameter batang pada 3 BST	tn	tn	tn
Diameter batang pada 4 BST	tn	tn	tn
Diameter batang pada 5 BST	tn	tn	tn
Diameter batang pada 6 BST	tn	tn	tn
Kandungan klorofil daun	tn	tn	tn
Bobot kering pada 6 BST	tn	tn	tn

Keterangan : * nyata pada taraf 5%; tn = tidak nyata; BST = bulan setelah tanam

Notes : * significant at 5% levels; tn = not significant; MAP = month after planting

Tabel 5. Pengaruh perlakuan fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati terhadap tinggi benih kakao pada bulan ke 2, 3, 4, 5, dan 6 bulan setelah tanam (BST)

Table 5. The effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biochar application on the height of cacao seedling at 2, 3, 4, 5 and 6 month after planting (MAP)

Perlakuan	Tinggi benih (cm) pada umur (BST)				
	2	3	4	5	6
FMA (M):					
- M0 (tanpa FMA)	1,72	6,07 b	8,62 b	9,80 b	12,73 b
- M1(FMA 10 g/benih)	2,52	10,37 a	12,02 a	12,85 a	15,15 a
Arang Hayati (B):					
- B0 (tanpa arang hayati)	1,96	7,00 a	8,13 a	9,92 b	11,50 b
- B1 (arang sekam padi 2%)	1,55	7,17 a	9,13 a	10,58 ab	11,38 b
- B2 (arang sekam padi 4%)	2,42	9,38 a	11,71 a	11,58 ab	15,42 ab
- B3 (arang sengon 2%)	2,08	10,08 a	12,42 a	13,38 a	18,38 a
- B4 (arang sengon 4%)	2,92	7,46 a	10,21 a	11,17 ab	13,04 ab

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

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

Respons Pertumbuhan Tanaman terhadap Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Arang Hayati

Hasil analisis ragam (anova) menunjukkan bahwa interaksi aplikasi FMA dan arang hayati tidak berpengaruh nyata terhadap penambahan tinggi benih, jumlah daun, dan diameter batang pada umur 2, 3, 4, 5, dan 6 BST, kandungan klorofil daun, serta bobot kering tanaman kakao di perbenihan. Aplikasi FMA memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap penambahan tinggi benih, sedangkan aplikasi arang berpengaruh nyata terhadap penambahan tinggi benih dan penambahan jumlah daun (Tabel 4).

Tinggi Benih

Pengaruh nyata aplikasi FMA terhadap tinggi benih kakao mulai terlihat pada 3 BST sampai 6 BST. Peningkatan tinggi benih dengan aplikasi FMA pada 3, 4, 5, 6 BST adalah 41%, 28%, 24%, 20% (Tabel 5). Hasil penelitian Daras, Trisilawati, & Sobari (2013) juga menunjukkan bahwa aplikasi FMA mampu memperbaiki pertumbuhan benih kopi. Penambahan FMA asal rizosfer kopi mampu meningkatkan tinggi benih 53% dan asal rizosfer jambu mete 31%. Peningkatan tinggi benih pada perlakuan aplikasi FMA diperkirakan berhubungan dengan peningkatan efisiensi penyerapan hara oleh FMA. Daras, Sobari, Trisilawati, & Towaha (2015) menyatakan infeksi FMA membentuk sistem perakaran yang lebih baik sehingga tanaman mampu menyerap unsur hara dan air dari tanah secara optimal.

Aplikasi arang hayati belum berpengaruh nyata pada 2, 3, dan 4 BST terhadap tinggi benih, dan baru

memperlihatkan pengaruh nyata pada bulan ke-5 dan 6. Pada umur 5 dan 6 BST, aplikasi arang kayu sengon 2% menyebabkan peningkatan tinggi benih sebesar 26% dan 37% dibandingkan kontrol (Tabel 5). Hal ini sejalan dengan penelitian (Biederman & Harpole, 2013) yang menunjukkan aplikasi arang hayati meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Hal ini berhubungan dengan peningkatan ketersediaan hara P, K, Ca, Mg pada media pembenihan akibat penambahan arang hayati, yang telah diulas sebelumnya pada Tabel 2.

Jumlah Daun dan Kandungan Klorofil

Hasil analisis statistik terhadap jumlah daun menunjukkan bahwa aplikasi FMA tidak memperlihatkan pengaruh nyata. Pada perlakuan penambahan arang hayati, perlakuan arang sengon 2% memperlihatkan pengaruh paling baik terhadap jumlah daun benih kakao umur 5 dan 6 BST, yaitu 25,85% dan 37,43% lebih banyak dibanding kontrol (Tabel 6). Jumlah daun yang signifikan dari aplikasi arang kayu sengon menjadi salah satu tanda dari pertumbuhan tanaman yang lebih baik. Di sisi lain standar benih kakao siap tanam salah satunya ditentukan dari jumlah daun kakao. Dalam keputusan Menteri Pertanian Republik Indonesia nomor 67/Kpts/KB.020/7/2018, standar mutu benih kakao dalam polybag diantaranya adalah jumlah daun minimal 6 helai. Terashima, Hanba, Tholen, & Niinemets (2011) menyatakan daun merupakan bagian tanaman yang penting karena menjadi tempat berlangsungnya fotosintesis yang menentukan pertumbuhan dan hasil tanaman.

Tabel 6. Pengaruh perlakuan fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati terhadap jumlah daun benih kakao pada 2, 3, 4, 5, dan 6 bulan setelah tanam (BST), serta kandungan klorofil daun

Table 6. The effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biochar application on the leaves number of cocoa seedling at 2, 3, 4, 5, and 6 month after planting (MAP), and chlorophyll content of leaves

Perlakuan	Jumlah daun pada umur (BST)					Kandungan klorofil daun (unit SPAD)
	2	3	4	5	6	
FMA (M):						
- M0 (tanpa FMA)	4,47	8,43	10,33	11,17 a	11,80 a	42,95
- M1 (FMA 10 g/benih)	4,80	9,07	9,87	12,90 a	13,67 a	43,82
Arang hayati (B):						
- B0 (tanpa arang hayati)	4,50	6,50	8,33	9,00 b	10,17 b	40,95
- B1 (arang sekam padi 2%)	4,67	9,42	9,58	13,00 ab	12,08 ab	42,84
- B2 (arang sekam padi 4%)	4,00	8,92	10,17	13,08 ab	14,17 ab	42,76
- B3 (arang kayu sengon 2%)	5,00	10,67	11,17	14,67 a	16,08 a	45,16
- B4 (arang kayu sengon 4%)	5,00	8,25	11,25	10,92 ab	11,17 ab	45,20

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

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

Pada penelitian ini, baik aplikasi FMA maupun arang hayati, ternyata tidak nyata pengaruhnya terhadap kandungan klorofil daun (Tabel 6). Ketersediaan unsur hara Mg yang optimal berperan penting dalam pembentukan klorofil (Farhat *et al.*, 2016), dan klorofil yang tersedia dalam jumlah yang cukup pada daun akan meningkatkan kemampuan menyerap cahaya matahari sehingga fotosintesis berlangsung dengan baik (Sitorus, Siagian, & Rahmawati, 2014). Pada penelitian ini,

walaupun kadar hara Mg meningkat karena aplikasi FMA maupun arang hayati (Tabel 3), tetapi jumlah peningkatan tersebut kemungkinan belum optimal sehingga belum mampu meningkatkan kandungan klorofil daun. Oleh karena itu, untuk penelitian berikutnya disarankan untuk menambah dosis FMA maupun arang hayati sampai pada taraf yang mencukupi bagi pertumbuhan benih kakao.

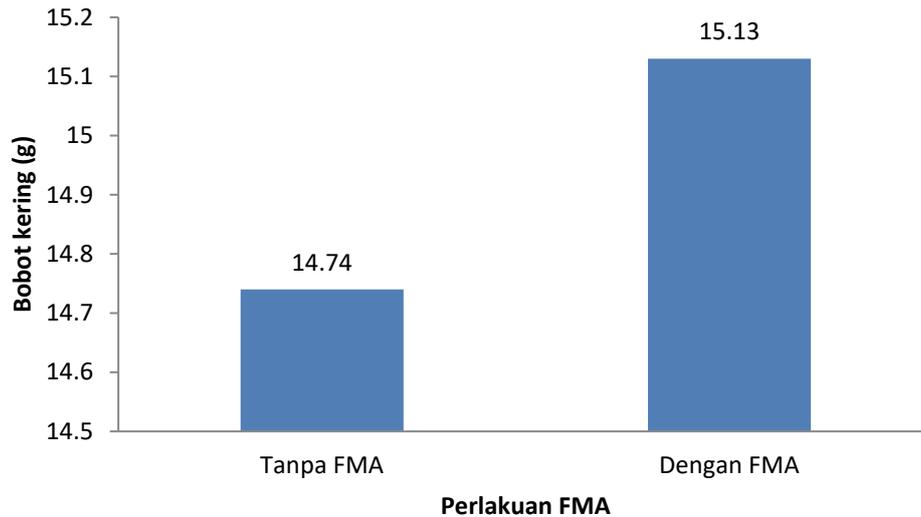
Tabel 7. Pengaruh perlakuan fungsi mikoriza arbuskula (FMA) dan arang hayati terhadap diameter batang benih kakao pada umur 2, 3, 4, 5, dan 6 bulan setelah tanam (BST)

Table 7. The effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) and biochar application on the stem diameter of cacao seedling at 2, 3, 4, 5 and 6 month after planting (MAP)

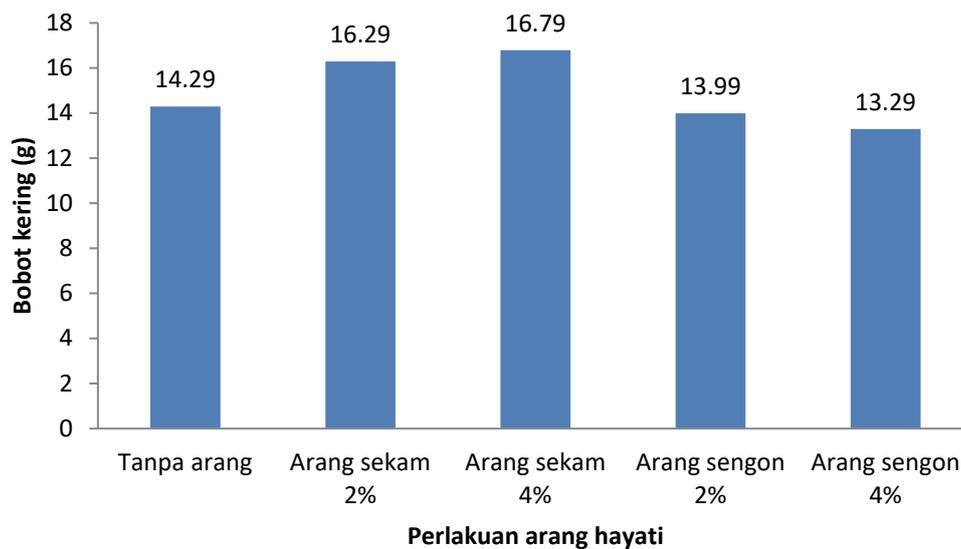
Perlakuan	Diameter batang (mm) pada umur (BST)				
	2	3	4	5	6
FMA (M):					
- M0 (tanpa FMA)	1,29	2,94	3,45	4,23	4,96
- M1 (FMA 10 g/benih)	1,58	3,07	3,78	4,23	5,02
	tn	tn	tn	tn	tn
Arang Hayati (B):					
- B0 (tanpa arang hayati)	1,45	2,94	3,48	3,99	4,93
- B1 (arang sekam padi 2%)	1,15	2,71	3,56	4,39	5,01
- B2 (arang sekam padi 4%)	1,38	3,43	3,96	4,47	5,37
- B3 (arang kayu sengon 2%)	1,67	3,15	3,87	4,53	5,30
- B4 (arang kayu sengon 4%)	1,51	2,81	3,23	3,75	4,34
	tn	tn	tn	tn	tn

Keterangan : tn = tidak nyata

Notes : tn = not significant



Gambar 1. Pengaruh aplikasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) terhadap bobot kering benih kakao
Figure 1. Effect of arbuscular mycorrhizae fungi (AMF) application on dry weight of cocoa seedling



Gambar 2. Pengaruh aplikasi arang hayati terhadap bobot kering benih kakao
Figure 2. Effects of the biochar application on dry weight of cocoa seedling

Diameter Batang dan Bobot Kering Tanaman

Aplikasi FMA maupun arang hayati tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap diameter benih kakao pada umur 2, 3, 4, 5, dan 6 BST (Tabel 7). Hal yang sama juga terjadi pada peubah bobot kering benih (Gambar 1 dan 2). Sama seperti pada pembahasan terhadap kandungan klorofil daun (Tabel 6) bahwa dosis FMA maupun arang hayati yang digunakan masih belum optimal sehingga belum mampu mendukung pertumbuhan diameter batang dan bobot kering benih kakao. Hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Oladele (2015) dengan dosis minoriza 25 g/benih

mampu meningkatkan diameter batang dibandingkan tanpa FMA, sedangkan untuk meningkatkan bobot kering benih kakao baru mampu pada dosis 50 dan 100 g/benih. Berkaitan dengan arang sekam padi, hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Kusuma, Izzati, & Saptiningsih (2013) menunjukkan bahwa penggunaan arang maupun abu sekam dengan proporsi 50% sudah mampu meningkatkan panjang akar lateral, sedangkan sampai proporsi 75% pun ternyata belum mampu meningkatkan berat kering tajuk maupun akar tanaman kacang hijau.

KESIMPULAN

Aplikasi FMA dapat meningkatkan kandungan P tersedia, sementara arang hayati dapat meningkatkan kandungan C-organik, P, K, Ca, Na, dan Mg dalam media pembenihan tanaman kakao. Aplikasi FMA sebanyak 10 g/benih (dengan populasi spora 100 g/benih) mampu meningkatkan tinggi benih kakao mulai dari umur 3 sampai 6 bulan setelah tanam, sementara aplikasi arang kayu sengon 2% mampu meningkatkan tinggi benih dan jumlah daun benih kakao pada umur 5 dan 6 bulan setelah tanam.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya disampaikan kepada Ir. Edi Wardiana, M.Si. dan Ir. Diby Pranowo yang telah banyak memberikan saran serta masukan dalam pelaksanaan penelitian serta dalam penyusunan naskah ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Dewi Nur Rokhmah (Kontributor Utama)
2. Iing Sobari (Kontributor Utama)
3. Kurnia Dewi Sasmita (Kontributor Utama)

DAFTAR PUSTAKA

- Biederman, L. A., & Harpole, W. S. (2013). Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*, 5, 202–214. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12037>
- Bonfante, P. (2003). Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: A dialog among cells and genomes. *Biological Bulletin*, 204, 215–220. <https://doi.org/DOI: 10.2307/1543562>
- Daras, U., Sobari, I., Trisilawati, O., & Towaha, J. (2015). Pengaruh mikoriza dan pupuk NPKMg terhadap pertumbuhan dan produksi kopi Arabika. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 2(2), 91–98.
- Daras, U., Trisilawati, O., & Sobari, I. (2013). Pengaruh mikoriza dan amelioran terhadap pertumbuhan benih kopi. *Buletin RISTRI*, 4(2), 145–156.
- Elmer, W. H. (2011). Effect of biochar amendments on mycorrhizal associations and *Fusarium* crown and root rot of asparagus in replant soils. *Plant Disease*, 95(8), 960–966. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-10-0741>
- Ennis, C. J., Evans, A. G., Islam, M., Ralebitso-Senior, T. K., & Senior, E. (2012). Biochar: Carbon sequestration, land remediation, and impacts on soil microbiology. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42, 2311–2364. <https://doi.org/10.1080/10643389.2011.574115>
- Farhat, N., Elkhouni, A., Zorrig, W., Smaoui, A., Abdelly, C., & Rabhi, M. (2016). Effects of magnesium deficiency on photosynthesis and carbohydrate partitioning. *Acta Physiologiae Plantarum*, 38(6). <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2165-z>
- Fellbaum, C. R., Mensah, J. A., Cloos, A. J., Strahan, G. E., Pfeffer, P. E., Kiers, E. T., & Bucking, H. (2014). Fungal nutrient allocation in common mycorrhizal networks is regulated by the carbon source strength of individual host plants. *New Phytologist*, 203, 646–656. <https://doi.org/10.1111/nph.12827>
- Hammer, E. C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P. A., Stipp, S. L. S., & Rillig, M. C. (2014). A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 252–260.
- Karnilawati, Sufardi, & Syakur. (2013). Fosfat tersedia, serapannya serta pertumbuhan jagung (*Zea mays* L.) akibat amelioran dan mikoriza pada andisol. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 2(3), 231–239.
- Kusuma, A. H., Izzati, M., & Saptiningsih, E. (2013). Pengaruh penambahan arang dan abu sekam dengan proporsi yang berbeda terhadap permeabilitas dan porositas tanah liat serta pertumbuhan kacang hijau (*Vigna radiata* L). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 21(1), 1–9.
- Lehmann, J., Da Silva, J. P. J., Rondon, M., Da Silva C. M., Greenwood, J., Nehls, T., Steiner, C., & Glaser, B. (2002). Slash-and-char: A feasible alternative for soil fertility management in the central Amazon? *Proceedings of the 17th World Congress of Soil Science*, 14–21. Bangkok, Thailand.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., & Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota - A review. *Soil Biology & Biochemistry*, 43(9), 1812–1836. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.04.022>

- Miransari, M. (2010). Contribution of arbuscular mycorrhizal symbiosis to plant growth under different types of soil stress. *Plant Biology*, 12, 563–569. <https://doi.org/DOI: 10.1111/j.1438-8677.2009.00308.x>
- Muzakkir. (2012). Pengaruh fungi mikoriza arbuskula indigenus terhadap pertumbuhan dan produksi jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) di lahan kritis. *Jur. Embrio*, 5(1), 18–26.
- Naher, U. A., Othman, R., & Panhwar, Q. A. (2013). Beneficial effects of mycorrhizal association for crop production in the tropics - A review. *International Journal of Agriculture and Biology*, 15, 1021–1028.
- Nasaruddin. (2012). Respon pertumbuhan bibit kakao terhadap inokulasi azotobacter dan mikoriza. 11(2), 300–315.
- Nurbaity, A., Setiawan, A., & Mulyani, O. (2011). Efektivitas arang sekam padi sebagai bahan pembawa pupuk hayati mikoriza arbuskula pada produksi sorgum. *Agrinimal*, 1(1), 1–6.
- Oladele, S. O. (2015). Mycorrhizal fungus (*Glomus mossae*) inoculation effects on performance and root biomass development of cocoa seedlings in the nursery. *Agricultural & Forestry*, 61(3), 69–76. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.61.3.07>
- Sarkhot, D. V, Berhe, A. A., & Ghezzehei, T. A. (2012). Impact of biochar enriched with dairy manure effluent on carbon and nitrogen dynamics. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1107–1114. <https://doi.org/10.2134/jeq2011.0123>
- Sasmita, K. D., Anwar, S., Yahya, S., & Djajakirana, G. (2017a). Pengaruh pupuk organik dan arang hayati terhadap kualitas media pembibitan dan pertumbuhan kakao. *Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar*, 4(2), 107–120.
- Sasmita, K. D., Anas, I., Anwar, S., Yahya, S., & Djajakirana, G. (2017b). Application of biochar and organic fertilizer on acid soil as growing medium for cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 36(5), 261–273.
- Scheublin, T. R., Ridgway, K. P., Young, J. P. W., & van der Heijden, M. G. A. (2004). Nonlegumes, legumes, and root nodules harbor different arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Applied and Environmental Microbiology*, 70(10), 6240–6246. <https://doi.org/10.1128/AEM.70.10.6240-6246.2004>
- Sitorus, U. K. P., Siagian, B., & Rahmawati, N. (2014). Respons pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian abu boiler dan pupuk urea pada media pembibitan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(3), 1021–1029.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (Third edit). London: Academic Press.
- Solaiman, Z. M., Blackwell, P., Abbott, L. K., & Storer, P. (2010). Direct and residual effect of biochar application on mycorrhizal root colonisation, growth and nutrition of wheat. *Australian Journal of Soil Reserach*, 48, 546–554. <https://doi.org/10.1071/SR10002>
- Sufardi, Syakur, & Karnilawati. (2013). Amelioran organik dan mikoriza meningkatkan status fosfat tanah dan hasil jagung pada tanah andisol. *Jurnal Agrista*, 17(1), 1–11.
- Terashima, I., Hanba, Y. T., Tholen, D., & Niinemets, U. (2011). Leaf functional anatomy in relation to photosynthesis. *Plant Physiology*, 155(1), 108–116.
- Warnock, D. D., Lehman, J., Kuyper, T. W., & Rilig, M. C. (2007). Mycorrhizal responses to biochar in soil - concepts and mechanisms. *Plant Soil*, 300, 9–20. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9391-5>
- Wu, Q., Srivastava, A. K., Zou, Y., & Malhotra, S. K. (2017). Mycorrhizas in citrus: Beyond soil fertility and plant nutrition. *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 87(4), 427–443.
- Xu, G., Wei, L. L., Sun, J. N., Shao, H. B., & Chang, S. X. (2013). What is more important for enhancing nutrient bioavailability with biochar application into a sandy soil: Direct or indirect mechanism? *Ecological Engineering*, 52, 119–124. <https://doi.org/10.1016/j.ecolong.2012.12.091>

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
 DAN PENYEGAR**
 Journal of Industrial and Beverage Crops
 Volume 7, Nomor 1, Maret 2020

**PENINGKATAN EFISIENSI MEDIA PEMBENTUKAN EMBRIO SOMATIK KAKAO
 MELALUI PENGGUNAAN GULA PASIR**

***INCREASED EFFICIENCY OF CACAO SOMATIC EMBRYO DEVELOPMENT MEDIUM USING
 GRANULATED SUGAR***

* Nur Ajjiah¹⁾, Sri Hartati²⁾

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

Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

²⁾ **Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan**

Jl. Tentara Pelajar No. 1, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor, Jawa Barat, Indonesia

* jjjah_ridwan@yahoo.co.id

(Tanggal diterima: 4 November 2019, direvisi: 19 Maret 2020, disetujui terbit: 30 Maret 2020)

ABSTRAK

Ketersediaan metode kultur jaringan yang murah dan efisien sangat diperlukan di dalam pengembangan metode perbanyak massal. Efisiensi metode dapat diperoleh melalui penggunaan komponen media yang lebih murah seperti gula pasir. Penelitian bertujuan untuk mengetahui efisiensi penggunaan gula pasir di dalam media pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik dan pengaruhnya terhadap pembentukan embrio somatik kakao. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan Unit Pengembangan Benih Unggul Balitbangtan, Cimanggu Bogor, pada bulan Maret – Oktober 2016. Pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik dilakukan di dalam media DKW tanpa zat pengatur tumbuh. Perlakuan yang diuji adalah jenis sumber karbon di dalam media (sukrosa *grade* laboratorium; campuran sukrosa dan gula pasir dengan perbandingan 3:1, 2:2 dan 1:3; gula pasir) dan genotipe kakao (Sca 6 dan ICCRI 4). Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok faktorial 2 faktor dengan 8 ulangan, dan setiap unit percobaan terdiri dari 10 eksplan. Hasil penelitian menunjukkan jenis sumber karbon dan genotipe memberikan pengaruh yang nyata terhadap pembentukan embrio somatik kakao, sedangkan pengaruh interaksinya tidak nyata. Penggunaan gula pasir 30 g/l menghasilkan rata-rata persentase pembentukan embrio somatik 35,3% dan jumlah embrio somatik per eksplan 3,5, tidak berbeda nyata dengan sukrosa 30 g/l (31,1% dan 4,1), sedangkan campuran sukrosa dan gula pasir menghasilkan rata-rata persentase pembentukan embrio somatik dan jumlah embrio somatik paling rendah (berturut-turut 20,3%, 18,8%, 17,8% dan 1,5; 2,2; 2,8). Metode embriogenesis somatik kakao yang lebih murah telah berhasil dikembangkan dengan capaian efisiensi sebesar 98,8% per liter media.

Kata kunci: Eksplan; genotipe; kalus; kultur jaringan; murah; sukrosa; sumber karbon

ABSTRACT

Availability of inexpensive and efficient tissue culture methods is needed in the development of mass propagation methods. The efficiency can be obtained through the use of low cost media components such as granulated sugar. The study aimed to determine the efficiency of cacao somatic embryo development medium using granulated sugar and its effect on somatic embryo formation. The study was conducted at Tissue Culture Laboratory for Superior Seed Development, IAARD, Bogor, from March to October 2016. Formation and maturation of somatic embryos was conducted using DKW medium without growth regulators. The treatments tested were carbon sources in the media (laboratory grade sucrose; a mixture of sucrose and granulated sugar with a ratio of 3:1, 2:2 and 1:3; granulated sugar) and cacao genotypes (Sca 6 and ICCRI 4). The study used in a randomized

complete block design in factorial 2 factors with 8 replications, which consisted of 10 explants per experimental unit. The results showed that carbon sources and genotypes significantly affected somatic embryos formation, whereas the interaction effect was not significant. The use of granulated sugar 30 g/l produced approximately 35.3% of somatic embryo formation and 3.5 somatic embryos per explant, which is not significantly different from sucrose 30 g/l (31.1% and 4.1), whereas the mixture of sucrose and granulated sugar produced the lowest average percentage of somatic embryo formation and the number of somatic embryos per explant (20.3%, 18.8%, 17.8% and 1.5; 2.2; 2.8 respectively). The low-cost somatic embryogenesis method was successfully developed with an efficiency of 98.8% per liter of media.

Keywords: Carbon source; callus; explant; genotype; low-cost; sucrose; tissue culture

PENDAHULUAN

Metode perbanyakan melalui kultur jaringan telah dikembangkan pada banyak spesies tanaman, termasuk pada kakao. Keuntungan dari penggunaan kultur jaringan adalah laju multiplikasi yang tinggi sehingga sangat sesuai untuk perbanyakan genotipe secara cepat. Namun demikian, perbanyakan melalui kultur jaringan masih dihadapkan pada keterbatasan biaya produksi yang mahal (Sharm, Singh, & Sharma, 2013). Biaya yang mahal ini disebabkan penggunaan bahan kimia seperti sumber karbon, bahan padat, tambahan bahan organik dan anorganik serta zat pengatur tumbuh (ZPT) di dalam media (Kadam, Chhatre, Lavale, & Shinde, 2018).

Peningkatan efisiensi pada kultur jaringan antara lain dapat dilakukan melalui pemilihan kultivar dan eksplan yang respon serta optimasi media untuk setiap genotipe. Optimasi media dapat dilakukan melalui pemilihan media dasar dan vitamin, pemilihan sumber karbon serta kombinasi zat pengatur tumbuh (ZPT) yang sesuai (Armas, Pogrebnyak, & Raskin, 2017). Sumber karbon di dalam media kultur jaringan sangat berpengaruh terhadap embriogenesis somatik dan efisiensi regenerasi tanaman (Khan, Ahmed, Shahzadi, & Maroof Shah, 2015). Hasil penelitian menunjukkan jenis dan konsentrasi sumber karbon (gula) pada media pendewasaan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan embrio somatik jeruk (Widoretno, Indriyani, & Martasari, 2017) dan *Pinus brutia* TEN (Yildirim, 2005). Konsentrasi gula juga berpengaruh terhadap pembentukan planlet dari embrio somatik tanaman asparagus (Mamiya dan Sakamoto 2000) dan pembentukan kalus tanaman kapas (Michel, Hilaire, Mongomaké, Nguessan, & Justin, 2008).

Sukrosa sangat umum digunakan sebagai sumber karbon di dalam sebagian besar protokol kultur jaringan tanaman karena mudah diasimilasi sehingga mampu menyediakan energi secara cepat. Beberapa kelebihan sukrosa adalah berperan sebagai *transport molecule* di dalam sistem tanaman, mudah larut di dalam air, memiliki muatan listrik netral serta tidak memiliki efek inhibitor terhadap sebagian besar proses biokimia (Smith, 1995). Keberadaan sukrosa di dalam

media pendewasaan embrio somatik tanaman *black spruce* (*Picea mariana* (Mill.) B.S.E) selain berperan sebagai sumber energi juga berperan sebagai pengatur tekanan osmotik (Tremblay & Tremblay, 1995). Sukrosa digunakan di dalam media untuk menginduksi pembentukan dan pendewasaan embrio somatik kakao (Li *et al.*, 1998; Ajijah *et al.*, 2016). Sukrosa juga mampu meningkatkan perakaran pada embrio somatik *Charantus roseue* (Dipti, Fatima & Mujib 2014), sebagai sumber karbon yang terbaik untuk embriogenesis somatik *Asparagus officinale* (Yang, Cheng, & Kamada, 2000) dan mampu menginduksi pembentukan embrio somatik pada wortel (*Daucus carota* L.) (Satoh, Ooka, Wakai, Takahar, & Yamamoto, 2000).

Sukrosa *grade* laboratorium dilaporkan efektif untuk menginduksi embriogenesis somatik dan regenerasi *in vitro* pada banyak tanaman, namun terkendala oleh harga yang mahal sehingga diperlukan alternatif sumber karbon yang dapat menggantikan fungsi sukrosa namun memiliki harga yang lebih murah, salah satunya adalah gula pasir/gula putih untuk konsumsi. Menurut Demo *et al* (2008), penggunaan sukrosa mencapai 34% dari total biaya produksi. Penggantian sukrosa *grade* laboratorium dengan gula pasir atau gula konsumsi dapat menghemat biaya produksi sebesar 78-87% (Prakash *et al.*, 2004). Penggantian sukrosa dengan gula konsumsi di dalam media kultur jaringan antara lain telah dilaporkan pada kultur jaringan tanaman tebu (Khan, Dahot, & Khatri, 2006), kentang (Demo *et al.*, 2008; Kadam *et al.*, 2018; Ozkaynak *et al.*, 2016) dan pisang dengan capaian efisiensi berkisar 95-97% (Kadam *et al.*, 2018; Saraswathi *et al.*, 2016).

Setiap tahapan SE kakao memiliki kebutuhan komposisi media dan sumber karbon yang berbeda. Pada tahapan induksi kalus, sumber karbon yang digunakan adalah glukosa, sedangkan pada tahapan pembentukan dan pendewasaan embrio somatik digunakan sukrosa (Li *et al.*, 1998; Ajijah *et al.*, 2016). Tahapan pembentukan dan pendewasaan embrio somatik kakao menggunakan media yang sama yaitu media DKW tanpa zat pengatur tumbuh. Tahapan ini merupakan tahapan yang paling banyak memerlukan media dan sukrosa karena berlangsung lama, sekitar 20

minggu atau lebih dengan subkultur setiap 2-3 minggu dan memerlukan media dengan kandungan sukrosa 30 g/l. Oleh karena itu penggantian sukrosa *grade* laboratorium dengan gula pasir pada tahapan ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi di dalam penyediaan media SE kakao secara signifikan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui efisiensi media pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik melalui penggunaan gula pasir dan pengaruhnya terhadap pembentukan embrio somatik kakao.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan, Unit Pengembangan Benih Unggul Balitbangtan, Cimanggu Bogor, pada bulan Maret sampai dengan Oktober 2016.

Bahan Tanaman dan Induksi Pembentukan Kalus

Bahan tanaman yang digunakan adalah kalus yang diinduksi dari mahkota bunga kakao klon Sca 6 dan ICCRI 4 koleksi Laboratorium Unit Pengembangan Benih Unggul Pertanian, Balitbangtan, Cimanggu Bogor.

Kalus diinduksi pada media induksi kalus primer (*primary callus induction*) selama 14 hari. Media yang digunakan untuk induksi kalus primer terdiri dari media dasar DKW dengan penambahan glutamin 250 mg/l, glukosa 20 g/l, pematid phytigel 2 g/l, serta zat pengatur tumbuh (ZPT) dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) 9 μ M dan kinetin 1,16 μ M. Selanjutnya, kalus disubkultur pada media induksi kalus sekunder (*secondary callus growth*) selama 14 hari. Media induksi kalus sekunder terdiri dari media dasar WPM dengan penambahan air kelapa 50 ml/l, glukosa 20 g/l, pematid phytigel 2,2 g/l, 2,4-D 9 μ M dan kinetin 1,16 μ M (Ajjah, 2016; Ajjah *et al.*, 2016).

Induksi Pembentukan Embrio Somatik

Induksi pembentukan embrio somatik kakao dilakukan setelah kalus disubkultur pada media induksi kalus sekunder selama 14 hari. Kalus dipindahkan ke dalam media pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik yang terdiri dari media dasar DKW tanpa ZPT dengan penggunaan sukrosa *grade* laboratorium (Sigma S5391) atau gula pasir curah sebagai sumber karbon sesuai perlakuan (Tabel 1). Selanjutnya, kalus disubkultur setiap 3 minggu ke dalam

media yang sama sampai terbentuk embrio somatik. Kultur diinkubasi pada suhu 25°C dalam keadaan gelap.

Percobaan disusun menggunakan rancangan lingkungan acak kelompok dengan rancangan perlakuan faktorial dua faktor. Faktor pertama adalah jenis sumber karbon di dalam media (Tabel 1) dan faktor kedua adalah genotipe (Sca 6 dan ICCRI 4). Pengelompokan didasarkan pada perbedaan tanggal tanam.

Tabel 1. Komposisi perlakuan sukrosa dan gula pasir pada media pembentukan dan pendewasaan embrio somatik kakao

Table 1. Composition of sucrose and sugar treatments in the formation and maturation media of cacao somatic embryos

Kode media	Komposisi sukrosa dan gula pasir
A.	DKW + Sukrosa 30.0 g/l
B.	DKW + Sukrosa 22.5 g/l + Gula Pasir 7.5 g/l
C.	DKW + Sukrosa 15.0 g/l + Gula Pasir 15.0 g/l
D.	DKW + Sukrosa 7.5 g/l + Gula Pasir 22.5 g/l
E.	DKW + Gula Pasir 30.0 g/l

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan dilakukan terhadap persentase eksplan membentuk embrio somatik fase globular, hati, torpedo, dan kotiledon dewasa serta jumlah total embrio somatik fase globular, hati, torpedo, dan kotiledon dewasa per eksplan pada 15; 18 dan 21 minggu setelah kultur (MSK). Data yang diperoleh dianalisis ragam dan uji Duncan pada taraf $\alpha = 0,05$ menggunakan program SPSS Statistics versi 20.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Ragam

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa jenis sumber karbon di dalam media pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik memberikan pengaruh yang nyata terhadap rataan persentase pembentukan embrio somatik (15, 18, dan 21 MSK) dan jumlah embrio somatik kakao per eksplan (15 dan 18 MSK). Pengaruh genotipe nyata pada semua peubah yang diamati, sedangkan pengaruh interaksi tidak nyata pada semua peubah yang diamati (Tabel 2). Tidak adanya interaksi menunjukkan bahwa jenis sumber karbon dan genotipe tidak saling mempengaruhi pada pembentukan embrio somatik kakao.

Tabel 2. Hasil analisis ragam pengaruh jenis sumber karbon (M) dan genotipe (G) terhadap pembentukan embrio somatik kakao
 Table 2. Result of analysis of variance the effect of carbon source types (M) and genotypes(G) on the formation of cacao somatic embryos

Sumber keragaman	Persentase pembentukan embrio somatik			Jumlah embrio somatik per eksplan		
	15 MST	18 MST	21 MST	15 MST	18 MST	21 MST
..... nilai peluang (p)						
Jenis sumber karbon dalam media (M)	0,027*	0,028*	0,031*	0,001**	0,049*	0,071
Genotipe (G)	0,000**	0,000**	0,000**	0,000**	0,001**	0,030*
M x G	0,086	0,067	0,071	0,175	0,213	0,205
Kelompok	0,799	0,690	0,641	0,276	0,694	0,783

Keterangan: * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% ($p < 0,05$) dan 1% ($p < 0,01$)

Notes : * and ** significant at 5% ($p < 0.05$) and 1% ($p < 0.01$) level, respectively

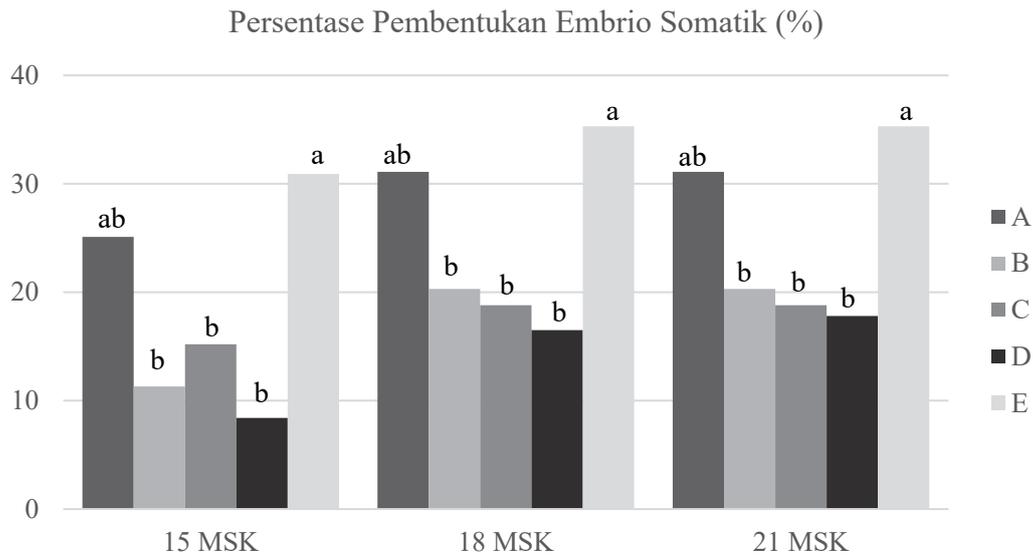
Pengaruh Jenis Sumber Karbon dalam Media

Hasil penelitian menunjukkan penggunaan gula pasir 30 g/l menghasilkan rata-rata persentase pembentukan embrio somatik dan rata-rata jumlah embrio somatik per eksplan yang tidak berbeda nyata dengan penggunaan sukrosa 30 g/l pada semua tahapan umur kultur yang diamati, bahkan cenderung lebih tinggi untuk peubah rata-rata persentase pembentukan embrio somatik (Gambar 1 dan 2). Hasil yang diperoleh sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penggunaan 40 g/l gula putih menghasilkan bobot segar kultur tanaman kentang yang lebih tinggi dibandingkan 30 g /l sukrosa dan jumlah buku per tanaman yang tidak berbeda nyata pada penggunaan pematid guar gum 20 g/l (Ozkaynak *et al.*, 2016). Hasil penelitian Demo *et al.* (2008b) juga menunjukkan penggunaan sukrosa dan gula putih 0.3% (w/v) memberikan hasil yang tidak berbeda nyata terhadap persentase hidup dan rata-rata jumlah buku per tanaman pada mikroprogasi beberapa varietas kentang. Demikian juga hasil penelitian Placide *et al.* (2012) menunjukkan penggunaan 15 g/l sukrosa dan 15 g/l gula putih tidak menghasilkan perbedaan pada bobot segar planlet pisang. Penggantian sukrosa dengan gula putih pada konsentrasi yang sama juga tidak menghasilkan perbedaan tingkat multiplikasi pada mikropropagasi tanaman pisang (Sharm *et al.*, 2013). Tidak adanya perbedaan pengaruh yang signifikan antara penggunaan sukrosa dengan gula putih (gula pasir) kemungkinan karena sukrosa memiliki komposisi kimia yang hampir sama dengan gula putih, hanya tingkat kemurniannya yang berbeda, yaitu 96%–97% sukrosa pada gula putih dan 99.98% pada sukrosa *grade*

laboratorium (Tyagi, Agrawal, Mahalakshmi, Hussain, & Tyagi, 2007).

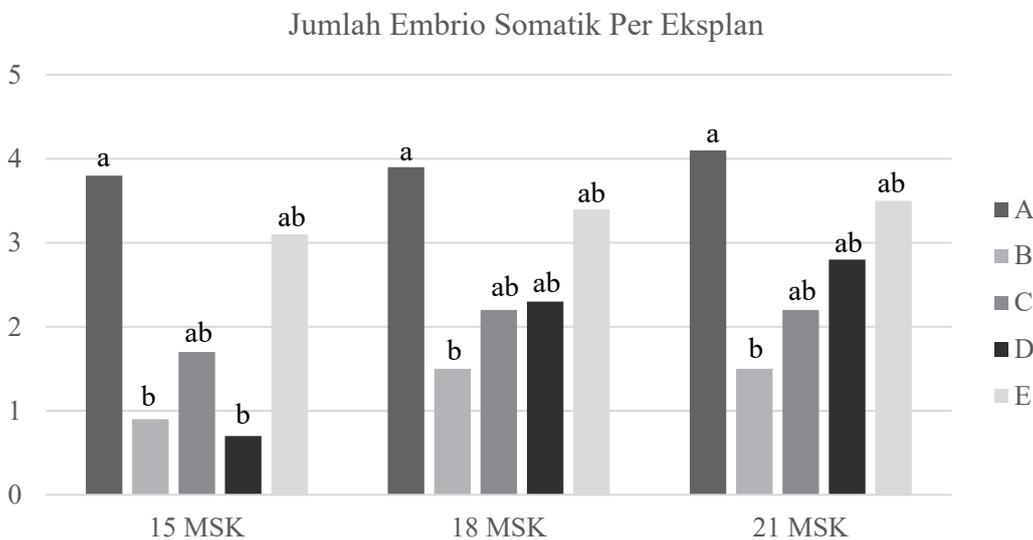
Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa penggunaan sukrosa 30 g/l atau gula pasir 30g/l secara tunggal cenderung menghasilkan rata-rata persentase pembentukan embrio dan jumlah embrio per eksplan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan campuran sukrosa dan gula pasir pada berbagai perbandingan (sukrosa 22,5 g/l + gula pasir 7,5 g/l, sukrosa 15 g/l + gula pasir 15 g/l dan sukrosa 7,5 g/l + gula pasir 22,5 g/) (Gambar 1 dan 2). Rendahnya pembentukan embrio somatik pada media yang menggunakan campuran sukrosa dan gula pasir kemungkinan disebabkan oleh perbedaan tekanan osmotik di dalam media. Penambahan sukrosa di dalam media selain berfungsi sebagai sumber karbon juga berfungsi sebagai pengatur tekanan osmotik di dalam media (Buah *et al.* 2000) dan berpengaruh terhadap pembentukan embrio somatik (Satoh *et al.* 2000).

Beberapa jenis gula atau sumber karbon (energi alternatif) dapat digunakan di dalam kultur jaringan selain sukrosa. Sirup kurma dilaporkan dapat digunakan untuk menggantikan sukrosa di dalam media kultur embriogenesis somatik tanaman kurma (Alkhateeb, 2008), jus tebu pada multiplikasi tunas nilam (Swamy, Sudipta, Balasubramanya, & Anuradha, 2010) serta *brown sugar* pada multiplikasi *protocorm like body* (PLB) *Dendrobium* (Ramart, Puchooa, & Khoyratty, 2010) dan propagasi *in vitro* tanaman kentang (Ozkaynak *et al.*, 2016). Pada penelitian ini, gula pasir atau gula konsumsi dapat digunakan untuk menggantikan sukrosa *grade* laboratorium di dalam media pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik kakao.



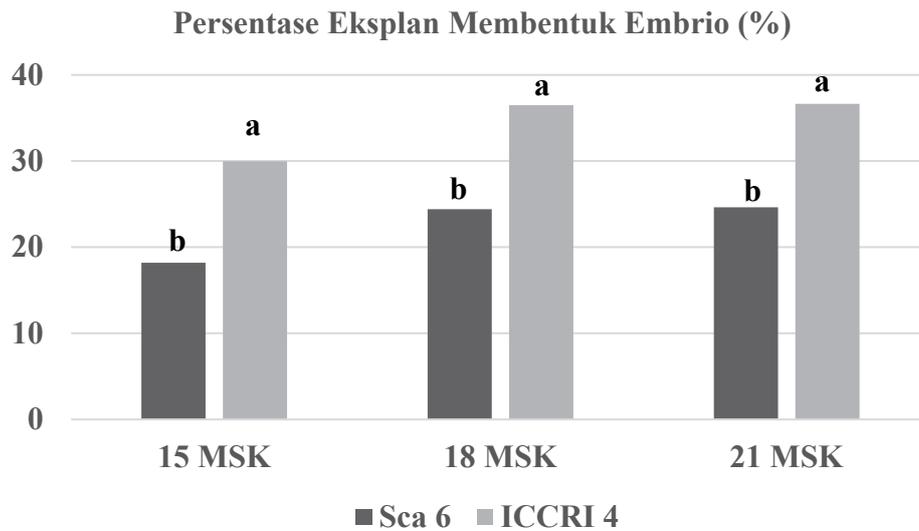
Gambar 1. Rata-rata persentase pembentukan embrio somatik kakao pada penggunaan sukrosa dan gula pasir pada umur 15, 18 dan 21 minggu setelah kultur (MSK). Huruf yang sama pada umur kultur yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf α 5%. A = DKW + Sukrosa 30,0 g/l; B = DKW + Sukrosa 22,5 g/l + Gula Pasir 7,5 g/l; C = DKW + Sukrosa 15,0 g/l + Gula Pasir 15,0 g/l; D = DKW + Sukrosa 7,5 g/l + Gula Pasir 22,5 g/l; E = DKW + Gula Pasir 30,0 g/l

Figure 1. Average percentage of somatic embryos formation in the use of sucrose and granulated sugar at 15, 18 and 21 weeks after culture (WAC). The same letter at the same culture age was not significantly different based on the Duncan test at α level of 5%. A = DKW + Sucrose 30.0 g / l; B = DKW + Sucrose 22.5 g / l + Granulated Sugar 7.5 g / l; C = DKW + Sucrose 15.0 g / l + Granulated Sugar 15.0 / l; D = DKW + Sucrose 7.5 g / l Granulated Sugar 22.5 g / l; E = DKW + Granulated Sugar 30.0 g / l



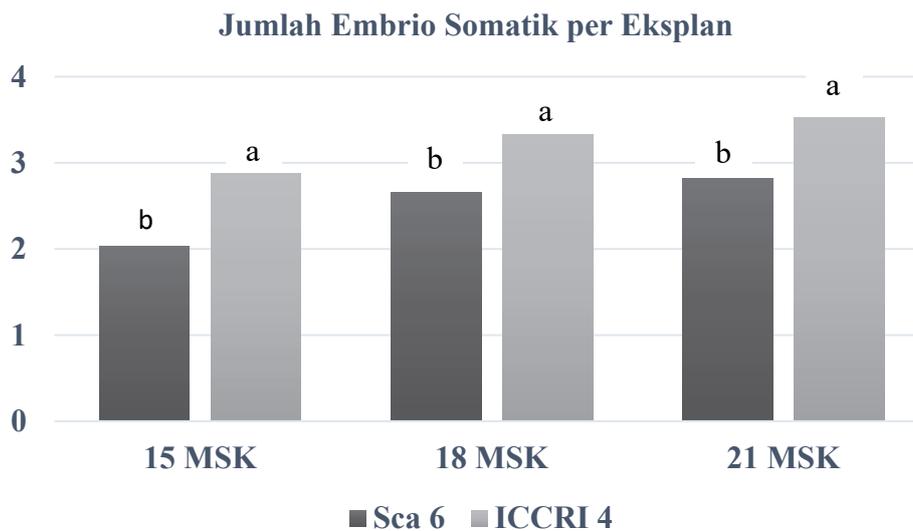
Gambar 2. Rata-rata jumlah embrio somatik kakao per eksplan pada penggunaan sukrosa dan gula pasir pada umur 15, 18 dan 21 minggu setelah kultur (MSK). Huruf yang sama pada umur kultur yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf α 5%. A = DKW + Sukrosa 30,0 g/l; B = DKW + Sukrosa 22,5 g/l + Gula Pasir 7,5 g/l; C = DKW + Sukrosa 15,0 g/l + Gula Pasir 15,0/l; D = DKW + Sukrosa 7,5 g/l + Gula Pasir 22,5 g/l; E = DKW + Gula Pasir 30,0 g/l

Figure 2. Average number of somatic embryos per explant in the use of sucrose and granulated sugar in media at 15, 18 and 21 weeks after culture (WAC). The same letter at the same culture age was not significantly different based on the Duncan test at α level of 5%. A = DKW + Sucrose 30.0 g / l; B = DKW + Sucrose 22.5 g / l + Granulated Sugar 7.5 g / l; C = DKW + Sucrose 15.0 g / l + Granulated Sugar 15.0 / l; D = DKW + Sucrose 7.5 g / l + Granulated Sugar 22.5 g / l; E = DKW + Granulated Sugar 30.0 g / l



Gambar 3. Rata-rata persentase pembentukan embrio somatik pada klon Sca 6 dan ICCRI 4 umur 15, 18 dan 21 minggu setelah kultur (MSK). Huruf yang sama pada umur kultur yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf α 5%

Figure 3. The average percentage of somatic embryos formation of Sca 6 and ICCRI 4 clones at 15, 18 and 21 weeks after culture (WAC). The same letter at the same age is not significantly different based on the Duncan test at α level of 5%



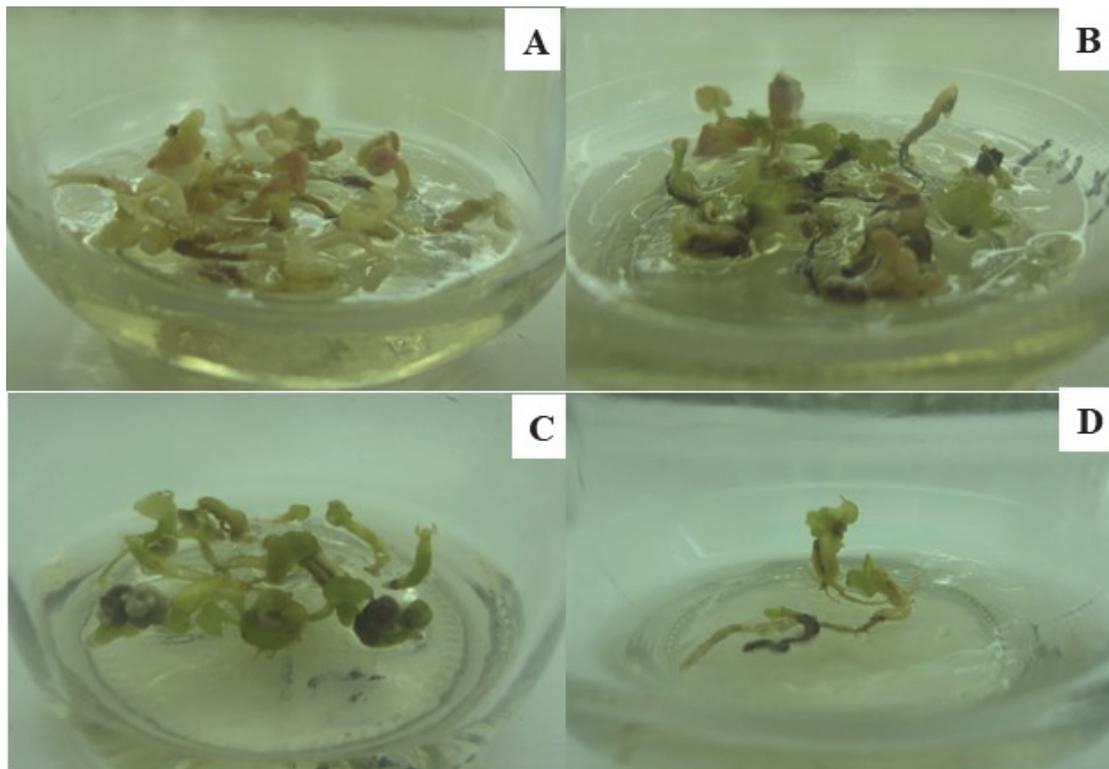
Gambar 4. Rata-rata jumlah embrio somatik per eksplan pada klon Sca 6 dan ICCRI 4 umur 15, 18 dan 21 minggu setelah kultur (MSK). Huruf yang sama pada umur kultur yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf α 5%

Figure 4. Average number of somatic embryos per explant in Sca 6 and ICCRI 4 clones at 15, 18 and 21 weeks after culture (WAC). The same letter at the same age is not significantly different based on the Duncan test at α level of 5%

Pengaruh Genotipe

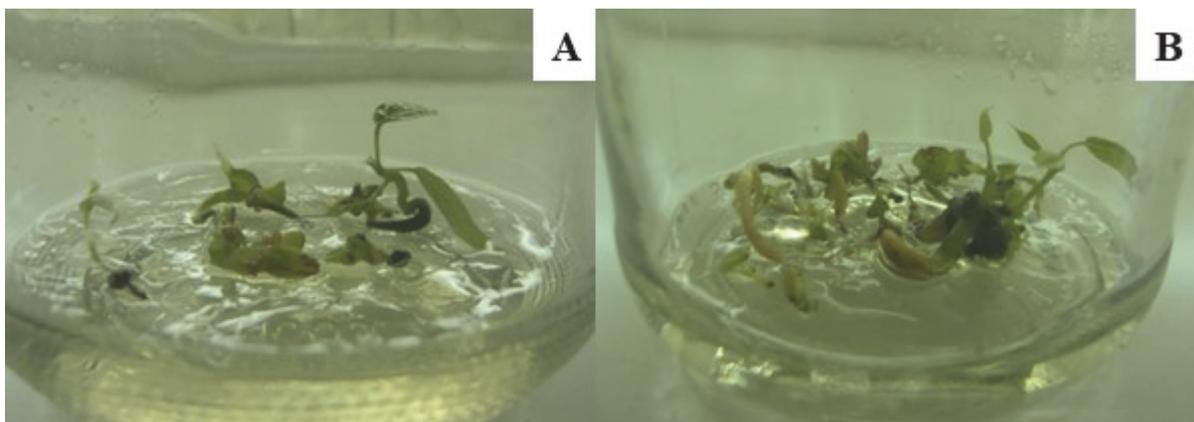
Hasil penelitian menunjukkan bahwa klon ICCRI 4 menghasilkan rata-rata persentase pembentukan embrio somatik dan jumlah embrio somatik yang nyata lebih tinggi (36,6% dan 3,5) dibandingkan klon Sca 6 (24,8% dan 2,6) (Gambar 3 dan 4), konsisten dengan hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ajijah, Tresniawati and Syafaruddin (2019). Meskipun pada penelitian ini tidak menunjukkan interaksi yang nyata

antara jenis karbon dengan genotipe, namun pada tanaman kentang dilaporkan adanya perbedaan respon di antara genotipe kentang terhadap sukrosa dan gula putih (Demo *et al.* 2008). Demikian juga pada tebu, penggunaan gula pasir pada genotipe tertentu memberikan pengaruh positif, namun pada genotipe lain menghambat pembentukan tunas (Khan *et al.*, 2006).



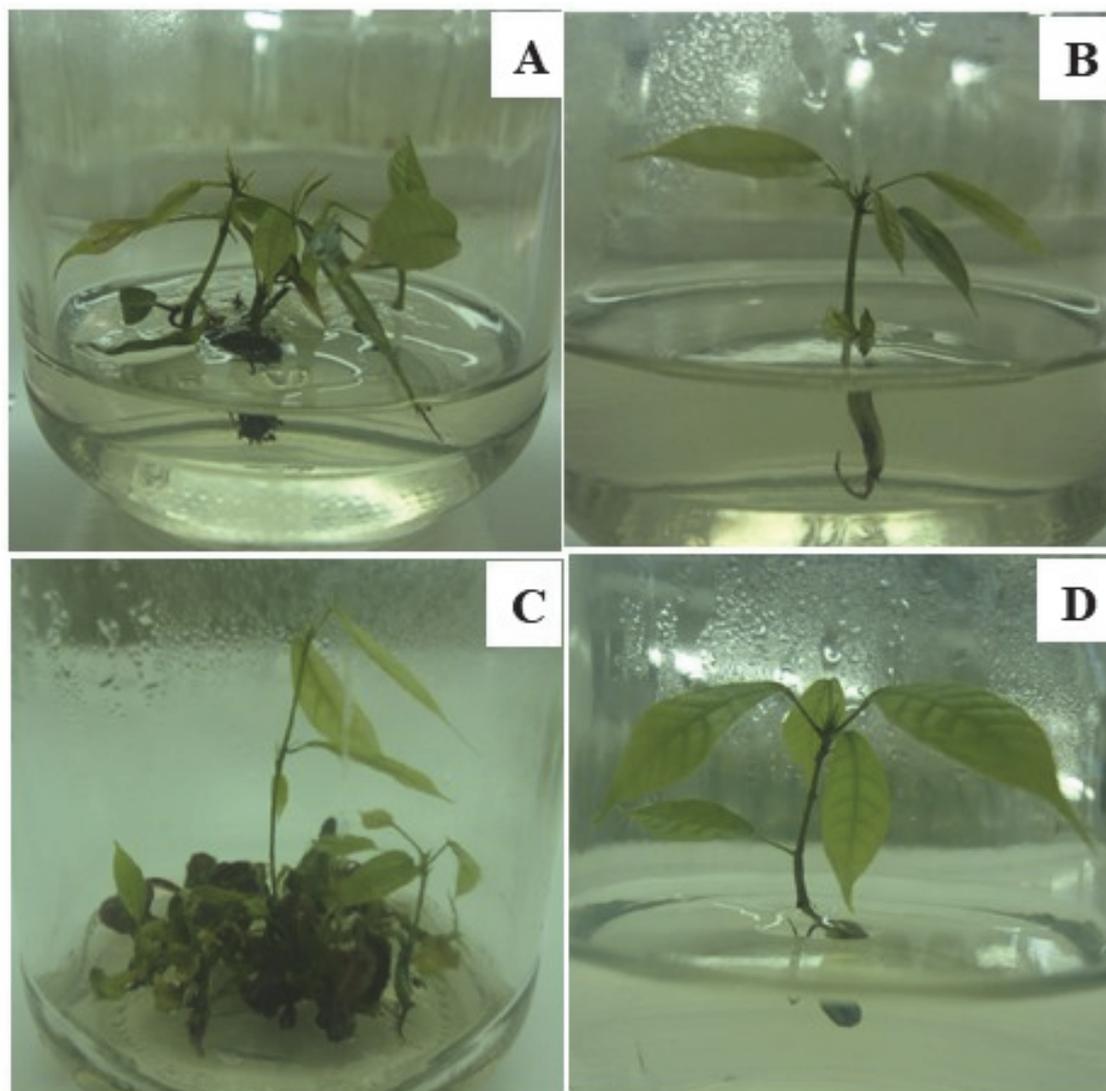
Gambar 5. Embrio somatik fase kotiledon dewasa pada klon Sca 6 menggunakan media yang mengandung sukrosa *grade* laboratorium 30 g/l (A), gula pasir 30 g/l (B), sukrosa 15.0 g/l + gula pasir 15.0 g/l (C) dan sukrosa 7.5 g/l + gula pasir 22.5 g/l (D) sebagai sumber karbon

Figure 5. Somatic embryo at mature cotyledon phase of Sca 6 clone using media containing laboratory grade sucrose 30 g/l (A), granulated sugar 30 g/l (B), sucrose 15.0 g/l + granulated sugar 15.0 g/l (C) and 7.5 g/l sucrose + sugar 22.5 g/l (D) as a carbon source



Gambar 6. Perkecambahan embrio somatik pada klon ICCRI 4 yang diinduksi dan dkecambahkan pada media yang mengandung sukrosa *grade* laboratorium (A), serta diinduksi dan dkecambahkan pada media yang mengandung gula pasir (B) sebagai sumber karbon

Figure 6. Germination of somatic embryos of ICCRI 4 clone which are induced and germinated on medium containing laboratory grade sucrose (A), as well as induced and germinated on media containing granulated sugar (B) as a carbon source



Gambar 7. Pembentukan planlet klon ICCRI 4 asal embrio somatik yang diinduksi dan dikedambahkan pada media yang mengandung gula pasir (A, B) dan embrio somatik yang diinduksi dan dikedambahkan pada media yang mengandung sukrosa *grade* laboratorium (C, D) sebagai sumber karbon

Figure 7. Formation of ICCRI 4 plantlets from somatic embryos induced and germinated on media containing granulated sugar (A, B) and somatic embryos induced and germinated on media containing laboratory grade sucrose (C, D) as a carbon source

Tingkat Efisiensi

Efisiensi yang dicapai melalui substitusi 30 g/l sukrosa *grade* laboratorium dengan 30 g/l gula pasir di dalam media pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik kakao di dalam penelitian ini mencapai 98,8 % per liter media (Rp. 30.000/l media dengan penggunaan sukrosa dan Rp. 360/l media dengan penggunaan gula pasir dengan asumsi harga sukrosa *grade* laboratorium Rp 1.000.000 dan gula pasir Rp. 12.000 per kg). Hal ini menunjukkan bahwa gula pasir atau gula konsumsi dan sumber gula lainnya dapat mengurangi biaya produksi.

Menurut Prakash *et al.* (2004), penggantian sukrosa (*laboratory grade*) dengan gula konsumsi dapat

menurunkan komponen biaya media sebesar 78 – 87%. Gula pasir dilaporkan telah digunakan di dalam media untuk mikropropagasi tebu (Khan *et al.*, 2006). Hasil penelitian Kadam *et al.* (2018) menunjukkan bahwa penggunaan gula konsumsi (3%) menggantikan sukrosa (3%) pada mikropropagasi tanaman kentang dapat menurunkan komponen biaya untuk sumber karbon sebesar 97%. Sementara Saraswathi *et al.* (2016) melaporkan penggantian sukrosa *grade* laboratorium dengan gula konsumsi dapat mengurangi komponen biaya untuk sumber karbon di dalam media sebesar 95%. Namun demikian, penurunan biaya produksi tidak boleh disertai dengan penurunan laju multiplikasi atau kualitas tanaman yang dihasilkan (Raghu *et al.*,

2007 dalam Saraswathi *et al.* 2016). Pada penelitian ini tidak ditemukan perbedaan morfologi pada embrio somatik yang dihasilkan di dalam media yang mengandung gula pasir dengan embrio somatik dalam media yang mengandung sukrosa atau campuran sukrosa dan gula pasir (Gambar 5). Embrio somatik yang pembentukannya diinduksi menggunakan media yang mengandung gula pasir dapat berkecambah dan membentuk planlet pada media perkecambahan yang juga mengandung gula pasir sebagai sumber karbon (Gambar 6B, 7A, dan 7B), demikian juga embrio somatik yang pembentukannya diinduksi pada media yang mengandung sukrosa *grade* laboratorium sebagai sumber karbon (Gambar 6A, 7C, dan 7D).

Pengembangan metode kultur jaringan yang lebih murah sangat diperlukan untuk menurunkan satuan biaya produksi agar harga benih per propagul bisa lebih murah. Selain melalui modifikasi media seperti pemilihan sumber karbon yang murah, efisiensi juga dapat diperoleh melalui pemilihan tipe kontainer yang tepat. Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ajijah, Tresniawati and Syfaruddin (2019) menunjukkan bahwa botol kultur yang harganya lebih murah dapat digunakan untuk menggantikan cawan petri pada produksi embrio somatik kakao.

KESIMPULAN

Gula pasir dapat digunakan untuk menggantikan sukrosa *grade* laboratorium di dalam media pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik kakao. Penggantian sukrosa *grade* laboratorium dengan gula pasir dapat menghasilkan efisiensi sebesar 98,8% per liter media. Namun demikian, diperlukan pengujian lebih lanjut pada rentang genotipe kakao yang lebih luas untuk mengetahui respon genotipe terhadap penggunaan gula pasir di dalam media pembentukan sekaligus pendewasaan embrio somatik kakao.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan (Puslitbang Perkebunan) atas dukungan dana yang diberikan melalui DIPA No. 081-09.2.237291/2016. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada teknisi kami Cindy Amelianti atas bantuan teknis yang diberikan selama penelitian berlangsung.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Nur Ajijah (kontributor utama)
2. Sri Hartati (kontributor anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Ajijah, N. (2016). Pengaruh komposisi media dasar dan jenis eksplan terhadap pembentukan embrio somatik kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 3(3), 127–134.
- Ajijah, N., Hartati, R. S., Rubiyono, R., Sukma, D., & Sudarsono, S. (2016). Effective cacao somatic embryo regeneration on kinetin supplemented DKW medium and somaclonal variation assessment using SSRs markers. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 38(1), 80–92. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v38i1.619>
- Ajijah, N., Tresniawati, C., & Syfaruddin, S. (2019). Pengaruh tipe kontainer kultur pada keberhasilan pembentukan embrio somatik kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 6(Juli 2019), 89–98.
- Alkhateeb, A. (2008). Comparison effects of sucrose and date palm syrup on somatic embryogenesis of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.). *American Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 4(June), 19–23. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2008.19.23>
- Armas, I., Pogrebnyak, N., & Raskin, I. (2017). A rapid and efficient in vitro regeneration system for lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Plant Methods*, 13(58), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13007-017-0208-0>
- Buah, J. N., Kawamitsu, Y., Yonemori, S., Hayashi, M., & Murayama, S. (2000). Effects of various carbon sources and their combinations on in vitro growth and photosynthesis of banana plantlets. *Plant Production Science*, 3(4), 392–397. <https://doi.org/10.1626/pp.s.3.392>
- Demo, P., Kuria, P., Nyende, a B., & Kahangi, E. M. (2008). Table sugar as an alternative low cost medium component for in vitro micro-propagation of potato (*Solanum tuberosum* L.). *African Journal of Biotechnology*, 7(15), 2578–2584. <https://doi.org/10.5897/AJB08.263>
- Dipti, Fatima, S., & Mujib, A. (2014). Morphological anomalies in somatic embryo structure in *Catharanthus roseus*: Improving embryo germination by amending plant growth regulators, activated charcoal and sucrose Level, *British Biotechnology Journal* 4(1), 10–20.

- Kadam, D. D., Chhatre, A. A., Lavale, S. A., & Shinde, N. A. (2018). Low-cost alternatives for conventional tissue culture media. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 7(04), 2523–2529.
- Khan, I. A., Dahot, M. U., & Khatri, A. (2006). Effect of sucrose and growth regulators on the micropropagation of sugarcane clones. *Pak. J. Bot.*, 38(December), 961–967.
- Khan, U. W., Ahmed, R., Shahzadi, I., & Maroof Shah, M. (2015). Some important factors influencing tissue culture response in wheat. *Sarhad Journal of Agriculture*, 31(4), 199–209.
- Li, Z., Traore, A., Maximova, S., & Gultinan, M. J. (1998). Somatic embryogenesis and plant regeneration from floral explants of cacao using thidazuron. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant Culture*, 34, 293–299.
- Mamiya, K., & Sakamoto, Y. (2000). Effects of sugar concentration and strength of basal medium on conversion of somatic embryos in *Asparagus officinalis* L. *Biology*, 84, 15–26.
- Michel, Z., Hilaire, K. T., Mongomaké, K., Nguessan, A., & Justin, K. Y. (2008). Effect of genotype, explants, growth regulators and sugars on callus induction in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 2(1), 1–9.
- Ozkaynak, E., Yoksel, F., Erust, N., & Simsek, T. (2016). Effects of using gelling agent guar gum and different sugar sources on potato micropropagation. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Science*, 3(4), 249–254.
- Placide, R., Clément, U., Fraçoise, U., & Védaste, A. (2012). Comparative study of effects of table sugar, laboratory grade sucrose and mannitol on growth of banana plantlets under in vitro conditions. *Rwanda Journal*, 28, 76–83.
- Prakash, S., M.I. Hoque, and T. Brinks. 2004. Culture media and containers. In: *Low Cost Options for Tissue Culture Technology in Developing Countries. Proceedings of Workshop of FAO-IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture*. Vienna, 26-30 August 2002
- Ramart, E. J. L. A., Puchooa, D., & Khoyratty, S. S. S. (2010). Local sugars alternatives for tissue culture of *Dendrobium Hybrid CV. Sonia*. *University of Mauritius Research Journal*, 16(1), 345–364.
- Saraswathi, M. S., Uma, S., Kannan, G., Selvasumathi, M., Mustaffa, M. M., & Backiyarani, S. (2016). Cost-effective tissue culture media for large-scale propagation of three commercial banana (*Musa* spp.) varieties. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 91(1), 23–29. <https://doi.org/10.1080/14620316.2015.1117227>
- Satoh, K., Ooka, H., Wakai, A., Takahar, Y., & Yamamoto, K. (2000). Osmotic and non-osmotic induction of somatic embryogenesis by sucrose at high concentration in *Daucus carota* L. *Plant Biotechnology*, 17(2), 155–158.
- Sharm, V., Singh, I., & Sharma, S. (2013). Formulation of medium with low cost optimizations for in vitro caulogenesis in ethnomedicinal herb *Stevia rebaudiana*. *Trend in Biotechnology Research*, 2(1), 36–40.
- Smith, C., 1995. *Carbohydrate chemistry*. In : *Plant biochemistry and molecular biology*. Chichester: John Wiley & Sons, pp.73-111.
- Swamy, M. K., Sudipta, K. M., Balasubramanya, S., & Anuradha, M. (2010). Effect of different carbon sources on in vitro morphogenetic response of Patchouli (*Pogostemon cablin* Benth). *Journal of Phytology*, 2(8), 11–17.
- Tremblay, L., & Tremblay, F. M. (1995). Maturation of black spruce somatic embryos: Sucrose hydrolysis and resulting osmotic pressure of the medium. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 42, 39–46.
- Tyagi, R. K., Agrawal, A., Mahalakshmi, C., Hussain, Z., & Tyagi, H. (2007). Low-cost media for in vitro conservation of turmeric (*Curcuma longa* L.) and genetic stability assessment using RAPD markers. *In Vitro Cell and Developmental Biology – Plant*, 43(1), 51–58.
- Widoretno, W., Indriyani, S., & Martasari, C., & Hakin, R. (2017). Effects of Sugar type and concentration on Batu 55 Mandarin (*Citrus reticulata* Blanco.) somatic embryo maturation. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science* 39(1), 100–110.
- Yang, H., Cheng, J.-C., & Kamada, H. (2000). Multiple pathways of somatic embryogenesis at a high frequency in *Asparagus officinale* L. *Plant Biotechnology*, 17(2), 111–118.
- Yildirim, T. (2005). *Induction of embryogenictissue and development of somatic embryos in Pinus brutia* TEN. Thesis. Middle East Technology University.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 1, Maret 2020

**RESPONS BENIH KAKAO TERHADAP AMELIORAN, MIKROB PELARUT
FOSFAT, DAN PUPUK FOSFAT PADA TANAH MASAM**

***RESPONSE OF CACAO SEEDLINGS TO AMELIORANT, PHOSPHATE SOLUBILIZING MICROBES,
AND PHOSPHATE FERTILIZERS IN ACID SOIL***

* Kurnia Dewi Sasmita¹⁾, Iswandi Anas²⁾, Syaiful Anwar²⁾, Sudirman Yahya³⁾, Gunawan Djajakirana²⁾

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

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

*kdsasmita79@yahoo.com

²⁾ **Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB**

Jalan Meranti, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680 Indonesia

³⁾ **Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB**

Jalan Meranti, Kampus IPB, Dramaga, Bogor 16680 Indonesia

(Tanggal diterima: 31 Desember 2019, direvisi: 6 Maret 2020, disetujui terbit: 30 Maret 2020)

ABSTRAK

Pertumbuhan tanaman kakao di tanah kering masam umumnya dibatasi oleh beberapa kendala seperti rendahnya P tersedia dan pH, serta tingginya kejenuhan Al. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk memecahkan masalah budidaya kopi di tanah kering masam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian amelioran, mikrob pelarut fosfat (MFP), dan pupuk fosfat (P) terhadap pertumbuhan dan serapan hara benih kakao serta beberapa sifat tanah masam. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan susunan perlakuan faktorial 3 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah pemberian amelioran: tanpa amelioran, pupuk organik 10%, arang sekam padi 4%, dan arang sekam padi 4% + pupuk organik 10%. Faktor kedua adalah pemberian MPF: tanpa MPF, inokulan *Burkholderia ambifaria* (BPF), dan inokulan *Aspergillus niger* (FPF). Faktor ketiga adalah pemberian pupuk P (tanpa Fosfat Alam (FA), FA 100, 200, dan 400 mg P/kg, dan SP-36 400 mg P/kg). Hasil penelitian menunjukkan bahwa amelioran berupa arang sekam padi 4% + pupuk organik 10% + BPF atau PPF dapat meningkatkan jumlah daun masing-masing sebesar 77,9% dan 69,2%, serta meningkatkan bobot kering tajuk masing-masing sebesar 93,6% dan 101,9%. Pemberian pupuk FA secara tunggal pada media tanpa pupuk organik dapat meningkatkan bobot kering tajuk dan akar benih kakao, serta serapan P, Ca, dan Mg dalam tajuk secara linier sejalan dengan peningkatan dosis FA hingga 400 mg P/kg. Aplikasi amelioran berupa arang sekam padi meningkatkan aktivitas fosfatase asam media tanam. Amelioran berupa pupuk organik meningkatkan pH tanah, aktivitas fosfatase asam dan P tersedia, serta menurunkan Al-dd media tanam.

Kata kunci: Arang sekam padi; *Aspergillus niger*; *Burkholderia ambifaria*; pupuk organik; serapan hara

ABSTRACT

The growth of cacao in acid soils is commonly limited by some problems such as low available P and pH, and high Al saturation. Therefore, research is needed to solve the problem of coffee cultivation in acid soil. This study aimed to determine the effect of ameliorant, phosphate solubilizing microbes (PSM), and phosphate fertilizers (P) on the growth and nutrient uptake of cacao seedlings, and some acid soil properties. The study used a randomized block design with 3 factors and 3 replications. The first factor was ameliorant applications (without ameliorant, 10% organic fertilizer, 4% rice husk biochar, 4% rice husk biochar + 10% organic fertilizer). The second factor was PSM applications: without PSM, Burkholderia ambifaria (BPF)

inoculants, and *Aspergillus niger* (FPF) inoculants. The third factor was P fertilizers applications (without Phosphate Rock (PR), 100, 200, and 400 mg P/kg of PR, and 400 mg P/kg of SP-36). The results showed that the applications of 4% rice husk biochar + 10% organic fertilizer + BPF or FPF inoculants increase the number of leaves by 77.9% and 69.2%, respectively, and increase the dry weight of shoot by 93.6 % and 101.9%, respectively. Phosphate rock application in media without organic fertilizer increases dry weight of shoots and roots of cacao seedlings, and the uptake of P, Ca, and Mg in shoots linearly in line with the increase of PR dose to 400 mg P/kg. Application of rice husk biochar significantly increased the acid phosphatase activity of growing media. Meanwhile, organic fertilizer increased the soil pH, acid phosphatase and available P activity, and decreased Al-dd growing media.

Keywords: *Aspergillus niger*; *Burkholderia ambifaria*; nutrient uptake; organic fertilizer; rice husk biochar

PENDAHULUAN

Pertumbuhan tanaman kakao di tanah masam umumnya menghadapi permasalahan berupa ketersediaan fosfor (P) yang rendah, serta beberapa sifat pembatas lainnya seperti pH tanah rendah, kandungan bahan organik dan kation basa rendah, serta kejenuhan Al yang tinggi. Tanah masam umumnya miskin P karena P teradsorpsi pada permukaan mineral liat dan fiksasi P yang tinggi oleh oksida dan hidroksida Al/Fe (Shen et al., 2011; Yuan et al., 2017). Kejenuhan Al yang tinggi (>40%) di tanah masam bersifat toksik bagi tanaman kakao, dan juga menghambat serapan hara lainnya seperti Ca dan P (Baligar & Fageria, 2005; Wessel 1985).

Unsur P dibutuhkan oleh tanaman kakao sejak awal pertumbuhan sampai produksi. Kekurangan unsur P dapat menjadi salah satu faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman kakao. Hal tersebut karena P merupakan unsur makro yang penting untuk proses metabolisme dari beberapa molekul seperti karbohidrat, lemak, dan protein. Selain itu P memainkan peran struktural dalam tanaman dan terlibat langsung dalam proses transfer dan penyimpanan energi (de Aquino, dos Santos, & Batista, 2019). Defisiensi P pada tanaman kakao ditunjukkan dengan kadar P pada daun di bawah 0,13%, sementara nilai kecukupan kadar hara daun kakao lebih besar dari 0,20% (Wessel, 1985). Secara visual, tanaman yang mengalami defisiensi P biasanya menunjukkan gejala seperti kurang berkembangnya daun, penurunan luas daun, warna daun gelap, dan penurunan jumlah daun (Marschner, 1993). Pada benih kakao, tanaman kekurangan P ditunjukkan dengan terhambatnya perkembangan akar dan batang yang kecil dan pendek (Suparno, 2008).

Pertanaman kakao di tanah kering masam memerlukan pemupukan P untuk mengatasi kekurangan P. Pupuk fosfat alam (FA) merupakan pupuk P alternatif yang cocok untuk tanah masam karena sifatnya mudah larut pada kondisi masam, dan dapat menurunkan Al-dd tanah. Tingginya tingkat fiksasi P pada tanah masam, menyebabkan kebutuhan pupuk P seperti TSP dan FA dalam jumlah besar untuk mengatasi kejenuhan ion Al dan Fe, sehingga tidak ekonomis (Ch'ng, Ahmed, & Majid, 2014). Upaya untuk mengurangi kebutuhan

pupuk P dapat diatasi melalui pemberian input lainnya seperti: amelioran organik dan mikrob pelarut fosfat (MPF).

Pemberian pupuk organik dan arang (*biochar*) sebagai amelioran untuk tanah masam dapat meningkatkan kualitas tanah termasuk peningkatan hara P. Pemberian arang merespon lebih baik oleh tanaman apabila diberikan bersama pupuk organik (Sasmita, Anwar, Yahya, & Djajakirana, 2017). Ameliorasi tanah dengan arang atau pupuk organik atau campuran arang dan pupuk organik dapat meningkatkan kadar P total, P tersedia, fraksi P inorganik, dan P organik (Ch'ng et al., 2014), sehingga dapat mengurangi kebutuhan pupuk P. Pupuk organik dapat menyuplai P secara langsung, selain itu asam organik yang dihasilkan dalam dekomposisi bahan organik akan melarutkan batuan, dan juga akan mengkhelat Al dan Fe sehingga akan mencegah fiksasi P dalam tanah (Djuniwati, Nugroho, & Pulunggono, 2012). Pencampuran pupuk organik kulit kakao dengan FA akan menguntungkan bagi ketersediaan fosfat dalam tanah. Sementara kajian interaksi arang dengan FA untuk pertumbuhan tanaman kakao di tanah masam juga masih menarik untuk diteliti.

Aplikasi MPF dapat berperan dalam meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara tanaman melalui kemampuan mikrob dalam melarutkan FA dan bentuk P yang terikat dengan logam Al dan Fe serta Ca (Whitelaw, Harden, & Helyar, 1999; Nath, Maurya, & Vijay, 2017). Mikrob pelarut fosfat (MPF) juga dapat memiliki kemampuan lainnya seperti pelarut K, fiksasi N₂, antipatogen, produksi siderofor dan menghasilkan hormon pemacu tumbuh seperti IAA, giberelin, sitokinin, (Parani & Saha, 2012; Zhao et al., 2014; Castro-gonzález, Martínez-aguilar, Ramírez-trujillo, Los Santos, & Caballero-Mellado, 2011; Awais et al., 2017; Nath et al., 2017).

Studi untuk mengkaji input yang tepat untuk mengatasi faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman kakao di tanah masam dapat diawali pada skala pembenihan. Studi tentang amelioran arang dan kombinasinya dengan input lainnya seperti pupuk organik, pupuk P dan pupuk hayati terkait dengan peningkatan ketersediaan P untuk tanaman menarik untuk dikaji agar diperoleh jenis input dan kombinasinya yang tepat, efisien, dan dapat menjadi alternatif untuk

menghasilkan pertumbuhan tanaman yang optimal di tanah masam. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh amelioran (arang dan pupuk organik), MPF, dan pupuk P terhadap pertumbuhan benih kakao, serapan hara P, Ca, dan Mg benih kakao dan beberapa sifat tanah (pH, P tersedia, Al-dd, aktifitas fosfatase asam).

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu

Kegiatan penelitian dilaksanakan di kebun percobaan Pakuwon, Balitri di Sukabumi dan laboratorium Kesuburan Tanah dan Bioteknologi Tanah, Departemen ITSL, Fakultas Pertanian, IPB di Bogor. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni tahun 2015 sampai dengan bulan Mei 2016.

Bahan dan Alat

Peralatan untuk penanaman dan pengamatan benih di rumah paranet adalah polybag ukuran 20 cm x 30 cm, paranet 60%, ayakan 5 mm, meteran, dan jangka sorong digital. Peralatan untuk analisis dan pengamatan antara lain: AAS, spektrofotometer dan peralatan pendukung lainnya di laboratorium kimia dan bioteknologi tanah. Bahan yang digunakan dalam percobaan ini adalah: bahan tanah dari *Typic Hapludults* yang berasal dari Jasinga, Bogor, arang sekam padi, pupuk organik dari campuran kulit kakao dan kotoran sapi, inokulan bakteri pelarut fosfat (BPF) *Burkholderia ambifaria* B-SS1.2, inokulan fungi pelarut fosfat (FPF) *Aspergillus niger* F-E1, benih kakao hibrida dari pohon induk Sulawesi 1, fosfat alam (FA) dari Ciamis, pupuk SP-36, Urea, dan KCl.

Tanah yang digunakan memiliki karakteristik: pH H₂O (1:5) 3,9, C organik 1,6%, N total 0,26%, P tersedia Bray I 1,77 mg/kg, K-dd 0,27 cmol(+)/kg, Ca-dd 1,62 cmol(+)/kg, Mg-dd 1,68 cmol(+)/kg, KTK 31,9 cmol(+)/kg, Al-dd 19,82 cmol(+)/kg dan H-dd 0,59 cmol(+)/kg. Arang sekam padi yang digunakan memiliki karakteristik yaitu: kadar air 7,53%, pH H₂O (1:10) 7,0, N total 0,83%, C total 40,24%, Nisbah C/N 48,5, KTK 14,52 cmol (+)/kg, P total 0,15%, K total 0,48%, Ca total 0,17%, Mg total 0,13%, dan Na total 0,14%. Pupuk organik yang digunakan memiliki karakteristik antara lain: kadar air 24,33%, pH H₂O (1:10) 8,5, N total 1,87%, C total 38,73%, Nisbah C/N 20,7, KTK 66,09 cmol (+)/kg, P total 0,57%, K total 4,62%, Ca total 1,03%, Mg total 0,97%, dan Na total 1,43%. Fosfat alam yang digunakan memiliki kandungan P₂O₅ total 21,89%, P₂O₅ asam sitrat 2% 16,67%, CaO 45,96%, dan MgO 0,11 %.

Rancangan Penelitian

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan susunan perlakuan faktorial yang terdiri dari 3 faktor. Faktor pertama adalah empat taraf pemberian amelioran yaitu: tanpa amelioran, pupuk organik 10%, arang sekam padi 4%, dan arang sekam padi 4% + pupuk organik 10%. Faktor kedua adalah tiga taraf pemberian inokulan pelarut fosfat yaitu: tanpa inokulan, inokulan *Burkholderia ambifaria* (BPF), dan inokulan *Aspergillus niger* (FPF). Faktor ketiga adalah lima taraf pemberian pupuk P yaitu: tanpa FA (P₀), FA 100 mg P/kg (P₁), FA 200 mg P/kg (P₂), FA 400 mg P/kg (P₃), dan SP-36 400 mg P/kg (P₄). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali, dan setiap unit percobaan terdiri dari dua benih kakao.

Persiapan Media Tanam dan Pemeliharaan Benih

Pupuk organik ditimbang sebanyak 10%, dan arang sekam padi sebanyak 4% dari bobot total media sebesar 2,2 kg BKM (Bobot Kering Mutlak). Bahan tanah kering angin diayak dengan ayakan lolos 5 mm dan ditimbang dengan bobot sebesar 2,2 kg BKM media dikurangi BKM amelioran. Selanjutnya tanah, amelioran dan fosfat alam sesuai perlakuan diaduk sampai merata untuk tiap polybag. Semua perlakuan diberikan pupuk dasar yaitu Urea sebanyak 2 g N, dan KCl sebanyak 2 g K₂O per polybag.

Persiapan inokulan MPF dilakukan dengan menumbuhkan isolat BPF pada *nutrient broth* (NB) steril selama 2 hari, dan isolat PF dalam *potatoes dextrose broth* steril (PDB) selama 5 hari. Selanjutnya dilakukan penanaman kecambah kakao dan aplikasi inokulan setelah inkubasi media tanam selama satu minggu. Sebanyak satu kecambah dipindahkan ke polybag yang telah diberi media tanam sesuai perlakuan. Inokulasi MPF diberikan di sekitar perakaran benih pada saat penanaman. Inokulan BPF diaplikasikan sebanyak 5 ml (10⁹ SPK/ml) tiap polybag dan FPF sebanyak 5 ml (10⁸ spora/ml) tiap polybag. Pada perlakuan kontrol tanpa inokulan, media tanam juga diberi campuran kultur cair dari kedua inokulan yang sudah disterilisasi dengan autoklaf, sebanyak 5 ml per benih.

Pemeliharaan dilaksanakan dengan penyiraman benih setiap dua sampai tiga hari sekali untuk menjaga kondisi air kapasitas lapang. Pengendalian hama penyakit dilakukan apabila terdapat gejala serangan hama penyakit pada benih. Pemeliharaan dilakukan sampai 20 Minggu Setelah Tanam (MST).

Peubah yang Diamati dan Analisis Data

Peubah yang diamati adalah pertumbuhan dan biomassa tanaman. Pertumbuhan tanaman meliputi tinggi benih, diameter batang, dan jumlah daun yang

masing-masing diamati pada 20 MST. Biomassa tanaman meliputi bobot kering tajuk dan akar, yang ditimbang setelah tanaman dipanen pada umur 20 MST, dan dikering oven pada suhu 65°C selama 48 jam.

Analisis jaringan tanaman meliputi: kadar P, Ca, dan Mg dalam sampel tajuk (daun dan batang). Pengambilan sampel tajuk sesuai dengan penelitian Suparno (2008). Sampel dianalisis dengan menggunakan destruksi basah (ekstrak H₂SO₄+H₂O₂) dan pengukuran P menggunakan spektrofotometer, dan Ca serta Mg menggunakan AAS. Serapan P, Ca, dan Mg tajuk ditetapkan dengan mengalikan kadar hara tajuk dengan bobot kering tajuk. Analisis media tanam dilakukan pada saat panen benih kakao pada umur 20 MST. Sampel media tanam diambil di daerah sekitar perakaran benih. Analisis media tanam meliputi: pH H₂O 1:5 (b/v), P tersedia metode Bray I, Al-dd (ekstrak KCl 1 M), dan aktivitas fosfatase asam (Margesin, 1996).

Data dianalisis dengan menggunakan analisis varians (ANOVA) pada taraf nyata 5%. Jika perlakuan menunjukkan pengaruh nyata maka dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Tanggapan peubah tanah dan tanaman terhadap peningkatan dosis FA diuji dengan Ortogonal polinomial.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan dan Biomassa Benih Kakao

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa tinggi dan diameter batang benih kakao umur 20 MST dipengaruhi oleh interaksi perlakuan amelioran, MPF, dan pupuk P (Tabel 1 dan 2). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa peningkatan dosis FA sampai 400 mg P/kg menghasilkan peningkatan pertumbuhan tinggi benih secara linier pada media tanpa pupuk organik kecuali perlakuan tanpa amelioran dan tanpa inokulasi (Tabel 1). Berdasarkan kriteria benih siap salur menurut Rahardjo (2011), tinggi benih yang dihasilkan dari media tanpa pupuk organik pada penelitian ini, umumnya masih termasuk benih yang kualitasnya kurang baik yaitu < 45 cm. Sementara pemberian pupuk organik bersama arang sekam padi rata-rata menghasilkan benih yang sudah memenuhi kriteria benih kualitas sedang (45-60 cm). Pupuk organik secara tunggal maupun kombinasi dengan arang sekam padi meningkatkan tinggi benih masing-masing sebesar 23,3% dan 64,1% (Tabel 1). Tinggi benih pada perlakuan pupuk organik lebih tinggi dibandingkan perlakuan arang. Hal ini karena pupuk organik yang digunakan memiliki hara yang lebih tinggi dibandingkan arang sehingga mampu mendukung pertumbuhan tanaman lebih baik.

Tabel 1. Pengaruh interaksi perlakuan amelioran, mikrob pelarut fosfat (MPF) dan pupuk P terhadap tinggi benih kakao pada umur 20 minggu setelah tanam (MST)

Table 1. Effect of interaction between ameliorant, phosphate solubilizing microbes (PSM), and P fertilizers on height of cacao seedlings at 20 weeks after planting (WAP)

Amelioran	MPF	Dosis FA (mg P/kg)				SP-36 400 mg P/kg	Kurva tanggap
		0	100	200	400		
..... Tinggi benih (cm)							
Tanpa	Tanpa MPF	30,67	39,00	33,67	32,00	33,67	-
	BPF	36,67	39,33	38,33	38,67	38,33	Linier (+)
	FPF	36,67	37,00	37,00	45,33	37,00	Linier (+)
P organik 10%	Tanpa MPF	37,83	42,00	44,00	41,17	44,00	-
	BPF	50,50	57,33	41,33	46,00	41,33	Linier (-)
	FPF	37,33	44,00	44,33	47,00	44,33	-
Arang 4%	Tanpa MPF	34,67	32,67	35,33	39,67	35,33	Linier (+)
	BPF	31,67	36,00	38,00	43,33	38,00	Linier (+)
	FPF	31,00	34,00	33,00	36,67	33,00	Linier (+)
Arang 4% + P organik 10%	Tanpa MPF	50,33	41,17	58,00	41,83	58,00	-
	BPF	53,67	64,83	44,67	45,33	44,67	Sisa
	FPF	47,33	50,83	45,00	50,00	45,00	-
KK (%)	13,85					

Keterangan : Kurva tanggap terhadap dosis fosfat alam (FA) berdasarkan uji Ortogonal polinomial; MPF = mikrob pelarut fosfat; BPF = *Burkholderia ambifaria*; FPF = *Aspergillus niger*; KK = koefisien keragaman

Notes : Response curve for phosphate rock (PR) dosage based on Polynomial orthogonal test; MPF = phosphate solubilizing microbes; BPF = *Burkholderia ambifaria*; FPF = *Aspergillus niger*; KK = coefficient of variation

Tabel 2. Pengaruh interaksi perlakuan amelioran, mikrob pelarut fosfat (MPF) dan pupuk P terhadap diameter batang benih kakao pada umur 20 minggu setelah tanam (MST)

Table 2. Effect of interaction between ameliorant, phosphate solubilizing microbes (PSM), and P fertilizers on stem diameter of cacao seedlings at 20 weeks after planting (WAP)

Amelioran	MPF	Dosis FA (mg P/kg)				SP-36 400 mg P/kg	Kurva tanggap
		0	100	200	400		
Diameter batang (mm)							
Tanpa amelioran	Tanpa MPF	6,41	7,98	7,02	8,64	7,10	Linier (+)
	BPF	8,10	7,56	7,44	10,30	9,45	Linier (+)
	FPF	8,28	7,34	10,05	9,20	7,42	Linier (+)
P organik 10%	Tanpa MPF	7,43	7,64	9,02	7,29	8,00	-
	BPF	9,32	10,02	8,34	7,45	8,99	Linier (-)
	FPF	8,41	8,32	7,99	8,43	8,68	-
Arang 4%	Tanpa MPF	7,00	8,25	8,39	8,70	8,25	Linier (+)
	BPF	7,18	8,44	9,62	10,37	7,82	Linier (+)
	FPF	7,27	8,66	8,13	8,99	7,22	-
Arang 4% + P organik 10%	Tanpa MPF	8,17	8,49	7,74	6,81	9,70	-
	BPF	8,79	8,93	8,10	9,05	9,27	-
	FPF	8,79	9,73	7,44	8,77	8,08	-
KK (%)	10,58					

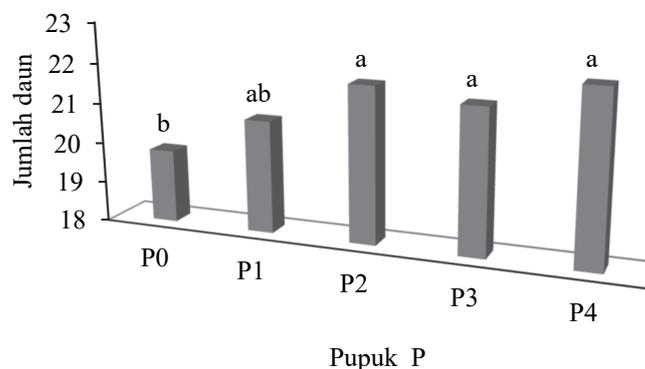
Keterangan : Kurva tanggap terhadap dosis fosfat alam (FA) berdasarkan uji Ortogonal polinomial; MPF = mikrob pelarut fosfat; BPF = *Burkholderia ambifaria*; FPF = *Aspergillus niger*; KK = koefisien keragaman

Notes : Response curve for phosphate rock (PR) dosage based on Polynomial orthogonal test; MPF = phosphate solubilizing microbes; BPF = *Burkholderia ambifaria*; FPF = *Aspergillus niger*; KK = coefficient of variation

Hasil pengamatan diameter batang menunjukkan bahwa peningkatan dosis FA sampai 400 mg P/kg menghasilkan peningkatan diameter benih secara linier pada media tanpa pupuk organik kecuali perlakuan arang dan inokulasi FPF (Tabel 2). Pemberian kedua inokulan MPF dapat meningkatkan keefektifan FA terhadap tinggi dan diameter batang benih pada media tanpa amelioran terutama pada dosis FA yang tinggi (Tabel 1 dan 2). Pada media dengan arang tidak inokulasi *A. niger* tidak efektif dalam meningkatkan terhadap tinggi benih. Tinggi benih tertinggi dihasilkan oleh perlakuan kombinasi pupuk organik dan arang

dengan inokulasi *B. ambifaria* dan FA 100 mg P/kg. Sementara diameter batang yang paling besar dihasilkan oleh perlakuan kombinasi inokulasi *B. ambifaria* dan FA 400 mg P/kg pada media dengan arang.

Analisis statistik menunjukkan bahwa jumlah daun dipengaruhi oleh perlakuan pupuk P (Gambar 1) dan interaksi antara amelioran dan pemberian MPF (Tabel 3). Jumlah daun meningkat secara nyata oleh pemberian pupuk FA mulai 200 mg P/kg dan SP-36. Pemberian SP-36 menghasilkan jumlah daun yang paling tinggi tetapi tidak berbeda nyata dengan pemberian FA.



Gambar 1 Pengaruh pupuk P terhadap jumlah daun benih kakao pada umur 20 minggu setelah tanam (MST); P0 = tanpa pupuk P; P1 = fosfat alam (FA) 100 mg P/kg; P2 = FA 200 mg P/kg; P3 = FA 400 mg P/kg; P4 = SP-36 400 mg P/kg

Figure 1. Effect of P fertilizers on the number of cacao seedlings leaves at 20 weeks after planting (WAP); P0 = without fertilizer P; P1 = rock phosphate (RP) 100 mg P/kg; P2 = RP 200 mg P/kg; P3 = RP 400 mg P/kg; P4 = SP-36 400 mg P/kg

Tabel 3. Pengaruh interaksi amelioran dan mikroba pelarut fosfat terhadap jumlah daun, bobot kering tajuk dan akar, serta nisbah tajuk/akar benih kakao pada umur 20 minggu setelah tanam (MST)

Table 3. Effect of interaction between ameliorant and phosphate solubilizing microbes on number of leaves, shoot and root dry weight, and shoot / root ratio of cacao seedlings at 20 weeks after planting (WAP)

Amelioran	MPF	Jumlah daun	Bobot kering tajuk (g/benih)	Bobot kering akar (g/benih)	Nisbah tajuk/akar
Tanpa amelioran	Tanpa MPF	15,33 f	7,32 e	1,92 c	4,19 ef
	BPF	17,93 def	10,19 cd	2,26 bc	5,28 bcde
	FPF	20,07 d	9,89 cd	2,99 a	3,64 f
P organik 10%	Tanpa MPF	22,93 c	12,24 bc	2,45 abc	5,14 bcde
	BPF	25,53 abc	13,50 ab	2,42 abc	6,14 abc
	FPF	23,20 c	12,35 abc	1,90 c	7,19 a
Arang 4%	Tanpa MPF	18,87 de	10,28 cd	2,00 bc	5,60 bcd
	BPF	17,07 ef	10,03 cd	2,28 abc	5,01 cde
	FPF	16,53 ef	8,30 de	2,00 bc	4,55 def
Arang 4% + P organik 10%	Tanpa MPF	24,13 bc	12,87 ab	2,30 abc	5,87 bc
	BPF	27,27 a	14,17ab	2,66 ab	5,43 bcde
	FPF	25,93 ab	14,78 a	2,59 abc	6,30 ab
KK (%)	-	17,33	15,70	21,63	16,30

Keterangan: Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada α 5%; MPF = mikroba pelarut posfat; BPF = *Burkholderia ambifaria*; FPF = *Aspergillus niger*; KK = koefisien keragaman

Notes : The numbers in the same column followed by the same letter are not significantly different based on the Least Significant Difference (LSD) test at α 5%; MPF = phosphate solubilizing microbes; BPF = *Burkholderia ambifaria*; FPF = *Aspergillus niger*; KK = coefficient of variation

Tabel 3 menyajikan pengaruh interaksi antara amelioran dan MPF terhadap jumlah daun, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan nisbah tajuk/akar benih kakao umur 20 MST. Berdasarkan analisis statistik, antara inokulan *A. niger* dan *B. ambifaria*, keduanya memiliki kemampuan yang tidak berbeda nyata dalam mempengaruhi jumlah daun dan bobot kering tajuk pada seluruh perlakuan amelioran.

Keefektifan MPF dalam meningkatkan jumlah daun, bobot kering tajuk dan akar bergantung pada amelioran yang diberikan. Kedua inokulan dapat meningkatkan jumlah daun dan bobot kering tajuk pada media tanpa amelioran, amelioran pupuk organik, dan kombinasi pupuk organik dan arang secara nyata maupun tidak nyata. Inokulasi MPF pada media dengan arang menghasilkan jumlah daun dan bobot kering tajuk yang lebih rendah dibanding perlakuan arang tanpa inokulasi. Hal tersebut menunjukkan bahwa inokulasi MPF tidak efektif terhadap tanaman dalam media arang. Hasil penelitian ini mendukung hasil penelitian lainnya yang dilaporkan oleh Hale (2014) bahwa aplikasi arang kayu pinus sebagai amandemen bersama inokulasi mikroba PGPR UW5 menghasilkan jumlah daun, tinggi tanaman, bobot tanaman, dan bobot akar yang tidak berbeda nyata dengan aplikasi arang tanpa inokulasi. Hale (2014) juga menjumpai arang tidak meningkatkan kolonisasi bakteri pada akar, namun demikian dia berpendapat bahwa ada kemungkinan kombinasi arang

dengan strain PGPR lainnya dapat memberikan keuntungan bagi perkembangan tanaman. Keefektifan MPF terhadap pertumbuhan tanaman sangat bergantung pada tingkat daya tahan hidup dan tingkat kolonisasi MPF di rhizosfer dan kompetisi dengan mikroba asli di rhizosfer dan tanah, serta faktor sifat tanah dan tekanan abiotik (Adhya et al., 2015).

Bobot kering akar meningkat secara nyata dibanding kontrol pada perlakuan inokulasi *A. niger* pada media tanpa amelioran (Tabel 3). Hasil perhitungan nisbah tajuk/akar (T/A) menunjukkan bahwa kombinasi *A. niger* dengan pupuk organik baik tanpa maupun dengan arang, menghasilkan nisbah T/A yang nyata lebih tinggi dibandingkan kontrol (tanpa amelioran dan inokulan). Kombinasi *B. ambifaria* dengan pupuk organik juga nyata menghasilkan nisbah T/A lebih tinggi.

Perlakuan kombinasi pupuk organik dan arang dengan inokulasi *B. ambifaria*, atau *A. niger*, dapat direkomendasikan sebagai kombinasi terbaik, karena kedua kombinasi perlakuan tersebut dapat menghasilkan jumlah daun dan bobot kering tajuk benih kakao yang tinggi. Pada media dengan pupuk organik saja tanpa inokulan dapat meningkatkan jumlah daun dan bobot kering tajuk masing-masing sebesar 49,6% dan 67,2% dibandingkan control. Sementara pada media dengan kombinasi pupuk organik dan arang yang diberi inokulasi *B. ambifaria* atau *A. niger* dapat menghasilkan

peningkatan jumlah daun masing-masing sebesar 77,9% dan 69% dan peningkatan bobot tajuk masing-masing sebesar 93,6% dan 101,9% dibandingkan kontrol (Tabel 3).

Bobot kering tajuk dan akar juga dipengaruhi oleh interaksi perlakuan amelioran dan pupuk P (Tabel 4). Hasil uji ortogonal polinomial menunjukkan bahwa peningkatan dosis FA sampai 400 mg P/kg pada media tanpa pupuk organik, meningkatkan secara linier bobot kering tajuk dan akar. Pemberian FA pada media tanpa amelioran dan amelioran arang menghasilkan peningkatan bobot kering tajuk masing-masing dengan persamaan linier: $y = 0.012x + 6.943$, $R^2 = 0.974$ dan $y = 0.019x + 6.364$, $R^2 = 0.993$. Sedangkan peningkatan bobot kering akar oleh pemberian FA pada media tanpa amelioran dan amelioran arang masing-masing memiliki persamaan linier: $y = 0.002x + 1.877$, $R^2 = 0.957$ dan $y = 0.005x + 1.237$, $R^2 = 0.963$.

Pada media yang diberi pupuk organik, peningkatan dosis FA di atas 100 mg P/kg tidak menghasilkan peningkatan bobot benih (Tabel 4). Pemberian pupuk organik bersama pupuk P di atas 100 mg P/kg menghasilkan kadar P tersedia yang sangat tinggi dan dapat mengganggu penyerapan hara lainnya sehingga menurunkan pertumbuhan benih. Hasil ini mengindikasikan bahwa penggunaan pupuk organik dapat mengurangi penggunaan FA dari 400 menjadi 100 mg P/kg atau hanya 25% dari dosis awal. Tanaman yang diberi pupuk organik menghasilkan daun yang lebih banyak dan bobot tajuk lebih tinggi yang tidak dapat dicapai oleh perlakuan tanpa pupuk organik, walau dengan inokulasi MPF dan FA dosis tinggi. Hal tersebut karena pupuk organik dapat mencukupi hara

yang lebih lengkap dan perbaikan sifat lainnya seperti peningkatan pH dan penurunan Al-dd.

Respon bobot kering benih terhadap pemberian arang menunjukkan bahwa pemberian arang dengan FA pada dosis di atas 200 mg P/kg menghasilkan biomassa yang lebih besar dibanding perlakuan tanpa amelioran dan FA pada dosis sama. Hal tersebut menunjukkan bahwa apabila arang dan FA pada dosis tertentu diaplikasi bersama-sama lebih menguntungkan untuk perbaikan sifat tanah masam dan menunjang pertumbuhan tanaman.

Serapan Hara P, Ca, dan Mg Tajuk Benih Kakao

Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa serapan P, Ca dan Mg dalam tajuk dipengaruhi sangat nyata oleh interaksi amelioran dan pupuk P. Serapan P dan Mg juga dipengaruhi secara nyata oleh pemberian MPF.

Serapan P, Ca, dan Mg meningkat secara linier seiring dengan peningkatan dosis FA pada media tanpa amelioran dan amelioran arang (Tabel 5). Hal ini menunjukkan pupuk FA tidak hanya sebagai sumber P tetapi juga sebagai bahan yang memasok hara Ca dan Mg sehingga serapan ketiga hara tersebut dalam benih meningkat. Serapan hara yang dihasilkan oleh perlakuan FA pada media tanpa pupuk organik, masih lebih rendah dibandingkan pada media dengan pupuk organik. Pemberian arang dan FA pada dosis tinggi nampaknya bersinergi dalam menghasilkan serapan Ca dan Mg yang lebih tinggi dibanding tanpa amelioran. Arang tidak menghasilkan serapan P bibit yang lebih tinggi dibanding tanpa amelioran karena suplai P oleh arang termasuk rendah.

Tabel 4. Pengaruh interaksi amelioran dan pupuk P terhadap bobot kering tajuk dan akar benih kakao pada umur 20 minggu setelah tanam (MST)

Table 4. Effect of interaction between ameliorant and phosphate fertilizers on shoot and root dry weight of cacao seedlings at 20 weeks after planting (WAP)

Amelioran	Dosis FA (mg P/kg)				SP-36 400 mg P/kg	Kurva tanggap
	0	100	200	400		
..... Bobot kering tajuk (g/benih).....						
- Tanpa amelioran	6,83	8,56	8,98	11,87	9,42	Linier (+)
- P organik 10%	12,78	14,26	12,53	11,78	12,11	-
- Arang 4%	6,28	8,18	10,75	14,14	8,31	Linier (+)
- Arang 4% + P organik 10%	14,08	15,44	11,85	12,38	15,96	-
KK (%) 28,12					
..... Bobot kering akar (g/benih)						
- Tanpa amelioran	1,98	2,02	2,46	3,04	2,46	Linier (+)
- P organik 10%	2,28	2,68	2,09	1,75	2,50	-
- Arang 4%	1,36	1,54	2,50	3,46	1,62	Linier (+)
- Arang 4% + P organik 10%	2,67	2,89	2,04	2,11	2,88	-
KK (%) 40,84					

Kerangan: Kurva tanggap terhadap dosis fosfat alam (FA) berdasarkan uji Ortogonal polinomial; KK = koefisien keragaman

Notes : Response curve for phosphate rock (PR) dosage based on Polynomial orthogonal test; KK = coefficient of variation

Tabel 5. Pengaruh interaksi amelioran dan pupuk P terhadap serapan hara P, Ca, dan Mg dalam tajuk benih kakao pada umur 20 minggu setelah tanam (MST)

Table 5. Effect of interaction between ameliorant and P fertilizers to P, Ca, Mg uptake in shoot of cacao seedlings at 20 weeks after planting (WAP)

Amelioran	Dosis FA (mg P/kg)				SP-36400 mg P/kg	Kurva tanggap
	0	100	200	400		
..... Serapan P (mg/tajuk)						
- Tanpa amelioran	12,22	16,00	18,24	24,27	20,54	Linier (+)
- P organik 10%	43,26	46,19	40,90	37,95	43,86	-
- Arang 4%	9,29	11,06	18,26	23,29	18,60	Linier (+)
- Arang 4% + P organik 10%	39,27	46,02	36,22	45,22	55,90	-
KK (%) 36,14					
..... Serapan Ca (mg/tajuk)						
- Tanpa amelioran	9,66	21,83	21,99	43,35	18,30	Linier (+)
- P organik 10%	51,25	67,47	52,51	55,65	54,65	-
- Arang 4%	8,06	14,80	33,74	56,11	19,34	Linier (+)
- Arang 4% + P organik 10%	45,20	53,39	46,55	61,99	60,73	Linier (+)
KK (%) 36,22					
..... Serapan Mg (mg/tajuk)						
- Tanpa amelioran	11,68	17,70	16,11	22,69	16,45	Linier (+)
- P organik 10%	46,69	50,07	49,46	44,17	45,20	-
- Arang 4%	9,89	13,25	20,64	26,03	15,50	Linier (+)
- Arang 4% + P organik 10%	50,09	51,11	47,06	45,95	52,48	-
KK (%) 33,46					

Keterangan: Kurva tanggap terhadap dosis fosfat alam (FA) berdasarkan uji Ortogonal polinomial; KK = koefisien keragaman

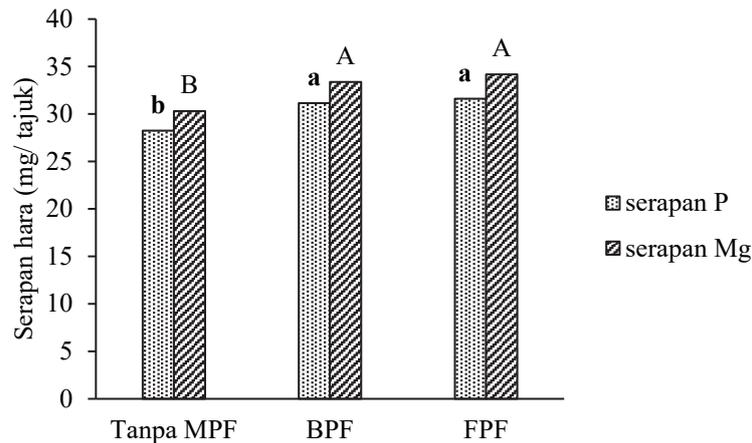
Notes : Response curve for phosphate rock (PR) dosage based on Polynomial orthogonal test; KK = coefficient of variation

Pemberian pupuk organik (tunggal maupun kombinasi) meningkatkan serapan P, Ca, dan Mg dalam tajuk benih kakao (Tabel 5). Media pupuk organik saja (tanpa pupuk P) menghasilkan peningkatan serapan P, Ca, dan Mg masing-masing sebesar 254%, 431%, dan 300%.

Pupuk organik berperan penting dalam pemenuhan hara P, Ca, dan Mg benih kakao dan meningkatkan efisiensi pemupukan pada tanah masam. Tanggap positif benih terhadap pemberian pupuk organik atau FA dalam meningkatkan serapan P, Ca, dan Mg jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol (tanpa amelioran dan pupuk P) menunjukkan bahwa ketersediaan P dan kejenuhan basa yang rendah pada tanah masam Jasinga merupakan faktor yang membatasi pertumbuhan dan serapan hara benih kakao. Peningkatan serapan P, Ca, dan Mg oleh pemberian

pupuk organik dan FA disebabkan oleh pengaruh langsung maupun tidak langsung. Kedua input tersebut secara langsung memasok hara P, Ca, dan Mg dalam tanah, dan peranan tidak langsung terhadap peningkatan serapan hara melalui penurunan Al-dd tanah yang meningkatkan perkembangan akar sehingga meningkatkan serapan ketiga hara tersebut, serta kecukupan hara-hara lainnya.

Serapan P dan Mg dalam tajuk meningkat nyata oleh pemberian inokulan *B. ambifaria* dan *A. niger* (Gambar 2). Hal ini juga dilaporkan oleh (Li, Hwang, Huang, & Huang, 2018) bahwa strain mikroba pelarut fosfat dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat dan serapan P, K, Ca, Mg, dan Mn melalui kemampuannya dalam memacu pertumbuhan yaitu pelarutan fosfat, produksi IAA, siderofor, dan antipatogen.



Gambar 2. Pengaruh mikrob pelarut fosfat (MPF) terhadap serapan P dan Mg tajuk benih kakao pada umur 20 minggu setelah tanam (MST); tanpa MPF = tanpa mikrob pelarut fosfat; BPF = *Burkholderia ambifaria*; FPF = *Aspergillus niger*
Figure 2. Effect of phosphate solubilizing microbes on P and Mg uptake in shoots of cacao seedlings at 20 weeks after planting (WAP); without MPF = without phosphate solubilizing microbes; BPF = *Burkholderia ambifaria*; FPF = *Aspergillus niger*

Tabel 6. Pengaruh amelioran, mikrob pelarut fosfat, dan pupuk P terhadap pH H₂O dan aktivitas fosfatase asam pada tanah masam
Table 6. Effect of ameliorant, phosphate solubilizing microbes, and P fertilizers on pH H₂O and acid phosphatase activity in acid soil

Perlakuan	pH H ₂ O	Aktivitas fosfatase asam (mg pNP/g/jam)
Amelioran:		
- Tanpa amelioran	3,75 b	0,32 d
- P organik 10%	4,27 a	0,87 a
- Arang 4%	3,57 c	0,40 c
- Arang 4% + P organik 10%	4,21 a	0,76 b
Mikrob Pelarut Fosfat (MPF):		
- Tanpa MPF	3,95	0,59
- BPF (<i>Burkholderia ambifaria</i>)	3,95	0,59
- FPF (<i>Aspergillus niger</i>)	3,95	0,58
Pupuk P:		
- Tanpa pupuk P	3,96	0,59
- FA 100 mg P/kg	3,95	ta
- FA 200 mg P/kg	3,94	0,60
- FA 400 mg P/kg	3,92	0,61
- SP-36 400 mg P/kg	3,97	0,55
KK (%)	24,66	20,93

Keterangan : Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada α 5%; ta = tidak dianalisis; FA = fosfat alam; KK = koefisien keragaman

Notes : The numbers in the same column followed by the same letter are not significantly different based on the Least Significant Difference (LSD) test at α 5%; ta = not analyzed; FA = phosphate rock; KK = coefficient of variation

Sifat Media Tanam Setelah Akhir Tanam

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian amelioran berpengaruh nyata terhadap pH dan aktivitas fosfatase asam media tanam. Pemberian pupuk organik 10% baik secara tunggal maupun dengan kombinasi arang meningkatkan pH tanah dan aktivitas fosfatase secara nyata lebih tinggi dibandingkan tanpa amelioran (Tabel 6). Pemberian pupuk organik meningkatkan pH tanah disebabkan karena penambahan kation basa, amonifikasi dan produksi NH₃ yang dihasilkan selama dekomposisi pupuk organik,

dekarboksilasi dari anion organik, adsorpsi spesifik dari bahan humat dan/atau molekul organik ke dalam hidroksida Al dan Fe sehingga melepaskan OH⁻ serta adanya pertukaran proton antara tanah dan bahan organik yang ditambahkan (Wong & Swift, 2001).

Aplikasi arang sekam padi 4% dapat meningkatkan aktivitas fosfatase asam dalam tanah tetapi menurunkan pH media hingga lebih rendah dibandingkan tanpa amelioran. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan netralisir kemasaman tanah oleh arang sekam padi hanya kecil dan bersifat sementara

akibat kandungan basa-basa dalam arang sudah tercuci dan adanya kapasitas buffer pada tanah yang besar. Penurunan pH oleh arang ini dapat disebabkan oleh produksi gugus fungsional asam akibat oksidasi arang (X.-H. Liu & Zhang, 2012).

Pada hasil penelitian ini juga dijumpai bahwa fosfat alam (FA) tidak menyebabkan perubahan pH seiring waktu dalam jangka waktu 20 minggu setelah aplikasi. Hasil ini mendukung hasil penelitian lainnya oleh (Opala, Okalebo, & Othieno, 2012) yang melaporkan bahwa pemberian fosfat alam tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah pada masa inkubasi 16 minggu.

Aktivitas fosfatase asam pada penelitian ini meningkat secara nyata oleh pemberian pupuk organik dan/atau arang. Enzim fosfatase merupakan enzim yang bertanggung jawab dalam proses hidrolisis dari fosfat yang terikat secara organik menjadi bentuk ion bebas, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Ketersediaan enzim fosfatase dihasilkan oleh mikroba tanah dan akar tanaman. Amelioran organik ini dapat merangsang mikroba tanah untuk memproduksi enzim fosfatase. Beberapa studi yang dilakukan dalam jangka pendek maupun jangka panjang juga melaporkan bahwa aplikasi kompos/pupuk organik dapat meningkatkan aktivitas fosfatase dalam tanah (C. H. Liu, Liu, Fan, & Kuang, 2013; Takeda, Nakamoto, Miyazawa, Murayama, & Okada, 2009).

Aplikasi arang juga dijumpai oleh beberapa peneliti dapat meningkatkan aktivitas fosfatase asam maupun basa (Akça & Namlı, 2015; Trupiano et al., 2017). Hal ini kemungkinan karena arang dapat meningkatkan populasi dan aktivitas mikroba. Namun

penambahan arang bersama pupuk organik justru menurunkan aktivitas fosfatase asam dibanding perlakuan pupuk organik saja. Arang mempengaruhi aktivitas enzim melalui stimulasi aktivitas mikroba atau mensorpsi substrat. Hasil penelitian Sasmita *et al.*, 2017b, kombinasi arang dan pupuk organik tidak menghasilkan peningkatan populasi mikroba dibanding media dengan pupuk organik saja sehingga kemungkinan aktivitas mikroba termasuk mikroba penghasil fosfatase juga tidak meningkat. Selain itu, adanya penyerapan substrat atau enzim oleh arang sekam padi menyebabkan penurunan aktivitas fosfatase pada media dengan kombinasi pupuk organik dan arang. Seperti yang dilaporkan oleh Swaine, Obrike, Clark, & Shaw (2013) bahwa pencampuran arang kayu pinus dan jerami *barley* dalam tanah yang sudah disterilkan menyebabkan penurunan yang signifikan dalam konsentrasi substrat dan produk enzim fosfatase yang terekstrak.

Pengaruh interaksi amelioran dan pupuk P terhadap kadar P tersedia dan Al-dd tanah setelah tanam disajikan pada Tabel 7. Pemupukan SP-36 pada beberapa jenis amelioran menghasilkan P tersedia tanah yang lebih rendah dibanding FA pada dosis yang sama, kecuali pada amelioran pupuk organik. Hal tersebut dapat terjadi karena tingkat ketersediaan P dari FA yang cukup tinggi di kondisi masam, dan kemungkinan adanya penurunan fiksasi P oleh Al akibat pemberian FA. Pupuk organik 10% dari limbah kulit kakao dilaporkan dapat meningkatkan ketersediaan P tanah menjadi status P sangat tinggi, serta meningkatkan kadar hara lainnya dan menurunkan Al-dd tanah (Sasmita, Anas, Anwar, Yahya, & Djajakirana, 2017).

Tabel 7. Pengaruh interaksi amelioran dan pupuk P terhadap kadar P tersedia dan Al dapat ditukar pada tanah masam
 Table 7. Effect of interaction between ameliorant and P fertilizers on available P and exchangeable Al in acid soil

Amelioran	Dosis FA (mg P/kg)				SP-36 400 mg P/kg	Kurva tanggap
	0	100	200	400		
..... Kadar P tersedia (mg P/kg)						
- Tanpa amelioran	1,91	16,36	52,74	141,70	97,78	Linier (+)
- P organik 10%	97,89	108,67	147,93	204,45	217,11	Linier (+)
- Arang 4%	8,78	29,22	54,74	156,51	120,53	Linier (+)
- Arang 4% + P organik 10%	124,01	153,54	183,84	246,25	221,13	Linier (+)
KK (%)31,00					
..... Al dapat ditukar (cmol(+)/kg)						
- Tanpa amelioran	19,17	18,52	17,51	14,22	16,78	Linier (-)
- P organik 10%	4,70	5,06	3,77	2,09	3,63	Linier (-)
- Arang 4%	18,51	18,28	17,04	16,28	18,64	Linier (-)
- Arang 4% + P organik 10%	3,85	3,50	2,85	2,33	3,73	Linier (-)
KK (%)12,21					

Keterangan: Kurva tanggap terhadap peningkatan dosis fosfat alam (FA) berdasarkan uji Ortogonal polinomial; KK = koefisien keragaman

Notes : Response curve for phosphate rock (PR) dosage based on polynomial orthogonal test; KK = coefficient of variation

Aplikasi pupuk organik 10% pada media benih dapat meningkatkan ketersediaan P tanah menjadi sangat tinggi (97,89 mg P/kg) sehingga dapat mengurangi kebutuhan pupuk P untuk benih kakao. Pemberian pupuk organik meningkatkan P tersedia melalui mekanisme diantaranya suplai P langsung dari pupuk organik melalui proses mineralisasi fraksi P organik dan penurunan kapasitas adsorpsi P tanah melalui kombinasi Fe, Al, atau Ca dengan senyawa humat atau asam organik yang dilepaskan oleh proses dekomposisi bahan organik. Penurunan adsorpsi P juga dapat disebabkan karena tapak adsorpsi P ditempati oleh P organik terutama asam fitat, atau oleh ion P anorganik yang dilarutkan dari pupuk organik atau dilepaskan oleh mineralisasi fraksi P organik, dan karena muatan permukaan pada koloid tanah bervariasi setelah kompos diaplikasikan akibat perubahan pH tanah (Chen, Wu, & Huang, 2001).

Peningkatan dosis FA meningkatkan secara linier kadar P tersedia. Pemberian FA pada dosis 100 - 400 mg P/kg menghasilkan P tersedia tanah berkisar antara 16,36 - 141,70 mg P/kg meningkat dari kondisi kontrol 1,91 mg P/kg. Pemberian arang meningkatkan ketersediaan P dibanding kontrol. Dalam penelitian ini kemungkinan mekanisme yang terjadi adalah arang menyuplai langsung P dari abu yang terkandung dalam arang, serta arang dapat mempengaruhi aktivitas kation yang berinteraksi dengan P (Cui *et al.* 2011). Penelitian Parvage, Ullén, Eriksson, Strock, & Kirchmann (2013), menunjukkan bahwa arang mempengaruhi retensi-adsorpsi P pada tapak pengikatan P dan pengendapan P melalui dua mekanisme yaitu: kation Ca^{2+} dan Mg^{2+} yang ditambahkan arang dan arang bertindak sebagai sink atau sumber P ketika diaplikasikan dalam jumlah yang tinggi. Pada penelitian ini, pemberian arang dalam kombinasinya dengan pupuk organik dan berbagai dosis FA menghasilkan P tersedia yang lebih tinggi dibandingkan dengan amelioran pupuk organik tanpa arang. Hal tersebut menunjukkan bahwa arang berperan dalam meningkatkan ketersediaan P dari pupuk organik atau mencegah fiksasi P yang terlepas dari pupuk organik.

Peningkatan dosis FA menurunkan secara linier Al-dd pada semua perlakuan amelioran. Fosfat alam (FA) mengandung Ca dan Mg yang potensial mengurangi kejenuhan Al melalui pengaruh pengapuran (Opala *et al.*, 2012). Penurunan Al-dd oleh FA pada media tanpa pupuk organik masih menghasilkan Al-dd yang tinggi. Pengaruh negatif dari tingginya kelarutan Al terhadap tanaman kakao dilaporkan oleh Baligar & Fageria (2005). Amelioran pupuk organik menurunkan Al-dd media tanam menjadi status rendah. Penurunan Al-dd ini dihasilkan melalui reaksi kimia antara gugus fungsional bermuatan negatif dari molekul organik

dengan kation Al polivalen dalam larutan sehingga mengurangi kelarutannya melalui flokulasi atau pengikatan Al ke tapak pertukaran bermuatan negatif (Khoi, Guong, Trung, & Nilsson, 2010). Oleh karena pemberian pupuk organik sangat penting dalam mengatasi kejenuhan Al dalam tanah yang tinggi. Seperti halnya pH, pemberian arang juga tidak berhasil menurunkan Al-dd media tanam setelah pembenihan, hal ini juga menunjukkan bahwa arang sekam padi memiliki pengaruh pengapuran yang bersifat sementara (jangka pendek).

KESIMPULAN

Pemberian amelioran berupa pupuk organik 10% tanpa pupuk P dapat meningkatkan tinggi benih sebesar 23,3%, dan meningkatkan serapan P, Ca, dan Mg dalam tajuk masing-masing sebesar 254%, 431%, dan 300%. Sementara amelioran berupa pupuk organik 10% tanpa inokulan meningkatkan jumlah daun sebesar 49,6% dan bobot kering tajuk sebesar 67,2%. Pemberian amelioran berupa arang sekam padi 4% dikombinasikan dengan pupuk organik 10% yang ditambah mikrob pelarut fosfat (MPF) berupa inokulan *Burkholderia ambifaria* (BPF) atau *Aspergillus niger* (FPF) meningkatkan jumlah daun masing-masing sebesar 77,9% dan 69%, serta meningkatkan bobot kering tajuk masing-masing sebesar 93,6% dan 101,9%. Aplikasi amelioran berupa arang sekam padi secara tunggal meningkatkan aktivitas fosfatase asam pada media tanam, sedangkan pemberian amelioran berupa pupuk organik secara tunggal meningkatkan pH, aktivitas fosfatase asam, dan P tersedia serta menurunkan Al-dd dalam media tanam. Pemberian amelioran dikombinasikan dengan MPF dapat mengurangi kebutuhan pupuk P, memacu pertumbuhan tanaman dan memperbaiki sifat tanah sehingga mendukung sistem budidaya tanaman yang ramah lingkungan di tanah masam.

Pemberian pupuk berupa fosfat alam (FA) pada media tanpa pupuk organik meningkatkan bobot kering tajuk dan bobot kering akar benih kakao, serta serapan P, Ca, dan Mg dalam tajuk secara linier sejalan dengan peningkatan dosis FA hingga 400 mg P/kg. Pemberian pupuk berupa FA meningkatkan kadar P tersedia dan menurunkan Al-dd dalam media tanam secara linier sejalan dengan peningkatan dosis FA.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Kurnia Dewi Sasmita (kontributor utama)
2. Iswandi Anas (kontributor anaggota)
3. Syaiful Anwar (kontributor anggota)
4. Sudirman Yahya (kontributor anggota)
5. Gunawan Djajakirana (kontributor anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Adhya, T. K., Kumar, N., Reddy, G., Podile, A. R., Bee, H., & Samantaray, B. (2015). Microbial mobilization of soil phosphorus and sustainable P management in agricultural soils. *Current Science*, 108(7), 1280–1287.
- Akça, M. O., & Namlı, A. (2015). Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian J Soil Sci*, 4(3), 161–168.
- Awais, M., Tariq, M., Ali, A., Ali, Q., Khan, A., Tabassum, B., Husnain, T. (2017). Isolation, characterization and inter-relationship of phosphate solubilizing bacteria from the rhizosphere of sugarcane and rice. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 11, 312–321.
- Baligar, V. C., & Fageria, N. K. (2005). Soil aluminum effects on growth and nutrition of cacao. *Soil Sci. Plant Nutr*, 51(5), 709–713.
- Castro-gonzález, R., Martínez-aguilar, L., Ramírez-trujillo, A., los Santos, P. E., & Caballero-Mellado, J. (2011). High diversity of culturable *Burkholderia* species associated with sugarcane. *Plant Soil*. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-0768-0>
- Ch'ng, H. Y., Ahmed, O. H., & Majid, N. M. A. (2014). Improving phosphorus availability in an acid soil using organic amendments produced from agroindustrial wastes. *The Scientific World Journal*, 2014, 6 p. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1155/2014/506356>
- Chen, J., Wu, J., & Huang, W. (2001). *Effects of compost on the availability of nitrogen and phosphorus in strongly acidic soils*. FFTC.
- Cui, H.J., Wang, M.K., Fu, M.L., & Ci, E. (2011). Enhancing phosphorus availability in phosphorus-fertilized zones by reducing phosphate adsorbed on ferrihydrite using rice straw-derived biochar. *J Soils Sediments*. 11(7):1135-1141.
- de Aquino, S. T. M., dos Santos, R. F., & Batista, K. D. (2019). Nutritional deficiency symptoms of young 'cedro doce' plants grown under macronutrient omission. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 23(4), 264–270. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v23n4p264-270>
- Djuniwati, S., Nugroho, B., & Pulunggono, H. B. (2012). *The changes of P-fractions and solubility of phosphate rock in ultisol treated by organic matter and phosphate rock*. 17(3), 203–210. <https://doi.org/10.5400/jts.2012.17.3.203>
- Hale, L. E. (2014). *Biochar and plant growth promoting rhizobacteria as soil amendments*. Electronic Theses and Dissertations UC Riverside.
- Khoi, C. M., Guong, V. T., Trung, P. N. M., & Nilsson, S. I. (2010). Effects of compost and lime amendment on soil acidity and N availability in acid sulfate soil. *World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World*, (1-6 August), 52–55.
- Li, Y., Hwang, S., Huang, Y., & Huang, C. (2018). Effects of *Trichoderma asperellum* on nutrient uptake and Fusarium wilt of tomato. *Crop Protection*, 110, 275–282. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.03.021>
- Liu, C. H., Liu, Y., Fan, C., & Kuang, S. Z. (2013). The effects of composted pineapple residue return on soil properties and the growth and yield of pineapple. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13(2), 433–444.
- Liu, X.-H., & Zhang, X.-C. (2012). Effect of biochar on pH of alkaline soils in the loess plateau: results from incubation experiments. *International Journal of Agriculture & Biology*, 14(5), 745–750.
- Margesin, R. (1996). Acid and alkaline phosphomonoesterase activity with the substrate p-nitrophenyl phosphate. In F. Schinner, R. Öhlinger, E. Kandeler, & M. R (Eds.), *Methods in Soil Biology* (pp. 213–215). Berlin, DE: Springer Press.
- Marschner, H. (1993). *Mineral nutrition of higher plants*. London, GB: Academic Press Inc.
- Nath, D., Maurya, B. R., & Vijay, S. M. (2017). Documentation of five potassium- and phosphorus-solubilizing bacteria for their K and P-solubilization ability from various minerals. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 10, 174–181.
- Nenwani, V., Doshi, P., Saha, T., & Rajkumar, S. (2010). Isolation and characterization of a fungal isolate for phosphate solubilization and plant growth promoting activity. *Journal of Yeast and Fungal Research*, 1(1), 009–014.
- Opala, P. A., Okalebo, J. R., & Othieno, C. O. (2012). Effects of organic and inorganic materials on soil acidity and phosphorus availability in a soil incubation study. *ISRN Agronomy*, 2012, 10 p. <https://doi.org/10.5402/2012/597216>
- Parani, K., & Saha, B. K. (2012). Prospects of using phosphate solubilizing pseudomonas as bio fertilizer. *European Journal of Biological Sciences*, 4(2), 40–44. <https://doi.org/10.5829/idosi.ejbs.2012.4.2.63117>

- Parvage, M. M., Ullén, B., Eriksson, J., Strock, J., & Kirchmann, H. (2013). Phosphorus availability in soils amended with wheat residue char. *Biology and Fertility of Soils*, 49(2), 245–250. <https://doi.org/10.1007/s00374-012-0746-6>
- Rahardjo, P. (2011). *Menghasilkan benih dan bibit kakao unggul*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sasmita, K. D., Anas, I., Anwar, S., Yahya, S., & Djajakirana, G. (2017). Application of biochar and organic fertilizer on acid soil as growing medium for cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 36(5), 261–273.
- Sasmita, K. D., Anwar, S., Yahya, S., & Djajakirana, G. (2017). Pengaruh pupuk organik dan arang hayati terhadap kualitas media pembibitan dan pertumbuhan kakao. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 4(2), 107–120.
- Shen, J., Yuan, L., Zhang, J., Li, H., Bai, Z., Chen, X., ... Zhang, F. (2011). Phosphorus Dynamics : From Soil to Plant 1. *Plant Physiology*, 156, 997–1005. <https://doi.org/10.1104/pp.111.175232>
- Suparno, A. (2008). *Tanggap morfofisiologi bibit kakao yang diberi Fosfat Alam Ayamaru Papua, asam humat, inokulasi FMA, dan bakteri pelarut fosfat*. (Disertasi, Institut Pertanian Bogor).
- Swaine, M., Obriake, R., Clark, J. M., & Shaw, L. J. (2013). Biochar alteration of the sorption of substrates and products in Soil Enzyme Assays. *Applied and Environmental Soil Science*, 2013, 5p. <https://doi.org/10.1155/2013/968682>
- Takeda, M., Nakamoto, T., Miyazawa, K., Murayama, T., & Okada, H. (2009). Phosphorus availability and soil biological activity in an Andosol under compost application and winter cover cropping. *Applied Soil Ecology*, 42, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2009.02.003>
- Trupiano, D., Coccozza, C., Baronti, S., Amendola, C., Vaccari, F. P., Lustrato, G., ... Scippa, G. S. (2017). The effects of biochar and its combination with compost on lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth, soil properties, and soil microbial activity and abundance. *International Journal of Agronomy*, 2017, 12p.
- Wessel, M. (1985). Shade and nutrition. In G. A. R. Wood & R. A. Las (Eds.), *Cocoa* (pp. 166–194). London, GB: Longman Group Ltd.
- Whitelaw, M. A., Harden, T. J., & Helyar, K. R. (1999). Phosphate solubilisation in solution culture by the soil fungus *Penicillium radicum*. *Soil Biology and Biochemistry*, 31, 655–665.
- Wong, M. T. F., & Swift, R. S. (2001). Application of fresh and humified organic matter to ameliorate soil acidity. In R. S. S. and K. M. Spark (Ed.), *Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Waters*.
- Yuan, J., Huang, L., Zhou, N., Wang, H., & Niu, G. (2017). Fractionation of inorganic phosphorus and aluminum in red acidic soil and the growth of *Camellia oleifera*. *HortScience*, 52(9), 1293–1297. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI12189-17>
- Zhao, K., Penttinen, P., Zhang, X., Ao, X., Liu, M., Yu, X., & Chen, Q. (2014). Maize rhizosphere in Sichuan, China, hosts plant growth promoting *Burkholderia cepacia* with phosphate solubilizing and antifungal. *Microbiological Research*, 169(1), 76–82. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2013.07.003>

MITRA BESTARI
JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR
VOLUME 7 NOMOR 1 2020

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

Institut Pertanian Bogor
Pascapanen Pertanian

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

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Entomologi

Prof. Dr. Ir. Nur Richana, M.Si

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian
Teknologi Pascapanen

Prof (R). Ir. Nurindah, Ph.D.

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Entomologi

Ir. Octivia Trisilawati, M.Sc

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman

Dr. Ir. Oti Rostiana, M.Sc

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman

Dr. Ir. Yulia Pujiharti, M.Si.

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Lampung
Sistem Usaha Pertanian

Dr. Ika Roostika Tambunan, S.P.,b M.Si

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian

Dr. Ir. Joko Pitono

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman

Dr. Ir. Muchamad Yusron, M.PHIL

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banten
Budidaya Tanaman

KETENTUAN PENULISAN NASKAH JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

CAKUPAN

Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar (JTIDP) adalah *peer-reviewed open access* jurnal yang menerbitkan hasil penelitian tanaman industri (karet, makadamia, iles-iles, kemiri, melinjo, kemiri sunan) dan tanaman penyegar (kopi, kakao, teh, asam, cola) yang belum pernah dipublikasikan sebelumnya.

Lingkup **Jurnal Tanaman Industri Dan Penyegar (JTIDP)** adalah:

1. Lingkup bidang ilmu/keilmuan: Pertanian Mikrobiologi, Sosial-Ekonomi Pertanian, Agronomi, Bioteknologi Tanaman, Pemuliaan Tanaman, Perlindungan Tanaman, Fisiologi Tanaman, Ilmu Tanah, Teknologi Benih
2. Lingkup tanaman komoditas utama: karet, kopi, kakao, teh, kemiri sunan
3. Lingkup tanaman komoditas sekunder: makadamia, melinjo, asam, iles-iles, kola, kemiri

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 melalui portal *Open Journal System* dengan alamat:

<http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/bultri>

Pengiriman naskah disertai surat pengantar dari kepala unit dan *Ethical Statement*, serta *Copyright Transfer Agreement* jika naskah disetujui terbit.

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.

Kontribusi Penulis: Menjelaskan kontribusi penulis pada tulisan ini dengan menyebutkan pembagian porsi masing-masing penulis sebagai kontributor utama atau kontributor anggota.

Daftar Pustaka: Jumlah pustaka minimal sepuluh dan 80% berasal dari sumber acuan primer, serta dianjurkan terbitan lima tahun terakhir. Penyusunan daftar pustaka wajib menggunakan aplikasi manajemen referensi seperti *Mendeley* atau *Endnote*. 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 penayang terhadap persentase tanaman berbuah tanaman kopi Arabika umur 9 bulan

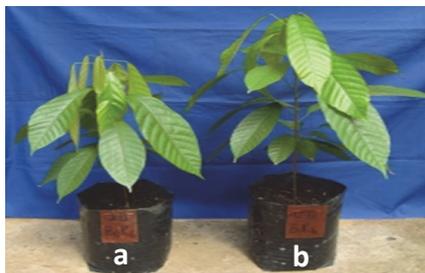
Table 1. Effect of various shading trees on percentage of fruit set of coffee at 9 months old

Jenis tanaman penayang	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

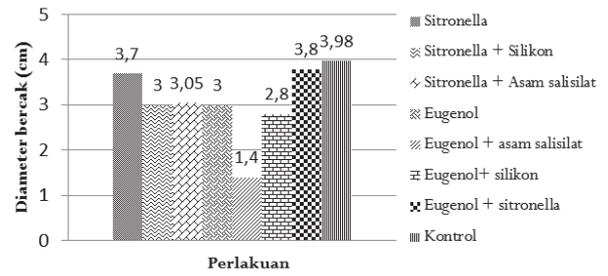
Contoh penampilan gambar/foto:



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

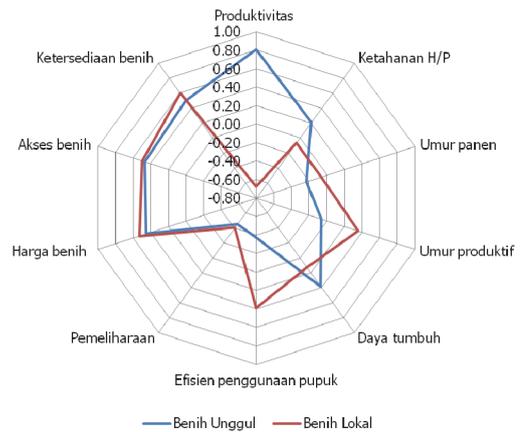
Figure 1. Growth of hybrid cacao seedlings: (a) without treatment and (b) with seed treatment and planting medium

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