

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

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**

Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 7, Nomor 2, Juli 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 2, Juli 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 Novariant, 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. Riza Arief Putranto, Ph.D**
Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri
Indonesia
Budidaya Tanaman
- 33. Prof. (R). Ir. Nurindah, Ph.D.**
Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Entomologi
- 34. Dr. Ir. Muchamad Yusron, M.PHIL**
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banten
Budidaya Tanaman
- 35. Prof. (R). Dr. Ir. Fahmuddin Agus, M.Sc**
Balai Penelitian Tanah
Konservasi Tanah dan Air
- 36. Reflinur, SP., MSi., Ph.D**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi
- 37. Dr. Ir. Nurliani Bermawie**
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman
- 38. Dr. Ir. I Ketut Ardana, M.Si**
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Perkebunan
Sosial Ekonomi Pertanian
- 39. Dr. Ika Roostika Tambunan, S.P.,b M.Si**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian
- 40. Dr. Dra. Dwinita Wikan Utami, M.Si.**
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian
- 41. Dr. Chaireni Martasari, SP. M.Si**
Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah
Subtropika
Pemuliaan Tanaman dan Bioteknologi
- 42. Dr. Drs. Iwa Mara Trisawa, M.Si**
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Perkebunan
Entomologi

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 2 Tahun 2020 ini menyajikan 6 artikel: 3 artikel kopi di bidang pasca panen, 1 artikel kopi di bidang agronomi, 1 artikel kopi di bidang proteksi tanaman, serta 1 artikel teh 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 2, Juli 2020

Penampilan Fenotipik, Keragaman, dan Heritabilitas Sembilan Genotipe Teh [<i>Camellia sinensis</i> (L.) O. Kuntze] (Ilham Nur Ardhi Wicaksono, Budi Martono)	53-60
Pengaruh Metode Pengolahan dan Suhu Penyangraian terhadap Karakter Fisiko-Kimia Kopi Robusta (Nanda Supriana, Usman Ahmad, Samsudin, Eko Heri Purwanto)	61-72
Karakterisasi Morfologi, Anatomi, dan Fisiologi Tujuh Klon Unggul Kopi Robusta (Sakiroh, Meynarti Sari Dewi Ibrahim)	73-82
Analisis Mutu Fisik dan Citarasa Kopi Indikasi Geografis Arabika Gayo Berdasarkan Ketinggian Tempat (Pembina Purba, Anggoro Cahyo Sukartiko, Makhmudun Ainuri)	83-92
Keefektifan Bioinsektisida Berbasis Cendawan Entomopatogen <i>Talaromyces pinophilus</i> dan Minyak Nabati terhadap Hama Penggerek Buah Kopi (Khaerati Khaerati, Gusti Indriati, Edi Wardiana)	93-108
Analisis Kelayakan Usaha Produksi Biji Kopi Sangrai dan Jasa Penyangraian: Studi Kasus pada Java Sumedang Coffee (Ahmad Thoriq, Rizky Mulya Sampurno, Luthfie Hafidz Imaduddin)	109-118

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
Volume 7, Nomor 2, Juli 2020

**PENAMPILAN FENOTIPIK, KERAGAMAN, DAN HERITABILITAS
SEMBILAN GENOTIPE TEH [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]**

***PHENOTYPIC PERFORMANCE, VARIABILITY AND HERITABILITY OF
NINE GENOTYPES OF TEA [*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze]***

* Ilham Nur Ardhi Wicaksono, Budi Martono

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
*ilham_ardhi80@yahoo.com

(Tanggal diterima: 4 Desember 2019, direvisi: 30 Maret 2020, disetujui terbit: 29 April 2020)

ABSTRAK

Nilai duga keragaman genotipe, keragaman fenotipe, dan keragaman lingkungan, serta heritabilitas memiliki peranan penting dalam kegiatan pemuliaan tanaman teh dalam upaya merakit varietas unggul. Tujuan penelitian adalah mengetahui penampilan fenotipik, keragaman genotipe dan fenotipe, serta nilai heritabilitas sembilan genotipe teh. Penelitian dilaksanakan di blok Pemandangan, Unit Perkebunan Tambi Wonosobo, Jawa Tengah, mulai bulan April 2013 sampai April 2014. Penelitian disusun menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 9 perlakuan genotipe teh dan 3 ulangan. Ke-9 perlakuan tersebut adalah 2 genotipe teh hasil persilangan (GMB 3 dan GMB 4), 2 genotipe hasil introduksi (TRI 2024 dan TRI 2025), dan 5 genotipe lokal hasil seleksi (Cin 143, Kiara 8, RB 3, Tambi 1, dan Tambi 2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa genotipe GMB 3 memiliki ukuran yang lebih tinggi dibanding genotipe lainnya dalam karakter panjang peko, panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun, dan panjang ruas daun, sedangkan genotipe Tambi 2, GMB 3 dan GMB 4 tinggi pada bobot segar P+2 dan P+3. Genotipe GMB 4 memiliki produksi pucuk segar lebih tinggi daripada genotipe lainnya, tetapi tidak berbeda dengan GMB 3 dan RB 3. Keragaman genotipe dan fenotipe yang luas dijumpai pada karakter panjang daun dan produksi pucuk segar, sedangkan nilai duga heritabilitas yang tinggi terdapat pada semua karakter yang diuji. Seleksi terhadap karakter panjang daun dan produksi pucuk segar akan efektif karena kedua karakter tersebut memiliki keragaman genotipe dan heritabilitas yang tinggi.

Kata kunci: Karakter kuantitatif; parameter genetik; ragam fenotipe; ragam genotipe; seleksi

ABSTRACT

The estimated value of genotype variability, phenotype variability, environmental variability, and heritability have an important role in breeding activities of tea in order to create the superior varieties. The objective of this study was to investigate the phenotypic performance, genotype and phenotype variation, and heritability value of nine genotypes of tea. The study was conducted at Pemandangan block, Tambi Plantation Unit, Wonosobo, Central Java, from April 2013 until April 2014. The Randomized Complete Block Design (RBD) with nine treatments and three replications was used in this study. The 9th of treatments consisted of 2 genotypes of tea resulting from a cross (GMB 3 and GMB 4), 2 introduced genotypes (TRI 2024 and TRI 2025), and 5 local genotypes resulting from selection (Cin 143, Kiara 8, RB 3, Tambi 1, and Tambi 2). The results showed that the genotype of GMB 3 more higher than other genotypes in pecco length, leaf length, leaf width, length of leaf stalk, and length of leaf internodes characters, whereas Tambi 2, GMB 3, and GMB 4 more higher in fresh weight of P+2 and P+3. The production of fresh shoot of GMB 4 more higher than the other genotypes, but not significant with GMB 3 and RB 3. The leaf length and fresh shoot production characters has a wide of genotype and phenotype variability, whereas the high of heritability value were found in all characters observed. The selection based on leaf length and fresh shoot production characters will be effective because both characters have a high genotypes variability and heritability.

Keywords: Genetic parameter; genotype variance; phenotype variance; quantitative character; selection

PENDAHULUAN

Teh merupakan salah satu minuman penyegar yang banyak diminati masyarakat. Selain sebagai bahan minuman, teh juga banyak dimanfaatkan untuk kosmetika dan obat-obatan. Produksi teh di Indonesia selama 10 tahun terakhir (2009–2019) cenderung berfluktuasi. Produksi teh nasional tertinggi terjadi pada tahun 2009 sebesar 156,901 ton, namun pada tahun 2015 turun menjadi 132,615 ton dan pada tahun 2019 menjadi 141,252 ton. Produktivitas nasional per hektar masih dibawah 1.300 kg/tahun (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019). Kondisi ini memengaruhi produksi teh Indonesia yang masih rendah jika dibandingkan dengan Cina (2.414.802 ton), India (1.252.174 ton), Kenya (473.000 ton), Srilanka (349.308 ton), dan Turki (243.000 ton) (FAOSTAT, 2016).

Salah satu upaya untuk meningkatkan produktivitas teh adalah melalui program *replanting* dengan mengganti tanaman tua dengan klon baru yang secara genotipe memiliki potensi hasil lebih baik. Untuk mendukung program *replanting* maka penemuan bahan tanaman unggul harus dilakukan secara berkala dan berkesinambungan melalui kegiatan pemuliaan tanaman. Syukur, Sujiprihati, & Yunianti (2012) menyatakan bahwa langkah awal bagi setiap program pemuliaan tanaman adalah mengoleksi berbagai genotipe atau plasma nutfah dengan keragaman genetik luas yang kemudian dapat dimanfaatkan sebagai sumber gen untuk mendapatkan genotipe yang diinginkan. Lebih lanjut Rahadi, Khomaeni, Chaidir & Martono (2016) mengatakan bahwa keberhasilan persilangan buatan ditentukan oleh pemilihan tetua sebagai sumber gen dan tingkat kekerabatan genetiknya. Oleh karena itu, koleksi plasma nutfah perlu dilestarikan, dikarakterisasi, dan dievaluasi sehingga dapat digunakan dalam kegiatan pemuliaan. Koleksi plasma nutfah dapat berasal dari hasil introduksi dan koleksi lokal.

Karakter teh unggul merupakan karakter-karakter yang mendukung hasil tinggi, kualitas baik, tahan terhadap cekaman biotik dan abiotik. Keberhasilan usaha tersebut sangat ditunjang oleh kemampuan pemulia untuk memisahkan genotipe-genotipe superior dalam tahapan seleksi. Pada setiap tahapan dilakukan seleksi secara visual berdasarkan fenotipe dan parameter genetik. Koefisien keragaman genotipe dan heritabilitas merupakan salah satu pengukur potensi genetik. Nilai koefisien keragaman genotipe dapat memberi informasi mengenai keragaman genotipe dari suatu tanaman sehingga dapat diketahui tingkat keluasan dalam pemilihan genotipe. Melalui informasi heritabilitas, pemulia dapat menentukan sejauh mana intensitas seleksi yang dilakukan untuk

memisahkan pengaruh lingkungan terhadap fenotipe suatu tanaman (Zehra *et al.*, 2017).

Salah satu perkebunan teh di Indonesia adalah Perkebunan Tambi. Perkebunan ini merupakan salah satu Unit Perkebunan teh di Jawa Tengah. Unit Perkebunan Tambi berada pada ketinggian 800–2000 m di atas permukaan laut (dpl). Menurut Schmidt-Ferguson, Unit Perkebunan Tambi memiliki tipe iklim B. Rata-rata curah hujan sepuluh tahun terakhir (2005–2014) $\pm 3.119,40$ mm/tahun. Suhu berkisar 10°C–23°C dengan kelembaban udara 70%–90%, sehingga dengan kondisi geografis tersebut sangat mendukung untuk pertumbuhan tanaman teh. Pertumbuhan tanaman yang baik dan produksi teh tinggi merupakan target perkebunan agar mendapatkan keuntungan yang besar. Oleh karena itu, pemilihan genotipe unggul diperlukan untuk mendapatkan produksi tinggi yang biasanya didasarkan atas penampilan fenotipik.

Bahan tanam yang ada di Unit Perkebunan Tambi berasal dari *seedling* dan klon. Klon yang ditanam diantaranya GMB 3, GMB 4, GMB 7, TRI 2024, TRI 2025, RB 3, Kiara 8, dan Cin 143. Selain itu, ditanam juga Tambi 1 dan Tambi 2 yang merupakan klon hasil seleksi dari individu pohon tunggal di Unit Perkebunan Tambi (Kementan, 2018a, 2018b). Klon tersebut biasanya digunakan sebagai pencampur atau 'sauce' untuk teh hitam, disamping sebagai bahan baku untuk teh hijau.

Informasi mengenai penampilan fenotipik dan parameter genetik dari klon GMB 3, GMB 4, TRI 2024, TRI 2025, Tambi 1, Tambi 2, RB 3, Kiara 8, dan Cin 143 belum diketahui, sehingga penelitian ini perlu untuk dilakukan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui penampilan fenotipik, keragaman genotipe dan fenotipe, serta nilai heritabilitas sembilan genotipe teh. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar untuk program pemuliaan berikutnya dalam upaya merakit varietas unggul baru.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di blok Pemandangan, Unit Perkebunan Tambi Wonosobo, Jawa Tengah, mulai bulan April 2013 sampai April 2014. Lokasi penelitian berada pada ketinggian tempat 1.800 m dpl dan jenis tanah Andosol, pada areal tanaman teh produktif yang berumur 4 tahun setelah pemangkasan.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga ulangan. Genotipe yang diuji terdiri dari sembilan genotipe teh, empat genotipe

diantaranya sudah dilepas yaitu GMB 3, GMB 4, Tambi 1, dan Tambi 2. Kesembilan genotipe tersebut terdiri dari genotipe hasil persilangan (GMB 3 dan GMB 4), 2 genotipe hasil introduksi (TRI 2024 dan TRI 2025), dan 5 genotipe lokal hasil seleksi (Cin 143, Kiara 8, RB 3, Tambi 1, dan Tambi 2), masing-masing genotipe ditanam dengan jarak tanam 120 cm x 70 cm. Jumlah tanaman masing-masing genotipe pada setiap ulangan adalah 20 individu. Karakter kuantitatif yang diamati meliputi panjang peko (cm), panjang daun (cm), lebar daun (cm), panjang tangkai daun (cm), bobot segar P+2 (g), bobot segar P+3 (g), panjang ruas daun (cm), dan produksi pucuk segar tahun pangkas ke-4 (g). Prosedur pengamatan mengacu pada deskriptor untuk teh (IPGRI, 1997).

Rata-rata dari 20 tanaman per genotipe dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova) dengan bantuan *software* SAS (*Statistical Analysis System*) versi 9.4. Perbedaan nilai tengah antar genotipe teh dilakukan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT).

Pendugaan komponen ragam genetik dan ragam fenotipe berdasarkan Tabel 1 (Mangoendidjojo, 2003):

Tabel 1. Analisis ragam rancangan acak kelompok
Table 1. Analysis of variance of randomized block design

Sumber keragaman	Derajat bebas (db)	Kuadrat tengah (KT)	KT harapan
Ulangan (u)	$r - 1$	$KT_u (M_3)$	$\sigma_\epsilon^2 + g \sigma_u^2$
Genotipe (g)	$g - 1$	$KT_g (M_2)$	$\sigma_\epsilon^2 + r \sigma_g^2$
Galat (ϵ)	$(r - 1)(g - 1)$	$KT_\epsilon (M_1)$	σ_ϵ^2

Keterangan : Ragam galat (σ_ϵ^2) = M_1
 Ragam genetik (σ_g^2) = $\frac{M_2 - M_1}{U}$
 Ragam fenotip (σ_p^2) = $\sigma_g^2 + \sigma_\epsilon^2$

Koefisien keragaman genotipe (KKG) dan fenotipe (KKF) tiap karakter diduga dengan persamaan sebagai berikut :

$$KKG = \frac{\sqrt{\frac{\sigma_g^2}{\bar{x}}}}{\bar{x}} \times 100\%$$

$$KKF = \frac{\sqrt{\frac{\sigma_p^2}{\bar{x}}}}{\bar{x}} \times 100\%$$

Keterangan : KKG = koefisien keragaman genotipe
 KKF = koefisien keragaman fenotipe
 σ_g^2 = ragam genotipe
 σ_p^2 = ragam fenotipe
 $\bar{x}$ = rata-rata seluruh populasi untuk tiap karakter tanaman

Kriteria nilai KKG dan KKF relatif rendah (0% ≤ 25%), agak rendah (25% ≤ 50%), cukup tinggi (50% ≤ 75%), dan tinggi (75% ≤ 100%) (Moedjiono & Mejaya, 1994). Heritabilitas arti luas (h_{bs}^2) diduga dengan persamaan menurut Sleeper & Poehlman (2006):

$$h_{bs}^2 = \frac{\sigma_g^2}{(\sigma_g^2 + \sigma_\epsilon^2)} = \frac{\sigma_g^2}{(\sigma_p^2)}$$

Nilai duga heritabilitas arti luas diklasifikasikan sebagai berikut: $h^2 \geq 0,50$ (tinggi); $0,20 \leq h^2 < 0,50$ (sedang), $h^2 < 0,20$ (rendah) (Stansfield, 1991).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampilan Karakter Kuantitatif

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa genotipe berpengaruh pada penampilan karakter panjang peko, panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun, bobot P+2, bobot P+3, panjang ruas daun, dan produksi pucuk segar. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat keragaman pada genotipe teh yang dievaluasi sehingga menghasilkan perbedaan penampilan karakter dari masing-masing genotipe. Hasil penelitian diperoleh panjang peko 1,88–4,18 cm (rata-rata 2,55 cm), panjang daun 6,18–14,44 cm (rata-rata 9,22 cm), lebar daun 2,32–5,28 cm (rata-rata 3,55 cm), panjang tangkai daun 0,27–0,55 cm (rata-rata 0,37 cm), panjang ruas daun 1,72–3,64 cm (rata-rata 2,47 cm), bobot P+2 0,43–1,12 g (rata-rata 0,80 g), bobot P+3 0,85–2,46 g (rata-rata 1,65 g), dan produksi pucuk segar per perdu 13,67–31,03 g (rata-rata 23,45 g) (Tabel 2).

Uji DMRT memperlihatkan panjang peko, panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun, dan panjang ruas daun GMB 3 nyata lebih panjang daripada genotipe lainnya, masing-masing 4,18 cm, 14,44 cm, 5,28 cm, 0,55 cm, dan 3,64 cm, sedangkan Tambi 1 memiliki panjang peko, panjang daun, lebar daun, bobot segar P+2, dan bobot segar P+3 paling rendah. Peko merupakan komponen hasil paling utama pada teh, hasil teh dikatakan baik jika jumlah pucuk pekonya banyak. Jumlah pucuk peko memengaruhi tingginya mutu kering teh (Yuliana et al., 2013).

Bobot segar P+2 adalah 0,43–1,12 g. Tambi 1 memiliki bobot P+2 paling rendah yang tidak berbeda nyata dengan RB 3 dan Kiara 8. Tambi 2 memiliki bobot segar P+2 yang tertinggi dan berbeda nyata dengan klon lainnya kecuali terhadap GMB 3 dan GMB 4. Bobot segar P+3 adalah 0,85–2,46 g. Bobot P+3 tertinggi dimiliki oleh GMB 4 yang tidak berbeda nyata dengan Tambi 2 dan GMB 3, sedangkan bobot segar P+3 terendah ditemukan pada Tambi 1.

Tabel 2. Penampilan karakter kuantitatif sembilan genotipe teh
Table 2. Performance of quantitative characteristics of nine genotypes of tea

Genotipe	Panjang peko (cm)	Panjang daun (cm)	Lebar daun (cm)	Panjang tangkai daun (cm)	Panjang ruas daun (cm)	Bobot segar P+2 (g)	Bobot segar P+3 (g)	Produksi pucuk segar/perdu (g)
Tambi 1	1,88 d	6,18 f	2,32e	0,36 c	1,75 f	0,43 f	0,85 e	21,59 c
Tambi 2	2,15 cd	9,53 cd	3,88 bc	0,36 c	1,72 f	1,12 a	2,06 ab	24,73 bc
RB 3	2,15 cd	7,63 e	3,22 cd	0,28 cd	1,99 ef	0,63 def	1,34 cd	28,35 ab
Kiara 8	2,64 bc	10,04 bc	3,46 cd	0,31 cd	2,45 cd	0,59 ef	1,21 de	14,73 d
Cin 143	2,43 bcd	8,13 e	2,98 de	0,27 d	2,75 bc	0,78 cde	1,56 cd	25,15 bc
GMB 3	4,18 a	14,44 a	5,28a	0,55 a	3,64 a	1,05 ab	2,13 ab	27,68 ab
GMB 4	2,94 b	10,97 b	4,22 b	0,47 b	2,70 bc	1,01 abc	2,46 a	31,03 a
TRI 2024	2,33 bcd	8,28 de	3,11 cd	0,36 c	2,95 b	0,85 bcd	1,52 cd	13,67 d
TRI 2025	2,28 bcd	7,82 e	3,44 cd	0,35 c	2,26 de	0,76 de	1,73 bc	24,12 bc
Rata-rata	2,55	9,22	3,55	0,37	2,47	0,80	1,65	23,45

Keterangan : Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan taraf 5%

Notes : The numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan tes at 5% level

Rendahnya penampilan fenotipik Tambi 1 pada karakter panjang peko, panjang daun, lebar daun, panjang ruas daun, bobot segar P+2, dan bobot segar P+3 dikarenakan klon ini termasuk teh bertipe sinensis (*C. sinensis* var. *sinensis*). Teh tipe assamica (*C. sinensis* var. *assamica*) yang memiliki penampilan fenotipik lebih baik daripada genotipe lain adalah GMB 3. Hal ini terlihat dari penampilan panjang peko, panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun, dan panjang ruas daun yang nyata lebih tinggi. Karakter daun merupakan salah satu penciri morfologi yang mudah untuk membedakan antar tipe tanaman teh. Menurut Kementan (2009a, 2009b, 2009c, 2009d, 2009e) dan Sriyadi (2013), teh bertipe sinensis dicirikan berdaun kecil, panjang daun 5,87–9,25 cm, lebar daun 2,66–3,06 cm, bobot P+3 0,48–0,62 g, dan produktivitasnya rendah. Sedangkan karakteristik teh assamica berdaun besar dan produktivitasnya tinggi. Syahbudin et al. (2019) melaporkan panjang daun teh tipe assamica 10,1–16,5 cm. Sedangkan hasil penelitian menunjukkan bahwa panjang daun teh assamica (TRI 2024, TRI 2025, GMB 3, dan GMB 4) berkisar antara 7,82 sampai dengan 14,44 cm. Adanya perbedaan tersebut disebabkan faktor lingkungan. Dikemukakan bahwa pertumbuhan dan perkembangan tanaman teh sangat dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan (Putri, Murti & Mitrowiharjo, 2015). Genotipe RB 3, Kiara 8, dan Cin 143 termasuk teh tipe assamica yang memiliki morfologi daun mendekati tipe sinensis (Rahadi et al., 2016). Ketiga genotipe tersebut memiliki ukuran daun seperti sinensis atau lebih kecil dari umumnya ukuran daun teh assamica.

Hasil uji F pada analisis ragam menunjukkan bahwa genotipe berpengaruh nyata terhadap produksi pucuk segar. Produksi pucuk segar sembilan genotipe

yang diuji 13,67–31,03 g/petikan. GMB 4 memiliki produksi pucuk segar tertinggi namun tidak berbeda nyata dengan RB 3 dan GMB 3. Hasil tersebut sejalan dengan penampilan karakter bobot P+3 yang lebih tinggi daripada genotipe lainnya meskipun penampilan karakter bobot segar P+2 lebih rendah daripada GMB 3 dan Tambi 2. Khomaeni (2010) menyatakan bahwa karakter bobot segar P+3 dapat menjadi pertimbangan dalam melakukan seleksi sedangkan bobot segar P+2 tidak berkorelasi dengan hasil. Hal ini mengindikasikan bahwa pemetikan P+2 merupakan petikan yang terlalu muda dan tidak memanfaatkan potensi produksi pucuk segar secara optimal dikarenakan bobot pucuknya masih rendah. Produksi pucuk segar terendah terdapat pada TRI 2024 yang tidak berbeda nyata dengan Kiara 8, masing-masing 13,67 dan 14,73 g.

Di antara sembilan genotipe yang diuji, enam genotipe mempunyai produksi pucuk segar lebih tinggi dari rata-rata (23,45 g), yaitu Tambi 2, RB 3, Cin 143, GMB 3, GMB 4, dan TRI 2025 dengan kisaran produksi pucuk segar 24,12–31,03 g. Satu genotipe yang hasilnya lebih tinggi tapi tidak berbeda nyata dengan klon yang sudah dilepas (GMB 3 dan Tambi 2) adalah RB 3 dengan produksi pucuk segar 28,35 g atau nyata lebih tinggi daripada Tambi 1. Hal ini disebabkan RB 3 mempunyai panjang dan lebar daun nyata lebih panjang dan lebar dibandingkan dengan Tambi 1. Disamping itu, bobot segar P+3 nyata lebih tinggi, yaitu 1,34 g (Tabel 2). Menurut Khomaeni (2010), karakter bobot segar P+3 berkorelasi dengan hasil petikan. RB 3 selain tidak berbeda nyata dengan klon yang sudah dilepas (GMB 3, GMB 4, dan Tambi 2), juga memiliki produksi pucuk segar yang tidak berbeda nyata dengan klon introduksi (TRI 2025) dan klon lokal (Cin 143).

Tabel 3. Nilai duga koefisien keragaman genotipe (KKG) dan fenotipe (KKF) delapan karakter kuantitatif teh
Table 3. The estimated values of genotype (GCV) and phenotype (PCV) coefficient of variability of eight quantitative characters of tea

Karakter	KKG (%)	Kriteria	KKF (%)	Kriteria
Panjang peko	40,60	Agak rendah	29,09	Rendah
Panjang daun	78,48	Cukup tinggi	82,21	Cukup tinggi
Lebar daun	43,02	Agak rendah	48,18	Agak rendah
Panjang tangkai daun	14,21	Rendah	15,76	Rendah
Panjang ruas daun	38,65	Agak rendah	41,27	Agak rendah
Bobot segar P+2	24,43	Rendah	28,42	Rendah
Bobot segar P+3	37,79	Agak rendah	41,64	Agak rendah
Produksi pucuk segar	117,62	Tinggi	130,50	Tinggi

Keterangan : Kriteria KKG: rendah = $14,21 < x \leq 29,41$; agak rendah = $29,41 < x \leq 58,81$; cukup tinggi = $58,81 < x \leq 88,21$; tinggi = $88,21 < x \leq 117,62$; dan KKF: rendah = $15,76 < x \leq 32,63$; agak rendah = $32,63 < x \leq 65,25$; cukup tinggi = $65,25 < x \leq 97,88$; tinggi = $97,88 < x \leq 130,50$

Notes : The criteria of GCV: low = $14,21 < x \leq 29,41$; rather low = $29,41 < x \leq 58,81$; fairly high = $58,81 < x \leq 88,21$; high = $88,21 < x \leq 117,62$; and PCV: low = $15,76 < x \leq 32,63$; rather low = $32,63 < x \leq 65,25$; fairly high = $65,25 < x \leq 97,88$; high = $97,88 < x \leq 130,50$

Koefisien Keragaman Genotipe (KKG) dan Fenotipe (KKF)

Nilai KKG absolut 117,62% ditetapkan sebagai nilai relatif terbesar (100%), sedangkan 14,21% ditetapkan sebagai nilai relatif terendah (0%), sehingga diperoleh nilai absolut dengan kriteria rendah: $14,21 < x \leq 29,41$; agak rendah: $29,41 < x \leq 58,81$; cukup tinggi: $58,81 < x \leq 88,21$; dan tinggi: $88,21 < x \leq 117,62$. Menurut Moedjiono & Mejaya (1994), nilai koefisien keragaman rendah sampai agak rendah dikategorikan keragamannya sempit, sedangkan nilai keragaman cukup tinggi hingga tinggi dikategorikan keragamannya luas.

KKG dan KKF dari delapan karakter kuantitatif yang diamati ditampilkan pada Tabel 3. Berdasarkan kriteria KKG diketahui bahwa karakter panjang tangkai daun dan bobot segar P+2 mempunyai kriteria KKG rendah sedangkan untuk panjang peko, lebar daun, panjang ruas daun, dan bobot segar P+3 termasuk agak rendah. Enam karakter tersebut tergolong sempit keragamannya, hal ini menunjukkan bahwa seleksi yang dilakukan menggunakan karakter-karakter tersebut tidak akan efektif. Karakter yang mempunyai kriteria KKG cukup tinggi dan tinggi masing-masing terdapat pada panjang daun dan produksi pucuk segar.

Keragaman genotipe yang tinggi pada karakter kuantitatif disebabkan oleh banyaknya gen pengendali yang bekerja pada karakter tersebut serta adanya perbedaan latar belakang genetik dari tiap genotipe (Syukur, Sujiprihati, Yuniarti & Kusumah, 2011; Santos et al., 2014). Panjang daun dan produksi pucuk segar dikategorikan keragamannya luas, keragaman genotipe yang luas menjadi modal utama dalam program pemuliaan tanaman. Sofiari & Kirana (2009) menyatakan bahwa dengan adanya keragaman genetik dalam suatu populasi berarti terdapat variasi nilai genotipe antar individu dalam populasi tersebut.

Dengan demikian, sangat mungkin diperoleh genotipe yang mempunyai panjang daun lebih panjang dan produksi pucuk segar lebih tinggi. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa genotipe GMB 3 memiliki panjang daun yang lebih panjang (14,44 cm) dibandingkan dengan delapan genotipe lainnya. Produksi pucuk segar tertinggi terdapat pada genotipe GMB 4 (31,03 g) yang tidak berbeda nyata dengan RB 3 dan GMB 3 (Tabel 2).

Nilai KKF absolut 130,50% ditetapkan sebagai nilai relatif tertinggi (100%) dan 15,76% ditetapkan sebagai nilai relatif terendah (0%). Nilai absolut dengan klasifikasi rendah: $15,76 < x \leq 32,63$; agak rendah: $32,63 < x \leq 65,25$; cukup tinggi: $65,25 < x \leq 97,88$; dan tinggi: $97,88 < x \leq 130,50$. Pada Tabel 3 terlihat bahwa dari delapan karakter yang diamati, karakter panjang daun mempunyai kriteria KKF cukup tinggi sedangkan KKF tinggi ditemukan pada karakter produksi pucuk segar. Karakter lebar daun, panjang ruas daun, dan bobot segar P+3 mempunyai kriteria KKF agak rendah. Tiga karakter yang memiliki kriteria KKF yang rendah adalah panjang peko, panjang tangkai daun dan bobot segar P+2. Keragaman genotipe yang luas menjamin keefektifan seleksi yang dilakukan pada populasi tersebut, dan hal ini ditunjukkan oleh karakter panjang daun dan produksi pucuk segar.

Pada penelitian ini, nilai KKF yang lebih tinggi daripada KKG mengindikasikan bahwa keragaman yang muncul pada karakter tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh faktor lingkungan daripada faktor genetik (Kumar & Kamendra, 2009), sehingga seleksi pada karakter tersebut dapat menyimpang (Gupta & Verma, 2000). Nilai KKG yang mendekati atau hampir sama dengan nilai KKF menunjukkan bahwa faktor lingkungan berpengaruh kecil terhadap keragaman yang terjadi sehingga seleksi dapat efektif dilakukan pada karakter tersebut (Aditya et al., 2011).

Tabel 4. Nilai duga komponen ragam dan heritabilitas delapan karakter kuantitatif teh
Table 4. The estimated value of variance components and heritability of eight quantitative characters of tea

Karakter	σ_g^2	σ_p^2	h_{bs}^2	Kriteria
Panjang peko	0,4208	0,5517	0,76	Tinggi
Panjang daun	5,6823	6,2355	0,91	Tinggi
Lebar daun	0,6564	0,8233	0,80	Tinggi
Panjang tangkai daun	0,0074	0,0091	0,81	Tinggi
Panjang ruas daun	0,3686	0,4203	0,88	Tinggi
Bobot segar P+2	0,0479	0,0648	0,74	Tinggi
Bobot segar P+3	0,2356	0,2861	0,82	Tinggi
Produksi pucuk segar	32,4410	39,9360	0,81	Tinggi

Keterangan: σ_g^2 = ragam genetik; σ_p^2 = ragam fenotipe; h_{bs}^2 = heritabilitas arti luas; kriteria heritabilitas: tinggi ($h_2 \geq 0,50$), sedang ($0,20 \leq h_2 < 0,50$), dan rendah ($h_2 < 0,20$)

Notes : σ_g^2 = genetic variance; σ_p^2 = phenotype variance; h_{bs}^2 = broad sense heritability ; Criteria of heritability: high ($h_2 \geq 0,50$), medium ($0,20 \leq h_2 < 0,50$), and low ($h_2 < 0,20$)

Nilai Duga Heritabilitas

Heritabilitas merupakan nisbah ragam genotipe terhadap ragam fenotipe dan menjadi tolak ukur apakah suatu karakter dipengaruhi oleh faktor genetik atau faktor lingkungan (Falconer & Mackay, 1996). Dari hasil penelitian, nilai duga heritabilitas delapan karakter yang diamati tergolong tinggi (0,74–0,91). Panjang daun mempunyai heritabilitas paling tinggi (0,91), kemudian diikuti panjang ruas daun (0,88), bobot segar P+3 (0,82), panjang tangkai daun dan produksi pucuk segar (0,81), lebar daun (0,80), panjang peko (0,76), dan bobot segar P+2 (0,74) (Tabel 4).

Tingginya nilai heritabilitas dari delapan karakter tersebut disebabkan lebih besarnya ragam genetik dibandingkan ragam lingkungan. Ini berarti penampilan karakter panjang peko, panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun, panjang ruas daun, bobot segar P+2, bobot segar P+3, dan produksi pucuk segar lebih ditentukan oleh genetik tanaman dibandingkan dengan lingkungan. Karakter yang demikian mudah diwariskan pada generasi berikutnya sehingga seleksi akan berjalan efektif. Sebaliknya, seleksi relatif kurang efektif jika nilai duga heritabilitasnya rendah. Beberapa penelitian menunjukkan karakter hasil memiliki nilai heritabilitas tinggi (Singh, Chakraborty, & Bordoloi, 1995; Budiherlando & Taryono, 2019). Demikian juga untuk komponen hasil, yaitu panjang daun, lebar daun, dan panjang tangkai daun (Budiherlando & Taryono, 2019).

Nilai duga heritabilitas yang tinggi dipadukan dengan keragaman genotipe yang luas akan mempercepat proses seleksi terhadap karakter yang akan dikembangkan (Tyagi & Khan, 2011; Mohamed, Ali, & Mohamed, 2012; Qosim, Rachmadi, & Hamdani, 2013). Seleksi karakter panjang daun dan produksi pucuk segar pada populasi ini akan berjalan efisien dan efektif karena keragaman genotipenya

diklasifikasikan dalam kategori luas dan nilai duga heritabilitas termasuk dalam kategori tinggi.

Keragaman yang luas sangat penting dalam seleksi, sesuai dengan pernyataan Hallauer (1987) bahwa keefektifan seleksi tergantung adanya keragaman genetik. Dengan nilai duga heritabilitas tinggi, seleksi dapat dilakukan pada generasi awal karena karakter tersebut akan mudah terekspresi pada turunannya (Fehr, 1987). Teh termasuk tanaman yang menyerbuk silang (*cross pollination*); persilangan buatan antara dua genotipe teh yang berbeda akan menghasilkan turunan F1 yang beragam akibat dari heterosis, sehingga terdapat peluang yang besar untuk melakukan seleksi.

KESIMPULAN

Penampilan karakter kuantitatif (panjang peko, panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun, panjang ruas daun, bobot segar P+2, bobot segar P+3, dan produksi pucuk segar) ke-9 genotipe teh yang diuji memperlihatkan keragaman. Genotipe GMB 3 memiliki karakter panjang peko, panjang daun, lebar daun, panjang tangkai daun, dan panjang ruas daun yang tertinggi, sedangkan genotipe Tambi 2, GMB 3, dan GMB 4 tinggi pada karakter bobot segar P+2 dan P+3. Produksi pucuk segar tahun pangkas ke-4 adalah 13,67–31,03 g/perdu, dan produksi tertinggi diperoleh genotipe GMB 4, yaitu 31,03 g. Karakter panjang daun dan produksi pucuk segar memiliki keragaman genotipe dan fenotipe yang luas, sedangkan nilai duga heritabilitas yang tinggi dijumpai pada semua karakter yang diuji. Berdasarkan tingginya nilai keragaman genotipe dan heritabilitas pada karakter panjang daun dan produksi pucuk segar, maka seleksi terhadap karakter tersebut akan efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang setulusnya kepada Unit Perkebunan Tambi Wonosobo Jawa Tengah yang telah menyediakan materi penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Unit Perkebunan Tambi dan Kepala Blok Pemandangan serta teknisi kebun atas bantuannya dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Ilham Nur Ardhi Wicaksono (Kontributor Utama)
2. Budi Martono (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, J. P., Bhartiya, P., & Bhartiya, A. (2011). Genetic variability, heritability and character association for yield and component characters in soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Journal of Central European Agriculture*, 12(1), 27–34. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/12.1.877>
- Budiherlando, A., & Taryono. (2019). Pendugaan parameter genetik beberapa komponen hasil calon galur teh keturunan kedua hasil perbanyakan vegetatif. *Pendugaan Parameter Genetik Beberapa Komponen Hasil Calon Galur Teh Keturunan Kedua Hasil Perbanyakan Vegetatif*, 8(3), 153–165. <https://doi.org/10.22146/veg.42027>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2019). *Statistik perkebunan Indonesia komoditas teh 2017-2019*. Jakarta : Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Falconer, D. S., & Mackay, T. F. C. (1996). *Introduction to quantitative genetics. Fourth Edition England*. Longman Group Ltd.
- FAOSTAT. (2016). *Food and agriculture organization of the United Nations: Tea, production quantity (tons) for all countries*. <http://www.factfish.com/statistic/tea>
- Fehr, W. R. (1987). *Principles of cultivar development: Volume I theory and technique*. New York : MacMilan Publishing Company.
- Gupta, S. K., & Verma, S. R. (2000). Variability, heritability and genetic advance under normal and rainfed conditions in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). *Indian Journal Of Agricultural Research*, 34(2), 122-125,.
- Hallauer, A. R. (1987). *Maize: In principles of cultivar development*. New York : MacMilan Publishing Company.
- IPGRI. (1997). *Descriptor for tea (Camellia sinensis)*. Rome : International Plant Genetic Resources Institute.
- Kementan. (2009a). *Kepmentan RI No 1979/Kpts/SR.120/4/2009 tentang pelepasan teh sinensis klon GMBS 1 sebagai varietas unggul*.
- Kementan. (2009b). *Kepmentan RI No 1980/Kpts/SR.120/4/2009 tentang pelepasan teh sinensis klon GMBS 2 sebagai varietas unggul*.
- Kementan. (2009c). *Kepmentan RI No 1981/Kpts/SR.120/4/2009 tentang pelepasan teh sinensis klon GMBS 3 sebagai varietas unggul*.
- Kementan. (2009d). *Kepmentan RI No 1982/Kpts/SR.120/4/2009 tentang pelepasan teh sinensis klon GMBS 4 sebagai varietas unggul*.
- Kementan. (2009e). *Kepmentan RI No 1983/Kpts/SR.120/4/2009 tentang pelepasan teh sinensis klon GMBS 5 sebagai varietas unggul*.
- Kementan. (2018a). *Kepmentan RI No 157/Kpts/KB 010/2/2018 tentang pelepasan varietas Tambi 1 sebagai varietas unggul tanaman teh*.
- Kementan. (2018b). *Kepmentan RI No 158/Kpts/KB 010/2/2018 tentang pelepasan varietas Tambi 2 sebagai varietas unggul tanaman teh*.
- Khomaeni, H. S. (2010). Pola hubungan antar karakter komponen hasil dan pengaruhnya terhadap hasil tanaman teh (*Camellia sinensis* L. var. assamica). *Jurnal Penelitian Teh Dan Kina*, 13(1), 9–13.
- Kumar, K. M., & Kamendra, S. (2009). Studies on genetic variability, character association and path coefficient for seed yield and its contributing traits in soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Legume Research*, 32(1), 70–73.
- Mangoendidjojo, W. (2003). *Dasar-dasar pemuliaan tanaman*. Yogyakarta : Kanisius.
- Moedjiono, & Mejaya, M. . (1994). Variabilitas genetik beberapa karakter plasma nutfah jagung koleksi Balittas Malang. *Zuriat*, 5(2), 27–32.
- Mohamed, S. M., Ali, E. E., & Mohamed, T. Y. (2012). Study of heritability and genetic variability among different plant and fruit characters of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *International Journal of Scientific & Technology Research*, 1(2), 55–58.

- Putri, Y. S., Murti, R. H., & Mitrowiharjo, S. (2015). Evaluation of promising clones of tea (*Camellia sinensis* (L.) O Kuntze) progenies of TRI 2024X2025 I in different environments. *Vegetalika*, 4(3), 127–137. <https://jurnal.ugm.ac.id/jbp/article/download/10483/pdf>
- Qosim, W. A., Rachmadi, M., & Hamdani, J. S. (2013). Penampilan fenotipik, variabilitas, dan heritabilitas 32 genotipe cabai merah berdaya hasil tinggi. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 41(2), 140–146. <https://doi.org/10.24831/jai.v41i2.7519>
- Rahadi, V. P., Khomaeni, H. S., Chaidir, L., & Martono, B. (2016). Keragaman dan kekerabatan genetik koleksi plasma nutfah teh berdasarkan karakter morfologi daun dan komponen hasil. *JTIDP*, 3(2), 103–108.
- Santos, R. M. C., do Rêgo, E. R., Borém, A., Nascimento, M. F., Nascimento, N. F. F., Finger, F. L., & Rêgo, M. M. (2014). Epistasis and inheritance of plant habit and fruit quality traits in ornamental pepper (*Capsicum annum* L.). *Genetics and Molecular Research*, 13(4), 8876–8887. <https://doi.org/10.4238/2014.October.31.3>
- Singh, I. D., Chakraborty, S., & Bordoloi, S. C. (1995). Estimates of genetic variability of yield in tea (*Camellia sinensis* L.) in North–East India. *The Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*, 55(1), 20–23.
- Sleeper, D. A., & Poehlman, J. (2006). Breeding Field Crops. Iowa : In *Blackwell Publishing*. Blackwell Publishing.
- Sofiari, E., & Kirana, R. (2009). Analisis pola segregasi dan distribusi beberapa karakter cabai. *Jurnal Hortikultura*, 19(3), 255–263.
- Sriyadi, B. (2013). *Klon teh sinensis unggul GMBS 1, GMBS 2, GMBS 3, GMBS 4, dan GMBS 5*. Pusat Penelitian Teh dan Kina.
- Stansfield, W. . (1991). *Theory and problem of genetics: The third edition, Schaum's outline series*. Singapore : Mc Graw-Hill Inc.
- Syahbudin, A., Widyastuti, A., Masruri, N. W., & Meinata, A. (2019). Morphological classification of tea clones (*Camellia sinensis*, Theaceae) at the Mount Lawu Forest, East Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 394(1), 0–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/394/1/012014>
- Syukur, M., Sujiprihati, S., & Yunianti, R. (2012). *Teknik pemuliaan tanaman*. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Syukur, M., Sujiprihati, S., Yunianti, R., & Kusumah, D. . (2011). Pendugaan ragam genetik dan heritabilitas karakter komponen hasil beberapa genotipe cabai. *Jurnal Agrivigor*, 10(2), 148–156.
- Tyagi, S. D., & Khan, M. . (2011). Correlation, path-coefficient, and genetic diversity in lentil (*Lens culinaris* Medik) under rainfed conditions. *International Research Journal of Plant Science*, 2(7), 191–200.
- Yuliana, R. A., Indradewa, D., & Ambarwati, E. (2013). Potensi hasil dan tanggapan sembilan klon teh (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) PGL terhadap variasi curah hujan di kebun bagian Pagilaran. *Vegetalika*, 2(3), 54–67. <https://doi.org/10.22146/veg.3998>
- Zehra, S. B., Khan, S. H., Ahmad, A., Afroza, B., Parveen, K., & Hussain, K. (2017). Genetic variability, heritability and genetic advance for various quantitative and qualitative traits in Chilli (*Capsicum annum* L.). *Journal of Applied and Natural Science*, 9(1), 262–273. <https://doi.org/10.31018/jans.v9i1.1182>

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 2, Juli 2020

**PENGARUH METODE PENGOLAHAN DAN SUHU PENYANGRAIAN
TERHADAP KARAKTER FISIKO-KIMIA KOPI ROBUSTA**

***EFFECT OF PROCESSING METHODS AND ROASTING TEMPERATURES
ON PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERS OF ROBUSTA COFFEE***

* Nanda Supriana¹⁾, Usman Ahmad²⁾, Samsudin³⁾, Eko Heri Purwanto³⁾

¹⁾ **Program Studi Teknologi Pascapanen, Sekolah Pascasarjana,
Institut Pertanian Bogor**

Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 Indonesia

²⁾ **Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian,
Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Dramaga**

Jl. Raya Dramaga Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680 Indonesia

³⁾ **Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar**

Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

*nandasuprianasaid@gmail.com

(Tanggal diterima: 21 Februari 2020, direvisi: 15 Maret 2019, disetujui terbit: 18 Mei 2020)

ABSTRAK

Proses pengolahan kopi untuk menghasilkan kopi beras dapat digolongkan ke dalam tiga jenis pengolahan yaitu: pengolahan kering, pengolahan semi basah dan pengolahan basah. Selanjutnya, pembentukan rasa dan aroma pada kopi ditentukan oleh proses penyangraian. Penelitian dilakukan pada bulan Juli sampai Oktober 2019 di Kebun Percobaan Pakuwon, Unit Pengolahan Kopi dan Kakao, dan Laboratorium Terpadu Balittri, serta Laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), IPB Bogor. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui (1) pengaruh metode pengolahan terhadap karakter mutu fisik biji kopi beras, dan (2) pengaruh metode pengolahan dan suhu penyangraian terhadap karakter kimia kopi sangrai dan karakter organoleptik kopi seduh. Rancangan penelitian yang digunakan adalah acak lengkap faktorial 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah 3 metode pengolahan (kering, semi basah dan basah), sedangkan faktor kedua adalah suhu penyangraian (180°C dan 210°C). Peubah yang diamati pada kopi beras adalah karakter mutu fisik biji, pada kopi sangrai adalah kadar air, kadar kafein, dan aktivitas antioksidan, dan pada kopi seduh adalah karakter organoleptik. Hasil penelitian menunjukkan kopi beras terbaik dihasilkan dari metode pengolahan basah dengan total nilai cacat minimum 21,33 (mutu 2). Suhu sangrai berpengaruh sangat nyata ($p < 0,01$) terhadap kadar air dan aktivitas antioksidan, sedangkan kadar kafein tidak berbeda. Berdasarkan hasil *cupping test*, citarasa seduhan kopi terbaik (skor akhir >80,00) dihasilkan dari metode pengolahan kering, semi basah, dan basah dengan suhu penyangraian 210°C.

Kata kunci: Antioksidan; kadar air; kafein; kopi beras; kopi sangrai; kopi seduh; nilai cacat; uji organoleptik

ABSTRACT

The processing of coffee can be classified into 3 types namely: dry, semi-wet and wet processing. And then, roasting is the process of forming the taste and aroma of coffee. The study was conducted at Pakuwon Experimental Station, Coffee and Cacao Processing Units, and Integrated Laboratory of Balittri, and TTPHP Laboratory of IPB Bogor, from July until October 2019. The study aimed to investigate (1) the effect of processing methods on physical quality characters of green beans, and (2) the effect of processing methods and roasting temperatures on chemical characters of coffee roasted

and organoleptic characters of coffee brewed. The completely randomized design in factorial 2 factors and 3 replications was used in this study. The first factor were 3 type of processing methods (dry, semi-wet, and wet), and the second factor were 2 level of roasting temperatures (180°C and 210°C). The variables observed in the green beans were physical quality characters, while in roasted coffee were water content, caffeine content, and antioxidant activity, and in brewed coffee were organoleptic characters. Result showed that the best green beans was produced from a wet processing method with a minimum total defect value of 21.33 (quality 2). Roasting temperature has a very significant effect ($p < 0.01$) on water content and antioxidant activity, while caffeine content is not significantly affected. Based on the results of cupping test, the best brewed coffee (final score > 80.00) was obtained from the treatments of a dry, semi-wet and wet processing method with a roasting temperature of 210°C.

Keywords: Antioxidant; brewed coffee; caffeine; defect value; green beans; organoleptic test; roasted coffee; water content

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang memiliki nilai ekonomi tinggi bila diolah dengan baik. Kopi berasal dari daerah pegunungan Etiopia di Afrika Utara, mulai dikenal masyarakat dunia setelah diperdagangkan di Yaman melalui saudagar Arab (Rahardjo, 2012). Secara rata-rata, kontribusi kopi Robusta terhadap produksi kopi nasional mencapai 82,49% setiap tahunnya. Lebih dari 80% dari luas areal pertanaman kopi Indonesia saat ini merupakan jenis kopi Robusta (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014).

Minuman kopi diyakini dapat memberikan dampak yang baik terhadap kesehatan, salah satunya kandungan antioksidan yang tinggi. Kopi mengandung senyawa polifenol yang berperan sebagai antioksidan. Kandungan polifenol dalam secangkir kopi yaitu 200-550 mg dalam bentuk asam klorogenat (Yusmarini, 2011). Polifenol memiliki efek antioksidan yang baik untuk kesehatan yaitu sebagai pencegahan terhadap penyakit kardiovaskular, kanker serta di duga berperan dalam pencegahan penyakit diabetes mellitus (Mullen, Nemzer, Stalmach, Ali, & Combet, 2013).

Kualitas produk kopi sangat ditentukan oleh proses penanganan saat panen, pengolahan, dan penyangraian. Panen kopi biasanya dilihat dari tingkat kematangan buah dan pemanenan dilakukan saat buah telah berwarna merah. Proses pengolahan buah kopi menghasilkan biji kopi yang kemudian dilakukan penyangraian untuk menghasilkan bubuk kopi yang siap diseduh. Proses pengolahan kopi dapat digolongkan menjadi tiga jenis pengolahan yaitu proses pengolahan kering (*dry process*), proses pengolahan semi basah (*semi wet process*) dan proses pengolahan basah (*wet process*).

Secara umum, urutan proses pengolahan kering buah kopi meliputi pemetikan buah, sortasi buah, pengeringan buah, *pulping* dan *hulling* (Panggabean, 2011). Tahapan pengolahan semi basah yaitu pengupasan kulit buah, fermentasi dan pencucian, pengeringan awal, pengupasan kulit tanduk dan pengeringan biji kopi. Metode pengolahan basah terdiri atas pengupasan kulit kopi, fermentasi, pencucian, pengeringan dan pengupasan kopi. Fermentasi

bermanfaat untuk memperlembut aroma buah yang tajam serta sensasi pahit yang sering terjadi pada minuman kopi Robusta dan juga bermanfaat untuk mengurai lapisan lendir (Yusianto & Widyotomo, 2013).

Proses penyangraian adalah proses pembentukan rasa dan aroma pada biji kopi beras. Klasifikasi penyangraian berdasarkan derajat warna dibagi menjadi tiga yaitu *light*, *medium* dan *dark* (Alessandra, Caldeira, Gentil, & Toledo, 2014). Penyangraian sangat berperang penting terhadap hasil seduhan kopi. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan selama penyangraian, diantaranya mesin sangrai, suhu dan waktu sangrai (Panggabean, 2011).

Karakteristik sifat fisiko-kimia kopi Robusta penting karena sangat berpengaruh terhadap citarasa maupun aroma seduhan kopi, namun belum ada penelitian yang secara spesifik menjelaskan kandungan kimia dan sifat fisik dari berbagai metode pengolahan kopi Robusta. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk memperoleh informasi tentang kandungan kimia dan sifat fisik dari kopi Robusta yang diolah dengan berbagai metode pengolahan yang berbeda. Manfaatnya yaitu untuk meningkatkan nilai jual kopi Robusta dengan cara teknik pengolahan yang baik serta diperoleh citarasa yang baik dari kopi Robusta. Penelitian bertujuan untuk: (1) mengetahui pengaruh metode pengolahan terhadap karakteristik mutu fisik biji beras kopi Robusta, dan (2) mengetahui pengaruh metode pengolahan dan suhu penyangraian terhadap karakter kimia kopi Robusta sangrai dan karakter organoleptik kopi Robusta seduh.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Juli sampai Oktober 2019 di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, Jawa Barat, yang terletak pada ketinggian 450 mdpl, koordinat 6°49'58.0"S dan 106°44'28.4"E. Buah kopi Robusta diperoleh dari Kebun Percobaan (KP) Pakuwon, dan proses pengolahannya pun dilakukan di Unit Pengolahan

Kopi dan Kakao, Balittri. Selanjutnya, analisis fisik dan kimia dilakukan di Laboratorium Terpadu Balittri, dan di laboratorium Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian (TPPHP), Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Pengujian citarasa seduhan kopi dilakukan oleh personil bersertifikat dari PT. Kemenady Industri Mandiri Bogor, Jawa Barat.

Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri dari 2 faktor dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah metode pengolahan kopi (P) yang terdiri dari 3 jenis, yaitu : pengolahan kering (P1), pengolahan semi basah (P2) dan pengolahan basah (P3). Faktor kedua adalah suhu penyangraian yang terdiri dari 2 taraf, yaitu : suhu 180°C (T1) dan suhu 210°C (T2). Waktu yang digunakan untuk penyangraian yaitu 5 menit.

Untuk menjawab tujuan penelitian yang pertama maka dilakukan pengamatan terhadap karakter mutu fisik (nilai cacat) kopi beras berdasarkan SNI No. 01-2907-2008 akibat pengaruh 3 metode pengolahan (kering, semi basah, dan basah). Selanjutnya, untuk menjawab tujuan penelitian yang kedua maka diamati aktivitas antioksidan dan kadar kafein yang kemudian dianalisis dengan Anova (*analysis of variance*) dan dilanjutkan dengan pengujian beda rata-rata dengan uji *Tukey*. Untuk nilai skor hasil *cupping test* dari pengaruh perlakuan metode pengolahan dan suhu penyangraian disajikan dalam bentuk tabel dan diagram sarang laba-laba.

Pengolahan Kopi Robusta

Pengolahan kopi Robusta pada penelitian ini dilakukan menggunakan tiga metode pengolahan yaitu pengolahan kering, semi basah dan basah. Buah kopi dipanen pada saat masak optimum yaitu kulit buah berwarna merah. Selanjutnya dilakukan sortasi untuk memisahkan ranting dan daun. Pengolahan kering, buah kopi langsung dikeringkan menggunakan mesin pengering *hybrid* tipe rak hingga diperoleh kadar air <12%, dan selanjutnya dilakukan pengupasan kulit tanduk menggunakan *huller* kemudian dilakukan sortasi. Pengolahan semi basah, pertama pengupasan kulit buah, kemudian fermentasi selama 48 jam, pencucian lalu dilakukan pengeringan awal hingga diperoleh kadar air <12%, pengupasan kulit tanduk, selanjutnya dilakukan pengeringan kopi beras hingga kadar air <12%, kemudian dilakukan sortasi. Pengolahan basah, dilakukan pengupasan kulit buah, fermentasi selama 48 jam dengan perendaman, pencucian, pengeringan hingga diperoleh kadar air <12%, pengupasan kulit tanduk, dan kemudian dilakukan sortasi.

Analisis Mutu Fisik Kopi Beras

Prosedur analisis untuk menghitung biji cacat kopi beras berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 01-2907-2008. Uji mutu fisik terdiri atas ada tidaknya serangga hidup, bau (busuk dan kapang), kadar air biji kopi, nilai cacat, dan kotoran biji pada 300 g sampel. Nilai cacat yang diperoleh dijumlah secara keseluruhan dan dinyatakan dalam jumlah nilai cacat untuk menentukan kategori mutu sesuai SNI (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

Analisis Kimia Kopi Sangrai

Biji kopi beras yang diperoleh melalui tiga metode pengolahan (kering, semi basah, dan basah) kemudian disangrai pada suhu 180°C dan 210°C selama 5 menit. Kopi hasil sangrai selanjutnya dianalisis sifat fisiko-kimianya (kadar air, kadar kafein, dan aktivitas antioksidan).

1. Penentuan Kadar Air

Cawan dan tutupnya dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam, kemudian didinginkan dalam desikator hingga mencapai suhu ruang. Sebanyak 5 gr sampel bubuk kopi robusta ditimbang kedalam cawan. Cawan yang berisi sampel diletakkan dalam oven yang telah dipanaskan pada suhu 105°C. Tutup cawan dibuka dan diletakkan didekat cawan, lalu dikeringkan sampel selama 16 jam. Kemudian dimasukkan ke dalam desikator, lalu didinginkan sampai mencapai suhu ruang, kemudian ditimbang (Badan Standardisasi Nasional, 2008).

2. Penentuan Kadar Kafein

Bubuk kopi yang telah di ekstrak dimasukkan kedalam erlenmeyer, dan ditambahkan 1,5 gram CaCO₃ dan kloroform 25 ml, kemudian larutan diaduk hingga larut sempurna dan disaring menggunakan corong pemisah, campuran dikocok sampai tidak ada gas yang terbentuk, dilakukan hingga 4 kali ulangan dengan penambahan kloroform 25 ml. Fase kloroform yang sudah dipisahkan kemudian dikeringkan dengan menggunakan *rotary evaporator*, ditambahkan aquades dan dimasukkan ke dalam labu takar 100 ml hingga tanda tera. Larutan kemudian diukur menggunakan spektrofotometer pada λ 275 nm. Blanko yang digunakan yaitu aquades. Standar kafein dibuat dengan cara ditimbang 0,1 gram kafein dilarutkan dengan aquades yang telah dipanaskan pada suhu 70°C. Larutan dimasukkan dalam labu takar 100 ml dan ditera dengan aquades. Larutan dipipet sebanyak 5 ml dan dimasukkan dalam labu takar 50 ml dan ditera dengan aquades. Larutan dibuat dengan konsentrasi 1, 2, 4, 6, 8 dan 10 ppm, dengan masing-masing yang dipipet secara berurutan 0,5; 1,0; 2,0; 3,0, 4,0 dan 5,0 ml dalam

labu takar 50 ml. Larutan diukur pada λ 275 nm (Maramis, Citraningtyas, & Wehantouw, 2013).

3. Penentuan Aktivitas Antioksidan

Larutan DPPH (kristal 2,2-difenil-1-pikrilhidrazil) dibuat dengan melarutkan 1,25 mg serbuk DPPH dalam 50 ml metanol kedalam labu takar hingga tera yang telah ditutupi *aluminium foil*. Dihomogenisasi selama 10 menit menggunakan *magnetic stirrer*. Didiamkan selama 5 menit. Menentukan absorbansi kontrol positif dengan mencampur larutan DPPH 3,8 ml dengan metanol 0,2 ml. Kontrol positif yang digunakan yaitu metanol. Absorbansi sampel dilakukan dengan cara mengambil 0,2 ml sampel seduhan kopi dan menambahkan 3,8 ml larutan DPPH. Diinkubasi ditempat gelap selama 1 jam. Kemudian dibaca absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-VIS pada panjang gelombang 517 nm (Vignoli, Bassoli, & Benassi, 2011).

Analisis Organoleptik Kopi Seduhan

Karakterisasi sensori kopi Robusta dilakukan dengan uji *cupping* yang dilakukan oleh panelis yang terdiri dari minimum tiga orang ahli citarasa kopi. Atribut yang dinilai antara lain, *fragrance*, *flavor*, *aftertaste*, *acid*, *bitter*, *mouthfeel*, *uniformity*, *balance*, *uniform cups*, *clean cups*, dan *overall* (SCAA, 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Metode Pengolahan terhadap Mutu Fisik Kopi Beras

Rata-rata biji kopi beras dari ketiga pengolahan kering, semi basah, dan basah pada penelitian ini bebas dari keberadaan serangga hidup serta biji yang berbau busuk dan berbau kapang. Kadar kotoran sampel tidak melebihi 0,50% (Tabel 1). Hasil olahan biji kopi umumnya berupa kopi beras yang dapat diekspor dan kopi bubuk untuk perdagangan lokal. Harga kopi beras ditentukan berdasarkan mutu kopi yang dihasilkan, sehingga kopi dengan mutu tinggi memiliki harga lebih mahal. Mutu ekspor biji kopi beras salah satunya ditentukan oleh nilai cacat, dan pada kopi Robusta nilai tersebut dipengaruhi oleh pra-panen dan proses pengolahan (Setyani, Subeki, & Grace, 2018).

Secara umum, mutu kopi beras terbaik dihasilkan pada perlakuan menggunakan metode pengolahan basah dengan total nilai cacat 21,33 (mutu 2), sedangkan perlakuan metode semi basah nilai cacat yang diperoleh 28,86 (mutu 3) dan metode kering nilai cacat yang diperoleh 127,12 (mutu 5). Hal ini dikarenakan, pengolahan menggunakan metode kering buah kopi hanya dilakukan sortasi sekali setelah dilakukan panen, selanjutnya langsung dilakukan pengeringan, sehingga biji hitam pecah, biji pecah dan biji berlubang yang dihasilkan lebih tinggi dibandingkan dengan metode pengolahan basah dan semi basah.

Tabel 1. Pengaruh metode pengolahan terhadap jenis dan nilai cacat biji beras kopi Robusta
Table 1. The effect of processing methods on the defect types and values of Robusta coffee beans

No.	Jenis cacat	Pengolahan kering (%)	Pengolahan semi basah (%)	Pengolahan basah (%)	Nilai Cacat
1.	1 (satu) biji hitam	0,33	0,00	0,67	1,00
2.	1 (satu) biji hitam sebagian	21,00	0,00	0,00	0,50
3.	1 (satu) biji hitam pecah	32,50	0,00	0,00	0,50
4.	1 (satu) biji coklat	0,58	0,00	0,92	0,25
5.	1 (satu) kulit kopi ukuran sedang	2,00	0,00	0,50	0,50
6.	1 (satu) kulit kopi ukuran kecil	1,47	0,87	0,40	0,20
7.	1 (satu) kulit tanduk ukuran kecil	0,00	0,93	0,17	0,10
8.	1 (satu) biji pecah	39,07	27,06	18,67	0,20
9.	1 (satu) biji berlubang 1	16,57	0,00	0,00	0,10
10.	1 (satu) biji berlubang > 1	13,60	0,00	0,00	0,20
Total		127,12	28,86	21,33	-
Mutu (SNI 01-2907-2008)		Mutu 5	Mutu 3	Mutu 2	

Jenis cacat berlubang, biji hitam dan biji muda merupakan jenis cacat yang disebabkan oleh lingkungan tumbuh di kebun dan dinilai sebagai cacat paling berat karena akan mempengaruhi aroma dari biji kopi. Persentase cacat biji hitam terbesar berasal dari sampel hasil pengolahan kering, karena sortasi hanya dilakukan sekali setelah panen. Cacat biji berlubang disebabkan oleh adanya serangan serangga, yaitu hama penggerek buah kopi (*Hypothenemus hampei* Ferr.). Buah kopi yang terserang hama ini akan mengering di tangkai atau jatuh ke tanah serta berlubang. Buah kopi yang terserang hama (*Hypothenemus hampei* Ferr.) akan terlihat berwarna kuning kemerahan pucat seperti buah kopi masak, sehingga setelah pengolahan menjadi cacat biji hitam. Biji berlubang pada buah kopi akan mempengaruhi mutu kimia (Novita, Syarief, Noor, & Mulato, 2010).

Jenis cacat yang dapat terjadi karena pengolahan adalah biji pecah, biji bertutul-tutul, biji berkulit tanduk, biji coklat dan kopi gelondong. Biji

pecah dikategorikan sebagai biji cacat, karena jika disangrai bersama dengan biji utuh akan mempengaruhi cita rasa dari seduhan kopi Robusta. Cacat biji pecah terjadi selama pengupasan kulit majemuk, yaitu jika kerja *huller* tidak sempurna. Nilai cacat biji pecah persentase terbesar terdapat pada pengolahan semi basah, hal ini dikarenakan biji kopi di *huller* saat kadar air masih 20-30%. Biji kopi dengan kadar air tinggi, kapasitas pengupasan akan turun dan jumlah biji pecah akan meningkat. Novita, Syarief, Noor, & Mulato (2010) mengemukakan bahwa cacat biji pecah juga bisa disebabkan pada saat pengupasan kulit buah kopi (*pulping*). Hal ini dikarenakan, karakteristik fisik buah kopi yang beragam berdasarkan bentuk dan ukuran dapat menyebabkan terkupasnya kulit tanduk bersamaan dengan kulit buah, sehingga menyebabkan biji kopi akan lebih cepat mengalami kerusakan fisik maupun cita rasa dari pada biji kopi yang masih terbungkus kulit tanduk.

Tabel 2. Nilai peluang hasil analisis ragam untuk peubah kadar air, kadar kafein dan aktivitas antioksidan
Table 2. Probability value of variance analysis for water content, caffeine content and antioxidant activity variables

Perlakuan	Nilai peluang (p)		
	Kadar air	Kadar kafein	Aktivitas antioksidan
Metode pengolahan (P)	0,170	0,308	0,442
Suhu penyangraian (T)	0,000 **	0,100	0,004 **
Interaksi (PxT)	0,987	0,390	0,565

Keterangan : ** nyata pada taraf 1%
Notes : ** significant at 1%

Tabel 3. Pengaruh metode pengolahan dan suhu penyangraian terhadap kadar air kopi sangrai
Table 3. Effect of processing methods and roasting temperatures on water content of roasted coffee

Perlakuan	Kadar air (%)
Metode pengolahan (P):	
Pengolahan kering	2,66 a
Pengolahan semi basah	2,68 a
Pengolahan basah	2,94 a
Suhu penyangraian (T):	
Suhu penyangraian 180°C	3,48 a
Suhu penyangraian 210°C	2,04 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada perlakuan yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%
Notes : Numbers followed by the same letters in the same treatments are not significantly different according to Tukey test at 5% levels

Pengaruh Metode Pengolahan dan Suhu Penyangraian terhadap Karakter Kimia Kopi Sangrai

Hasil analisis ragam pengaruh metode pengolahan dan suhu penyangraian terhadap kandungan kimia kopi sangrai meliputi kadar air, kafein dan antioksidan dapat dilihat pada Tabel 2. Melalui Tabel 2 tersebut dapat diketahui bahwa perlakuan metode pengolahan, dan juga interaksinya dengan suhu penyangraian, tidak berpengaruh nyata terhadap kadar air, kadar kafein dan aktivitas antioksidan. Sedangkan faktor suhu penyangraian secara tunggal berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air dan aktivitas antioksidan.

1. Kadar Air

Perlakuan metode pengolahan secara tunggal maupun interaksinya dengan suhu penyangraian tidak berpengaruh terhadap kadar air, sementara itu perlakuan suhu penyangraian pengaruhnya sangat nyata (Tabel 2 dan 3).

Tidak adanya interaksi antara metode pengolahan dengan suhu penyangraian menunjukkan bahwa kedua faktor tersebut tidak saling mempengaruhi, atau bersifat bebas (*independent*) antara satu faktor dengan faktor lainnya. Kadar air diukur setelah proses penyangraian, dan proses penyangraian itu sendiri dilakukan setelah selesainya proses pengolahan. Walaupun ketiga metode pengolahan itu secara teoritis berbeda dalam hal pencucian (pemberian air) dan pengeringannya, tetapi kemungkinan pengaruh tersebut tertutupi oleh tingginya suhu penyangraian (180°C dan 210°C) karena kadar air itu merupakan fungsi dari suhu. Hal inilah salah satunya yang menyebabkan tidak adanya pengaruh metode pengolahan dan/atau interaksinya dengan suhu penyangraian terhadap kadar air, sementara itu suhu penyangraian pengaruhnya sangat nyata ($p < 0,01$) (Tabel 1). Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil yang lebih lengkap, maka untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk mengamati kadar air setelah proses pengolahan dan sebelum proses penyangraian. Gure, Mohammed, Garede, & Bekele (2014) mengemukakan bahwa hasil penelitian tentang pengaruh metode pengolahan sering tidak konsisten antara satu penelitian dengan penelitian lainnya, karena hal itu sangat tergantung pada lokasi (kondisi iklim) dan/atau cuaca saat proses pencucian dan pengeringan. Selanjutnya, Poltronieri & Rossi (2016) menegaskan bahwa dalam pelaksanaannya ketiga metode pengolahan kopi sering dilakukan secara bergantian tergantung pada kondisi iklim dan/atau cuaca saat proses pengolahan.

Suhu penyangraian berpengaruh sangat nyata terhadap kadar air, karena kadar air itu merupakan

fungsi dari suhu. Suhu penyangraian 180°C menghasilkan kadar air kopi sangrai lebih tinggi daripada suhu 210°C (Tabel 2). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar air berkisar antara 1,94% sampai 3,66% (Tabel 2), hampir sama dengan hasil penelitian Corrêa *et al.* (2016) yang menghasilkan kadar air 1,00%-3,70%, tetapi jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil penelitian Tarigans & Towaha (2017) yaitu 7,05%–9,45%. Semakin tinggi suhu dan/atau level penyangraian maka semakin menurun kadar air karena adanya proses evaporasi (Corrêa *et al.*, 2016). Kadar air dapat mempengaruhi penampakan tekstur, aroma, serta citarasa. Selain itu, kadar air juga menentukan daya simpan biji kopi. Semakin rendah kadar air kopi sangrai maka semakin tinggi daya simpan kopi sangrai, terutama terhadap kerusakan yang disebabkan oleh mikroorganisme (Rahmawati, 2015). Kadar air biji kopi turun cepat pada awal penyangraian dan relatif lambat pada akhir penyangraian. Hal ini berkaitan dengan kecepatan rambat air (difusi) di dalam jaringan sel biji kopi. Makin rendah kandungan air dalam biji kopi, kecepatan penguapan air menurun karena posisi molekul air terletak makin jauh dari permukaan biji (Sari, 2018).

2. Kadar Kafein

Hasil analisis menunjukkan tidak ada pengaruh interaksi antara metode pengolahan dan suhu penyangraian, demikian juga perlakuan tunggal metode pengolahan dan suhu penyangraian terhadap kadar kafein (Tabel 2). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kadar kafein antara 0,49% sampai 0,74% (Tabel 4), sedangkan syarat kadar kafein bubuk kopi berdasarkan SNI No. 01-3542-2004 berkisar antara 0,45-2,00%. Kadar kafein pada penelitian ini hampir sama dengan hasil penelitian Tarigans dan Towaha (2017) yaitu 0,58%-0,83%, tetapi jauh lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Bicho, Lidon, Ramalho, & Leitao (2013) yang menyatakan bahwa kadar kafein kopi Robusta 1,2%-2,4%, sementara kopi Arabika 0,9%-1,5%.

Sama halnya dengan pengukuran kadar air, bahwa tidak berbedanya pengaruh metode pengolahan terhadap kadar kafein karena pengukurannya dilakukan setelah proses penyangraian, sehingga pengaruh metode pengolahan tertutupi oleh tingginya suhu penyangraian. Kemungkinan ini pun terjadi pada kasus interaksi yang tidak nyata karena kedua faktor yang diuji tidak saling mempengaruhi (bersifat bebas), dalam artian faktor suhu penyangraian pengaruhnya jauh lebih dominan dibandingkan metode pengolahan. Sementara itu, tidak adanya pengaruh suhu penyangraian kemungkinan besar karena perlakuan suhu penyangraian yang digunakan terlalu sedikit yaitu hanya dua level (180°C dan 210°C)

dengan waktu penyangraian hanya satu level (5 menit), sehingga pengaruhnya belum terlihat secara jelas (Tabel 4). Oleh karena itu, agar diperoleh hasil yang lebih lengkap, maka untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk memperbanyak level suhu penyangraian serta menambah perlakuan lamanya penyangraian, serta mengukur kadar kafein sebelum proses penyangraian.

Penyangraian merupakan proses yang memegang peranan penting dalam pengolahan kopi. Tingginya suhu dan lamanya proses penyangraian akan berbeda-beda tergantung pada daerah penghasil kopi, serta jenis dan kondisi geografis asal kopi (Farida, Ristanti, & Kumoro, 2013). Sejalan dengan itu, pendapat lain lebih menegaskan bahwa kadar kafein dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya tipe alat sangrai (*roaster*) yang digunakan, asal geografis biji, varietas kopi, karakteristik biji beras, dan kandungan *sensori* yang diinginkan. Dikemukakan juga bahwa proses penyangraian terbagi ke dalam dua faktor utama, yaitu faktor intrinsik dan ekstrinsik. Yang termasuk faktor intrinsik diantaranya adalah teknik penyangraian, profil waktu dan suhu penyangraian, dan jumlah kopi yang diproses. Sedangkan yang termasuk faktor ekstrinsik diantaranya adalah biji kopi yang diproses (varietas, species, daerah asal dan kualitas kopi) dan perlakuan-perlakuan sebelum proses penyangraian (metode pengolahan dan kelembaban) (Severini, Derossi, Ricci, Fiore, & Caporizzi, 2017). Secara umum, semakin tinggi suhu penyangraian maka semakin menurun kadar kafein. Pada suhu penyangraian 180°C dan 200°C, kadar kafein kopi Robusta hampir sama (1,98% dan 1,99%), selanjutnya menurun hingga 1,92% pada suhu penyangraian 240°C. Demikian juga, semakin lama

proses penyangraian maka semakin menurun kadar kafein kopi Robusta (Casal, Oliveira, & Ferreira, 2000).

Kafein merupakan hasil metabolisme sekunder golongan alkaloid dari tanaman kopi dan dapat menyebabkan rasa pahit (*bitterness*). Semakin rendah kadar kafein, maka semakin rendah pula nilai kepahitan pada seduhan kopi. Selama proses penyangraian terjadi perubahan komposisi melalui reaksi kimia seperti seperti reaksi *Maillard*, *Karamelisasi*, dan *Pirolisis* (kurniawan, 2017). Hasil dari reaksi *Maillard* dan *Strecker* saat penyangraian menyebabkan rasa pahit meningkat disebabkan oleh pelepasan *caffeic acid* dan pembentukan *lactones* dan turunan senyawa fenol lainnya yang berpengaruh terhadap flavor dan aroma kopi (Setyani, Subeki, & Grace, 2018).

3. Aktivitas Antioksidan

Hasil analisis menunjukkan tidak ada pengaruh metode pengolahan dan interaksinya dengan suhu penyangraian, sedangkan pengaruh tunggal suhu penyangraian sangat nyata terhadap nilai aktivitas antioksidan (Tabel 2 dan 5). Sama halnya dengan pengukuran kadar air dan kafein, bahwa penentuan aktivitas antioksidan dilakukan setelah proses penyangraian. Suhu yang relatif tinggi pada proses penyangraian diduga dapat menutupi pengaruh metode pengolahan sehingga menjadi tidak nyata, demikian juga dengan efek interaksinya. Oleh karena itu, untuk penelitian berikutnya disarankan diukur juga aktivitas antioksidan biji kopi sebelum disangrai, sehingga pengaruh metode pengolahan dapat terlihat dengan lebih jelas.

Tabel 4. Pengaruh metode pengolahan dan suhu penyangraian terhadap kadar kafein kopi sangrai

Tabel 4. Effect of processing methods and roasting temperatures on caffeine content of roasted coffee

Perlakuan	Kadar kafein (%)
Metode pengolahan (P):	
Pengolahan kering	0,68 a
Pengolahan semi basah	0,60 a
Pengolahan basah	0,71 a
Suhu penyangraian (T):	
Suhu penyangraian 180°C	0,61 a
Suhu penyangraian 210°C	0,72 a

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada perlakuan yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%

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

Tabel 5. Pengaruh metode pengolahan dan suhu penyangraian terhadap aktivitas antioksidan kopi sangrai
Tabel 5. *Effect of processing methods and roasting temperatures on antioxidant activit of roasted coffee*

Perlakuan	Aktivitas antioksidan (%)
Metode pengolahan (P):	
Pengolahan kering	82,28 a
Pengolahan semi basah	82,96 a
Pengolahan basah	84,42 a
Suhu penyangraian (T):	
Suhu penyangraian 180°C	85,65 a
Suhu penyangraian 210°C	80,78 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti huruf sama pada perlakuan yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%
Notes : Numbers followed by the same letters in the same treatments are not significantly different according to Tukey test at 5% levels

Pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa suhu penyangraian 180°C menghasilkan nilai aktivitas antioksidan sebesar 85,65% lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 210°C yang hanya 80,78%. Pada suhu tinggi antioksidan mudah terdegradasi, dan hal ini sangat berhubungan dengan kandungan total fenol pada biji kopi Robusta.

Menurut Sukohar, Setiawan, Wirakusumah, & Sastramihardja (2011), senyawa polifenol berupa asam klorogenat memiliki aktifitas antioksidan lebih tinggi dibandingkan dengan kafein. Hal ini dikarenakan asam klorogenat memiliki lebih banyak gugus hidroksil yang berpengaruh pada aktivitas antioksidan. Selanjutnya, Somporn, Kamtuo, Theerakulpisut, & Siriamornpun (2011) mengemukakan bahwa antioksidan merupakan suatu komponen yang dapat meredam laju reaksi oksidasi. Proses sangrai akan dapat menurunkan aktivitas antioksidan karena terjadinya degradasi fenolik. Di lain pihak, Pastoriza & Rufián-henares (2014) menyatakan bahwa proses sangrai juga dapat menyebabkan terbentuknya melanoidin yang juga memiliki peran sebagai aktivitas antioksidan. Berkaitan dengan hal itu, Wardiana (2014) menyatakan bahwa produk berbasis kakao di samping dapat dimanfaatkan sebagai produk makanan, juga memiliki peranan yang penting bagi kesehatan manusia karena mengandung antioksidan yang cukup tinggi. Disampaikan juga bahwa proses industrialisasi yang sarat dengan perlakuan suhu tinggi dapat menurunkan kadar polifenol sebagai antioksidan, sementara untuk keperluan industri makanan diperlukan suhu tinggi agar aroma dan citarasanya meningkat. Oleh karena itu, dalam proses pengolahannya diperlukan keseimbangan yang optimal,

sehingga kedua manfaat dari produk berbasis kakao (makanan dan kesehatan) dapat tercapai dengan baik.

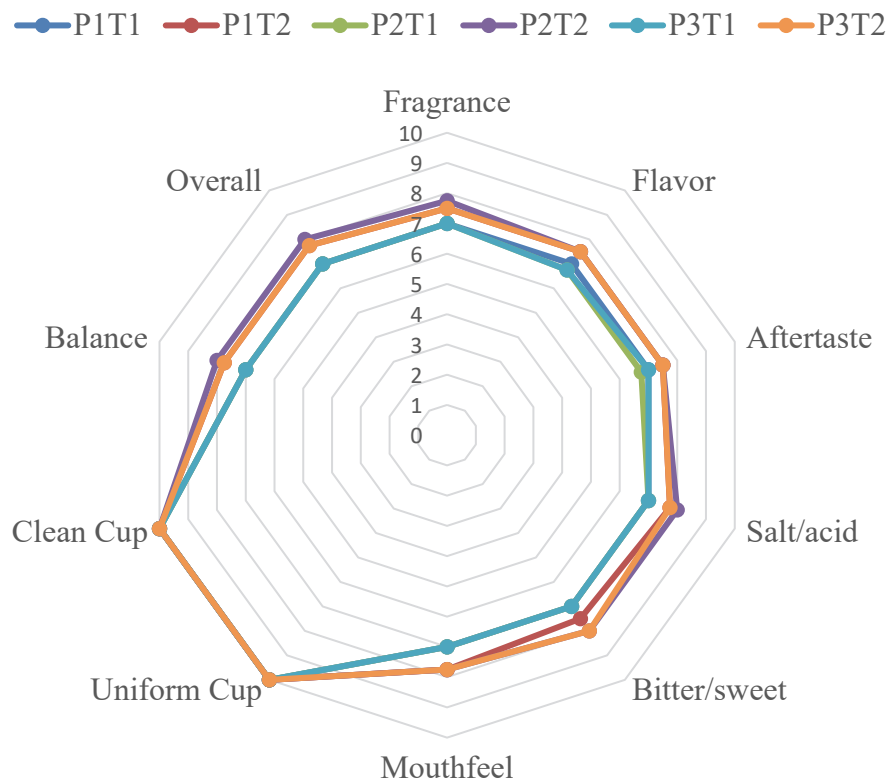
Pengaruh Metode Pengolahan dan Suhu Penyangraian terhadap Citarasa Kopi Seduhan

Hasil uji *cupping test* menunjukkan bahwa biji kopi robusta jenis metode pengolahan kering yang disangrai pada suhu 210°C mendapat *final score* (skor akhir) citarasa sebesar 81,00. pengolahan semi basah yang disangrai pada suhu 210°C mendapat skor akhir citarasa sebesar 82,50, dan pengolahan basah yang disangrai pada suhu 210°C mendapat skor akhir citarasa sebesar 81,50 (Tabel 6; Gambar 1). Pada kopi Arabika nilai skor akhir >80,00 dikategorikan ke dalam kopi *Specialty*, dan identik dengan itu untuk kopi Robusta dikategorikan ke dalam kategori *Fine Robusta*.

Uji organoleptik merupakan suatu pengukuran objektif dari atribut sensoris, menggunakan indra peraba, pengecap, penciuman dan penglihatan (Meilgard, Civille, & Carr, 2006). Panelis khusus untuk uji citarasa atau *cupping* kopi disebut dengan Q-grader. Q-grader adalah panelis bersertifikat yang telah melalui pengujian dan kalibrasi oleh *Specialty Coffee Association* (SCA) sehingga memiliki kemampuan untuk menilai kualitas kopi Robusta berdasarkan *cupping*. Citarasa yang dinilai yaitu aroma, *flavour*, *acidity*, *body*, *balance*, *sweetness*, *clean cup*, dan *uniformity*. Rasa yang dinilai pada kopi merupakan murni rasa otentik dari biji kopi yang telah di sangrai. *Cupping* dapat menghasilkan skor yang akan menentukan tingkat kualitas dari kopi yang diuji, sehingga dapat meningkatkan harga jual biji kopi yang dimaksud.

Tabel 6. Hasil cupping test kombinasi perlakuan metode pengolahan dengan suhu penyangraian
Table 6. Result of cupping test of processing method and roasting temperature treatment combinations

Kombinasi perlakuan	Atribut kualitas										
	Fragrance	Flavor	Aftertaste	Salt/acid	Bitter/sweet	Mouthfeel	Uniform cup	Clean cup	Balance	Overall	Total score
Pengolahan kering (Suhu penyangraian 180°C)	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	10.00	10.00	7.00	7.00	76.00
Pengolahan kering (Suhu penyangraian 210°C)	7.50	7.50	7.50	7.75	7.50	7.75	10.00	10.00	7.75	7.75	81.00
Pengolahan semi basah (Suhu penyangraian 180°C)	7.00	6.75	6.75	7.00	7.00	7.00	10.00	10.00	7.00	7.00	75.50
Pengolahan semi basah (Suhu penyangraian 210°C)	7.75	7.50	7.50	8.00	8.00	7.75	10.00	10.00	8.00	8.00	82.50
Pengolahan basah (Suhu penyangraian 180°C)	7.00	6.75	7.00	7.00	7.00	7.00	10.00	10.00	7.00	7.00	75.75
Pengolahan basah (Suhu penyangraian 210°C)	7.50	7.50	7.50	7.75	8.00	7.75	10.00	10.00	7.75	7.75	81.50



Gambar 1. Profil citarasa kopi Robusta pada kombinasi perlakuan metode pengolahan dengan suhu penyangraian
Figure 1. The profiles of Robusta coffee flavor of the processing method and roasting temperature treatment combinations

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan SNI No. 01-2907-2008, metode pengolahan basah menghasilkan total nilai cacat 21,33 (mutu 2), metode pengolahan semi basah dengan total nilai cacat 28,86 (mutu 3), dan metode pengoahan kering dengan total nilai cacat 127,12 (mutu 5). Tidak ada interaksi antara metode pengolahan dengan suhu penyangraian terhadap kadar air, kadar kafein, dan aktifitas antioksidan. Kadar air, kadar kafein, dan aktivitas antioksidan tidak berbeda untuk ketiga metode pengolahan yang diuji (kering, semi basah, dan basah), sedangkan suhu penyangraian 180°C menghasilkan kadar air dan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 210°C. Hasil uji *cupping test* menunjukkan bahwa metode pengolahan kering, semi basah, dan basah diikuti dengan suhu penyangraian 210°C menghasilkan nilai skor akhir >80,00 sehingga termasuk ke dalam kategori *Fine Robusta*.

Untuk mendapatkan hasil yang lebih lengkap, maka penelitian berikutnya disarankan untuk menambah level perlakuan suhu penyangraian dan ditambah dengan perlakuan lamanya waktu penyangraian. Di samping itu, disarankan juga untuk mengukur kadar air, kadar kafein,

dan aktivitas antioksidan pada kopi beras sebelum dilakukan proses penyangraian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, Jawa Barat, atas izin tempat pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih disampaikan juga kepada semua pihak yang telah membantu selama pelaksanaan penelitian ini, terutama kepada Bpk. Edi Wardiana yang telah membantu dalam analisis data serta penyampaian saran dan masukan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Nanda Supriana (Kontributor Utama)
2. Usman Ahmad (Kontributor Anggota)
3. Samsudin (Kontributor Anggota)
4. Eko Heri Purwanto (Kontributor Anggota).

DAFTAR PUSTAKA

- Alessandra, J., Caldeira, M., Gentil, D., & Toledo, M. De. (2014). Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of Arabica and Robusta coffees. *FRIN*, 61, 279–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.006>.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 01-2907-2008 Mutu Biji Kopi*. Jakarta.
- Bicho, N.C., Lidon F.C., Ramalho J.C., & Leitao, A.E. (2013). Quality assessment of Arabica and Robusta green and roasted coffees - A review. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 25, 945-950. DOI: 10.9755/ejfa.v25i12.1.
- Casal, S., Oliveira, M.B., & Ferreira, M.A. (2000). HPLC/diode-array applied to the thermal degradation of trigonelline, nicotinic acid and caffeine in coffee. *Food Chemistry*, 68, 481-485. DOI: 10.1016/S0308-8146(99)00228-9.
- Corrêa, P. C., Oliveira, G. H. H. de, Oliveira, A. P. L. R., de Vargas-Elías, G. A., Santos, F. L., & Baptestini, F. M. (2016). Preservation of roasted and ground coffee during storage part 1: Moisture content and repose angle. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola E Ambiental*, 20(6), 581–587. doi.org/10.1590/18071929/agriambi.v20n6p581-587.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Statistik Perkebunan Indonesia 2013-2015 - Kopi*. Jakarta.
- Farida, A., Ristanti, E., & Kumoro, Andri, A.C. (2013). Penurunan kadar kafein dan asam total pada biji kopi robusta menggunakan teknologi fermentasi anaerob fakultatif dengan mikroba Nopkor MZ-15. *J. Teknologi Kimia dan Industri*, 2(3), 70-75.
- Gure, S., Mohammed, A., Garedew, W., & Bekele, G. (2014). Effect of mucilage removal methods on the quality of different coffee (*Coffea arabica* L.) varieties in Jimma, South Western Ethiopia. *World Applied Sciences Journal*, 32(9), 1899–1905. <http://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2014.32.09.457>.
- Kurniawan, M. (2017). *Kajian metabolomik peranan fenolik dan melanoidin terhadap aktivitas antioksidan ekstrak kopi Robusta dan Arabika asal Indonesia*. (Master's Thesis, Institut Pertanian Bogor).
- Maramis, R. K., Citraningtyas, G., & Wehantouw, F. (2013). Analisis kafein dalam kopi bubuk di kota Manado menggunakan spektrofotometri UV-VIS. *Pharmakon - Jurnal Ilmiah Farmasi*, 2(4), 122-128.
- Meilgard, M., Civille, G.V., & Carr, B. T. (2006). *Sensory Evaluation Techniques* (Fourth). USA.
- Mullen, W., Nemzer, B., Stalmach, A., Ali, S., & Combet, E. (2013). Polyphenolic and hydroxycinnamate contents of whole coffee fruits from China, India, and Mexico. *J. Agric. Food Chem*, 61, 5298-5309.
- Novita, E., Syarief, R., Noor, E., & Mulato, S. (2010). Peningkatan mutu biji kopi rakyat dengan pengolahan semi basah berbasis produksi bersih. *Agrotek*, 4(1), 76–90.
- Panggabean, E. (2011). *Buku Pintar Kopi*. Jakarta: PT Agromedia Pustaka.
- Pastoriza, S., & Rufián-henares, J. A. (2014). Contribution of melanoidins to the antioxidant capacity of the Spanish diet. *Food Chemistry*, 164, 438-445. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.118>.
- Poltronieri, P., & Rossi, F. (2016). Challenges in specialty coffee processing and quality assurance. *Challenges*, 7(2), 19. <http://doi.org/10.3390/challe7020019>.
- Rahardjo, P. (2012). *Kopi Panduan Budidaya dan Pengolahan Kopi Arabika dan Robusta*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Rahmawati, N. (2015). *Aktivitas antioksidan dan total fenol teh herbal daun Pacar Air (Impatiens balsamina) dengan variasi lama fermentasi dan metode pengeringan*. (Skripsi, Universitas Muhammadiyah, Surakarta, Jawa Tengah).
- Sari, R. Y. (2018). *Pengaruh suhu dan lama penyangraian terhadap sifat fisik-mekanis biji kopi sangrai Robusta pagaram, sumatera selatan*. (Master's Thesis, Institut Pertanian Bogor).
- SCAA. (2012). *Coffee Facts and Statistics*. Specialty Coffee Association of America.
- Setyani, S., Subeki, & Grace, H. A. (2018). Evaluasi nilai cacat dan cita rasa kopi Robusta (*Coffea canephora* L.) yang diproduksi IKM kopi di Kabupaten Tanggamus. *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*, 23(2), 103-114. <https://doi.org/10.23960/jtihip.v23i2.103-114>.

- Severini, C., Derossi, A., Ricci, I., Fiore, A.G., & Caporizzi, R. (2017). How much caffeine in coffee cup? - Effects of processing operations, extraction methods and variables. *Chapter 3, The Question of Caffeine*. Intech Open Science/Open Minds. <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.69002>.
- Somporn, C., Kamtuo, A., Theerakulpisut, P., & Siriamornpun, S. (2011). Effects of roasting degree on radical scavenging activity, phenolics and volatile compounds of Arabica coffee beans (*Coffea arabica* L . cv . Catimor). *International Journal of Food Science and Technology*, 46, 2287–2296. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02748.x>.
- Sukohar, A., Setiawan, F.F, Wirakusumah, & Sastramihardja, H. S. (2011). Isolasi dan karakterisasi senyawa sitotoksik kafein dan asam klorogenat dari biji kopi Robusta Lampung. *Medika Planta*, 1(4), 1-16.
- Tarigans, E., & Towaha, J. (2017). Pengaruh tingkat kematangan buah, serta lama fermentasi dan penyangraian biji terhadap karakter fisikokimia kopi Robusta. *J. TIDP* 4(3), 163-170.
- Vignoli, J. A., Bassoli, D. G., & Benassi, M. T. (2011). Antioxidant activity, polyphenols, caffeine and melanoidins in soluble coffee: The influence of processing conditions and raw material. *Food Chemistry*, 124(3), 863–868. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.07.008>.
- Wardiana, E. (2014). Faktor-faktor yang berpengaruh terhadap kandungan polifenol pada biji dan produk berbasis kakao. In: Rubiyo, Harni, R., Martono, B., Wardiana, E., Izzah, N.K., & Hasibuan., A.M. (eds.), *Bunga Rampai Inovasi Teknologi Bioindustri Kakao* (pp: 109-127). IAARD Press, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Yusianto & Widyotomo. (2013). Mutu dan citarasa kopi Arabika hasil beberapa perlakuan fermentasi : Suhu, jenis wadah, dan penambahan agens fermentasi. *Pelita Perkebunan*, 29(3), 220–239.
- Yusmarini. (2011). Mini review senyawa polifenol pada kopi: Pengaruh pengolahan, metabolisme dan hubungannya dengan kesehatan, *Sagu*, 10(2), 22–30.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 2, Juli 2020

**KARAKTERISASI MORFOLOGI, ANATOMI, DAN FISILOGI
TUJUH KLON UNGGUL KOPI ROBUSTA**

***MORPHOLOGICAL, ANATOMICAL, AND PHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION
OF SEVEN SUPERIOR CLONES OF ROBUSTA COFFEE***

* Sakiroh, Meynarti Sari Dewi Ibrahim

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* *Saky1605@gmail.com*

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

ABSTRAK

Karakterisasi morfologi tanaman kopi Robusta unggul telah banyak diteliti, namun untuk karakter anatomi dan fisiologi masih relatif terbatas. Hal ini penting sebagai informasi dasar dalam upaya perakitan varietas unggul baru. Tujuan penelitian adalah mengetahui karakter morfologi, anatomi, dan fisiologi tujuh klon kopi Robusta (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308 dan BP 436). Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Pakuwon dan Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, Jawa Barat, mulai Oktober sampai November 2019. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan tujuh klon kopi Robusta sebagai perlakuan dan tiga ulangan. Peubah yang diamati meliputi karakter morfologi (luas daun), anatomi (bentuk dan kerapatan stomata), dan fisiologi (klorofil a, klorofil b, dan total klorofil). Hasil penelitian menunjukkan luas daun pertama dan ketiga dari tujuh klon relatif seragam. Bentuk stomata daun kopi Robusta termasuk tipe parasitik (*Rubiaceous*). Klon SA 203 dan BP 409 memiliki jumlah stomata paling sedikit. Kandungan klorofil a, b, dan total daun pertama dan ketiga bervariasi antar ketujuh klon. Kandungan klorofil daun bagian pangkal, tengah, dan ujung relatif seragam, kecuali klon SA 203 dan BP 939 untuk daun pertama, dan klon SA 203 dan BP 436 untuk daun ketiga. Hasil analisis korelasi memperlihatkan adanya hubungan positif antara karakter luas daun dengan kandungan klorofil.

Kata kunci: *Coffea canephora*; klorofil a; klorofil b; klorofil total; luas daun; stomata

ABSTRACT

*Morphological characterization of superior Robusta coffee plants has been widely studied, but for the anatomical and physiological character is still relatively limited. This is important as basic information in order to create the new superior varieties. The purpose of this study was to investigate the morphological, anatomic, and physiological characteristics of seven Robusta coffee clones (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308 and BP 436). The experiment was conducted at Pakuwon Experimental Station and Integrated Laboratory of Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute, Sukabumi, West Java, from October to November 2019. The Completely Randomized Design with 7 Robusta coffee clones as treatments and three replications was used in this study. The variable observed were morphological (leaf area), anatomical (stomata shape and density) and physiological characters (chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll). The results showed that the leaf area of the first and third leaves of seven clones of Robusta coffee were uniform relatively. The stomata shape of Robusta coffee leaf is parasitic (*Rubiaceous*) type. The SA 203 and BP 409 clones have the fewest stomata. The content of chlorophyll a, b, and total in the first and third leaves varies between clones. Chlorophyll content in the basal, middle, and apical leaf were relatively uniform, except clones SA 203 and BP 939 for the first leaf, and SA 203 and BP 436 for third leaf. The correlation analysis showed a positive relationship between leaf area and chlorophyll content.*

Keywords: *Chlorophyll a; chlorophyll b; Coffea canephora; leaf area; stomata; total chlorophyll*

PENDAHULUAN

Kopi Robusta (*Coffea canephora*) sampai saat ini merupakan jenis kopi yang paling banyak di ekspor. Hal ini ditunjukkan oleh persentase volume ekspor per tahun yang mencapai angka 85%, sementara kopi Arabika hanya 15% (AEKI, 2020). Kopi Robusta memiliki rasa yang lebih pahit, sedikit asam, dan mengandung kafein dalam kadar yang jauh lebih tinggi daripada Arabika (Purwanto, Rubiyo, & Towaha, 2015). Walaupun demikian kopi Robusta asal Indonesia memiliki cita rasa yang tidak dimiliki oleh negara lain, sehingga sering dicari penikmat kopi (Puslitkoka, 2016). Kelebihan lainnya dari kopi Robusta dibandingkan kopi Arabika adalah lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit (Afriliana, 2018).

Kopi Robusta sama dengan jenis kopi lainnya termasuk kelompok tanaman yang memerlukan cahaya tidak penuh (C3) sehingga diperlukan naungan (Sobari, Sakiroh, & Purwanto, 2012; Carvajal *et al.*, 2013). Naungan pada tanaman tidak hanya bertujuan untuk menjaga kondisi lingkungan agar tetap sesuai, tetapi juga memiliki peran meningkatkan efisiensi dalam memanfaatkan sinar matahari serta mengurangi kerusakan akibat radiasi sinar ultra violet (Dalimoenthe, 2006). Peningkatan luas daun merupakan salah satu bentuk adaptasi tanaman yang tumbuh pada kondisi naungan sebagai upaya memaksimalkan penangkapan cahaya yang jumlahnya terbatas dibandingkan dengan kondisi terbuka (Sirait, 2008).

Proses fotosintesis tanaman menghasilkan karbohidrat yang akan diubah menjadi protein, lemak, asam nukleat, dan molekul organik lainnya (Ai & Banyo, 2011). Tanaman C3 menghasilkan fotosintesis yang lebih rendah dibandingkan tanaman C4. Proses fotosintesis dapat terjadi karena adanya klorofil. Tanaman tingkat tinggi mempunyai dua macam klorofil, yaitu klorofil a dan b. Klorofil a berperan langsung dalam reaksi perubahan energi radiasi matahari menjadi energi kimia, menyerap dan mengangkut energi ke pusat reaksi molekul. Sedangkan klorofil b berfungsi menyerap energi radiasi matahari yang selanjutnya diteruskan ke klorofil a (Ai & Banyo, 2011; Ai, 2012).

Energi cahaya diubah menjadi energi kimia oleh pigmen fotosintesis yang terdapat pada membran internal atau tilakoid. Pigmen fotosintesis yang utama ialah klorofil dan karotenoid. Klorofil a dan b menunjukkan absorpsi yang sangat kuat untuk panjang gelombang biru dan ungu serta jingga dan merah, sedangkan panjang gelombang hijau dan kuning hijau (500-600 nm) menunjukkan absorpsi yang sangat kurang (Ai, 2012; Purba, 2018).

Klorofil merupakan komponen kloroplas yang utama dan kandungan klorofil relatif

berkorelasi positif dengan laju fotosintesis (Rong-hua, Pei-po, Baum, Grando, & Ceccarelli, 2006). Secara fisiologis pengukuran kadar klorofil berhubungan erat dengan produksi tanaman. Salah satu bentuk adaptasi tanaman terhadap penyinaran rendah adalah dengan penurunan rasio klorofil a/b melalui peningkatan kandungan klorofil b (Sirait, 2008).

Penurunan kandungan klorofil merupakan salah satu respons fisiologis tanaman yang kekurangan air. Penurunan kandungan klorofil pada saat tanaman kekurangan air berkaitan dengan aktivitas perangkat fotosintesis dan menurunkan laju fotosintesis tanaman. Selain klorofil, stomata juga berperan penting dalam fotosintesis. Stomata dapat digunakan sebagai alat untuk adaptasi tanaman terhadap cekaman kekeringan. Pada kondisi cekaman kekeringan maka stomata akan menutup sebagai upaya untuk menahan laju transpirasi.

Sampai saat ini kopi Robusta yang telah dilepas cukup banyak. Beberapa klon yang mempunyai potensi produksi tinggi diantaranya adalah SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, dan BP 436. Selain produksi tinggi, kopi Robusta SA 203, BP 409, dan BP 939 termasuk klon yang cukup toleran terhadap kekeringan, BP 534 dan 436 mampu beradaptasi di tipe iklim basah, sementara BP 42 merupakan penyerbuk yang baik. Kopi Robusta BP 308 tidak termasuk kopi yang berproduksi tinggi namun merupakan klon yang tahan terhadap nematoda (Puslitkoka, 2016).

Karakterisasi morfologi tanaman seperti bentuk dan warna daun, bunga dan buah telah banyak dilakukan, namun untuk karakter anatomi dan fisiologi seperti luas daun, jumlah stomata, dan kandungan klorofil masih relatif terbatas, terutama untuk klon SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436. Hasil dari karakterisasi anatomi dan fisiologi memiliki implikasi yang baik bagi program pemuliaan berikutnya, salah satunya dalam upaya merakit varietas kopi Robusta yang toleran terhadap cekaman biotik maupun abiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakter morfologi, anatomi, dan fisiologi tujuh klon kopi Robusta (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308 dan BP 436), yang telah dilepas sebagai klon unggul.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan (KP) Pakuwon dan Laboratorium Terpadu Balittri, Balai penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) Sukabumi, Jawa Barat, mulai bulan Oktober sampai November 2019. Lokasi pertanaman kopi Robusta yang diambil daunnya pada ketinggian tempat 450 meter di

atas permukaan laut (dpl) dengan jenis tanah latosol dan tipe iklim B (Oldeman).

Bahan dan Rancangan Percobaan

Bahan tanam yang digunakan adalah tujuh varietas kopi Robusta, yaitu SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436. Daun diambil dari kebun sumber entres kopi Robusta Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, yang ditanam menggunakan naungan tanaman Ramayana (*Cassia spectabilis*). Daun muda (daun pertama) dan daun tua (daun ketiga) tiga tanaman dari masing-masing klon kopi dipetik lalu dibawa ke laboratorium. Penelitian dirancang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan tujuh perlakuan dan tiga ulangan. Ketujuh perlakuan yang diuji adalah klon kopi Robusta unggul, yaitu klon SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436.

Pengamatan dan Analisis Data

Pengamatan terdiri dari karakter morfologi, karakter anatomi, dan karakter fisiologi. Karakter morfologi yang diamati berupa luas daun, karakter anatomi berupa kerapatan stomata dan tipe stomata, sementara karakter fisiologis yang diamati berupa kadar klorofil a, b, dan total.

1. Pengukuran luas daun

Luas daun diukur menggunakan metode gravimetri, yaitu dengan cara membuat replika daun pada kertas milimeterblok dan ditimbang beratnya, lalu dibandingkan dengan berat kertas standar. Luas daun dihitung berdasarkan persamaan (Sitompul & Guritno, 1995):

$$\text{Luas daun} = \frac{\text{bobot replika daun}}{\text{bobot kertas } 10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}} \times 100 \text{ cm}^2$$

2. Pengukuran kerapatan stomata

Pengamatan kerapatan stomata dilakukan dengan menggunakan metode pengecatan. Adapun cat yang digunakan adalah cat kuku bening yang dioleskan pada bagian bawah daun nomer tiga dari ujung tajuk. Setelah kering cat kuku dilepas dengan cara menempelkan isolatip bening pada seluruh olesan dan melepaskannya secara cepat dan diletakkan di atas kaca objek. Sampel diamati dengan menggunakan mikroskop kompond (Zeiss plan-Achromat) pada pembesaran 10 kali dan 40 kali, kemudian dihitung jumlah stomata pada bidang pandang $110 \mu\text{m} \times 80 \mu\text{m}$ ($8,8 \text{ mm}^2$). Parameter yang diamati meliputi bentuk stomata dan kerapatan stomata.

3. Pengukuran kandungan klorofil

Pengamatan kandungan klorofil dilakukan dengan 2 cara, yaitu menggunakan klorofil meter tipe SPAD 502 dan ekstraksi klorofil dengan menggunakan spektrofotometer genesys 10S UV-VIS.

a. Menggunakan klorofil meter

Pengamatan kadar klorofil menggunakan klorofilmeter Konica Minolta seri SPAD 502. Cara pengukurannya dengan menjepitkan bagian pangkal, tengah, dan ujung daun pada scanner sampai muncul angka konstan di monitornya. Masing-masing bagian pangkal, tengah, dan ujung daun pertama maupun ketiga diukur sebanyak 3 kali pada titik yang berbeda.

b. Ekstraksi Klorofil

Daun yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun pertama dan daun ke-3 pada tiap-tiap klon kopi Robusta. Daun tersebut dipotong kecil-kecil untuk memudahkan proses penghancuran, kemudian ditimbang menggunakan neraca analitik masing-masing sampel 1 gram. Cara analisis yaitu dengan mengambil 1 gram contoh daun, kemudian ditumbuk dan diekstraksi menggunakan 20 ml ethanol 96%, lalu disaring menggunakan kertas filter ke dalam beker glass. Larutan filtrat dimasukkan ke dalam kuvet spektrofotometer menggunakan pipet sampai batas warna putih. Kuvet dimasukkan ke dalam spektrofotometer genesys 10S UV-VIS pada panjang gelombang $\lambda 649 \text{ nm}$ dan $\lambda 665 \text{ nm}$ serta dicatat absorbansinya (A). Untuk menghitung kandungan klorofil maka digunakan rumus sebagai berikut (Wintermans & De Mots, 1965):

$$\text{Kadar klorofil a} = 13,7 A_{665} - 5,76 A_{649} \text{ (mg/g)}$$

$$\text{Kadar klorofil b} = 25,8 A_{649} - 7,60 A_{665} \text{ (mg/g)}$$

$$\text{Kadar klorofil total} = 20,0 A_{649} + 6,10 A_{665} \text{ (mg/g)}$$

Keterangan:

A649 = absorbansi pada panjang gelombang 645 nm

A665 = absorbansi pada panjang gelombang 663 nm

Data dianalisis dengan sidik ragam (Anova), dan apabila memperlihatkan perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji rerata menggunakan metode Duncan taraf 5%. Di samping itu, dilakukan juga analisis korelasi antara peubah luas daun, kandungan klorofil total, klorofil a, klorofil b, dan kerapatan stomata.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Luas Daun

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa luas daun dari ketujuh klon kopi Robusta (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436) baik pada daun pertama dan ketiga tidak berbeda nyata satu sama lainnya (Tabel 1). Perbedaan bentuk daun yang terlihat secara kasat mata dari tujuh klon kopi Robusta yang diuji ternyata tidak memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun.

Ukuran daun yang tidak berbeda nyata memperlihatkan bahwa potensi daun dari ketujuh klon yang diuji akan menghasilkan karbohidrat sebagai hasil proses fotosintesis juga tidak berbeda nyata. Hal ini karena daun merupakan komponen utama tanaman yang memiliki fungsi utama sebagai tempat pelaksanaan proses fotosintesis. Kemampuan tanaman untuk berfotosintesis dapat terlihat dari seberapa luas daun tersebut dapat menerima cahaya matahari secara penuh (Salisbury & Ross, 1995). Semakin luas ukuran daun maka semakin banyak energi yang masuk, sehingga proses fotosintesis semakin tinggi pula (Sholikhah, Munandar, & Pradana S, 2015), sehingga dengan tidak berbeda nyatanya luas daun maka hasil fotosintesis juga akan tidak berbeda, dengan catatan tidak ada faktor lain yang memberikan pengaruhnya terhadap ketujuh klon yang diuji.

Bentuk dan Kerapatan Stomata

Hasil pengamatan pada daun memperlihatkan bahwa bentuk stomata pada tujuh klon kopi Robusta SA

203, BP 534, BP 436, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 42 mempunyai bentuk yang sama, yaitu termasuk tipe parasitik (*Rubiaceous*). Hasil ini sejalan dengan penelitian Arunadevi, Selvaraj, & Elumalai (2015) yang memperlihatkan bahwa stomata tanaman kopi termasuk tipe parasitik. Pada tipe ini setiap sel penutup didampingi oleh satu atau lebih sel tetangga yang letaknya sejajar dengan stomata (Morais *et al.*, 2004). Setiap stomata mempunyai dua sel penjaga yang ditemukan pada sel epidermis daun bagian bawah, sedangkan di lapisan epidermis daun bagian atas tidak ditemukan stomata (Gambar 1).

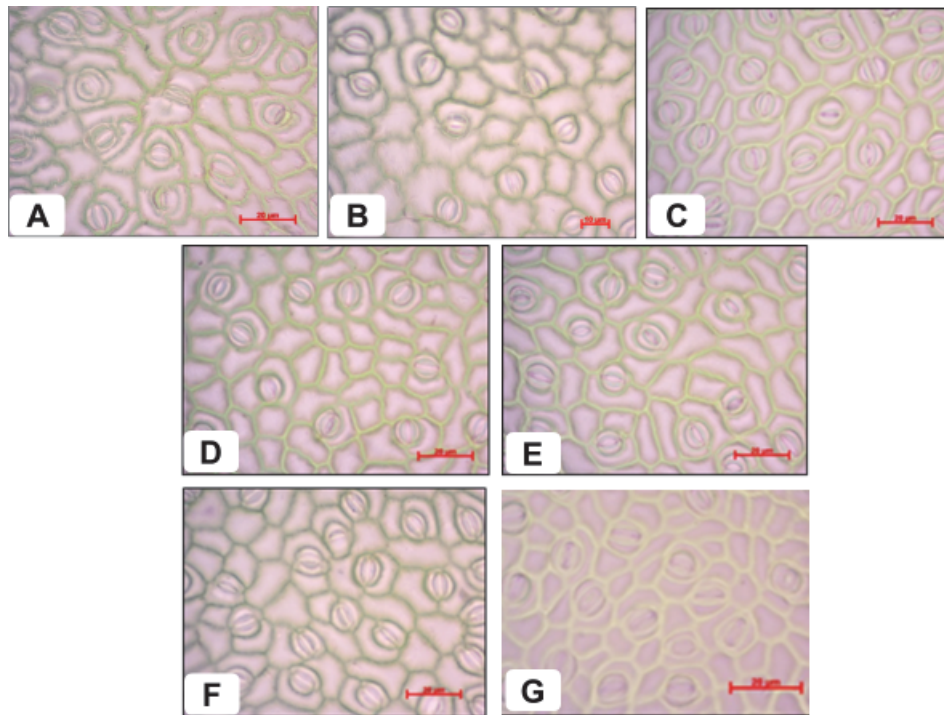
Hasil pengamatan terhadap jumlah stomata pada tujuh klon kopi Robusta menunjukkan bahwa klon SA 203 memiliki jumlah stomata paling sedikit, sementara klon BP 308 memiliki jumlah stomata paling banyak dibanding klon BP 939, BP 534, BP 42, BP 436, dan BP 409 (Tabel 2). Perbedaan jumlah stomata ini kemungkinan besar karena pengaruh perbedaan faktor genetik lebih dominan daripada faktor lingkungan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Meriko & Abizar, (2017) bahwa jumlah dan ukuran stomata dipengaruhi oleh genetik dan lingkungan. Faktor lingkungan yang dapat memengaruhi kerapatan stomata antara lain ketersediaan air, intensitas cahaya, temperatur, dan konsentrasi CO₂ (Sihotang, 2017). Hal ini sejalan dengan penelitian Sholikhah, Munandar, & Pradana (2015) yang memperlihatkan perbedaan kerapatan stomata kopi Robusta klon BP 358 yang ditanam di bawah pohon penaung Sengon dan Lamtoro.

Tabel 1. Luas daun pertama dan ketiga tujuh klon kopi Robusta
Table 1. The first and third leaf area of seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Luas daun pertama (cm ²)	Luas daun ketiga (cm ²)
SA 203	20,89	115,75
BP 534	22,22	116,85
BP 42	21,36	116,02
BP 409	20,76	116,16
BP 939	18,83	140,89
BP 308	21,78	133,56
BP 436	18,22	140,44
	tn	tn

Keterangan: tn = tidak nyata

Notes : tn = not significant



Gambar 1. Bentuk stomata di bawah mikroskop dengan perbesaran 40 kali pada tujuh klon kopi Robusta: (A) BP 42, (B) SA 203, (C) BP 308, (D) BP 409, (E) BP 436, (F) BP 534, dan (G) BP 939

Figure 1. Stomata form under a microscope with magnification 40 times on seven clones of Robusta coffee: (A) BP 42, (B) SA 203, (C) BP 308, (D) BP 409, (E) BP 436, (F) BP 534, and (G) BP 939

Kopi Robusta klon SA 203 memiliki jumlah stomata paling sedikit. Hal ini sejalan dengan deskripsi varietas yang menyatakan bahwa klon SA 203 termasuk tanaman yang toleran kekeringan dan merupakan salah satu penyusun komposisi klon daerah tipe iklim kering, di berbagai ketinggian tempat. Sama dengan klon SA 203, klon BP 409 merupakan varietas kopi yang cukup toleran terhadap kekeringan (Randriani & Dani, 2019). Hal ini terlihat juga pada Tabel 2 yang memperlihatkan bahwa klon BP 409 memiliki jumlah stomata terendah kedua setelah SA 203.

Kerapatan stomata dapat memengaruhi dua proses penting pada tanaman, yaitu fotosintesis dan transpirasi (Sihotang, 2017). Anatomi stomata ini dapat dilakukan untuk mendukung pendekatan fisiologi maupun morfologi dalam menentukan genotipe yang peka maupun yang mampu beradaptasi pada kondisi cekaman kekeringan. Tanaman padi hasil radiasi yang mempunyai stomata yang lebih sedikit di bandingkan tetuanya dilaporkan tahan terhadap kekeringan (Lestari, 2006).

Tabel 2. Kerapatan stomata tujuh klon kopi Robusta pada permukaan daun bagian bawah

Table 2. Stomata of density seven clones of Robusta coffee on the surface of the lower leaves

Klon kopi Robusta	kerapatan stomata (per 8,8 mm ²)
SA 203	143,33 f
BP 534	268,67 bc
BP 42	253,67 c
BP 409	175,00 e
BP 939	280,33 b
BP 308	377,67 a
BP 436	223,00 d

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

Notes : The numbers followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's test at 5% level

Tabel 3. Kandungan klorofil a, b, dan total daun pertama pada tujuh klon kopi Robusta
Table 3. The content of chlorophyll a, b, and total in the first leaf of seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Klorofil total (mg/g)
SA 203	0,22 c	0,14 bc	0,36 b
BP 534	0,50 ab	0,37 a	0,81 a
BP 42	0,44 ab	0,25 a	0,69 a
BP 409	0,04 d	0,06 c	0,10 c
BP 939	0,39 ab	0,26 a	0,65 a
BP 308	0,52 a	0,26 a	0,78 a
BP 436	0,35 bc	0,21 ab	0,55 ab

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

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

Tabel 4. Kandungan klorofil a, b, dan total daun ketiga pada tujuh klon kopi Robusta
Table 4. The content of chlorophyll a, b, and total in the third leaf of seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Klorofil a (mg/g)	Klorofil b (mg/g)	Klorofil total (mg/g)
SA 203	0,50 bc	0,24 de	0,74 cd
BP 534	0,56 ab	0,30 cd	0,85 bc
BP 42	0,61 a	0,45 a	1,06 a
BP 409	0,61 a	0,40 ab	1,00 ab
BP 939	0,51 abc	0,23 de	0,74 cd
BP 308	0,59 ab	0,35 bc	0,93 ab
BP 436	0,45 c	0,22 e	0,67 d

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

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

Kandungan Klorofil Daun

Pengamatan kandungan klorofil daun dilakukan dengan mengekstraksi daun kopi. Larutan filtrat kemudian dimasukkan ke Kuvet Spektrofotometer Genesys 10S UV-VIS. Hasil analisis kandungan klorofil a pada daun pertama kopi Robusta klon BP 308, BP 534, BP 42, dan BP 939 terlihat berbeda nyata dengan klon lainnya. Klon-klon ini memiliki kandungan klorofil a yang lebih tinggi, sementara yang terendah pada klon BP 409. Klon-klon yang memiliki kandungan klorofil a tinggi pada daun pertama juga memiliki kandungan klorofil b dan klorofil total yang tinggi. Kopi Robusta klon BP 308, BP 534, BP 42, dan BP 939 paling tinggi kandungan klorofil b dan total, serta berbeda nyata dengan klon lainnya, sedangkan klon BP 409 memiliki kandungan klorofil b dan total terendah (Tabel 3).

Hampir sama dengan daun pertama, kandungan klorofil a tertinggi pada daun ketiga juga terlihat pada BP 42, BP 534, BP 409, dan BP 308. Perbedaan terlihat pada klon BP 409, dimana daun pertama memiliki kandungan klorofil a terendah namun

pada daun ketiga justru termasuk klon yang memiliki klorofil a tertinggi. Sementara itu, klon BP 436 memiliki kandungan klorofil a, b, dan total terendah. Klon-klon yang memiliki klorofil a tinggi juga terlihat memiliki kandungan klorofil b dan total yang tinggi juga (Tabel 4). Bervariasinya kandungan klorofil a, b, dan totalnya pada daun pertama dan ketiga ini diduga menjadi salah satu penyebab warna daun terlihat berbeda tingkat kecerahannya dan menimbulkan variasi warna daun dari hijau muda, hijau tua, hijau kecoklatan, sampai hijau kemerahan.

Klorofil total daun ketiga yang paling tinggi pada klon BP 42, BP 534, BP42 dan BP 308. Hal ini sejalan dengan deskripsi tanaman yang menyatakan daun tua berwarna hijau gelap, dan paling rendah BP 436 karena memiliki daun tua yang berwarna hijau pucat (kekuningan) terkesan seperti defisiensi unsur hara. Hasil penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa banyak faktor yang memengaruhi keberadaan klorofil pada suatu tanaman, diantaranya sinar matahari, karbohidrat, oksigen, bahan nitrogen, magnesium, besi,

air, dan temperatur. Ketika semua faktor lingkungan berada pada kondisi yang sesuai maka keberadaan klorofil akan sangat tinggi (Agustamia, Widiastuti, & Sumardiyono, 2016). Berdasarkan pernyataan ini dapat diyakini bahwa warna hijau pucat pada klon BP 436 disebabkan oleh faktor genetik, karena kondisi lingkungan pada percobaan ini relatif seragam dan sesuai untuk pertumbuhan dan perkembangan kopi Robusta.

Kadar klorofil total meningkat dengan bertambahnya luas daun sampai tingkat perkembangan daun ke-3 (Tabel 4). Hasil ini sejalan dengan penelitian pada tanaman mangga yang memperlihatkan perbedaan kandungan klorofil pada tingkat perkembangan daun yang berbeda. Daun hijau tua memiliki konsentrasi klorofil total yang lebih tinggi (47,44 mg/l) dari pada daun hijau muda (27,55 mg/l) (Sumenda, Rampe, & Mantiri, 2011).

Klorofil penting bagi tanaman untuk melaksanakan fotosintesis dan menghasilkan energi (Ajiningrum, 2018). Menurut Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger (2002), klorofil adalah molekul kompleks yang berperan menangkap energi cahaya matahari, proses transfer energi, dan elektron pada proses fotosintesis. Oleh karena itu, semakin tinggi

kadar klorofil daun maka kemampuan dalam berfotosintesis akan semakin tinggi. Berdasarkan pernyataan ini maka kemungkinan besar kopi Robusta klon 436 mempunyai kemampuan berfotosintesis yang lebih rendah dari pada keenam klon lainnya. Namun jika dikaitkan dengan luasan daun ketiga dari tanaman, walaupun tidak berbeda nyata dengan klon lainnya, klon 436 memiliki luas yang lebih lebar, sehingga kemungkinan besar proses fotosintesis juga dapat berjalan sama baik dengan klon-klon lainnya.

Kandungan Klorofil pada Bagian Pangkal, Tengah, dan Ujung Daun

Pengamatan kadar klorofil pangkal, tengah, dan ujung daun pada daun pertama dan ketiga menggunakan klorofilmeter Konica Minolta seri SPAD 502. Hasil Analisa memperlihatkan kandungan klorofil pada daun pertama bagian pangkal, tengah, dan ujung daun memperlihatkan kandungan yang relatif sama antar klon, kecuali klon BP 534 lebih banyak daripada klon SA 203 dan BP 939 untuk seluruh bagian daun. (Tabel 5). Sedangkan untuk daun ketiga, kandungan klorofil klon BP 308 lebih banyak daripada klon SA 203 dan BP 436 untuk seluruh bagian daun (Tabel 6).

Tabel 5. Kandungan klorofil daun bagian pangkal, tengah, dan ujung daun pertama pada tujuh klon kopi Robusta
Table 5. Chlorophyll content in the basal, middle and apical of the first leaf in seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Kandungan klorofil (Unit SPAD)		
	Pangkal daun	Tengah daun	Ujung daun
SA 203	31,59 b	26,98 c	23,18 c
BP 534	45,55 a	43,64 a	41,28 a
BP 42	40,41 ab	37,28 ab	41,02 a
BP 409	38,42 ab	36,29 ab	33,12 ab
BP 939	34,92 b	32,94 bc	28,51 bc
BP 308	38,28 ab	31,84 bc	27,50 bc
BP 436	41,32 ab	40,57 ab	41,02 a

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

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

Tabel 6. Kandungan klorofil daun bagian pangkal, tengah, dan ujung daun ketiga pada tujuh klon kopi Robusta
Table 6. Chlorophyll content in the basal, middle and apical of the third leaf in seven clones of Robusta coffee

Klon kopi Robusta	Kandungan klorofil (Unit SPAD)		
	Pangkal daun	Tengah daun	Ujung daun
A 203	47,38 c	46,39 bc	45,69 bc
BP 534	52,68 bc	48,97 bc	49,49 ab
BP 42	54,92 b	52,30 ab	49,90 ab
BP 409	52,85 bc	54,48 ab	50,40 ab
BP 939	55,93 b	53,96 ab	50,30 ab
BP 308	63,92 a	59,14 a	57,31 a
BP 436	45,88 c	43,04 c	39,37 c

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

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

Tabel 7. Korelasi antara luas daun, klorofil total, klorofil a, klorofil b, dan kerapatan stomata pada daun kopi Robusta.
Table 7. Correlation between leaf area, total chlorophyll, chlorophyll a, chlorophyll b and stomata density of Robusta coffee leaves

Peubah yang dikorelasikan	Luas daun	Kandungan klorofil total	Kandungan klorofil a	Kandungan klorofil b	Kerapatan stomata
Luas daun	-				
Kandungan klorofil total	0,52**	-			
Kandungan klorofil a	0,56**	0,98**	-		
Kandungan klorofil b	0,42**	0,96**	0,88**	-	
Kerapatan Stomata	0,26	0,18	0,20	0,15	-

Keterangan : ** = nyata pada taraf 1%
Notes : ** = significant at 1% level

Kandungan klorofil daun kopi robusta SA 203, BP 534, BP 436, BP 409, BP 939, BP 308 dan BP 42 meningkat seiring bertambahnya umur daun (Tabel 5 dan 6). Pada daun pertama dan ketiga, kandungan klorofil daun terlihat semakin meningkat dari bagian ujung sampai pada bagian pangkal. Hal ini diduga karena terjadinya peningkatan kadar klorofil total dan bertambahnya luas daun seiring dengan perkembangan daun. Penelitian Sumenda, Rampe, & Mantiri, (2011) memperlihatkan bahwa klorofil pada daun yang masih muda masih berupa protoklorofil dan akan berubah menjadi hijau sepenuhnya setelah transformasi protoklorofil. Penelitian yang telah dilakukan oleh Setiawati, Saragih, Nurzaman, & Mutaqin, (2016) membuktikan adanya kenaikan jumlah kandungan klorofil dan rata-rata luas daun Lampeni (*Ardisia humilis* Thunberg) sesuai dengan tingkat perkembangan daun yang berbeda. Semakin besar ukuran daunnya maka kadar klorofilnya pun semakin tinggi.

Korelasi antar Karakter Luas Daun, Kandungan Klorofil, dan Kerapatan Stomata

Hasil analisis korelasi menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang positif antara luas daun dengan klorofil total, klorofil a, dan klorofil b, sementara kerapatan stoma tidak berhubungan nyata dengan peubah lainnya (Tabel 7). Hal ini sejalan dengan pernyataan Kozlowski *et al.* (1991) yang menyebutkan bahwa luasan daun berhubungan dengan peningkatan kandungan klorofil, dan akan berdampak terhadap bertambahnya produk fotosintesis sehingga meningkatkan laju pertumbuhan dan produksi tanaman.

KESIMPULAN

Luas daun pertama dan ketiga dari tujuh klon kopi Robusta (SA 203, BP 534, BP 42, BP 409, BP 939, BP 308, dan BP 436) memperlihatkan keseragaman. Bentuk stomata daun tanaman kopi Robusta termasuk tipe parasitik (*Rubiaceous*). Di antara ketujuh klon kopi Robusta yang diuji, klon SA 203 dan BP 409 memiliki

jumlah stomata paling sedikit. Kandungan klorofil a, b, dan total pada daun pertama dan ketiga relatif bervariasi antar klon, dan ini menjadi salah satu penyebab bervariasinya warna daun. Kandungan klorofil pada daun bagian pangkal, tengah, dan ujung relatif tidak bervariasi antar klon, kecuali klon BP 534 lebih banyak daripada klon SA 203 dan BP 939 untuk daun pertama, dan klon BP 308 lebih banyak daripada klon SA 203 dan BP 436 untuk daun ketiga. Hasil lainnya menunjukkan adanya hubungan yang positif antara karakter luas daun, kandungan klorofil a, klorofil b, dan klorofil total. Hasil penelitian ini memberikan implikasi bagi program pemuliaan kopi Robusta berikutnya, terutama sebagai informasi dasar bagi upaya perakitan varietas unggul baru.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Dibyo Pranowo, Edi Wardiana, Setty Utami, dan Siti Sawitri Fatimah yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Sakiroh (Kontributor Utama)
2. Meynarti Sari Dewi Ibrahim (Kontributor Utama)

DAFTAR PUSTAKA

- AEKI. (2020). Ekspor kopi. Retrieved January 9, 2020, from http://www.aeki-aice.org/coffee_export_regulations.html.
- Afriliana, A. (2018). *Teknologi Pengolahan Kopi Terkini* (Cetakan 1). Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Agustamia, C., Widiastuti, A., & Sumardiyono, C. (2016). Pengaruh stomata dan klorofil pada ketahanan beberapa varietas jagung terhadap penyakit bulai. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 20(2), 89–94.

- Ai, N. S., & Banyo, Y. (2011). Konsentrasi klorofil daun sebagai indikator kekurangan air pada tanaman. *Jurnal Ilmiah Sains*, 15(1), 166. <https://doi.org/10.35799/jis.11.2.2011.202>.
- Ai, N.S. (2012). Evolusi fotosintesis pada tumbuhan. *Jurnal Ilmiah Sains*, 12(1), 28–34. <https://doi.org/10.35799/jis.12.1.2012.398>.
- Ajiningrum, P. S. (2018). Kadar total pigmen klorofil tanaman *Avicennia marina* pada tingkat perkembangan daun yang berbeda. *Stigma*, 11(September), 52–59.
- Arunadevi, R., Selvaraj, R., & Elumalai, R. (2015). Foliar anatomical studies in some taxa of *Coffea* Linn. *INT J CURR SCI*, 14, 19–29.
- Carvajal, A. F., Feijoo, A., Quintero, H., & Rondón, M. A. (2013). Soil organic carbon storage and dynamics after C3-C4 and C4-C3 vegetation changes in sub-Andean landscapes of Colombia. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 73(4), 391–398. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392013000400010>.
- Dalimoenthe, S. L. (2006). Teknologi sustainable pucuk teh. Prosiding Pertemuan Teknis Industry Teh Berkelanjutan (Sustainable Tea), hal: 49-68.
- Kozlowski, TTPJ, Kramer, SG & Palardy (1991), *The physiologhycal ecology of wody plants*, Academic Press Inc, London, pp: 31-68.
- Lestari, E.G. (2006). Hubungan antara kerapatan stomata dengan ketahanan kekeringan pada somaklon padi Gajahmungkur, Towuti, dan IR 64. *Biodiversitas*, 7(1), 44-48.
- Lincoln Taiz and Eduardo Zeiger. (2002). Plant Physiology, 3rd ed. In *Sinauer Associates*. <https://doi.org/10.1104/pp.900074>.
- Meriko, L., & Abizar. (2017). Struktur stomata daun beberapa tumbuhan kantong semar (*Nepenthes* spp.). *Berita Biologi Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati*, 16(3), 325-330.
- Morais, H., Medri, M. E., Marur, C. J., Caramori, P. H., De Arruda Ribeiro, A. M., & Gomes, J. C. (2004). Modifications on leaf anatomy of *Coffea arabica* caused by shade of pigeonpea (*Cajanus cajan*). *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(6), 863–871. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000600005>.
- Purba, Z. (2018). Regresi linier berganda kelembaban udara dan intensitas cahaya matahari terhadap produksi tanaman padi di perkotaan. *Jurnal Pembangunan Perkotaan*. 6(2), 112–117.
- Purwanto, E. H., Rubiyono, & Towaha, J. (2015). Karakteristik mutu dan citarasa kopi Robusta klon BP 42, BP 358 dan BP 308 asal Bali dan Lampung. *Sirinov*, 3(2), 67–74.
- Puslitkoka. (2016). *Kopi: Sejarah, Botani, Proses, Produksi, Pengolahan, Produk Hilir, dan Sistem Kemitraan* (T. Wahyudi, Ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Rong-hua, L., Pei-po, G., Baum, M., Grando, S., & Ceccarelli, S. (2006). Evaluation of chlorophyll Content and fluorescence parameters as indicators. *Agricultural Sciences in China*, 5(10), 751–757. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(06\)60120-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60120-X).
- Randriani, E., & Dani. (2018). *Pengenalan Varietas Unggul Kopi* (2nd ed.). Jakarta: IAARD Press.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (1995). *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*. Bandung: ITB.
- Setiawati, T., Saragih, I. A., Nurzaman, M., & Mutaqin, A. Z. (2016). Analisis kadar klorofil dan luas daun Lampeni (*Ardisia humilis* Thunberg) pada tingkat perkembangan yang berbeda di Cagar Alam Pangandaran. *Prosiding Seminar Nasional MIPA 2016* (pp: 122–126).
- Sholikhah, U., Munandar, D. A., & Pradana S, A. (2015). Karakter fisiologis klon kopi robusta BP 358 pada jenis penangung yang berbeda. *Agrovigor*, 8(1), 58–67. <https://doi.org/https://doi.org/10.21107/agrovigor.v8i1.749>.
- Sihotang, L. (2017). Analisis densitas stomata tanaman antanan (*Centella asiatica*, L) dengan perbedaan intensitas cahaya. *Jurnal Pro-Life*, 4(2), 329–338.
- Sirait, J. (2008). Luas daun, kandungan klorofil dan laju pertumbuhan rumput pada naungan dan pemupukan yang berbeda. *JITV*, 13(2), 109–116.
- Sitompul, S.M dan Guritno, B. (1995). *Analisis Pertumbuhan Tanaman* (Pertama). Yogyakarta: UGM Press.
- Sobari, I., Sakiroh, & Purwanto, E. H. (2012). Pengaruh jenis tanaman penangung terhadap pertumbuhan dan persentase tanaman berbuah pada kopi Arabika varietas Kartika 1. *Buletin RISTRI*, 3, 217–222. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v3n3.2012.p217-222>.

Sumenda, L., Rampe, H. L., & Mantiri, F. R. (2011). Analisis kandungan klorofil daun mangga (*Mangifera indica* L.) pada tingkat perkembangan daun yang berbeda. *Jurnal Bioslogos*, 1(1), 1-5. <https://doi.org/10.35799/jbl.1.1.2011.372>.

Wintermans, J. F. G. M., & De Mots, A. (1965). Spectrophotometric characteristics of chlorophylls a and b and their phenophytins in ethanol. *BBA - Biophysics Including Photosynthesis*, 109(2), 448-453. [https://doi.org/10.1016/0926-6585\(65\)90170-6](https://doi.org/10.1016/0926-6585(65)90170-6)

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 2, Juli 2020

**ANALISIS MUTU FISIK DAN CITARASA KOPI INDIKASI GEOGRAFIS
ARABIKA GAYO BERDASARKAN KETINGGIAN TEMPAT**

*ANALYSIS OF PHYSICAL QUALITY AND FLAVOR OF GAYO ARABICA COFFEE
GEOGRAPHICAL INDICATIONS BASED ON THE ALTITUDE*

* Pembina Purba^{1,2)}, Anggoro Cahyo Sukartiko¹⁾, Makhmudun Ainuri¹⁾

¹⁾ Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian,
Universitas Gadjah Mada

Jalan Flora No. 1 Bulaksumur, Yogyakarta 55281, Indonesia

²⁾ UPTD Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB) Disperindag Aceh

Jalan Banda Aceh-Medan Km 4,5 Meunasah Manyang, Aceh Besar, Aceh, Indonesia

* pembina.purba@gmail.com

(Tanggal diterima: 27 Januari 2020, direvisi: 29 Mei 2020, disetujui terbit: 8 Juni 2020)

ABSTRAK

Kopi menjadi salah satu komoditas andalan dalam pasar ekspor internasional. Perannya menjadi penting bagi perekonomian dan mendorong pengembangan agroindustri dunia. Mutu fisik biji dan citarasa kopi merupakan komponen penting yang dipengaruhi oleh sifat genetik tanaman, praktek budidaya dan lingkungan tumbuh maupun interaksi antar keduanya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui mutu fisik biji dan citarasa kopi Indikasi Geografis (IG) Arabika Gayo pada ketinggian tempat tumbuh yang berbeda. Penelitian dilakukan di dataran tinggi Gayo, Kabupaten Aceh Tengah dan Bener Meriah. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *stratified sampling* pada ketinggian 1.000-1.500 mdpl (meter di atas permukaan laut) dan 1.500-1.750 mdpl, masing-masing termasuk ke dalam klasifikasi kesesuaian lahan S1 dan S2. Peubah yang diamati yaitu mutu fisik (bobot 100 biji dan nilai cacat) dan profil citarasa. Data dianalisis dengan *independent sample t-test*. Hasil penelitian menunjukkan terdapat perbedaan rata-rata bobot 100 biji kopi Arabika antar ketinggian S1 dan S2, dan nilai cacat tidak berbeda antar ketinggian S1 dan S2. Hasil lainnya menunjukkan bahwa profil citarasa kopi IG Arabika Gayo untuk kedua Kabupaten dan ketinggian tempat tumbuh memiliki total skor yaitu 82,75 - 85,25 poin, dan termasuk ke dalam kategori kopi *specialty (excellent)*. Secara umum, lokasi ketinggian S2 dataran tinggi Gayo menghasilkan mutu fisik bobot 100 biji kopi dan citarasa yang lebih baik dibandingkan dengan ketinggian S1.

Kata kunci: Dataran tinggi; kesesuaian lahan; kopi *specialty*; nilai cacat; profil citarasa

ABSTRACT

Coffee is one of the flagship commodities in the international export market. Its function is important to the economy and encourages the development of world Agroindustries. The coffee beans physical and coffee flavor are the important components influenced by the genetic nature of plants, cultivation practices and growing environments and the interaction between these factors. The research aimed to determine the beans physical quality and flavor of Gayo Arabica coffee Geographical Indications (GIs) based on the different altitudes. The research was conducted in Gayo Highlands, Aceh Tengah and Bener Meriah Districts. The stratified sampling method was conducted at an altitude of 1,000-1,500 masl (meter above sea level) and 1,500-1,750 masl, the land suitability classification included as S1 and S2 respectively. The variables observed were beans physical quality

(weight of 100 Arabica coffee beans and value of defects) and flavor profile. Data were analyzed by independent sample t-test. The results showed that there were differences in the average weight of 100 Arabica coffee beans between S1 and S2 altitudes, but the defect value did not differ significantly. The other results showed that the coffee flavor profile of Arabica Gayo GIs in both districts and altitudes has a total score of 82.75-85.25 points and categorically as specialty coffee (excellent). In general, the S2 altitude of Gayo highland produces a physical quality of 100 Arabica coffee beans and flavor better than the S1 altitude.

Keywords: Defect value; flavor profile; highland; land suitability; specialty coffee

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan produsen kopi terbesar keempat dunia setelah Brazil, Vietnam, dan Kolombia pada tahun 2015-2016 (ICO, 2019), dan kopi menjadi salah satu komoditas andalan dalam pasar ekspor internasional (Aerts *et al.*, 2017). Sebagai komoditi andalan perannya menjadi penting bagi perekonomian, antara lain sebagai penyedia lapangan kerja, sumber pendapatan, devisa negara dan mendorong pengembangan wilayah dan pengembangan agroindustri dunia (Winkler, 2014).

Sentra produksi kopi Arabika Indonesia terdapat di 4 (empat) provinsi, dan sangat dominan di dua provinsi, yaitu Aceh dan Sumatera Utara. Provinsi penghasil kopi Arabika terbesar lainnya adalah Sulawesi Selatan dan Sumatera Barat (Kementerian Pertanian, 2017). Pada tahun 2016, Provinsi Aceh sebagai penghasil kopi Arabika terbesar di Indonesia mencapai 59,78 ribu ton yang terdistribusi hanya di 3 (tiga) kabupaten di Dataran Tinggi Gayo yaitu di Kabupaten Aceh Tengah dengan produksi sebesar 31,38 ribu ton, Kabupaten Bener Meriah sebesar 26,36 ribu ton, dan kabupaten Gayo Lues sebesar 2,04 ribu ton (Kementerian Pertanian, 2017).

Dataran Tinggi Gayo pada dasarnya merupakan kawasan pertanian dengan budidaya pertanian yang intensif dan ramah lingkungan dengan pola tanam diversifikasi. Kopi Arabika Gayo adalah produk yang memiliki mutu dan reputasi tinggi karena ditanam oleh masyarakat yang memiliki kepedulian atas mutu. Masyarakat ini tergabung dalam kelembagaan petani tradisional dan profesional (kelembagaan petani di bawah pengelola swasta) yang seluruhnya dinaungi oleh lembaga Masyarakat Perlindungan Kopi Gayo (MPKG). Eskes & Leroy (2008), menjelaskan bahwa terdapat empat komponen penting pada kopi yang sangat berpengaruh terhadap mutu kopi, yaitu kadar air biji, mutu fisik biji, mutu citarasa, dan kandungan senyawa-senyawa biokimia. Mutu fisik, kandungan biokimia dan mutu citarasa merupakan tiga komponen penting yang dipengaruhi oleh sifat genetik tanaman, praktek budidaya dan lingkungan tumbuh maupun interaksi antar keduanya (Wintgens, 2004).

Citarasa kopi berkualitas baik telah digambarkan sebagai sensasi yang menyenangkan,

kombinasi rasa, *body* dan aroma yang seimbang dengan tidak adanya kecacatan (Mori *et al.*, 2003). Kopi dengan citarasa yang tinggi (spesial) mengacu pada kualitas biji kopi, asal geografis yang diketahui, dan sebagian besar termasuk biji kopi bersertifikat seperti *Organic Coffee*, *Fair Trade* dan *Rainforest Alliance* (Hameed, Hussain, & Suleria, 2018). Mutu citarasa kopi dipengaruhi oleh lingkungan tumbuhnya. Kopi yang ditanam pada lahan yang tinggi akan memiliki mutu yang lebih tinggi. Beberapa hasil penelitian telah membuktikan bahwa ketinggian tempat berpengaruh terhadap mutu fisik, kandungan biokimia (Borem *et al.*, 2018) dan citarasa (Tolessa, D'heer, Duchateau, & Boeckx, 2017). Hal ini disebabkan kandungan komponen senyawa kimia pada daerah yang lebih tinggi lebih kompleks dibandingkan kopi yang tumbuh pada daerah yang lebih rendah (Worku, de Meulenaer, Duchateau, & Boeckx, 2018). Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui mutu fisik biji dan citarasa kopi IG Arabika Gayo berdasarkan ketinggian tempat tumbuh yang berbeda.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi

Penelitian dilakukan di perkebunan kopi Arabika Gayo yang berlokasi di daerah Dataran Tinggi Gayo, yaitu Kabupaten Aceh Tengah dan Bener Meriah, Provinsi Aceh, mulai bulan April sampai dengan Agustus 2019. Biji kopi Arabika diambil dari dua lokasi berdasarkan ketinggian tempat tumbuh yang berbeda (klasifikasi lahan). Klasifikasi lahan ini mengacu pada klasifikasi yang telah dikemukakan oleh Hadi *et al.* (2014), yaitu 1.000–1.500 mdpl (meter di atas permukaan laut) termasuk klasifikasi S1 dan 1.500–1.750 mdpl termasuk klasifikasi S2.

Teknik Pengambilan Sampel

Teknik sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah *stratified sampling*. Pada lokasi Kabupaten Aceh Tengah, untuk ketinggian tempat tumbuh 1.000-1.500 mdpl (klasifikasi lahan S1) dilakukan pengambilan sampel sebanyak 2 ulangan yaitu pada ketinggian 1.261 dan 1.447 mdpl, sedangkan untuk ketinggian 1.500-1.750 mdpl (klasifikasi lahan S2) dilakukan pada ketinggian 1.599 dan 1.746 mdpl. Pada lokasi Kabupaten Bener Meriah, untuk ketinggian

1.000-1.500 mdpl (S1) dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 ulangan yaitu pada ketinggian 1.208, 1.285, 1.394 mdpl, sedangkan untuk ketinggian 1.500-1.750 mdpl (S2) dilakukan pada ketinggian 1.520, 1.606, dan 1.608 mdpl.

Pengolahan Biji dan Pengujian Sampel

Buah kopi Gayo 1 diambil yang sudah berwarna merah (*cherry*) dan diolah menggunakan metode pengolahan basah (*wet process*) mengacu pada de Melo Pereira et al., (2019). Biji kopi yang diperoleh dijemur di bawah sinar matahari hingga kadar airnya <12%. Peubah yang diamati meliputi mutu fisik (bobot 100 biji dan nilai cacat) dan mutu citarasa kopi. Pengujian sampel untuk mutu fisik dilakukan di Laboratorium Balai Pengujian dan Sertifikasi Mutu Barang (BPSMB) Aceh dan Laboratorium Analisis Mutu dan Standardisasi Fakultas Teknologi Pertanian (FTP) Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta.

Biji kopi beras (*green beans*) yang didapat selanjutnya disortasi menjadi mutu I menurut SNI 01-2907-2008 (Badan Standardisasi Nasional, 2008). Pengujian citarasa (*cupping test*) secara organoleptik dilakukan di Laboratorium Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (Puslitkoka) Jember. Kopi beras mutu I yang sudah disangrai tingkat medium diolah menjadi bubuk sesuai standar SCAA. Penilaian citarasa seduhan kopi secara organoleptik mengacu kepada standar *Specialty Coffee Association of America/SCAA* (SCAA, 2015). Atribut citarasa yang dinilai meliputi *fragrance* (aroma), *flavor*, *body*, *acidity*, *aftertaste*, *sweetness*, *balance*, *clean cup*, *uniformity*, dan *overall*. Skor citarasa terbagi menjadi empat kelompok: 6,00–6,75 = *good*; 7,00–7,75 = *very good*; 8,00–8,75 = *excellent*; 9,00–9,75 = *outstanding*. Apabila nilai total skor citarasa seduhan ≥ 80 (pada skala 100) maka dapat dikategorikan sebagai kopi *specialty* (SCAA, 2015). Adapun penilaian karakter rasa kopi mengacu kepada diagram *coffee tasters flavor wheel* (SCAA, 2015).

Analisis Data

Data yang didapatkan dari hasil pengujian diolah dan dianalisa dengan *independent sample t-test* menggunakan software statistik SPSS versi 21,0. Perbandingan dilakukan antar ketinggian tempat (S1 dan S2) untuk masing-masing lokasi (Aceh Tengah dan Bener Meriah). Profil citarasa kopi untuk kedua lokasi ketinggian tempat (S1 dan S2) disajikan dalam bentuk histogram *sarang laba-laba*.

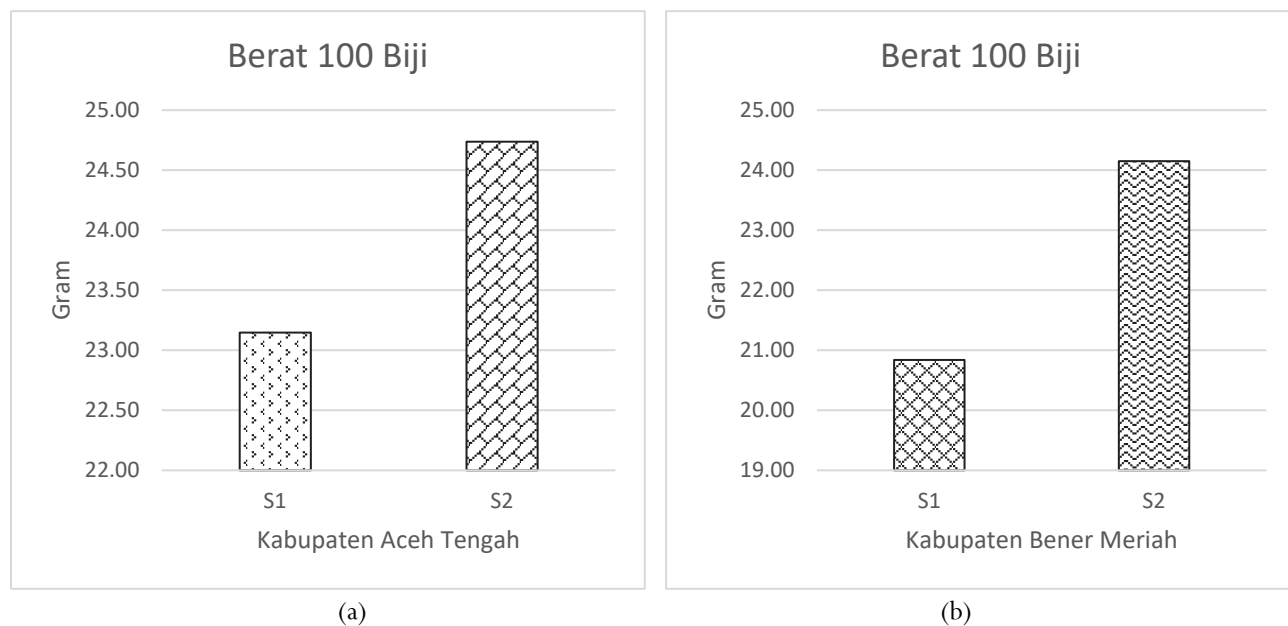
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Mutu Fisik Biji Kopi

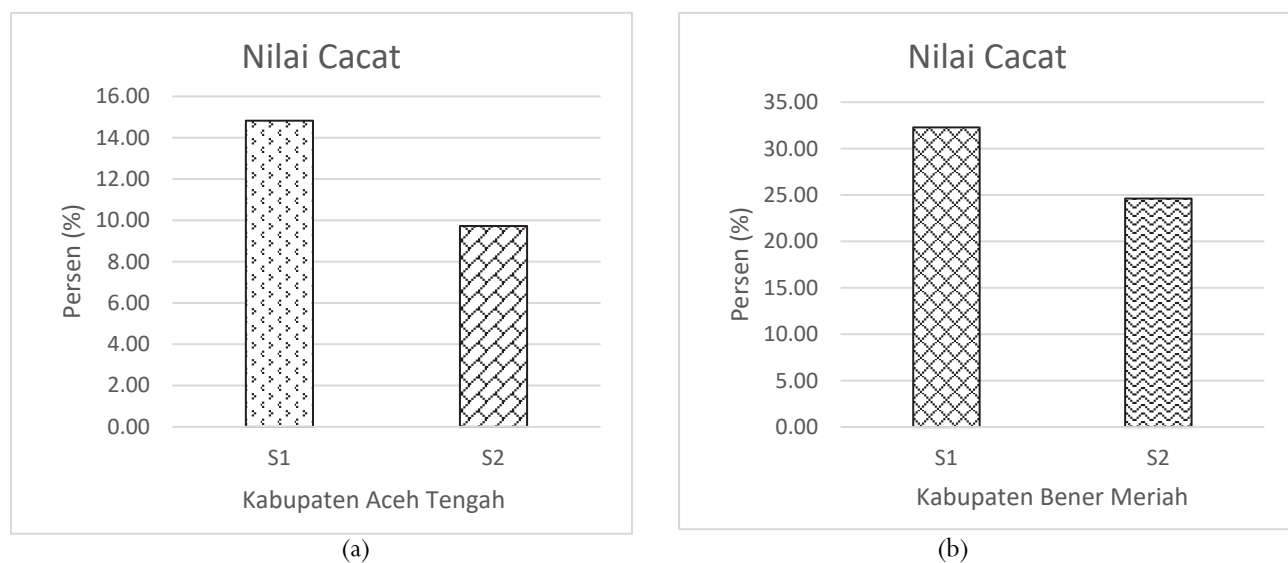
Berdasarkan uji-t diperoleh nilai signifikansi bobot 100 biji kopi Arabika Kabupaten Aceh Tengah $p=0,082$ ($p>0,05$) dan Kabupaten Bener Meriah $p=0,002$ ($p<0,05$). Hasil nilai cacat biji kopi Arabika Kabupaten Aceh Tengah $p=0,507$ ($p>0,05$) dan Kabupaten Bener Meriah $p=0,556$ ($p>0,05$). Hasil tersebut menunjukkan bahwa terdapat perbedaan rata-rata bobot 100 biji kopi Arabika antar ketinggian S1 dan S2 di Kabupaten Bener Meriah; ketinggian lokasi S2 lebih baik dari ketinggian lokasi S1. Sedangkan, untuk parameter nilai cacat kedua Kabupaten tidak terdapat perbedaan antar ketinggian S1 dan S2. Mutu fisik biji kopi di antaranya ditentukan oleh persentase bobot 100 biji dan biji cacat yang juga menentukan harga kopi di pasaran. Mutu fisik biji kopi dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan tumbuh (Nugroho, Basunanda, & Suryadi, 2016).

Secara umum dari kedua Kabupaten (Aceh Tengah dan Bener Meriah), ketinggian S2 memiliki bobot 100 biji kopi lebih tinggi dari ketinggian S1. Bobot 100 biji kopi Arabika bervariasi antara 20,84–24,74 g. Bobot 100 biji kopi yang diambil dari ketinggian tempat S2 memiliki bobot biji yang lebih tinggi dari S1 di kedua Kabupaten (Gambar 1.a dan 1.b). Hasil ini sesuai dengan penelitian Supriadi, Randriani, & Towaha (2016) dan Tolessa et al. (2017) bahwa bobot 100 biji kopi meningkat dengan meningkatnya ketinggian tempat tumbuh, karena pematangan biji kopi lebih lambat memungkinkan untuk pengisian kandungan biji kopi yang lebih baik dan berat (Vaast, Bertrand, Perriot, Guyot, & Genard, 2006).

Dampak dari perbedaan ketinggian tempat tumbuh akan berpengaruh terhadap unsur-unsur iklim lainnya seperti suhu, persentase penyinaran matahari, dan kelembaban. Suhu memiliki peranan penting dalam mengatur proses pematangan biji karena ketinggian tempat tumbuh memiliki suhu rendah (Avelino, Barboza, Davrieux, & Guyot, 2007). Suhu yang lebih rendah dapat memperpanjang periode pematangan biji kopi, yang pada gilirannya menyebabkan akumulasi kandungan biji kopi lebih tinggi (Vaast et al., 2006). Semakin tinggi tempat/lokasi maka mutu fisik biji kopi (persentase bobot 100 biji) semakin baik. Laporan Supriadi et al. (2016) dan Tolessa et al. (2017) juga menunjukkan bahwa bobot 100 biji kopi meningkat dengan bertambahnya ketinggian tempat.



Gambar 1. Bobot 100 biji kopi Arabika (a) Aceh Tengah dan (b) Bener Meriah
Figure 1. Weight of 100 Arabica coffee beans (a) Aceh Tengah and (b) Bener Meriah



Gambar 2. Nilai cacat kopi Arabika (a) Aceh Tengah dan (b) Bener Meriah
Figure 2. Defect value of Arabica coffee (a) Aceh Tengah and (b) Bener Meriah

Kabupaten Aceh Tengah dan Bener Meriah dengan ketinggian S2 memiliki nilai cacat yang lebih rendah dari ketinggian S1 (Gambar 2.a dan 2.b). Nilai cacat biji kopi dari ketinggian S2 untuk lokasi Kabupaten Aceh Tengah relatif lebih rendah dari ketinggian S2 Kabupaten Bener Meriah, dan ketinggian S1 lokasi Kabupaten Aceh Tengah relatif lebih rendah dari Kabupaten Bener Meriah. Namun, dalam penelitian ini berdasarkan hasil analisis *t-test* tidak terdapat

perbedaan nilai cacat biji kopi Arabika antara ketinggian di Kabupaten Aceh Tengah dan Bener Meriah.

Secara umum, kopi Arabika diproduksi di daerah dengan ketinggian tinggi dan iklim dingin menunjukkan cacat lebih sedikit dan kualitas aroma yang lebih baik, dibandingkan dengan yang diproduksi di daerah ketinggian yang lebih rendah dan lebih hangat (Toledo, Pezza, Pezza, & Toci, 2016). Hameed *et al.* (2018) juga menyatakan bahwa daerah dengan suhu rata-rata tahunan yang relatif tinggi biasanya

menghasilkan biji kopi berkualitas rendah karena ketinggian dan suhu juga memiliki hubungan negatif satu sama lain. Kopi yang tumbuh pada lokasi ketinggian yang lebih tinggi akan memiliki kandungan asam klorogenat lebih tinggi yang bertindak sebagai antioksidan dan digambarkan sebagai komponen penting untuk ketahanan terhadap penyakit pada biji kopi (Dessalegn, Labuschagne, Osthoff, & Herselman, 2008; Tolessa *et al.*, 2017).

Pengujian Citarasa

Hasil *t-test* atribut citarasa kopi dari Kabupaten Aceh Tengah menunjukkan tidak terdapat perbedaan rata-rata secara signifikan ($p > 0,05$) antara ketinggian lokasi S1 dan S2 untuk seluruh atribut. Meskipun tidak signifikan, panelis memberikan penilaian yang sedikit berbeda pada *flavor*, *acidity*, dan *body*; ketinggian S1 Kabupaten Aceh Tengah mendapatkan skor yang relative lebih tinggi daripada Kabupaten Bener Meriah. Sedangkan untuk Kabupaten Bener Meriah terdapat perbedaan rata-rata secara signifikan ($p < 0,05$) antara ketinggian lokasi S1 dan S2 untuk atribut *flavor* ($p = 0,018$), *aftertaste* ($p = 0,038$), *acidity* ($p = 0,001$) dan *overall* ($p = 0,034$), sedangkan atribut *fragrance*, *body*, dan *balance* secara signifikan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Hal ini membuktikan bahwa ketinggian lokasi memiliki pengaruh terhadap atribut citarasa kopi di Kabupaten Bener Meriah.

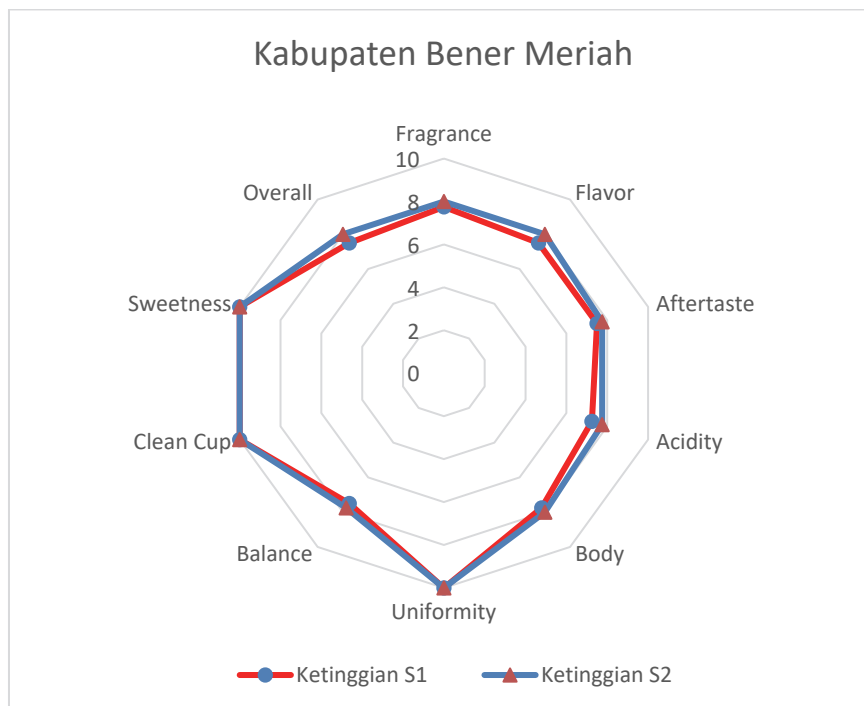
Hasil skor akhir pengujian citarasa kopi bubuk dari Kabupaten Aceh Tengah dan Bener Meriah dengan dua ketinggian yang berbeda memiliki nilai rata-rata mulai dari 82,75 - 85,25 poin, nilai skor akhir ini masuk kedalam skala kopi *specialty* (SCAA, 2015). Skor masing-masing kualitas atribut citarasa meningkat dengan meningkatnya ketinggian dan hasil skor akhir citarasa ketinggian lokasi S2 lebih tinggi dari S1. Untuk menganalisis keseimbangan skor atribut sensorik dari sampel, digunakan sensogram dalam proyeksi grafis (Gambar 3 dan 4).

Kualitas citarasa kopi dipengaruhi oleh beberapa faktor, di antaranya adalah genotipe, lingkungan, pengolahan, pengeringan, penyimpanan, proses penyangraian dan cara penyiapan (Alex *et al.*, 2016; Fassio *et al.*, 2017). Setiap faktor yang memiliki interaksi di antara faktor tersebut dapat memberikan profil sensoris kopi yang berbeda. Wilayah dataran tinggi Gayo telah dikenal selama bertahun-tahun sebagai produsen kopi berkualitas tinggi, terutama karena memiliki kondisi lingkungan dan iklim yang sesuai untuk tanaman kopi. Penelitian ini dikuatkan oleh de Assis Silva, de Queiroz, Ferreira, Corrêa, & dos Santos Rufino (2016) yang menyimpulkan bahwa dalam kondisi iklim yang sama atau serupa sampel kopi menyajikan skor berbeda untuk kualitas citarasa.

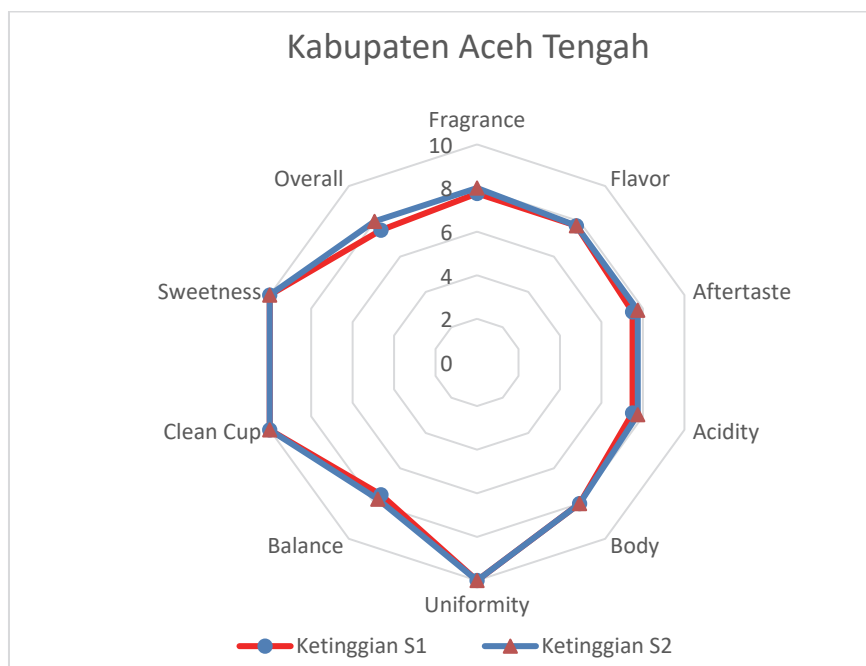
Secara umum, faktor lingkungan yang memiliki pengaruh terhadap kualitas citarasa kopi adalah ketinggian lokasi, semakin tinggi lokasi tanamnya maka semakin baik kualitasnya (Mori *et al.*, 2003; Tolessa *et al.*, 2017; Randriani, Dani, & Wardiana, 2018; Worku *et al.*, 2018). Beberapa hasil penelitian menyimpulkan bahwa kualitas terbaik kopi Arabika berasal dari ketinggian yang lebih tinggi sebagai akibat dari suhu harian yang lebih rendah akan mengurangi stres yang disebabkan oleh panas pada tanaman, meningkatkan rasio daun terhadap buah, laju fotosintesis, memperpanjang periode pematangan buah dan memungkinkan lebih banyak waktu untuk mengisi kandungan biji (Tolessa *et al.*, 2017).

Skor atribut sensoris *uniformity*, *clean cup* dan *sweetness* memiliki skor 10 untuk kedua Kabupaten. Skor atribut sensoris kopi Kabupaten Bener Meriah (Gambar 3), antar kedua ketinggian berbeda untuk semua atribut; skor atribut sensoris lokasi S2 lebih tinggi daripada S1. Sementara untuk kopi Kabupaten Aceh Tengah (Gambar 4), skor atribut sensoris ketinggian S2 dan S1 juga memiliki nilai yang berbeda, kecuali untuk atribut *flavor* (7,75) dan *body* (8,00). Skor atribut pada ketinggian S1 untuk kedua Kabupaten memiliki skor yang sama, kecuali atribut *flavor* (7,75), *acidity* (7,50) dan *Body* (8,00) untuk Kabupaten Aceh Tengah relatif lebih tinggi. Demikian juga untuk ketinggian S2, kecuali atribut *flavor* (8,00) untuk Kabupaten Bener Meriah relatif lebih tinggi. Dalam hal ini, penting untuk diperhatikan bahwa sampel yang menunjukkan citarasa minuman bersih dalam cangkir, atau tanpa cacat, tidak harus sama menonjol dibandingkan dengan atribut lainnya (Fassio *et al.*, 2017).

Nilai total skor citarasa kopi Arabika dataran tinggi Gayo menunjukkan semakin tinggi lokasi tanaman kopi maka kualitas citarasa semakin baik. Hal tersebut terjadi karena ketinggian tempat akan mempengaruhi kandungan kimia yang terdapat dalam biji kopi (Vaast *et al.*, 2006). Hubungan antara faktor-faktor utama (ketinggian, garis lintang, kecuraman lereng, paparan kemiringan) dengan kualitas citarasa dan merujuk efek dari faktor-faktor utama ini sebagai "efek medan" (*terrain effect*) (Barham, 2003). Kualitas citarasa atau karakteristik organoleptik kopi adalah fungsi kombinasi seimbang dari komponen *volatile* dan *non-volatile* yang disintesis dari jalur yang berbeda sebagai hasil dari reaksi enzimatis (Rodrigues *et al.*, 2009). Faktor-faktor geografis utama ini akan mempengaruhi komposisi komponen-komponen atau aksi enzimatis pada komponen-komponen yang menghasilkan variasi rasa kopi, selera, aroma, dan atribut sensoris dan organoleptik lainnya di seluruh dunia (Vaast *et al.*, 2006).



Gambar 3. Profil citarasa kopi Arabika Gayo Kabupaten Bener Meriah
Figure 3. *Gayo Arabica coffee flavor profile of Bener Meriah District*



Gambar 4. Profil citarasa kopi Arabika Gayo Kabupaten Aceh Tengah
Figure 4. *Gayo Arabica coffee flavor profile of Aceh Tengah District*

Meningkatnya mutu citarasa kopi selain dipengaruhi oleh ketinggian juga dipengaruhi oleh waktu pemanenan sebagaimana hasil penelitian (Tolessa *et al.*, 2017) bahwa pemanenan pada periode awal atau pertengahan, menunjukkan potensi yang meningkat untuk menghasilkan kopi *specialty*. Faktor lain seperti

sifat kimia tanah, keberadaan makrofauna dan tanaman penaung juga memberikan pengaruh terhadap citarasa kopi yang dihasilkan (Bote & Jan, 2017; Karungi *et al.*, 2018). Kondisi yang sama seperti ketinggian yang lebih tinggi, faktor naungan memungkinkan waktu lebih banyak untuk pengisian biji kopi (Tolessa *et al.*, 2017)

dan mempengaruhi kualitas fisik dan minuman (Silva, de Queiroz, Pinto, & Santos, 2014).

KESIMPULAN

Mutu fisik biji (bobot 100 biji) dan beberapa atribut citarasa (*flavor*, *aftertaste*, *acidity*, dan *overall*) kopi Indikasi Geografis (IG) Arabika Gayo di Kabupaten Bener Meriah nyata semakin baik sejalan dengan meningkatnya ketinggian tempat tumbuh dari permukaan laut (*altitude*), sedangkan mutu fisik lainnya (nilai cacat) untuk kedua kabupaten (Aceh Tengah dan Bener Meriah) tidak terlihat secara nyata perbedaannya. Mutu profil citarasa kopi Arabika Gayo untuk Kabupaten Aceh Tengah dan Bener Meriah memiliki skala nilai antara 82,75-85,25 poin, dan nilai ini termasuk ke dalam kriteria kopi *specialty* (*excellent*).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala UPTD BPSMB Dinas Perindustrian dan Perdagangan Aceh dan Kepala Laboratorium Analisis Mutu dan Standardisasi Fakultas Teknologi Pertanian (FTP) UGM beserta staf dan karyawan/ti yang telah memberikan dukungan untuk kegiatan penelitian.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Pembina Purba (Kontributor Utama)
2. Anggoro Cahyo Sukartiko (Kontributor Anggota)
3. Makhmudun Ainuri (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Aerts, R., Geeraert, L., Berecha, G., Hundera, K., Muys, B., De Kort, H., & Honnay, O. (2017). Conserving wild Arabica coffee: Emerging threats and opportunities. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 237, 75–79. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.12.023>
- Alex, M. de C., Juliana, C. de R., Tiago, T. R., Andre, D. F., Ramiro, M. R., Antonio, N. G. M., & Gladyston, R. C. (2016). Relationship between the sensory attributes and the quality of coffee in different environments. *African Journal of Agricultural Research*, 11(38), 3607–3614. <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11545>
- Avelino, J., Barboza, B., Davrieux, F., & Guyot, B. (2007). Shade effects on sensory and chemical characteristics of coffee from very high altitude plantations in Costa Rica. *Second International Symposium on Multi-Strata Agroforestry Systems with Perennial Crops: Making Ecosystem Services Count for Farmers, Consumers and the Environment* (pp. 1-6). September, 2007.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). *SNI 01-2907-2008, Biji kopi*. Hal: 1–12.
- Barham, E. (2003). Translating terroir: the global challenge of French AOC labelling. *Journal Rural Study*, 19, 127–138.
- Borem, F. M., Ribeiro, D. R., Taveira, J. H. S., Prado, M. V. B., Ferraz, V., Tosta, M. F., ... Shuler, J. (2014). Genotype and environment interaction in chemical composition and sensory quality of natural coffees. In *Proceeding of 25th international Conference on Coffee Science. ASIC (Asian for Science and Information on Coffe)*.
- Bote, A. D., & Jan, V. (2017). Tree management and environmental conditions affect coffee (*Coffea arabica* L.) bean quality. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 83(November 2016), 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2017.09.002>
- de Assis Silva, S., de Queiroz, D. M., Ferreira, W. P. M., Corrêa, P. C., & dos Santos Rufino, J. L. (2016). Mapping the potential beverage quality of coffee produced in the Zona da Mata, Minas Gerais, Brazil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(9), 3098–3108. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7485>
- de Melo Pereira, G. V., de Carvalho Neto, D. P., Magalhães Júnior, A. I., Vásquez, Z. S., Medeiros, A. B. P., Vandenberghe, L. P. S., & Soccol, C. R. (2019). Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review. *Food Chemistry*, 272(August 2018), 441–452. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.061>
- Dessalegn, Y., Labuschagne, M. T., Osthoff, G., & Herselman, L. (2008). Genetic diversity and correlation of bean caffeine content with cup quality and green bean physical characteristics in coffee (*Coffea arabica* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(10), 1726–1730. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3271>
- Eskes, A. B., & Leroy, T. (2008). *Coffee Selection and Breeding. Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production*. (Wiley-VCH Verlag GmbH).

- Fassio, L. O., Malta, M. R., Liska, G. R., Alvarenga, S. T., Sousa, M. M. M., Farias, T. R. T., & Pereira, R. G. F. A. (2017). Sensory profile and chemical composition of specialty coffees from Matas de Minas Gerais, Brazil. *Journal of Agricultural Science*, 9(9), 78. <https://doi.org/10.5539/jas.v9n9p78>
- Hadi, Hudoro, I. H. B., Novariyanthy, M., Tanjung, I. I., Mutowil, Soedjana, M. I., & Mulyono, I. (2014). *Pedoman Teknis Budidaya Kopi Yang Baik (Good Agriculture Practices /Gap on Coffee)*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Hameed, A., Hussain, S. A., & Suleria, H. A. R. (2018). "Coffee Bean-Related" Agroecological Factors Affecting the Coffee. https://doi.org/10.1007/978-3-319-76887-8_21-1
- ICO. (2019). *Total production by all exporting countries*. International Coffee Organization.
- Karungi, J., Cherukut, S., Ijala, A. R., Tumuhairwe, J. B., Bonabana-Wabbi, J., Nuppenau, E. A., ... Otte, A. (2018). Elevation and cropping system as drivers of microclimate and abundance of soil macrofauna in coffee farmlands in mountainous ecologies. *Applied Soil Ecology*, 132, 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2018.08.003>
- Mori, E.E.M., Bragagnolo, N., Morgano, M.A., Anjos, V.D.A., Yotsuyanagi, K., & Faria, E.V. (2003). Brazil coffee growing regions and quality of natural, pulped natural and washed coffees. *Food and Food Ingredients Journal of Japan*, 208, 416-423.
- Muschler R.G. (2001). Shade improves coffee quality in a sub-optimal coffee-zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems*, 85, 131-139.
- Nugroho, D., Basunanda, P., & Suryadi, M.W. (2016). Physical bean quality of Arabica coffee (*Coffea Arabica*) cultivated at high and medium altitude. *Pelita Perkebunan*, 32(3), 151-161. <https://doi.org/10.22302/icri.jur.pelitaperkebunan.v32i3.241>
- Pertanian, K. (2017). *Outlook Kopi 2017*. Jakarta: Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian.
- Randriani, E., Dani, & Wardiana, E. (2018). Atribut mutu empat kultivar kopi Arabika pada ketinggian tempat tumbuh dan metode pengolahan yang berbeda. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 5(1), 21-30.
- Ribeiro, J. S., Augusto, F., Salva, T. J. G., Thomaziello, R. A., & Ferreira, M. M. C. (2009). Prediction of sensory properties of Brazilian Arabica roasted coffees by headspace solid phase microextraction-gas chromatography and partial least squares. *Analytica Chimica Acta*, 634(2), 172-179. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2008.12.028>
- Rodrigues, C. I., Maia, R., Miranda, M., Ribeirinho, M., Nogueira, J. M. F., & Máguas, C. (2009). Stable isotope analysis for green coffee bean: A possible method for geographic origin discrimination. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22(5), 463-471. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2008.06.010>
- SCAA. (2015). *SCAA Protocols Cupping Specialty Coffee*. Specialty Coffee Association of America.
- Silva, S. de A., de Queiroz, D. M., Pinto, F. de A. de C., & Santos, N. T. (2014). Characterization and delimitation of the terroir coffee in plantations in the municipal district of Araponga, Minas Gerais, Brazil. *Revista Ciencia Agronomica*, 45(1), 18-26. <https://doi.org/10.1590/S1806-66902014000100003>
- 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>
- Sumirat, U. (2008). Dampak kemarau panjang terhadap perubahan sifat biji kopi Robusta (*Coffea canephora*). *Pelita Perkebunan* 24(2), 80-94.
- Supriadi, H., Randriani, E., & Towaha, J. (2016). Korelasi antara ketinggian tempat, sifat kimia tanah, dan mutu fisik biji kopi Arabika di dataran tinggi Garut. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 3(1), 45. <https://doi.org/10.21082/jtidp.v3n1.2016.p45-52>
- Toledo, P.R.A.B., Pezza, L., Pezza, H.R., & Toci, A.T. (2016). Relationship between the different aspects related to coffee quality and their volatile compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(4), 705-719. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12205>
- Tolessa, K., D'heer, J., Duchateau, L., & Boeckx, P. (2017). Influence of growing altitude, shade and harvest period on quality and biochemical composition of Ethiopian specialty coffee. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(9), 2849-2857. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8114>

- Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J. J., Guyot, B., & Genard, M. (2006). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), 197–204.
- Winkler A. (2014). Coffee, cocoa and derived products (e.g. chocolate). In *Food Safety Management* (Chapter 10, pp. 251–282). Kraft Foods R&D Inc., Munich, Germany. Elsevier Inc. All rights reserved.
- Wintgens, J. N. (2004). Factors influencing the quality of green coffee. In *Coffee: Growing, Processing, Sustainable Production* (Wintgens, p. 976). Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- 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 (March 2017), 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 2, Juli 2020

**KEEFEKTIFAN BIOINSEKTISIDA BERBASIS CENDAWAN ENTOMOPATOGEN
Talaromyces pinophilus DAN MINYAK NABATI TERHADAP
HAMA PENGGEREK BUAH KOPI**

***THE EFFECTIVENESS OF BIOINSECTICIDE BASED ON ENTOMOPATHOGENIC FUNGI OF
Talaromyces pinophilus AND VEGETABLE OIL ON COFFEE BERRY BORER***

* Khaerati, Gusti Indriati, Edi Wardiana

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

(Tanggal diterima: 19 Juni 2020, direvisi: 15 Juli 2020, disetujui terbit: 24 Juli 2020)

ABSTRAK

Hama penggerek buah kopi (PBKo), *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), merupakan salah satu hama utama penyebab kehilangan hasil pada tanaman kopi. Hama ini secara langsung menyerang buah kopi, baik yang belum maupun yang telah matang. Cendawan entomopatogen merupakan salah satu agens hayati potensial untuk PBKo, aman bagi lingkungan dan tidak mematikan organisme yang bukan sasaran. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai bulan Juni sampai Oktober 2018. Tujuan penelitian adalah untuk menguji keefektifan bioinsektisida berbasis cendawan entomopatogen *Talaromyces pinophilus* (CETP) dan minyak nabati terhadap hama PBKo. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 31 perlakuan dan 3 ulangan. Ke-31 perlakuan tersebut terdiri dari 9 formula bioinsektisida berbasis CETP dan minyak nabati, kontrol positif (formula bioinsektisida berbasis CETP dan air), dan kontrol negatif (insektisida kimia Klorpirifos). Peubah yang diamati meliputi: aktivitas enzim CETP, keefektifan minyak nabati sebagai bahan pembawa, mortalitas kumbang PBKo, persentase serangan, persentase buah yang tergerek, dan jumlah lubang gerakan per 10 buah kopi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa formula bioinsektisida berbasis CETP menghasilkan enzim kitinase dan protease yang berpotensi sebagai agens hayati pengendali PBKo secara *in vitro*. Minyak kedelai dinilai paling efektif sebagai bahan pembawa dalam memformulasi CETP. Formula S69MK30 dan S79MK20 masing-masing dengan konsentrasi 7,50% berpotensi tinggi sebagai agens hayati pengendali PBKo. Formula lainnya yang dinilai cukup potensial adalah S69MKT30 dengan konsentrasi 7,50%.

Kata kunci: Bahan pembawa; *Hypothenemus hampei*; kitinase, minyak nabati; pengendalian hayati; protease

ABSTRACT

The coffee berry borer (CBB) *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae), is one of the main pests that cause yield losses in coffee plants. This pest directly attacks the coffee berries, both immature and ripe. The entomopathogenic fungi is one of the potential biological agents for CBB, environmentally friendly and does not kill non-target organisms. The study was conducted at the Integrated Laboratory, Industrial and Beverage Crop Research Institute, from June to October 2018. The aim of this study was to examine the effectiveness of bioinsecticide based on entomopathogenic fungus of *Talaromyces pinophilus* (EFTP) and vegetable oil on CBB. The completely randomized design with 31 treatments and 3 replications was used in this study. The 31th of treatments consisted of 9 formulas of bioinsecticide based on EFTP and vegetable oil, control-positive (bioinsecticide based on

EFTP and water), and control- negative (Klorpirifos insecticide). Variables observed were the activities of EFTP enzyme, effectiveness of vegetable oil as a carrier material, mortality of CBB beetles, percentage of CBB attacks, percentage of hollow berries, and number of holes per 10 coffee berries. Results showed that the formula of bioinsecticide based on EFTP produce the chitinase and protease enzymes which were potential as biological agents to control CBB in vitro. Soybean oil is the most effective as a carrier material in formulating EFTP. The formula of S69MK30 and S79MK20 in concentration of 7.50% respectively have the highest potential as biological agents to control CBB. Other potential formula is S69MKT30 in concentration of 7.50%.

Keywords: Biocontrol; carrier material; chitinase; *Hypothenemus hampei*; protease; vegetable oil

PENDAHULUAN

Hypothenemus hampei (Coleoptera : Curculionidae: Scolytinae) merupakan hama penggerek buah kopi (PBKo) yang dapat menyebabkan penurunan hasil. Hal ini terjadi karena hama ini langsung menyerang buah kopi. Buah kopi diserang sejak masih muda, yang buahnya dalam keadaan lunak, sampai dengan buah matang dan lewat matang yang berwarna hitam, baik yang masih di pohon maupun yang telah gugur di atas tanah sekitar delapan minggu setelah berbunga hingga panen. Oleh karena itu, serangan hama PBKo sangat merugikan karena dapat menurunkan produktivitas dan kualitas biji secara nyata.

Upaya pengendalian hama PBKo yang umum dilakukan menggunakan insektisida kimia, tetapi cara ini relatif sulit karena hampir semua stadium perkembangan serangga *H. hampei* berada di dalam buah kopi, sehingga aplikasi insektisida kurang efektif (Damon, 2000). Upaya pengendalian yang perlu dilakukan adalah pengendalian hama terpadu (PHT) dengan memadukan beberapa cara yaitu secara kultur teknis, pengendalian fisik mekanik, dan penggunaan agens hayati. Salah satu komponen PHT yang perlu terus dikembangkan adalah penggunaan agens hayati cendawan entomopatogen yang merupakan salah satu alternatif metode pengendalian hama PBKo ramah lingkungan. Menurut Sultana, Kumar, & Yanar (2017), penggunaan agens hayati tidak akan merusak lingkungan dan tidak mematikan organisme bukan sasaran. Prayogo (2006) juga menyatakan bahwa aplikasi cendawan entomopatogen pada tanaman perkebunan mudah menyesuaikan diri dan berkembang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat.

Entomopatogen yang dapat mengendalikan PBKo diantaranya *Beauveria bassiana* yang dapat mematikan serangga PBKo paling tinggi 75,6% di India (Haraprasad, Niranjana, Prakash, Shetty, & Wahab, 2001) dan *Metarhizium anisopliae* pada konsentrasi 10^8 /ml mampu mematikan serangga PBKo di atas 50% (Balakrishnan & Naik, 2014). Sedangkan, *Talaromyces pinophilus* merupakan salah satu jenis cendawan yang dilaporkan telah banyak dimanfaatkan dalam pengendalian hama karena memiliki banyak metabolit sekunder (Zhai *et al.*, 2016). Metabolit sekunder cendawan *T. pinophilus* toksik terhadap *Acyrtosiphon pisum* (Homoptera: Aphididae) pada tanaman kacang babi

(*Vicia faba*) (Vinale *et al.*, 2017), *Pratylenchus zeae* pada tanaman padi (Kisaakye, 2014), *Lasiodiplodia theobromae* penyebab *dieback* pada tanaman pala (Sussana, Sinaga, Wiyono, & Triwidodo, 2018), dan *Pythium aphanidermatum* serta *Rhizoctonia solani* penyebab *damping-off* pada tanaman mentimum (Kazerooni, Rethinasamy, & Al-Sadi, 2019). Di samping sebagai agens hayati pengendali hama dan penyakit tanaman, cendawan *T. pinophilus* juga dapat berfungsi sebagai agens hayati pelarut fosfat (*phosphate solubilizing fungi*) sehingga dapat meningkatkan ketersediaan hara P di dalam tanah (Maity, Pal, Chandra, & Singh, 2014; Sembiring, Elfiati, Sutarta, & Sabrina, 2015; Sembiring, Jefri, Sakiah, & Wahyuni, 2018; Majumder *et al.*, 2019).

Sampai saat ini banyak tersedia formula agens hayati sebagai pengendali hama dan/atau penyakit tanaman dalam bentuk serbuk yang dicairkan dengan menggunakan air (akuades). Penggunaan air sebagai agens formulasi telah banyak digunakan karena tidak beracun, cukup banyak tersedia, murah, dan dapat digunakan dengan alat penyemprot hidrolik yang sederhana. Air dapat dengan mudah mensuspensi konidia hidrofilik dan lipofilik dengan penggunaan surfaktan sederhana (Polar, Kairo, Moore, Pegram, & John, 2005). Namun demikian, ditinjau dari segi keefektifannya dalam mengendalikan hama dan/atau penyakit, ternyata formula berbasis air masih lebih rendah bila dibandingkan dengan formula berbasis minyak (Alves, Bateman, Gunn, Prior, & Leather, 2002; Malsam, Kilian, Oerke, & Dehne, 2002; Vega-Aquino, Sanchez-Peña, & Blanco, 2010; Lopes, Pauli, Mascarin, & Faria, 2011; Camargo *et al.*, 2012; Kirubakaran, Sathish-Narayanan, Revathi, Chandrasekaran, & Senthil-Nathan, 2014; Batta, 2016; Nithya & Reji Rani, 2017; Lopes & Faria, 2019). Penelitian bertujuan untuk menguji keefektifan bioinsektisida berbasis cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) dan minyak nabati terhadap hama PBKo *Hypothenemus hampei*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Terpadu, Balai penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) Sukabumi, Jawa Barat, mulai bulan Juni sampai Oktober 2018. Bahan yang digunakan adalah cendawan *T. pinophilus*, *Potato Dextrose Agar* (PDA), *Potato*

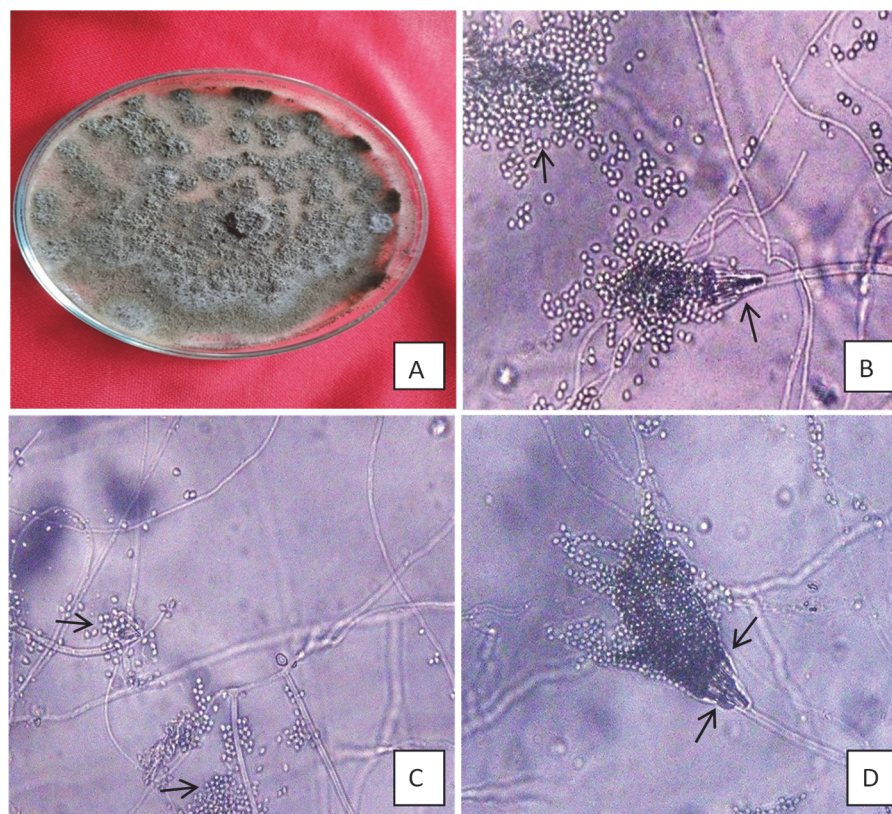
Dextrose Broth (PDB), beras, alkohol, spirtus, aluminium foil, tissu, gliserol, sukrosa, , akuades, tween 80, minyak jagung, minyak kacang tanah, minyak kedelai, garam *Sodium Lignosulfonik Acid*, NaOH, HCl, K₂HPO₄ 0,7g, KH₂PO₄ 0,3 g, MgSO₄·7H₂O 0,5g, FeSO₄·7H₂O 0,01g, ZnSO₄ 0,001g, MnCl₂ 0,001g, Koloida I kitin 0,2%, Agar 2%, *Czapek Dox Broth* (CDB) terdiri dari: NaNO₃ 3 g, K₂HPO₄ 1 g, MgSO₄ 0.5g, KCl 0.5g, dan FeSO₄.

Pembiakan Kumbang Penggerek Buah Kopi

Pembiakan kumbang PBKo dilakukan dengan cara mengoleksi buah kopi yang terserang hama PBKo serta ditambah buah yang sehat sebagai pakan yang diperoleh dari kebun kopi di sentra produksi kopi di Jawa Barat. Buah disterilkan di laboratorium mengikuti metode Pérez, Infante, & Vega (2005) dengan tujuan menghilangkan cendawan yang terbawa dari lapang. Buah dicuci dengan sabun selama 15 menit, lalu dicuci

sampai bersih dengan air mengalir. Buah direndam di dalam larutan sodium hypochlorit 2% selama 10 menit, lalu dicuci dengan air destilasi. Tahap berikutnya, buah direndam kembali dalam larutan potassium sorbate 2% selama 5 menit, lalu dicuci bersih dengan air destilasi. Buah dikeringanginkan sebelum digunakan untuk perbanyakan, lalu dipindahkan ke dalam kotak plastik dengan penutup dari kasa.

Setiap kotak plastik dilapisi dengan campuran gipsum dan arang aktif untuk menjaga kelembaban dan mencegah buah mengkerut. Menurut Jaramillo *et al.* (2009), dengan cara seperti itu, buah kopi dapat bertahan selama 90 hari setelah pengambilan dari lapang. Setiap tiga hari sekali bagian dalam kotak plastik diperciki air untuk menjaga kelembabannya. Bekas gerakan PBKo dibersihkan setiap 2 hari sekali. Kotak plastik diletakkan pada rak-rak pemeliharaan pada suhu ruang. PBKo hasil pembiakan dengan umur sekitar 1 bulan selanjutnya digunakan untuk pengujian.



Gambar 1. Cendawan *T. pinophilus* dengan kode GeneBank MF683084 yang digunakan dalam penelitian. (A) koloni cendawan pada media PDA, (B) konidia dan konidiopora, (C) konidia, dan (D) konidiopora. (B, C, dan D pembesaran 400x)

Figure 1. The *T. pinophilus* fungi with GeneBank code of MF683084 that used in the study. (A) fungal colonies on PDA media, (B) conidia and conidiophores, (C) conidia, (D) conidiophores. (B, C, and D magnification 400x).

Sumber Asal Isolat, Pemurnian, dan Indektifikasinya

Isolat yang digunakan berasal dari hasil eksplorasi tahun 2013 di perkebunan karet daerah Pelabuhan Ratu, Sukabumi, Jawa Barat. Hasil pengujian pendahuluan dengan metode *duaculture* terhadap isolat yang diperoleh menunjukkan hasil yang memuaskan untuk uji antagonis. Selanjutnya isolat dimurnikan di Laboratorium Terpadu Balittri.

Pada tahun 2018, isolat hasil pemurnian dibawa ke Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Bogor, untuk dilakukan identifikasi. Hasil identifikasi dengan menggunakan teknik PCR (*Polymerase Chain Reaction*) dan peruntutan DNA (*Deoxyribo Nucleic Acid*) menunjukkan isolat yang diuji merupakan cendawan entomopatogen *Talaromyces pinophilus* (CETP) isolat MC dengan tingkat *homology* atau kemiripan (*similarity*) sebesar 99%. Setelah didaftarkan di *DNA Data Bank of Japan (DDBJ)/National Center For Biotechnology Infomation (NCBI)* mendapat kode akses GeneBank MF683084 (Gambar 1). Bentuk konidia dan konidioporanya memiliki kesamaan dengan *T. pinophilus* NRRL 62415 hasil koleksi dan identifikasi Peterson & Jurjević (2019).

Perbanyakkan Cendawan Entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) pada Media Beras

Beras dicuci bersih, dikukus setengah matang lalu didinginkan dalam wadah plastik. Media beras sebanyak 50 g dimasukkan ke dalam kantong plastik bening tahan panas, disterilisasi di dalam autoklaf selama 35 menit dengan suhu 121 °C dan tekanan 1 atm. Setelah dingin, media tersebut diinokulasi *T. pinophilus*. Inokulasi dilakukan dengan cara meletakkan 2-3 potongan cendawan dari media PDA (diameter 0,9 mm) ke dalam

kantong beras. Semua tahapan dilakukan pada kondisi steril dalam *laminar air flow*.

Penyiapan Suspensi Cendawan Entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) untuk Pengujian

Cendawan *T. pinophilus* yang dikulturkan pada media beras kemudian dibuat suspensi untuk bahan formulasi, serta untuk mengetahui jumlah kerapatan dan viabilitas spora. Penyiapan suspensi cendawan dengan tahapan: (1) 100 g media yang ditumbuhi cendawan ditambahkan 300 ml akuades steril, kemudian ditumbuk hingga halus menggunakan mortar, (2) suspensi konidia disaring menggunakan kasa nilon halus, (3) suspensi konidia yang lolos dari saringan ditambahkan larutan perata Tween 80 sebanyak 0,05%, (4) suspensi konidia yang telah ditambah larutan perata kemudian dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer dan dikocok selama 30 detik menggunakan vortex hingga homogen, dan (5) mengukur kerapatan spora menggunakan *Haemocytometer* dan mikroskop hingga diperoleh kerapatan yang diinginkan. Rumus untuk menghitung kerapatan spora adalah: $P = [t/(n \cdot 0,25)] \cdot 10^6$; P = produksi spora, t = spora di dalam jumlah kotak sampel, n = jumlah sampel yang diamati, dan 0,25 = faktor koreksi

Pembuatan Formula Bioinsektisida Berbasis Cendawan Entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) dan Minyak Nabati

Suspensi cendawan *T. pinophilus* yang diperoleh dari media beras akan diformulasikan dengan minyak nabati. Minyak nabati yang digunakan adalah minyak jagung, minyak kacang tanah, dan minyak kedelai. Formulasi dibuat berdasarkan metode Angelo *et al.*, (2010) dan Camargo *et al.* (2012). Terdapat 9 formula dengan kode dan komposisi seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi formula cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) dalam bentuk cair berbasis minyak nabati
Table 1. Composition of the entomopathogenic fungi of *T. pinophilus* (EFTP) formulas in vegetable oil-based liquid form

Kode formula	Komposisi formula				
	Suspensi <i>T. pinophilus</i> (%)	Minyak jagung (%)	Minyak kacang tanah (%)	Minyak kedelai (%)	Tween 80 (%)
S89MJ10	89	10	-	-	1
S79MJ20	79	20	-	-	1
S69MJ30	69	30	-	-	1
S89MKT10	89	-	10	-	1
S79MKT20	79	-	20	-	1
S69MKT30	69	-	30	-	1
S89MK10	89	-	-	10	1
S79MK20	79	-	-	20	1
S69MK30	69	-	-	30	1

Pengujian Aktivitas Enzim Cendawan Entomopatogen *T. pinophilus* (CETP)

1. Uji Aktivitas Enzim Kitinase

Pengujian aktivitas kitinase dari CETP sesuai metode Suryanto, Patonah, & Munir (2010), yaitu dengan mencampur media K_2HPO_4 0,7g, KH_2PO_4 0,3 g, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,5g, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ 0,01 g, $ZnSO_4$ 0,001 g, $MnCl_2$ 0,001 g, koloidal kitin 0,2%, dan agar 2% dengan akuades sehingga volumenya menjadi 1 liter. Nilai pH diatur hingga mencapai 6,8 dengan menambahkan NaOH dan media disterilkan dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Media kitin agar dituang ke dalam cawan petri berdiameter 9 cm kemudian diinokulasi dengan masing-masing 1 potongan cendawan (diameter 0,9 mm) dan diinkubasi pada suhu ruang (27 °C) selama 3 hari.

Aktivitas kitinase diindikasikan dengan adanya zona bening di sekitar masing-masing koloni cendawan.

2. Uji Aktivitas Enzim Protease

Susu skim digunakan sebagai substrat untuk menguji aktivitas protease dengan menggunakan metode Widhyastuti & Dewi (2001). Sebanyak 20 g susu skim dilarutkan dalam 400 ml akuades kemudian dipasteurisasi (63 °C selama 30 menit), dan 24 g agar dilarutkan dalam 600 ml akuades steril. Selanjutnya, kedua larutan tersebut dicampurkan hingga homogen. Medium protease dituangkan ke dalam cawan petri berdiameter 9 cm kemudian diinokulasi dengan masing-masing isolat cendawan dan diinkubasikan pada suhu ruang (27 °C) selama 3 hari. Aktivitas protease ditunjukkan dengan adanya zona bening di sekitar masing-masing koloni cendawan.

Tabel 2. Daftar formula cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) sebagai perlakuan

Table 2. The list of entomopathogenic fungi of *T. pinophilus* (EFTP) formulas as treatment

Kode formula	Konsentrasi (%), Dosis (ml/l)	Komposisi formula				
		Suspensi <i>T. pinophilus</i> (%)	Minyak jagung (%)	Minyak kacang tanah (%)	Minyak kedelai (%)	Tween 80 (%)
S89MJ10	2,50	89	10	-	-	1
S89MJ10	5,00	89	10	-	-	1
S89MJ10	7,50	89	10	-	-	1
S79MJ20	2,50	79	20	-	-	1
S79MJ20	5,00	79	20	-	-	1
S79MJ20	7,50	79	20	-	-	1
S69MJ30	2,50	69	30	-	-	1
S69MJ30	5,00	69	30	-	-	1
S69MJ30	7,50	69	30	-	-	1
S89MKT10	2,50	89	-	10	-	1
S89MKT10	5,00	89	-	10	-	1
S89MKT10	7,50	89	-	10	-	1
S79MKT20	2,50	79	-	20	-	1
S79MKT20	5,00	79	-	20	-	1
S79MKT20	7,50	79	-	20	-	1
S69MKT30	2,50	69	-	30	-	1
S69MKT30	5,00	69	-	30	-	1
S69MKT30	7,50	69	-	30	-	1
S89MK10	2,50	89	-	-	10	1
S89MK10	5,00	89	-	-	10	1
S89MK10	7,50	89	-	-	10	1
S79MK20	2,50	79	-	-	20	1
S79MK20	5,00	79	-	-	20	1
S79MK20	7,50	79	-	-	20	1
S69MK30	2,50	69	-	-	30	1
S69MK30	5,00	69	-	-	30	1
S69MK30	7,50	69	-	-	30	1
<i>T. pinophilus</i> (K1)	2,50	100	-	-	-	-
<i>T. pinophilus</i> (K2)	5,00	100	-	-	-	-
<i>T. pinophilus</i> (K3)	7,50	100	-	-	-	-
Insektisida Klorpirifos (K4)	2,00	-	-	-	-	-

Keterangan: S = suspensi; MJ = minyak jagung; MKT = minyak kacang tanah; MK = minyak kedelai; K = kontrol

Notes : S = suspension; MJ = maize oil; MKT = groundnut oil; MK = soybean oil; K = control

Uji Efikasi Formula Berbasis Cendawan Entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) dan Minyak Nabati terhadap Hama PBKo Secara *In Vitro*

Penelitian disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 31 perlakuan dan tiga ulangan. Ke-31 perlakuan tersebut terdiri dari 9 jenis formula (Tabel 1) dengan konsentrasi masing-masing 2,50%, 5,00%, dan 7,50%; kontrol positif (suspensi cendawan *T. pinophilus* tanpa minyak) dengan konsentrasi masing-masing 2,50%, 5,00%, dan 7,50%, serta kontrol negatif (insektisida kimia Klorpirifos) dengan dosis 2,00 ml/l (Tabel 2).

Metode pengujian pada kumbang PBKo dengan cara menyempatkan formula CETP ke buah kopi sehat (bebas gerakan PBKo) sampai buah basah terkena perlakuan formula. Kemudian, buah tersebut dipindahkan ke wadah yang telah disiapkan sebagai pakan dan diinokulasikan imago PBKo. Wadah disimpan pada tempat yang gelap. Setiap satuan percobaan terdiri dari 10 buah kopi dan 15 ekor imago PBKo. Pengamatan dilakukan terhadap: aktivitas enzim pada cendawan entomopatogen, keefektifan minyak nabati sebagai bahan pembawa formula, mortalitas kumbang PBKo, tingkat serangan PBKo, banyaknya buah yang tergerek, dan jumlah lubang gerakan per 10 buah kopi. Pengamatan terhadap perkembangan hama PBKo dilakukan setiap hari sampai hari ke-7 setelah aplikasi (HSA). Setelah hari ke-7 pengamatan, buah yang telah diberi perlakuan dibelah untuk diamati perkembangannya.

Uji Efikasi Formula Berbasis Cendawan Entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) dan Minyak Nabati terhadap Hama PBKo Secara *In Vitro*

Penelitian disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 31 perlakuan dan tiga ulangan. Ke-31 perlakuan tersebut terdiri dari 9 jenis formula (Tabel 1) dengan konsentrasi masing-masing 2,50%, 5,00%, dan 7,50%; kontrol positif (suspensi cendawan *T. pinophilus* tanpa minyak) dengan konsentrasi masing-masing 2,50%, 5,00%, dan 7,50%, serta kontrol negatif (insektisida kimia Klorpirifos) dengan dosis 2,00 ml/l (Tabel 2).

Metode pengujian pada kumbang PBKo dengan cara menyempatkan formula CETP ke buah kopi sehat (bebas gerakan PBKo) sampai buah basah terkena perlakuan formula. Selanjutnya, buah tersebut dipindahkan ke wadah yang telah disiapkan sebagai pakan dan diinokulasikan imago PBKo. Wadah disimpan pada tempat yang gelap. Untuk setiap satuan percobaan terdiri dari 10 buah kopi dan 15 ekor imago PBKo.

Pengamatan dilakukan terhadap: aktivitas enzim pada cendawan entomopatogen, keefektifan minyak nabati sebagai bahan pembawa formula, mortalitas kumbang PBKo, tingkat serangan PBKo, banyaknya buah yang tergerek, dan jumlah lubang gerakan per 10 buah kopi. Pengamatan terhadap perkembangan hama PBKo dilakukan setiap hari sampai hari ke-7 setelah aplikasi (HSA). Setelah hari ke-7 pengamatan, buah yang telah diberi perlakuan kemudian dibelah untuk diamati perkembangannya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

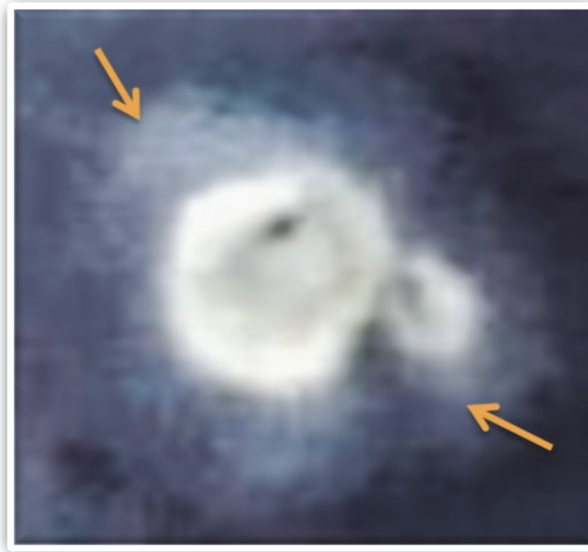
Aktivitas Enzim Kitinase dan Protease Cendawan Entomopatogen *T. pinophilus* (CETP)

Cendawan entomopatogen dalam proses infeksi serangga dikaitkan karena adanya kemampuan produksi enzim ekstraseluler. Enzim penting yang disekresikan oleh cendawan entomopatogen diantaranya adalah lipase, kitinase dan protease (Mondal, Baksi, Koris, & Vatai, 2016). Hasil uji aktivitas enzim kitinase dan protease diketahui bahwa isolat *T. pinophilus* menunjukkan kemampuan menghasilkan enzim kitinase dan protease (Tabel 3). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian (Abdel-Rahim & Abo-Elyousr, 2018) yang menyimpulkan bahwa *T. pinophilus* menghasilkan enzim kitinase, lipase dan protease. Selanjutnya, Sánchez-Pérez, Barranco-Florida, Rodríguez-Navarro, Cervantes-Mayagoitia, & Ramos-López (2014), Mondal, *et al.* (2016), dan Abdel-Rahim & Abo-Elyousr (2018) menegaskan bahwa cendawan entomopatogen yang memiliki aktivitas enzim kitinase dapat berfungsi sebagai agen biokontrol terhadap hama/serangga yang memiliki komponen kitin pada dinding sel. Sedangkan, enzim protease menurut Harrison & Bonning (2010) memiliki fungsi toksisitas terhadap serangga. Siklus toksisitasnya dimulai dari bagian *midgut* serangga kemudian menuju ke *hemocoel* (rongga tubuh) dan bagian kutikula.

Tabel 3. Aktivitas enzim cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP)

Table 3. The enzym activities of the *T. pinophilus* entomopathogenic fungi (EFTP)

Cendawan	Aktivitas enzim	
	Kitinase	Protease
<i>T. pinophilus</i>	+	+



Gambar 2. Zona bening pada media kitin
Figure 2. Clear zone on chitin media

Kemampuan CETP dalam mengendalikan hama PBKo didukung oleh adanya enzim kitinase dan protease. Hal ini terlihat pada saat uji aktivitas kitinase; bahwa pada media kitin memperlihatkan adanya zona bening yang terbentuk karena adanya kemampuan CETP dalam menghidrolisis kitin (Gambar 2). Oleh karena itu, diduga bahwa enzim kitinase yang dihasilkan cendawan tersebut dapat mendegradasi pada bagian cangkang/eksoskeleton *H. hampei*.

Enzim kitinase, lipase dan protease yang dihasilkan *T. pinophilus* memegang peranan penting dalam inisiasi proses mikoparasitisme seperti aktivitas dalam penetrasi dan pendegradasi dinding sel (Gan *et al.*, 2007; Hartl, Zach, & Seidl-Seiboth, 2012; Langner *et al.*, 2015; Mondal *et al.*, 2016; Abdel-Rahim & Abo-Elyousr, 2018). Enzim cendawan hidrolitik, seperti kitinase dan protease, memiliki aktivitas yang penting dalam menginfeksi inang dan mendegradasi kutikula epidermis dan *trachea* inang (Merzendorfer & Zimoch, 2003; Khan, Guo, Shi, Mijit, & Qiu, 2012). Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa kitin yang ditambahkan pada minyak kacang tanah sebagai bahan pembawa dalam memformulasi cendawan entomopatogenik *Lecanicillium lecanii*, memegang peranan penting dalam menjaga viabilitas spora serta dalam meningkatkan efek virulensi. Peranan ini disebabkan karena kitin menghasilkan enzim kitinase yang memiliki fungsi sebagai pendegradasi (Nithya & Reji Rani, 2017). Kematian inang umumnya karena kombinasi dari berkurangnya nutrisi, invasi organ, dan adanya toksin yang dihasilkan cendawan entomopatogen. Proses penetrasi terjadi secara mekanis dan kimiawi dengan

mengeluarkan enzim dan toksin, diantaranya enzim kitinase yang dihasilkan oleh cendawan *T. pinophilus* (Butt & Goettel, 2009). Serangga yang terinfeksi cendawan pada umumnya menjadi lemah dan tidak aktif, dua atau tiga hari kemudian mengalami kematian, dan jika kondisi lingkungan mendukung maka tubuhnya ditumbuhi oleh miselium cendawan. Pada umumnya, semua cairan tubuh serangga habis digunakan cendawan, sehingga menyebabkan serangga mati dengan tubuh yang mengeras seperti mumi (Prayogo, 2006).

Pengaruh Formula Berbasis Cendawan Entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) dan Minyak Nabati terhadap Hama PBKo Secara *In Vitro*

1. Mortalitas kumbang PBKo dan nilai Lethal Time 90% (LT_{90})

Hasil uji formula CETP terhadap imago PBKo menunjukkan bahwa cendawan entomopatogen mampu menginfeksi dan menyebabkan mortalitas kumbang *H. hampei* (Tabel 4). Mortalitas PBKo mulai terjadi pada hari ke-1, dan mortalitas paling tinggi pada hari ke-1 dan ke-2 setelah aplikasi. Hal ini menunjukkan bahwa CETP dalam 24 jam sudah dapat menyebabkan kematian imago *H. hampei*. Kemampuan ini sama dengan cendawan entomopatogen lainnya seperti *B. bassiana* (Alves, Tamai, Rossi, & Castiglioni, 2005).

Tabel 4. Pengaruh perlakuan formula cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) terhadap mortalitas kumbang hama PBKo secara kumulatif hingga hari ke-7 setelah aplikasi (HSA)

Table 4. The effect of entomopathogenic fungi formulas of *T. pinophilus* (EFTP) on the mortality of CBB beetles cumulatively until 7th days after application (DAA)

Kode Formula	Konsentrasi (%) Dosis (ml/l)	Mortalitas kumbang hama PBKo (%) secara kumulatif hingga						
		1 HSA	2 HSA	3 HSA	4 HSA	5 HSA	6 HSA	7 HSA
S89MJ10	2,50	8,89	17,78	17,78	17,78	17,78	17,78	20,00
S89MJ10	5,00	6,67	11,11	13,33	13,33	13,33	13,33	15,56
S89MJ10	7,50	40,00	48,90	48,90	48,90	48,90	48,90	48,90
S79MJ20	2,50	17,80	26,70	31,10	31,10	31,10	31,10	35,60
S79MJ20	5,00	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	11,11
S79MJ20	7,50	24,44	31,11	37,78	37,78	42,20	42,20	42,20
S69MJ30	2,50	26,70	37,80	37,80	42,20	42,20	42,20	46,70
S69MJ30	5,00	31,10	37,80	37,80	37,80	37,80	40,00	40,00
S69MJ30	7,50	26,70	35,60	35,60	35,60	35,60	35,60	35,60
S89MKT10	2,50	11,11	17,78	28,89	31,11	31,11	31,11	31,11
S89MKT10	5,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	22,20	24,40
S89MKT10	7,50	8,89	13,33	15,56	15,56	15,56	17,78	22,22
S79MKT20	2,50	35,60 a	37,80	37,80	40,00	40,00	40,00	44,40
S79MKT20	5,00	6,67	6,67	8,89	8,89	8,89	8,89	8,89
S79MKT20	7,50	13,33	17,78	20,00	22,22	24,44	31,11	35,56
S69MKT30	2,50	42,20 a	42,20	51,10	53,30 c	53,30 c	55,60	55,60
S69MKT30	5,00	28,89	40,00	46,70	53,33 c	53,33 c	55,56 c	60,00 c
S69MKT30	7,50	53,33 a	60,00 ac	62,22 ac	62,22 ac	62,22 ac	62,22 ac	62,22 c
S89MK10	2,50	20,00	22,22 ac	22,22 ac	22,22	22,22	22,22	22,22
S89MK10	5,00	35,56 a	55,56 ac	55,56 ac	55,56 ac	55,56 c	55,56 c	60,00 c
S89MK10	7,50	64,40 a	64,40	64,40	64,40 c	64,40 ac	64,40 ac	64,40 c
S79MK20	2,50	0,00	2,22	6,67	6,67	6,67	8,89	8,89
S79MK20	5,00	46,67 a	71,11 acd	71,11 acd	71,11 acd	71,11 acd	71,11 abcd	77,78 acd
S79MK20	7,50	73,33 abcd	80,00 abcd	80,00 abcd	84,44 abcd	84,44 abcd	84,44 abcd	88,89 abcd
S69MK30	2,50	44,44 a	44,44	48,89	51,11 c	51,11 c	55,56 c	55,56
S69MK30	5,00	35,56 a	57,78 ac	57,78 ac	60,00 ac	60,00 c	60,00 ac	60,00 c
S69MK30	7,50	82,20 abcd	82,20 abcd	82,20 abcd	84,44 abcd	84,44 abcd	84,44 abcd	84,44 abcd
K1	2,50	0,00	6,67	6,67	11,11	13,33	13,33	15,56
K2	5,00	15,56	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	24,44
K3	7,50	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67	11,11
K4	2,00	13,33	13,33	15,56	15,56	15,56	15,56	15,56

Keterangan: (a) berbeda nyata dengan K1 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 2,50%), (b) berbeda nyata dengan K2 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 5,00%), (c) berbeda nyata dengan K3 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 7,50%), dan (d) berbeda nyata dengan K4 (insektisida klorpirifos, dosis 2,00 ml/l), berdasarkan uji Dunnett pada taraf 5%; HSA = hari setelah aplikasi

Notes : (a) significantly different from K1 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 2,50%), (b) significantly different from K2 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 5,00%), (c) significantly different from K3 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 7,50%), and (d) significantly different from K4 (Klorpirifos insecticide, in dose of 2ml/l), based on Dunnett's test at 5% level; DAA = days after application

Tabel 5. Hasil analisis regresi probit untuk menduga nilai lethal time 90% (LT₉₀)

Table 5. Result of probit regression analysis to estimate the value of lethal time 90% (LT₉₀)

Formula S79MK20			Formula S69MK30		
Hari ke-	Nilai duga Z	Nilai duga peluang mortalitas (%)	Hari ke-	Nilai duga Z	Nilai duga peluang mortalitas (%)
1	0,15	53,95	1	0,92	82,12
5	0,48	68,44	5	0,99	83,89
10	0,90	81,59	10	1,09	86,21
15	1,32	90,66	15	1,18	88,10
20	1,74	95,91	21	1,30	90,32
30	2,58	99,51	30	1,47	92,82

Keterangan: $Z_{24} = 0,063 + 0,084 X$ ($R^2 = 0,89$; $p < 0,01$) dan $Z_{27} = 0,898 + 0,019 X$ ($R^2 = 0,75$; $p < 0,05$)

Notes : $Z_{24} = 0.063 + 0.084 X$ ($R^2 = 0.89$; $p < 0.01$) and $Z_{27} = 0.898 + 0.019 X$ ($R^2 = 0.75$; $p < 0.05$)

Tabel 6. Hasil uji kontras orthogonal bahan pembawa untuk memformulasi cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) terhadap mortalitas hama PBKo secara kumulatif hingga hari ke-7 setelah aplikasi (HSA)

Table 6. The result of orthogonal contrast test of carrier materials for formulating the entomopathogenic fungus of *T. pinophilus* (ETFP) on the CBB mortality cumulatively until 7th days after application (DAA)

Perlakuan yang dikontraskan	Mortalitas hama PBKo (%) secara kumulatif hingga						
	1 HSA	2 HSA	3 HSA	4 HSA	5 HSA	6 HSA	7 HSA
MJ	20,99	28,15	29,63	30,12	30,62	30,86	32,84
(K1+K2+K3)	7,41	11,11	11,11	12,59	13,13	13,13	17,04
MJ	20,99	28,15	29,63	30,12	30,62	30,86	32,84
K4	13,33	13,33	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53
MKT	24,00	27,78	31,33 *	32,89 *	33,11 *	34,67 *	36,67 *
(K1+K2+K3)	7,41	11,11	11,11	12,59	13,13	13,13	17,04
MKT	24,00	27,78	31,33	32,89	33,11	34,67	36,67
K4	13,33	13,33	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53
MK	47,78 **	57,22 **	58,33 **	59,72 **	59,72 **	60,56 **	62,50 **
(K1+K2+K3)	7,41	11,11	11,11	12,59	13,13	13,13	17,04
MK	47,78 *	57,22 **	58,33 **	59,72 **	59,72 **	60,56 **	62,50 **
K4	13,33	13,33	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53
(K1+K2+K3)	7,41	11,11	11,11	12,59	13,13	13,13	17,04
K4	13,33	13,33	15,53	15,53	15,53	15,53	15,53

Keterangan: MJ = minyak jagung; MKT = minyak kacang tanah; MK = minyak kedelai; K1, K2 dan K3 = suspensi dengan bahan pembawa air, dengan konsentrasi masing-masing 0,25%; 0,50% dan 0,75%; K4 = Insektisida Klorpirifos; HSA = hari setelah aplikasi; * dan ** masing-masing nyata pada taraf 5% ($p < 0,05$) dan 1% ($p < 0,01$)

Notes : MJ = corn oil; MKT = groundnut oil; MK = soybean oil; K1, K2 and K3 = suspension with water as carrier materials, in concentration of 0.25%, 0.50% and 0.75% respectively; K4 = Klorpirifos insecticide; DAA = days after application; * and ** significant at 5% ($p < 0.05$) and 1% ($p < 0.01$) level respectively

Perlakuan CETP menyebabkan mortalitas lebih tinggi dibandingkan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa formula CETP sangat efektif dalam mengendalikan PBKo. Perlakuan formula CETP yang dapat menyebabkan mortalitas PBKo $\geq 80\%$ pada hari ke-7 setelah aplikasi, diantaranya formula nomor 24 (S79MK20 dengan dosis 7,50%) dan 27 (S69MK30 dengan dosis 7,50%). Kedua perlakuan formula tersebut dinilai sangat potensial, karena dapat menyebabkan mortalitas hama PBKo paling tinggi, yaitu masing-masing 88,89% dan 84,44% pada hari ke-7 (Tabel 4), dan nilai LT_{50} masing-masing terjadi pada hari ke-15 dan ke-21 (Tabel 5). Nilai LT_{50} untuk kedua formula tersebut telah tercapai pada hari ke-1 setelah aplikasi, namun hari berikutnya mulai kelihatan terjadi penurunan laju mortalitas (Tabel 5). Hal ini memberikan indikasi bahwa untuk lebih meningkatkan keefektifannya perlu dilakukan pengulangan aplikasi, walaupun hal ini masih perlu dibuktikan melalui penelitian-penelitian berikutnya. Kematian imago PBKo yang disebabkan oleh infeksi cendawan membutuhkan beberapa tahap proses untuk sampai mematikan serangga, yaitu penempelan konidia pada tubuh serangga, perkecambahan, penetrasi, invasi, dan kolonisasi dalam hemosel, jaringan dan organ. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Sari & Widyaningrum (2014).

2. Pengaruh jenis minyak nabati sebagai bahan pembawa dalam memformulasi cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP)

Hasil analisis menunjukkan bahwa bahan pembawa dari minyak nabati (kecuali minyak jagung) lebih baik bila dibandingkan dengan bahan pembawa air (perlakuan K1, K2, dan K3) (Tabel 6). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Alves *et al.* (2002), Malsam *et al.* (2002), Vega-Aquino *et al.* (2010), Lopes *et al.* (2011), Camargo *et al.* (2012), Kirubakaran *et al.* (2014), Batta (2016), Nithya & Reji Rani (2017), dan Lopes & Faria (2019).

Dari ketiga jenis minyak nabati yang digunakan, ternyata minyak kedelai memiliki kemampuan yang paling baik digunakan sebagai bahan formulasi cendawan CETP. Hal ini diduga karena minyak kedelai mampu menstabilkan formula dengan lebih baik serta dapat menghasilkan konidia cendawan relatif lebih banyak dibandingkan dengan minyak jagung maupun kacang tanah. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian tentang formulasi *B. bassiana* dengan bahan pembawa minyak kedelai untuk mengendalikan hama pada tanaman sawit. Minyak kedelai yang digunakan sebagai bahan pembawa dapat menghasilkan konidia yang lebih banyak dan dalam aplikasinya di lapangan relatif tahan terhadap sengatan sinar ultra violet (Moslim, Wahid, Ali, & Kamarudin, 2004). Demikian juga apabila minyak kedelai dicampur dengan asam ferulat (*ferulic acid*) untuk memformulasi *B.*

bassiana, ternyata mampu mempertahankan diri terhadap sinar ultra violet dalam pengendalian hama tanaman kubis dan kacang buncis (Behle, Compton, Laszlo, & Shapiro-Ilan, 2009). Minyak kedelai sebagai bahan pembawa dalam memformulasi agens hayati *M. anisopliae* memiliki kemampuan yang sama dengan bahan pembawa komersial dalam mempertahankan viabilitas konidia (Alves *et al.*, 2002). Pada umumnya, bahan pembawa yang terbuat dari minyak nabati, termasuk minyak kedelai, memiliki sifat fisiko-kimia yang mampu menstabilkan formula, baik pada kondisi lingkungan yang berbeda maupun untuk periode waktu yang cukup lama, sehingga dapat meningkatkan keefektifan formula (Mola & Afkari, 2012; Latifian, 2018).

3. Tingkat serangan, persentase buah yang tergetek, dan jumlah lubang gerakan PBKo

Hasil pengamatan persentase serangan menunjukkan bahwa perlakuan formula dengan kode S79MK20 dan S69MK30 sangat potensial dalam menekan tingkat serangan hama PBKo. Pada kedua formula tersebut, persentase tingkat serangan PBKo hanya 26,67% pada hari ke-7 setelah aplikasi dan lebih rendah dibandingkan dengan seluruh kontrol. Formula lainnya yang dinilai cukup potensial adalah S69MKT30 dengan persentase tingkat serangan PBKo sebesar 35% (Tabel 7).

Tabel 7. Pengaruh perlakuan formula cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) terhadap tingkat serangan hama PBKo secara kumulatif hingga hari ke-7 hari setelah aplikasi (HSA)

Table 7. The effect of entomopathogenic fungi formulas of *T. pinophilus* (EFTP) on the attack level of CBB cumulatively until 7th days after application (DAA)

Kode Formula	Konsentrasi (%), Dosis (ml/l)	Tingkat serangan hama PBKo (%) secara kumulatif hingga						
		1 HSA	2 HSA	3 HSA	4 HSA	5 HSA	6 HSA	7 HSA
S89MJ10	2,50	65,00	70,00	70,00	85,00	90,00	90,00	90,00
S89MJ10	5,00	60,00	75,00	80,00	85,00	85,00	85,00	85,00
S89MJ10	7,50	40,00	40,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00
S79MJ20	2,50	35,00	46,67	50,00	55,00	60,00	60,00	60,00
S79MJ20	5,00	55,00	60,00	75,00	75,00	75,00	75,00	75,00
S79MJ20	7,50	35,00	45,00	48,30	50,00	55,00	55,00	55,00
S69MJ30	2,50	35,00	50,00	55,00	55,00	60,00	60,00	60,00
S69MJ30	5,00	40,00	55,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
S69MJ30	7,50	30,00	30,00 b	30,00 b	35,00 bc	45,00	60,00	60,00
S89MKT10	2,50	40,00	50,00	65,00	75,00	85,00	90,00	90,00
S89MKT10	5,00	45,00	60,00	68,33	68,33	80,00	85,00	85,00
S89MKT10	7,50	40,00	60,00	65,00	70,00	75,00	85,00	85,00
S79MKT20	2,50	25,00	50,00	55,00	65,00	65,00	70,00	70,00
S79MKT20	5,00	60,00	65,00	70,00	70,00	80,00	85,00	85,00
S79MKT20	7,50	35,00	45,00	60,00	70,00	75,00	75,00	75,00
S69MKT30	2,50	25,00	25,00 bd	30,00	40,00	40,00 c	40,00	40,00
S69MKT30	5,00	15,00 b	25,00 bd	35,00 b	35,00 bc	40,00 c	40,00	50,00
S69MKT30	7,50	25,00	25,00 bd	25,00 bcd	35,00 bc	35,00 bcd	35,00 bcd	35,00 bcd
S89MK10	2,50	40,00	46,67	53,33	66,67	70,00	73,33	73,33
S89MK10	5,00	33,33	60,00	63,33	63,33	63,33	63,33	66,67
S89MK10	7,50	23,33	43,33	50,00	53,33	53,33	56,67	56,67
S79MK20	2,50	56,67	70,00	73,33	73,33	73,33	86,67	90,00
S79MK20	5,00	23,33	46,67	46,67	50,00	50,00	53,33	53,33
S79MK20	7,50	13,33 b	20,00 bd	23,33 bcd	23,33 abcd	23,33 abcd	26,67 abcd	26,67 abcd
S69MK30	2,50	40,00	53,33	70,00	76,67	76,67	80,00	83,33
S69MK30	5,00	36,67	53,33	53,33	56,67	56,67	56,67	60,00
S69MK30	7,50	6,67 ab	20,00 bd	20,00 abcd	26,67 abcd	26,67 abcd	26,67 abcd	26,67 abcd
K1	2,50	50,00	55,00	65,00	80,00	80,00	80,00	80,00
K2	5,00	60,00	75,00	80,00	85,00	85,00	85,00	85,00
K3	7,50	50,00	60,00	75,00	86,67	88,33	88,33	88,33
K4	2,00	46,67	70,00	73,33	80,00	83,33	86,67	86,67

Keterangan: (a) berbeda nyata dengan K1 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 2,50%), (b) berbeda nyata dengan K2 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 5,00%), (c) berbeda nyata dengan K3 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 7,50%), dan (d) berbeda nyata dengan K4 (insektisida klorpirifos, dosis 2,00 ml/l), berdasarkan uji Dunnett pada taraf 5%; HSA = hari setelah aplikasi

Notes : (a) significantly different from K1 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 2,50%), (b) significantly different from K2 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 5,00%), (c) significantly different from K3 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 7,50%), and (d) significantly different from K4 (Klorpirifos insecticide, in dose of 2ml/l), based on Dunnett's test at 5% level; DAA = days after application

Tabel 8. Pengaruh perlakuan formula cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) terhadap persentase buah yang berlubang akibat gerakan PBKo secara kumulatif hingga hari ke-7 setelah aplikasi (HSA)

Table 8. The effect of entomopathogenic fungi formulas of *T. pinophilus* (EFTP) on the percentage of hollow berries due to CBB attack cumulatively until 7th days after application (DAA)

Kode formula	Konsentrasi (%), Dosis (ml/l)	Persentase buah berlubang hama PBKo secara kumulatif hingga						
		1 HSA	2 HSA	3 HSA	4 HSA	5 HSA	6 HSA	7 HSA
S89MJ10	2,50	66,67	70,00	70,00	86,67	90,00	90,00	90,00
S89MJ10	5,00	66,67	76,67	80,00	86,67	86,67	86,67	86,67
S89MJ10	7,50	40,00	40,00	40,00	50,00	50,00	50,00	50,00
S79MJ20	2,50	33,33	43,33	50,00	53,33	60,00	60,00	60,00
S79MJ20	5,00	53,33	60,00	73,33	73,33	73,33	73,33	73,33
S79MJ20	7,50	33,33	40,00	43,33	46,67	53,33	53,33	53,33
S69MJ30	2,50	33,33	46,67	50,00	53,33	56,67	56,67	56,67
S69MJ30	5,00	40,00	53,33	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
S69MJ30	7,50	30,00	30,00 b	30,00 b	33,33 bc	50,00	60,00	60,00
S89MKT10	2,50	40,00	50,00	63,33	73,33	83,33	90,00	90,00
S89MKT10	5,00	43,33	60,00	70,00	66,67	76,67	83,33	83,33
S89MKT10	7,50	40,00	53,33	63,33	66,67	73,33	80,00	83,33
S79MKT20	2,50	26,67	50,00	53,33	63,33	63,33	70,00	70,00
S79MKT20	5,00	60,00	63,33	70,00	70,00	80,00	83,33	83,33
S79MKT20	7,50	33,33	43,33	60,00	73,33	73,33	73,33	73,33
S69MKT30	2,50	23,33	23,33 bd	30,00 b	36,67	40,00	40,00	40,00
S69MKT30	5,00	16,67 b	23,33 bd	33,33 b	33,33 bc	40,00	40,00	50,00
S69MKT30	7,50	23,33	23,33 bd	23,33 abcd	33,33 bc	33,33 b	33,33 bc	33,33
S89MK10	2,50	40,00	46,67	53,33	66,67	70,00	73,33	73,33
S89MK10	5,00	33,33	60,00	63,33	60,00	60,00	63,33	66,67
S89MK10	7,50	23,33	43,33	50,00	53,33	53,33	56,67	56,67
S79MK20	2,50	56,67	70,00	73,33	73,33	73,33	86,67	90,00
S79MK20	5,00	23,33	60,00	46,67	50,00	50,00	53,33	53,33
S79MK20	7,50	13,33 b	20,00 bd	23,33 abcd	23,33 abcd	23,33 abc	26,67 abc	26,67 abc
S69MK30	2,50	40,00	53,33	70,00	76,67	76,67	80,00	83,33
S69MK30	5,00	36,67	53,33	53,33	56,67	56,67	56,67	60,00
S69MK30	7,50	6,67 abcd	20,00 bd	20,00 abcd	26,67 abc	26,67 abc	26,67 abc	26,67 abc
K1	2,50	46,67	56,67	70,00	80,00	80,00	80,00	80,00
K2	5,00	60,00	73,33	80,00	83,33	86,67	86,67	86,67
K3	7,50	46,67	60,00	73,33	83,33	83,33	83,33	83,33
K4	2,00	46,67	70,00	73,33	73,33	73,33	73,33	73,33

Keterangan: (a) berbeda nyata dengan K1 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 2,50%), (b) berbeda nyata dengan K2 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 5,00%), (c) berbeda nyata dengan K3 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 7,50%), dan (d) berbeda nyata dengan K4 (insektisida klorpirifos, dosis 2,00 ml/l), berdasarkan uji Dunnett pada taraf 5%; HSA = hari setelah aplikasi

Notes : (a) significantly different from K1 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 2,50%), (b) significantly different from K2 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 5,00%), (c) significantly different from K3 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 7,50%), and (d) significantly different from K4 (Klorpirifos insecticide, in dose of 2ml/l), based on Dunnett's test at 5% level; DAA = days after application

Pengamatan terhadap persentase buah yang tergerek PBKo menunjukkan bahwa perlakuan formula dengan kode S79MK20 dan S69MK30 cukup potensial, walaupun masih sama dengan perlakuan K4 (insektida kimia Klorpirifos). Pada hari ke-7 setelah aplikasi, kedua formula tersebut (S79MK20 dan S69MK30) memperlihatkan persentase buah yang tergerek PBKo masing-masing sebesar 26,67%, sedangkan untuk formula S69MKT30 sebesar 33,33% (Tabel 8). Pengamatan terhadap banyaknya lubang gerakan pada hari ke-7 setelah aplikasi, ternyata ditemukan 3,33-27,00 lubang per 10 buah kopi. Formula S79MK20 dan S69MK30 masing-masing pada konsenrasi 7,50%

memperlihatkan jumlah lubang gerakan paling rendah, yaitu masing-masing 4,67 dan 3,33 lubang, walaupun formula S79MK20 tidak berbeda dengan perlakuan K4 (insektida kimia Klorpirifos). Demikian juga dengan perlakuan formula S69MKT30 jumlah lubang gerakannya relatif rendah, yaitu 5,67 lubang, walaupun masih sama dengan perlakuan K4 (insektida kimia Klorpirifos) (Tabel 9).

Berdasarkan data-data yang diperoleh menunjukkan bahwa formula S79MK20 dan S69MK30 merupakan formula paling efektif dalam mengendalikan hama PBKo, karena dapat menyebabkan mortalitas paling tinggi, dengan persentase tingkat serangan, persentase

buah yang tergerek, dan jumlah lubang gerekkan paling rendah. Formula lainnya yang dinilai cukup potensial adalah formula S69MKT30. Formula S79MK20 dan S69MK30 menggunakan minyak kedelai, sedangkan formula S69MKT30 menggunakan minyak kacang tanah sebagai bahan pembawa. Penambahan minyak kedelai dan/atau kacang tanah pada formula entomopatogen

memiliki peran dan fungsi dalam proses stabilisasi suspensi serta sebagai perekat ditubuh imago PBKo sehingga keefektifannya lebih meningkat. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Alves *et al.* (2002), Moslim *et al.* (2004), Behle *et al.* (2009), Mola & Afkari (2012), dan Latifian (2018).

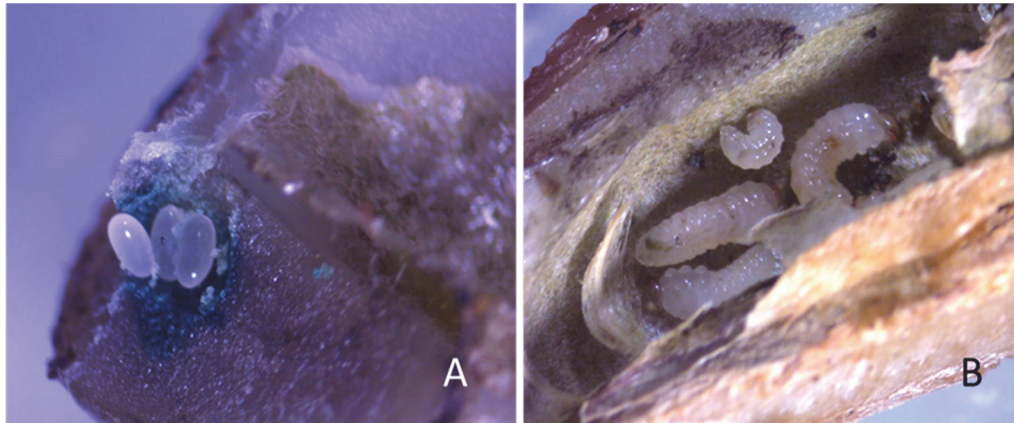
Tabel 9. Pengaruh perlakuan formula cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) terhadap jumlah lubang akibat gerkkan PBKo per 10 buah kopi secara kumulatif mulai sampai hari ke-7 setelah aplikasi (HSA)

Table 9. The effect of entomopathogenic fungi formulas of *T. pinophilus* (EFTP) on the number of holes due to CBB attack per 10 coffee berries cumulatively until 7th days after application (DAA)

Kode formula	Konsentrasi (%), Dosis (ml/l)	Jumlah lubang gerkkan per10 buah kopi secara kumulatif hingga						
		1 HSA	2 HSA	3 HSA	4 HSA	5 HSA	6 HSA	7 HSA
S89MJ10	2,50	9,00	15,00	15,00	15,67	18,00	19,00	19,00
S89MJ10	5,00	9,33	15,00	19,00	19,00	21,67	24,33	24,33
S89MJ10	7,50	6,00	7,00	10,00	10,00	11,00	11,33	11,33
S79MJ20	2,50	4,67	9,00	10,00	10,33	14,00	16,00	16,00
S79MJ20	5,00	6,00	12,00	13,33	16,00	16,33	20,00	20,67
S79MJ20	7,50	5,67	6,33	8,00	8,33	11,00	13,33	13,67
S69MJ30	2,50	7,00	7,33	8,00	11,33	14,67	15,33	16,00
S69MJ30	5,00	5,33	9,00	9,33	10,00	10,67	10,33	10,33
S69MJ30	7,50	5,33	7,00	8,33	8,67	11,33	11,67	12,00
S89MKT10	2,50	6,00	8,67	12,00	15,00	16,67	20,00	21,67
S89MKT10	5,00	7,33	9,67	12,67	13,67	18,00	21,00	23,00
S89MKT10	7,50	7,00	10,67	11,00	15,67	16,33	22,00	23,00
S79MKT20	2,50	3,67	12,00	13,33	14,00	15,33	18,33	19,00
S79MKT20	5,00	8,33	11,00	11,00	11,33	12,33	15,67	16,67
S79MKT20	7,50	5,67	9,67	9,67	12,00	14,00	15,00	15,33
S69MKT30	2,50	5,00	5,33	7,00	7,67	11,33	11,33	11,33
S69MKT30	5,00	2,00 abcd	3,33	5,00	5,33	6,67	8,67	9,00
S69MKT30	7,50	3,33	4,00	4,00 ab	5,00 abc	5,00 bc	5,67 c	5,67 abc
S89MK10	2,50	6,33	8,33	10,33	12,33	13,33	14,67	15,33
S89MK10	5,00	3,67	7,33	8,67	9,67	9,67	11,00	11,67
S89MK10	7,50	3,00	6,33	6,33	7,33	7,33	10,00	10,00
S79MK20	2,50	8,00	11,33	16,33	17,33	17,33	19,00	21,67
S79MK20	5,00	2,67	8,67	8,67	9,33	9,33	9,33	10,00
S79MK20	7,50	1,67 abcd	2,67 abcd	3,00 abcd	3,33 abcd	3,33 abcd	4,33 abc	4,67 abc
S69MK30	2,50	4,67	7,67	10,67	13,00	13,00	13,67	14,33
S69MK30	5,00	4,67	7,33	9,33	10,33	10,33	11,67	12,67
S69MK30	7,50	0,67 abcd	2,67 abcd	2,67 abcd	3,00 abcd	3,00 abcd	3,33 abcd	3,33 abcd
K1	2,50	7,67	11,33	15,67	17,33	17,67	22,00	23,33
K2	5,00	9,00	12,67	15,33	17,67	19,67	21,67	23,67
K3	7,50	7,33	8,33	14,00	18,33	21,33	26,00	27,00
K4	2,00	8,00	12,67	13,33	13,33	15,00	15,00	15,67

Keterangan: (a) berbeda nyata dengan K1 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 2,50%), (b) berbeda nyata dengan K2 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 5,00%), (c) berbeda nyata dengan K3 (100% suspensi dengan bahan pembawa air, konsentrasi 7,50%), dan (d) berbeda nyata dengan K4 (insektisida klorpirifos, dosis 2,00 ml/l), berdasarkan uji Dunnett pada taraf 5%; HSA = hari setelah aplikasi

Notes : (a) significantly different from K1 (100% of suspension with water as carrier materiass, in concentration of 2,50%), (b) significantly different from K2 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 5,00%), (c) significantly different from K3 (100% of suspension with water as carrier materials, in concentration of 7,50%), and (d) significantly different from K4 (Klorpirifos inecticide, in dose of 2ml/l), based on Dunnett's test at 5% level; DAA = days after application



Gambar 3. (A) telur dan (B) larva PBKo pada perlakuan kontrol (CETP dengan air sebagai bahan pembawa)
Figure 3. (A) eggs and (B) larvae of CBB in control treatments (ETP with water as carrier material)

Setelah selesai pengamatan mortalitas, tingkat serangan dan persentase lubang gerakan, selanjutnya dilakukan pembelahan buah kopi untuk diamati bagian dalamnya. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa buah kopi yang diberi perlakuan formula S79MK20 dan S69MK30 hanya ditemukan lubang gerakan saja (tanpa adanya telur, larva dan pupa), sedangkan pada perlakuan kontrol, terutama K1, K2 dan K3, ditemukan telur sebanyak 4-9 buah dan larva sebanyak 2-30 buah (Gambar 3). Hal ini memberikan indikasi adanya penghambatan terhadap perkembangbiakan hama *H. hampei* dalam buah kopi yang telah diberikan perlakuan formula S79MK20 dan S69MK30.

KESIMPULAN

Cendawan entomopatogen *T. pinophilus* (CETP) dengan kode akses GeneBank MF683084 menghasilkan enzim kitinase dan protease yang potensial sebagai agens hayati dalam mengendalikan kumbang penggerek buah kopi (PBKo) secara *in vitro*. Minyak kedelai sebagai bahan pembawa dalam memformulasi bioinsektisida berbasis cendawan *T. pinophilus* memiliki kemampuan yang lebih baik dibandingkan dengan minyak kacang tanah maupun minyak jagung. Formula bioinsektisida S69MK30 (69% suspensi *T. pinophilus* + 30% minyak kedelai + 1% Tween 80) dan S79MK20 (79% suspensi *T. pinophilus* + 20% minyak kedelai + 1% Tween 80) masing-masing pada konsentrasi 7,50% merupakan formula yang paling berpotensi dalam mengendalikan PBKo, karena dapat menyebabkan mortalitas hama paling tinggi (tingkat mortalitas >50% pada hari pertama, dan nilai LT_{50} masing-masing dicapai pada hari ke-15 dan ke-21), serta tingkat serangan dan jumlah lubang gerakan paling rendah. Formula lainnya yang dinilai cukup potensial adalah S69MKT30 (69%

suspensi *T. pinophilus* + 30% minyak kacang tanah + 1% Tween 80) pada konsentrasi 7,50%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian Biologi - LIPI, yang telah membantu dalam mengidentifikasi secara molekuler cendawan *T. pinophilus*. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada para Teknisi Litkayasa dan Laboran di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Khaerati (Kontributor Utama)
2. Gusti Indriati (Kontributor Utama)
3. Edi Wardiana (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Rahim, I. R., & Abo-Elyousr, K. A. M. (2018). *Talaromyces pinophilus* strain AUN-1 as a novel mycoparasite of *Botrytis cinerea*, the pathogen of onion scape and umbel blights. *Microbiological Research*, 212–213(November 2017), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2018.04.004>.
- Alves, R. T., Bateman, R. P., Gunn, J., Prior, C., & Leather, S. R. (2002). Effects of different formulations on viability and medium-term storage of *Metarhizium anisopliae* conidia. *Neotropical Entomology*, 31(1), 91–99. <https://doi.org/10.1590/s1519-566x2002000100013>.

- Alves, S. B., Tamai, M. A., Rossi, L. S., & Castiglioni, E. (2005). *Beauveria bassiana* pathogenicity to the citrus rust mite *Phyllocoptruta oleivora*. *Experimental and Applied Acarology*, 37(1–2), 117–122. <https://doi.org/10.1007/s10493-005-0314-y>.
- Angelo, I. C., Fernandes, É. K. K., Bahiense, T. C., Perinotto, W. M. S., Moraes, A. P. R., Terra, A. L. M., & Bittencourt, V. R. E. P. (2010). Efficiency of *Lecanicillium lecanii* to control the tick *Rhipicephalus m.icroplus*. *Veterinary Parasitology*, 172(3–4), 317–322. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2010.04.038>.
- Balakrishnan, M. M., & Naik, P. R. (2014). Infectivity of ten *Metarhizium anisopliae* isolates to the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 2(5), 246–249.
- Batta, Y. A. (2016). Invert emulsion: Method of preparation and application as proper formulation of entomopathogenic fungi. *MethodsX*, 3, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2016.02.001>.
- Behle, R. W., Compton, D. L., Laszlo, J. A., & Shapiro-Ilan, D. I. (2009). Evaluation of soyscreen in an oil-based formulation for UV protection of *Beauveria bassiana* conidia. *Journal of Economic Entomology*, 102(5), 1759–1766. <https://doi.org/10.1603/029.102.0505>.
- Butt, T. M., & Goettel, M. S. (2009). Bioassays of entomogenous fungi. *Bioassays of Entomopathogenic Microbes and Nematodes*, (June), 141–195. <https://doi.org/10.1079/9780851994222.0141>.
- Camargo, M. G., Golo, P. S., Angelo, I. C., Perinotto, W. M. S., Sá, F. A., Quinelato, S., & Bittencourt, V. R. E. P. (2012). Effect of oil-based formulations of acaripathogenic fungi to control *Rhipicephalus microplus* ticks under laboratory conditions. *Veterinary Parasitology*, 188(1–2), 140–147. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2012.03.012>.
- Damon, A. (2000). A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research*, 90(6), 453–465. <https://doi.org/10.1017/s0007485300000584>.
- Gan, Z., Yang, J., Tao, N., Liang, L., Mi, Q., Li, J., & Zhang, K.-Q. (2007). Cloning of the gene *Lecanicillium psalliotae* chitinase *Lpchil* and identification of its potential role in the biocontrol of root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 76(6), 1309–1317. <https://doi.org/10.1007/s00253-007-1111-9>.
- Gaspersz, V. (1992). *Teknis analisis dalam penelitian percobaan*. (pp. 329-333). Penerbit Tarsito, Bandung.
- Haraprasad, N., Niranjana, S. R., Prakash, H. S., Shetty, H. S., & Wahab, S. (2001). *Beauveria bassiana* - A potential mycopesticide for the efficient control of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) in India. *Biocontrol Science and Technology*, 11(2), 251–260. <https://doi.org/10.1080/09583150120035675>.
- Harrison, R. L., & Bonning, B. C. (2010). Proteases as insecticidal agents. *Toxins*, 2(5), 935–953. <https://doi.org/10.3390/toxins2050935>.
- Hartl, L., Zach, S., & Seidl-Seiboth, V. (2012). Fungal chitinases: diversity, mechanistic properties and biotechnological potential. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 93(2), 533–543. <https://doi.org/10.1007/s00253-011-3723-3>.
- Jaramillo, J., Chabi-Olaye, A., Kamonjo, C., Jaramillo, A., Vega, F. E., Poehling, H. M., & Borgemeister, C. (2009). Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: Predictions of climate change impact on a tropical insect pest. *PLoS ONE*, 4(8), 1–11. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0006487>.
- Kazerooni, E. A., Rethinasamy, V., & Al-Sadi, A. M. (2019). *Talaromyces pinophilus* inhibits *Pythium* and *Rhizoctonia* - induced damping-off of cucumber. *Journal of Plant Pathology*, 101, 377–383.
- Khan, S., Guo, L., Shi, H., Mijit, M., & Qiu, D. (2012). Bioassay and enzymatic comparison of six entomopathogenic fungal isolates for virulence or toxicity against green peach aphids *Myzus persicae*. *African Journal of Biotechnology*, 11(77), 14193–14203. <https://doi.org/10.5897/ajb12.1592>.
- Kirubakaran, S. A., Sathish-Narayanan, S., Revathi, K., Chandrasekaran, R., & Senthil-Nathan, S. (2014). Effect of oil-formulated *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against the rice leafhopper *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 47(8), 977–992. <https://doi.org/10.1080/03235408.2013.828388>.
- Kisaakye, J. (2014). *Talaromyces sp. as a potential bio-control agent against Pratylenchus zeae infection of rice (Oryza sativa L.)*. (Master's Thesis, Dept. Biology, Faculty of Science, Ghent University).
- Langner, T., Öztürk, M., Hartmann, S., Cord-Landwehr, S., Moerschbacher, B., Walton, J. D., & Göhrea, V. (2015). Chitinases are essential for cell separation in *Ustilago maydis*. *Eukaryotic Cell*, 14(9), 846–857. <https://doi.org/10.1128/EC.00022-15>.

- Latifian, M. (2018). Physicochemical properties affects on different oil formulations on fungus *Metarhizium anisopliae* for control of *Oryctes elegans*. *Journal of Entomology*, 15(2), 83–92. <https://doi.org/10.3923/je.2018.83.92>.
- Lopes, R. B., & Faria, M. (2019). Influence of two formulation types and moisture levels on the storage stability and insecticidal activity of *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Science and Technology*, 29(5), 437–450. <https://doi.org/10.1080/09583157.2019.1566436>.
- Lopes, R. B., Pauli, G., Mascarin, G. M., & Faria, M. (2011). Protection of entomopathogenic conidia against chemical fungicides afforded by an oil-based formulation. *Biocontrol Science and Technology*, 21(2), 125–137. <https://doi.org/10.1080/09583157.2010.534548>.
- Maity, A., Pal, R. K., Chandra, R., & Singh, N. V. (2014). *Penicillium pinophilum*-A novel microorganism for nutrient management in pomegranate (*Punica granatum* L.). *Scientia Horticulturae*, 169, 111–117. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2014.02.001>.
- Majumder, M. S. I., Islam, M. K., Akamine, H., Sano, A., Onjo, M., & Hossain, M. A. (2019). Comparative study of phosphate solubilization potential of *Talaromyces pinophilus* strains. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(6), 14973–14984. https://doi.org/10.15666/aeer/1706_149731498.
- Malsam, O., Kilian, M., Oerke, E. C., & Dehne, H. W. (2002). Oils for increased efficacy of *Metarhizium anisopliae* to control whiteflies. *Biocontrol Science and Technology*, 12(3), 337–348. <https://doi.org/10.1080/09583150220128121>.
- Merzendorfer, H., & Zimoch, L. (2003). Chitin metabolism in insects: Structure, function and regulation of chitin synthases and chitinases. *Journal of Experimental Biology*, 206(24), 4393–4412. <https://doi.org/10.1242/jeb.00709>.
- Mola, L. F., & Afkari, R. (2012). Effects of different vegetable oils formulations on temperature tolerance and storage duration of *Beauveria bassiana* conidia. *African Journal of Microbiology Research*, 6(22), 4707–4711. <https://doi.org/10.5897/ajmr11.1372>.
- Mondal, S., Baksi, S., Koris, A., & Vatai, G. (2016). Journey of enzymes in entomopathogenic fungi. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 18(2), 85–99. <https://doi.org/10.1016/j.psra.2016.10.001>.
- Moslim, R., Wahid, M. B., Ali, S. R. A., & Kamarudin, N. (2004). The effect of oils on germination of *Beauveria bassiana* (Balsamo) vuillemin and its infection against the oil palm bagworm, *Metisa plana* (Walker). *Journal of Oil Palm Research*, 16(2), 78–87.
- Nithya, P. R., & Reji Rani, O. P. (2017). Evaluation of carrier materials for formulating entomopathogenic fungus *Lecanicillium Lecanii* (Zimmermann) Zare and Gams. *Journal of Biological Control*, 31(1), 50–55. <https://doi.org/10.18311/jbc/2017/15556>.
- Pérez, J., Infante, F., & Vega, F. E. (2005). Does the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) have mutualistic fungi? *Annals of the Entomological Society of America*, 98(4), 483–490. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2005\)098\[0483:dtcbbc\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2005)098[0483:dtcbbc]2.0.co;2).
- Peterson, S.W., & Jurjević, Z. (2019). The *Talaromyces pinophilus* species complex. *Fungal Biology*, 123, 745–762.
- Polar, P., Kairo, M. T. K., Moore, D., Pegram, R., & John, S. A. (2005). Comparison of water, oils and emulsifiable adjuvant oils as formulating agents for *Metarhizium anisopliae* for use in control of *Boophilus microplus*. *Mycopathologia*, 160(2), 151–157. <https://doi.org/10.1007/s11046-005-0120-4>.
- Prayogo, Y. (2006). Upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25(2), 47–54. <https://doi.org/10.21082/bulpalawija.v0n10.2005.p53-65>.
- Sánchez-Pérez, L. C., Barranco-Flrido, J. E., Rodríguez-Navarro, S., Cervantes-Mayagoitia, J. F., & Ramos-López, M. Á. (2014). Enzymes of entomopathogenic fungi, advances and insights. *Advances in Enzyme Research*, 02(02), 65–76. <https://doi.org/10.4236/aer.2014.22007>.
- Sari, L.A., & Widyaningrum, T. (2014). Uji patogenitas spora jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas hama *Hypothenemus hampei* (Ferrari) sebagai bahan ajar biologi SMA kelas X. *JUPEMASI-PBIO*, 1(1), 26–32. ISSN: 2407-1269.
- Sembiring, M., Elfiati, D., Sutarta, E. S., & Sabrina, T. (2015). Peningkatan ketersediaan fosfat dan produksi tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) dengan menggunakan *Talaromyces pinophilus* indigenous dan pupuk SP36 pada Andisol terdampak erupsi Gunung Sinabung. *Jurnal Pertanian Tropik*, 2(3), 323–329.

- Sembiring, M., Jefri, Sakiah, & Wahyuni, M. (2018). The inoculation of mycorrhiza and *Talaromyces pinophilus* toward the improvement in growth and phosphorus uptake of oil palm seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq.) on saline soil media. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(4), 617–622.
- Sultana, R., Kumar, S., & Yanar, D. (2017). Application of entomopathogenic fungi for insect pests control. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5(6), 07–13.
- Suryanto, D., Patonah, S., & Munir, E. (2010). Control of fusarium wilt of chili with chitinolytic bacteria. *HAYATI Journal of Biosciences*, 17(1), 5–8. <https://doi.org/10.4308/hjb.17.1.5>.
- Sussana, Sinaga, M. S., Wiyono, S., & Triwidodo, H. (2018). Pemanfaatan cendawan antagonis in situ sebagai agens biokontrol *Lasioidiplodia theobromae* penyebab dieback pada pala di Aceh Selatan. *Jurnal Pertanian Tropik*, 58, 447–454.
- Vega-Aquino, P., Sanchez-Peña, S., & Blanco, C. A. (2010). Activity of oil-formulated conidia of the fungal entomopathogens *Nomuraea rileyi* and *Isaria tenuipes* against lepidopterous larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103(3), 145–149. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2009.12.002>
- Vinale, F., Nicoletti, R., Lacatena, F., Marra, R., Sacco, A., Lombardi, N., ... Woo, S. L. (2017). Secondary metabolites from the endophytic fungus *Talaromyces pinophilus*. *Natural Product Research*, 31(15), 1778–1785. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1290624>.
- White, T.J., Bruns, T.D., Lee, S.B., & Taylor, J.W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M.A., Gelfand, D.H., Sninsky, J.J., & White, T.J. (eds). *PCR protocols* (pp, 315-322). Academic, San Diego.
- Widhyastuti, N. & Dewi, R. M. (2001). *Isolasi bakteri proteolitik dan optimasi produksi protease*. Laporan Teknik Proyek Inventarisasi dan Karakterisasi Sumberdaya Hayati. Pusat Penelitian Biologi - LIPI. Bogor.
- Zhai, M.-M., Li, J., Jiang, C.-X., Shi, Y.-P., Di, D.-L., Crews, P., & Wu, Q.-X. (2016). The bioactive secondary metabolites from *Talaromyces* species. *Natural Products and Bioprospecting*, 6(1), 1–24. <https://doi.org/10.1007/s13659-015-0081-3>.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 7, Nomor 2, Juli 2020

**ANALISIS KELAYAKAN USAHA PRODUKSI BIJI KOPI SANGRAI DAN JASA
PENYANGRAIAN: STUDI KASUS PADA JAVA SUMEDANG COFFEE**

***THE FEASIBILITY ANALYSIS OF COFFEE ROASTED BEANS BUSINESS AND ROASTING
SERVICES: CASE STUDY AT JAVA SUMEDANG COFFEE***

* Ahmad Thoriq¹⁾, Rizky Mulya Sampurno¹⁾, Luthfie Hafidz Imaduddin²⁾

¹⁾ **Staf Pengajar Program Studi Teknik Pertanian,**
Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung Sumedang km 21, Sumedang, Jawa Barat, Indonesia 40800

²⁾ **Alumni Program Studi Teknik Pertanian,**
Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung Sumedang km 21, Sumedang, Jawa Barat, Indonesia 40800

* *thoriq@unpad.ac.id*

(Tanggal diterima: 5 Mei 2020, direvisi: 2 Juni 2020, disetujui terbit: 27 Juli 2020)

ABSTRAK

Perkembangan usaha produksi biji kopi sangrai *specialty* dan usaha jasa penyangraian biji kopi pada saat ini cukup pesat, namun seringkali usaha yang dijalankan tidak didasarkan pada analisis kelayakan usaha. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kelayakan usaha produksi biji kopi sangrai *specialty* dan jasa penyangraian biji kopi. Penelitian dilakukan mulai bulan Nopember 2019 hingga Februari 2020 dengan metode studi kasus pada *Java Sumedang Coffee (JSC)* di Desa Genteng, Kecamatan Sukasari, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Data primer dikumpulkan berdasarkan hasil pengujian dan wawancara langsung kepada pengelola usaha *JSC*, sedangkan data sekunder diperoleh dari artikel ilmiah yang telah dipublikasikan. Hasil studi menunjukkan bahwa dengan penggunaan mesin sangrai 5 jam per hari atau 1200 jam per tahun pada suku bunga 7% per tahun, maka usaha produksi biji kopi sangrai *specialty* pada *JSC* dinilai layak dengan asumsi harga jual minimum Rp. 128.500/kg. Indikator kelayakannya adalah NPV (*Net Present Value*) sebesar Rp. 111.759.128,10; BCR (*Benefit Cost Ratio*) sebesar 1,02%; IRR (*Internal Rate of Return*) sebesar 6,21% per bulan; dan PBP (*Pay Back Period*) terjadi pada bulan ke-17. Sedangkan, untuk usaha jasa penyangraian biji kopi dinilai layak apabila biaya jasa penyangraian minimum sebesar Rp. 14.000/kg; dengan indikator NPV sebesar Rp. 112.286.861; BCR sebesar 1,23 IRR sebesar 6,25% per bulan; dan PBP terjadi pada bulan ke-17.

Kata kunci: Analisis sensitivitas; analisis ekonomi; biji kopi sangrai; industri pengolahan kopi; kopi *specialty*

ABSTRACT

The development of specialty coffee roasted beans business and coffee roasting services is currently quite rapid, but often that the business is not based on the feasibility analysis. This study aims to analyze the feasibility level of the production of specialty coffee roasted beans and roasting service of coffee beans. This study was carried out beginning from November 2019 until February 2020 with case study method at Java Sumedang Coffee (JSC) in Genteng Village, Sukasari District, Sumedang Regency, West Java Province. Primary data was collected based on test results and interviews directly with the business manager of JSC, while secondary data were obtained from published scientific articles. The results of this study show that

with the use of a roasted machine for 5 hours per day or 1200 hours per year at an interest rate of 7% per year, the business of specialty roasted coffee beans production at JSC are feasible with an assumption of a minimum selling price of Rp.128,500/kg. The indicators of business feasibility are NPV (Net Present Value) Rp. 111,759,128.10; BCR (Benefit Cost Ratio) of 1.02%; IRR (Internal Rate of Return) of 6.21%; capital returned in the 17th month. While, in the coffee bean roasting service business are feasible if the minimum roasting service cost is Rp. 14,000/kg, with feasibility indicators are NPV Rp. 112,286,86; BCR of 1.23; IRR of 6.25% per month; and PBP occurred in the 17th month.

Keywords: Coffee processing industry; economic analysis; roasted coffee beans; sensitivity analysis; specialty coffee

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas unggulan di Indonesia. Luas areal perkebunan kopi terus mengalami peningkatan dengan laju 1,53% per tahun, atau terjadi penambahan luas sebesar 18.976 hektar per tahun yang berimplikasi pada peningkatan produksi biji kopi dengan laju 2,53% per tahun setara dengan 18.454 ton per tahun. Pada saat ini, luas kebun kopi di Indonesia mencapai 1.243.441 hektar dengan total produksi 729.074 ton. Sebanyak 65,16% biji kopi hasil produksi tersebut diekspor dengan nilai yang mencapai 1.187 milyar dolar. Hal ini tentunya sangat membantu perekonomian Indonesia (Ditjenbun, 2018). Di lain pihak, konsumsi kopi dalam negeri terus mengalami peningkatan dengan laju 0,62% per tahun, dan pada tahun 2020 konsumsi kopi penduduk Indonesia diperkirakan mencapai 309.771 ton (Pusdatin, 2016).

Peningkatan konsumsi kopi dalam negeri mendorong meningkatnya jumlah usaha pengolahan kopi sebagaimana terlihat pada maraknya kafe-kafe dan kedai kopi di berbagai daerah yang menyajikan kopi *specialty*. Saat ini, Indonesia merupakan produsen dan sekaligus konsumen penting komoditas kopi. Sebagai produsen, Indonesia menempati urutan keempat setelah Brasil, Vietnam dan Kolombia, dan sebagai konsumen berada dalam urutan kedua setelah Brasil (ICO, 2020). Kinerja industri pengolahan kopi di dalam negeri mengalami peningkatan yang signifikan, hal ini didorong oleh pertumbuhan kelas menengah dan perubahan gaya hidup masyarakat Indonesia (Kurniawan, Syah, Pusaka, & Indradewa, 2020; Tarigan, Wijaya, & Marbun, 2020). Melalui perkembangan tersebut, Indonesia yang awalnya dikenal sebagai produsen kopi, perlahan berkembang menjadi negara konsumen kopi. Bahkan, industri pengolahan kopi nasional tidak hanya menjadi pemain utama di pasar domestik, tetapi juga telah merambah sebagai pemain global (Kemenperin, 2019).

Salah satu proses penting pada pengolahan kopi adalah penyangraian biji. Penyangraian biji kopi merupakan proses pembentukan rasa dan aroma pada minuman kopi sehingga menjadi salah satu penciri kopi *specialty* (Winjaya, 2017). Pada saat ini, berkembang usaha jasa penyangraian biji kopi dan usaha produksi biji

kopi sangrai (*roasted coffee beans*), namun seringkali usaha yang dijalankan tidak didasarkan pada analisis kelayakan usaha, sebagaimana yang terjadi di *Java Sumedang Coffee (JSC)*. Penentuan harga kopi sangrai dan biaya jasa penyangraian hanya didasarkan pada harga pasar, padahal terdapat perbedaan kapasitas produksi, harga bahan baku dan parameter lain yang menentukan kelayakan usaha, sehingga seringkali pengelola usaha tidak memahami berapa keuntungan atau kerugian pada periode usaha tertentu. Menurut Sidiq & Mauluddin (2015) penggunaan mesin penyangrai kopi "Roaster Coffee TJ 068" dengan kapasitas produksi kurang dari 4 kg per bulan tidak layak untuk dijalankan, padahal kapasitas terpasang pada mesin tersebut adalah 500 g/proses. Umumnya, proses penyangraian dilakukan selama 12 – 20 menit. Lebih lanjut, Batubara, Yusuf, & Widyasanti (2019) menyatakan bahwa mesin penyangrai kopi dengan kapasitas teoritis 5 kg/jam dinilai layak secara ekonomi. Hasil penelitian tersebut hanya menilai kelayakan usaha aplikasi mesin penyangrai biji kopi, namun tidak ditentukan berapa biaya jasa penyangraian dan harga jual biji kopi sangrai pada kondisi usaha masih layak dijalankan. Sehubungan dengan hal itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kelayakan usaha produksi biji kopi sangrai *specialty* dan jasa penyangraian biji kopi pada JSC di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan November 2019 hingga Februari 2020. Pengumpulan data primer dilakukan di JSC, Desa Genteng, Kecamatan Sukasari, Kabupaten Sumedang, Provinsi Jawa Barat. Sedangkan pengolahan dan analisis data dilakukan di Laboratorium Sistem Manajemen Mekanisasi Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang, Jawa Barat.

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biji kopi sangrai (*green beans*) sebanyak 5 kg yang digunakan untuk 5 kali pengulangan. Biji kopi yang digunakan telah disortasi dengan ukuran seragam,

memiliki kadar air 10% dengan toleransi 1%, dan merupakan hasil pengolahan menggunakan proses *full wash*. Sedangkan peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas:

1. Mesin penyangrai kopi “Wiliam Edison W600i” yang digunakan untuk menyangrai biji kopi. Mesin tersebut memiliki kapasitas teoritis 1 kg/proses, dan setiap proses penyangraian membutuhkan waktu sekitar 12 menit.
2. Timbangan digital yang digunakan untuk mengukur konsumsi bahan bakar gas, dan menimbang biji kopi sebelum dan sesudah disangrai.

Metode Sampling dan Pengumpulan Data

Metode sampling yang digunakan pada penelitian ini yaitu *purposive sampling* dengan pertimbangan bahwa produksi biji kopi sangrai *specialty* yang dilakukan JSC berjalan secara terus-menerus meskipun sedang tidak musim panen kopi.

Data primer dikumpulkan berdasarkan hasil pengujian dan wawancara langsung kepada pengelola usaha JSC di Desa Genteng, Kecamatan Sukasasi, Kabupaten Sumedang, Propinsi Jawa Barat. Data primer yang dikumpulkan pada penelitian terdiri atas kapasitas produksi, rendemen, biaya tetap, biaya variabel dan biaya investasi usaha. Sedangkan data sekunder diperoleh dari artikel ilmiah yang telah dipublikasikan.

Metode Analisis

1. Penentuan Biaya Produksi (BP) dan Harga Pokok Produksi (HPP)

Pengolahan data diawali dengan menghitung besarnya biaya investasi usaha, selanjutnya ditentukan besarnya biaya penyusutan yang dihitung menggunakan metode garis lurus yang dirumuskan pada persamaan (1).

$$D = \frac{P-S}{N} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

D = biaya penyusutan per tahun (Rp/bulan),
P = harga awal bangunan dan peralatan (Rp),
S = harga akhir peralatan (Rp)
N = perkiraan umur ekonomis (bulan).

Pada penelitian ini, diasumsikan seluruh biaya investasi adalah pinjaman dari lembaga keuangan dengan tingkat suku bunga kredit usaha rakyat yaitu 7% per tahun. Besarnya angsuran pinjaman dan bunga di

perhitungkan menggunakan persamaan bunga anuitas yang dirumuskan pada persamaan (2).

$$A = Pn \times \frac{[i \times (1+i)^n]}{[(1+i)^n]-1} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

A = besarnya angsuran yang harus dibayarkan (Rp/bulan),
P_n = besarnya pinjaman (Rp),
n = lama pinjaman (bulan),
i = suku bunga (%/bulan).

Setelah perhitungan biaya tetap selesai dilakukan, selanjutnya dihitung besarnya biaya variabel dari usaha yang dijalankan. Besarnya biaya tetap dan biaya variabel tersebut digunakan untuk menentukan biaya produksi dan harga pokok produksi yang dihitung menggunakan persamaan (3) dan (4).

$$BP = BT + BV \dots\dots\dots (3)$$

$$HPP = BP / Kp \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

BP = biaya produksi (Rp/bulan)
BT = biaya tetap (Rp/bulan)
BV = biaya variabel (Rp/bulan)
HPP = harga pokok produksi (Rp/kg)
KP = kapasitas produksi (kg/bulan)

2. Penentuan Biaya Jasa Penyangraian dan Harga Jual Biji Kopi Sangrai

Penentuan biaya jasa penyangraian dan harga jual biji kopi sangrai minimum didasarkan pada: (i) harus lebih besar dari harga pokok produksi, dan (ii) usaha masih layak dijalankan. Suatu usaha dikatakan layak apabila NPV (*Net Present Value*) > 0, BCR (*Benefit Cost Ratio*) > 1, IRR (*Internal Rate of Return*) > suku bunga MARR (*Minimum Attractive Rate of Return*), dan pengembalian modal yang cepat (Kastaman, 2004; Alves, da Silva, de Oliveira Neto, Barrella, & Santos, 2015). Besarnya NPV, BCR, dan IRR dihitung menggunakan persamaan (5), (6) dan (7) sebagai berikut:

$$NPV = (\Sigma PV_{in}) - (\Sigma PV_{out}) \dots\dots\dots (5)$$

$$BCR = \frac{(\Sigma PV_{in})}{(\Sigma PV_{out})} \dots\dots\dots (6)$$

$$IRR = \frac{(i_1 - NPV_1 \times (i_2 - i_1))}{(NPV_2 - NPV_1)} \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan :

PV_{in} = nilai sekarang bersih dari perhitungan dana masuk

PV_{out} = nilai sekarang bersih dari perhitungan dana keluar

i_1 = suku bunga ke-1,

i_2 = suku bunga ke-2,

NPV1 = *Net Present Value* pada suku bunga ke-1

NPV2 = *Net Present Value* pada suku bunga ke-2

3. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan berdasarkan perubahan pada kapasitas produksi dan harga bahan baku. Hal ini karena kapasitas produksi dapat berubah-ubah berdasarkan waktu. Pada saat musim panen kopi penggunaan mesin sangrai dapat mencapai 6 jam/hari, sedangkan pada kondisi tidak musim panen penggunaan mesin sangrai hanya 4 jam per hari dengan rata-rata penggunaan dalam setahun 5 jam per hari. Harga bahan baku biji kopi siap sangrai atau disebut juga biji beras (*green beans*) dengan kadar air 10 – 12 % juga dipengaruhi musim panen. Pada saat musim panen, harga *green beans* turun dan dapat mencapai Rp. 85.000 /kg, sedangkan harga *green beans* saat tidak musim panen dapat mencapai Rp. 110.000/kg.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lokasi Penelitian dan Profil Usaha Java Sumedang Coffee (JSC)

Usaha budidaya kopi di kaki Gunung Cijambu, Desa Genteng, Kecamatan Sukasari, Kabupaten

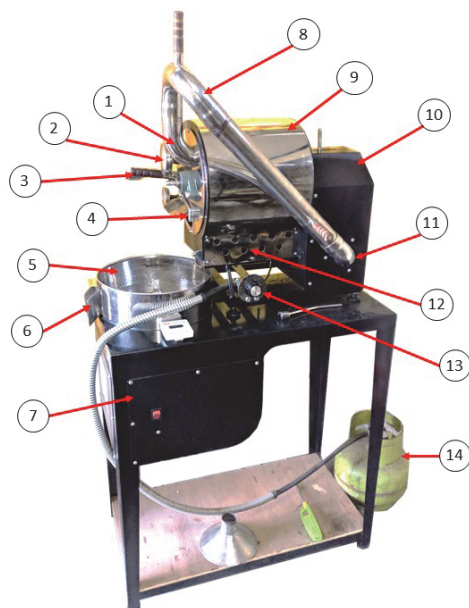
Sumedang, Jawa Barat, dimulai tahun 2008 dengan sistem agroforestri pada areal hutan pinus milik PT. Perhutani. Menurut Supriadi & Pranowo (2015) penerapan sistem agroforestri pada budidaya kopi telah berkontribusi nyata dalam meningkatkan produksi kopi dan pendapatan petani. Luas tanam kebun kopi di Desa Genteng saat ini telah mencapai 400 hektar dengan potensi produksi mencapai 1600 ton per tahun atau setara dengan 12,8 milyar per tahun (produksi biji kopi merah yang tercatat di Desa Genteng saat ini baru mencapai 500 ton atau setara dengan 4 milyar per tahun), serta melibatkan kurang lebih 300 petani yang tergabung dalam empat kelompok tani.

Pada mulanya seluruh produk biji kopi dijual ke luar wilayah Desa Genteng dalam bentuk biji kopi hasil petik merah (*cherry*), dan sejak tahun 2018 beberapa kelompok tani mendapatkan bantuan beberapa unit mesin pengolahan kopi dari pemerintah sehingga sebagian besar biji kopi dapat dijual dalam bentuk biji kopi siap sangrai.

Salah satu operator produksi kopi di lokasi penelitian adalah Kelompok Tani Berdikari yang didirikan pada tahun 2008. Pada mulanya, usaha difokuskan pada jual-beli biji kopi petik merah, usaha kemudian berkembang dengan menjual biji kopi siap sangrai, biji kopi sangrai, dan kopi bubuk *specialty* yang dikemas dengan merk “Java Sumedang Coffee”. Biji kopi JSC dipasarkan ke beberapa *coffee shop* yang terletak di beberapa kota di Indonesia diantaranya Yogyakarta, Bandung, dan Jakarta.

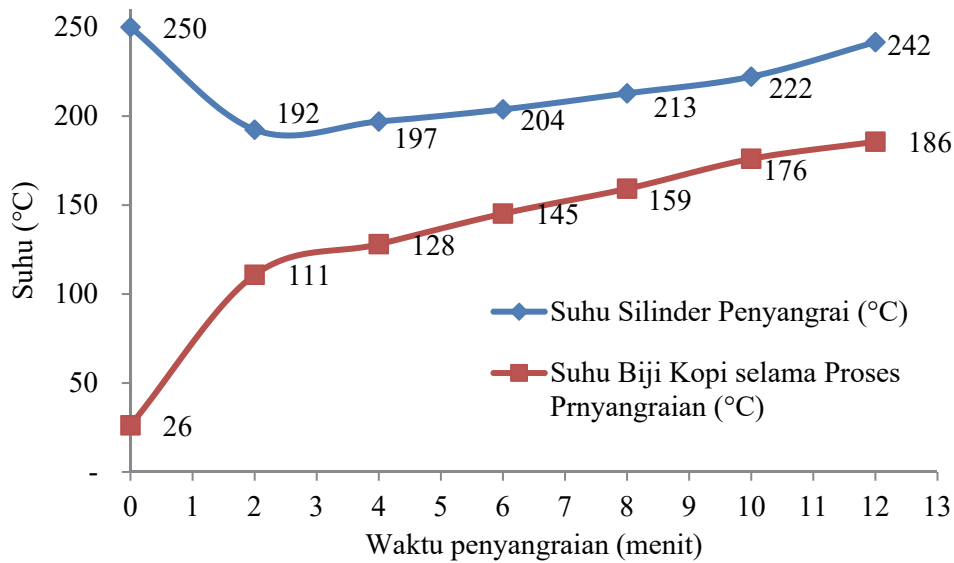
Keterangan:

1. Inlet biji kopi sekaligus exhaust asap sangrai
2. Termometer
3. Lubang sampling
4. Outlet biji kopi
5. Cooling bin
6. Outlet cooling bin
7. Sistem penggerak cooling bin
8. Pipa exhaust
9. Drum penyangraian
10. Sistem penggerak drum penyangrai dan blower exhaust
11. Blower exhaust
12. Penampung kulit ari
13. Burner
14. Sumber bahan bakar (LPG 3kg)



Gambar 1. Mesin sangrai kopi “William Edison W600i” (Imaduddin, 2020)

Figure 1. Coffee roasting mechine of “William Edison W600i” (Imaduddin, 2020)



Gambar 2. Profil suhu silinder penyangrai dan suhu biji kopi selama proses penyangraian
Figure 2. The temperature profile of the roasting cylinder and the temperature of the coffee beans during the roasting process

Kinerja Mesin Sangrai Kopi “William Edison W600i”

Mesin sangrai biji kopi yang digunakan di JSC adalah mesin “William Edison W600i” menggunakan mekanisme drum berputar dengan kapasitas sebesar 1 kg dalam satu kali proses penyangraian. Mesin ini menggunakan motor listrik sebagai sumber daya penggerak, dan juga dilengkapi dengan indikator suhu ruang pengering, indikator suhu biji kopi dan *cooling bin* yang berfungsi untuk mendinginkan biji kopi yang telah disangrai (Gambar 1).

1. Proses penyangraian kopi

Proses penyangraian biji kopi menggunakan mesin “William Edison W600i” diawali dengan persiapan biji kopi yang akan disangrai (*green beans*), yaitu dengan menimbanginya masing-masing 1 kg. Selanjutnya mesin sangrai dipanaskan hingga suhu di dalam ruang penyangrai mencapai 250°C, dan setelah itu dimasukkan biji kopi ke dalam ruang penyangrai melalui *inlet* biji kopi. Proses penyangraian biji kopi selesai apabila terdengar suara “*crack*” dari biji kopi yang disangrai, atau setelah sekitar 12 menit proses penyangraian.

2. Profil suhu Selama Proses Penyangraian

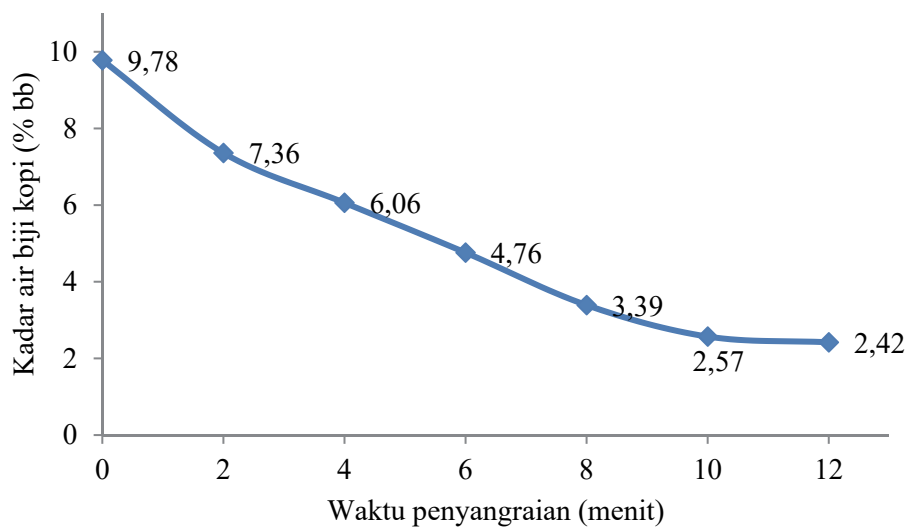
Suhu biji kopi selama proses penyangraian terus mengalami kenaikan seiring dengan meningkatnya suhu silinder penyangrai. Suhu silinder penyangrai pada mulanya 250°C kemudian menurun menjadi 192°C,

dan naik secara bertahap hingga suhu kembali mencapai 250°C dengan rata-rata suhu silinder penyangrai sebesar 217°C. Penurunan suhu disebabkan karena dimasukkannya biji kopi ke dalam ruang penyangraian. Menurut Puslitkoka (2012), proses penyangraian pada suhu di atas 205°C termasuk pada tingkat sangrai gelap (warna coklat tua cenderung agak hitam). Profil suhu silinder penyangrai dan suhu biji kopi selama proses penyangraian secara lebih rinci dapat dilihat pada Gambar 2.

3. Laju penyangraian

Kadar air awal biji kopi sebelum disangrai adalah sebesar 9,78% basis basah (bb) dan setelah penyangraian diperoleh kadar air sebesar 2,42% bb. Penurunan kadar air selama proses penyangraian dapat dilihat pada Gambar 3.

Laju rata-rata penurunan kadar air selama proses penyangraian adalah 10,22%/menit. Waktu penyangraian selama 12 menit dengan suhu 180°C hingga 200°C akan menurunkan kadar air 11% menjadi 2,72% (Nugroho, Lumbanbatu, & Rahayoe, 2009), sedangkan bila suhu dinaikkan menjadi 275°C maka dalam waktu 12 menit kadar air 12,5% akan turun menjadi 0,72% (Dutra, Oliveira, Franca, Ferraz, & Afonso, 2001). Menurut Preedy (2015), kadar air biji kopi sangrai bervariasi dari 0,6-5,0% dan dipengaruhi oleh karakteristik biji kopi sebelum disangrai, level penyangraian, suhu penyangraian, lama penyangraian, dan metode pendinginan.



Gambar 3. Penurunan kadar air biji kopi selama proses penyangraian (Imaduddin, 2020)
Figure 3. The decreasing of water content of coffee beans during the roasting process (Imaduddin, 2020)

Tabel 1. Biaya investasi usaha penyangraian biji kopi
Table 1. Investment costs for roasting coffee beans

No.	Nama peralatan	Jumlah	Harga satuan (Rp)	Harga total (Rp)	Umur ekonomi (bulan)	Biaya penyusutan (Rp)
1.	Mesin sangrai	1 unit	25.000.000	25.000.000	120	187.500
2.	Baki alumunium	2 buah	15.000	30.000	60	450
3.	Tabung gas 3 kg	1 buah	150.000	150.000	120	1.125
4.	Pemantik	1 buah	12.500	12.500	60	188
5.	Blower	1 Unit	125.000	125.000	60	1.875
6.	Regulator + Selang	1 Unit	75.000	75.000	120	563
7.	Pisau	1 Unit	15.000	15.000	60	225
Jumlah (Rp)		-	-	25.407.500	-	191.925

Biaya Investasi Usaha Penyangraian Biji Kopi

Biaya investasi usaha penyangraian biji kopi merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membeli beberapa peralatan produksi. Pada analisis ini tempat usaha diasumsikan sewa dan masuk ke dalam biaya tetap. Rincian biaya investasi usaha penyangraian biji kopi dapat dilihat pada Tabel 1.

Besarnya nilai investasi tersebut digunakan untuk menghitung besarnya biaya penyusutan, angsuran pinjaman dan bunga modal. Biaya penyusutan diperhitungkan menggunakan metode garis lurus, sedangkan angsuran pinjaman dan bunga dihitung berdasarkan asumsi bahwa seluruh biaya investasi adalah dana pinjaman dari lembaga keuangan dengan suku bunga kredit usaha rakyat yaitu 7% per tahun.

Perhitungan biaya produksi dilakukan berdasarkan data dan beberapa asumsi yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Biaya Produksi dan Harga Pokok Produksi

Biaya produksi merupakan penjumlahan dari biaya tetap dan biaya variabel, sedangkan harga pokok produksi merupakan perbandingan biaya produksi dan kapasitas produksi. Bila usaha dikelola secara profesional, maka dalam perhitungan biaya tetap diasumsikan mengeluarkan biaya sewa tempat, sedangkan biaya penyusutan diperhitungkan menggunakan metode garis lurus (Persamaan 1), dan angsuran pinjaman serta bunganya dihitung menggunakan persamaan 2. Berdasarkan perhitungan, maka besarnya biaya tetap dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Data dan asumsi pada usaha penyangraian biji kopi
Table 2. Data and assumptions in the business of roasting coffee beans

No.	Uraian	Nilai	Keterangan
1.	Suku Bunga Bank	7% efektif/tahun	Kredit Usaha Rakyat (KUR)
2.	Nilai rongsok peralatan	10% dari harga investasi	Asumsi
3.	Biaya perawatan peralatan	10% dari harga investasi	Asumsi
4.	Biaya sewa tempat usaha	Rp. 1.500.000/tahun	Kondisi riil
5.	Kapasitas teoritis mesin	1 kg/proses	Kondisi riil
6.	Waktu proses	12 menit/proses	Kondisi riil
7.	Rata-rata jam kerja perhari	5 Jam/hari	Kondisi riil
8.	Jumlah hari kerja perbulan	20 hari/bulan	Asumsi
9.	Upah kerja	Rp. 100.000 /orang	Kondisi riil
10.	Jumlah tenaga kerja harian	2 orang	Kondisi riil
11.	Konsumsi bahan bakar gas	0,5 kg/jam	Pengukuran
12.	Harga gas non-subsidi	Rp. 8.000/kg	Kondisi riil
13.	Harga rata-rata biji kopi siap sangrai (<i>green beans</i>)	Rp. 95.000/kg	Kondisi riil
14.	Rendemen	87,26%	Pengukuran
15.	<i>Coffee roasted beans</i> yang dihasilkan	436,30 kg/bulan	Perhitungan
16.	Harga kemasan (kapasitas 1 kg)	Rp. 3.600/kemasan	Kondisi riil
17.	Biaya listrik	Rp. 176.074/bulan	Perhitungan

Tabel 3. Biaya tetap usaha penyangraian biji kopi
Table 3. Fixed costs for roasting coffee beans business

No	Komponen Biaya	Biaya (Rp/bulan)
1.	Biaya penyusutan peralatan	191.925
2.	Biaya sewa tempat usaha	125.000
3.	Biaya perawatan peralatan	211.729
4.	Angsuran pinjaman (pokok dan bunga)	309.753
Jumlah (Rp)		838.407

Berdasarkan Tabel 3 terlihat bahwa besarnya biaya tetap usaha penyangraian biji kopi adalah Rp. 838.407/bulan, sedangkan biaya variabel pada pengoperasian mesin sangrai 5 jam per hari dan asumsi 20 hari kerja/bulan dibedakan menjadi dua, yaitu biaya variabel usaha produksi biji kopi sangrai dan biaya variabel usaha jasa penyangraian biji kopi. Berdasarkan perhitungan, biaya variabel usaha produksi biji kopi sangrai secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Biaya variabel usaha produksi biji kopi sangrai
Table 4. Variable costs for coffee roasted beans production business

No.	Komponen biaya	Biaya (Rp/bulan)
1.	Upah kerja	4.000.000
2.	Biaya listrik	176.074
3.	Biaya bahan bakar gas	400.000
4.	Biaya bahan baku <i>green beans</i>	47.500.000
5.	Biaya kemasan	1.570.680
Jumlah (Rp)		53.646.754

Berdasarkan Tabel 4, terlihat bahwa besarnya biaya variabel usaha produksi biji kopi sangrai adalah Rp. 53.646.754/bulan, sehingga besarnya biaya

produksi yang merupakan penjumlahan biaya tetap dan biaya variabel adalah sebesar Rp. 54.485.161/bulan. Mengacu pada kapasitas produksi sebesar 436,30 kg/bulan biji kopi hasil sangrai, maka dihasilkan harga pokok produksi (HPP) biji kopi sangrai adalah sebesar Rp.124.880/kg. Nilai HPP tersebut digunakan sebagai acuan dalam menentukan harga jual biji kopi sangrai pada kriteria usaha layak untuk dijalankan.

Pada usaha jasa penyangraian biji kopi, biaya variabel yang dikeluarkan tidak termasuk biaya bahan baku biji kopi siap sangrai dan biaya kemasan, karena keduanya adalah milik konsumen. Biaya variabel pada usaha jasa penyangraian biji kopi secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Biaya variabel usaha jasa penyangraian biji kopi
Table 5. Variable costs for services business of roasting coffee beans

No.	Komponen Biaya	Biaya (Rp/bulan)
1.	Upah kerja	4.000.000
2.	Biaya listrik	176.074
3.	Biaya bahan bakar gas	400.000
Jumlah (Rp)		4.576.074

Berdasarkan Tabel 5 terlihat bahwa biaya variabel usaha jasa penyangraian adalah sebesar Rp. 4.576.074 per bulan, sehingga besarnya biaya produksi adalah Rp.5.414.481 per bulan. Bila diketahui kapasitas input penyangraian sebanyak 500 kg per bulan, maka diperoleh harga pokok produksi (HPP) sebesar Rp. 10.829 per kg. Nilai HPP tersebut digunakan sebagai acuan penentuan harga jasa penyangraian biji kopi.

Tabel 6. Penentuan harga jual biji kopi sangrai minimum
Table 6. Determination of the minimum selling price of roasted coffee beans

Harga jual biji kopi sangrai (Rp/kg)	NPV (Rp)	BCR	IRR (%/bulan)	PBP (bulan)	Keuntungan (Rp/bulan)	Keterangan
127.000	55.393.635,55	1,01	3,59	28	924.939	Tidak layak
127.500	74.182.133,07	1,02	4,48	23	1.143.089	Tidak layak
128.000	92.970.630,59	1,02	5,35	19	1.361.239	Tidak layak
128.500	111.759.128,10	1,02	6,21	17	1.579.389	Layak
129.000	130.547.625,62	1,03	7,08	15	1.797.539	Layak
129.500	149.336.123,13	1,03	7,93	13	2.015.689	Layak
130.000	168.124.620,65	1,04	8,80	12	2.233.839	Layak

Keterangan : Suku bunga MARR Bank BRI 4,75%-5,5%

Notes : MARR interest rates of BRI 4,75%-5,5%

Tabel 7. Penentuan biaya jasa penyangraian minimum
Table 7. Determination of the minimum roasting service costs

Harga jasa penyangraian (Rp/kg)	NPV (Rp)	BCR	IRR (%/bulan)	PBP (Bulan)	Keuntungan (Rp/bulan)	Keterangan
13.000	69.223.676	1,14	4,25	24	1.085.519	Tidak layak
13.500	90.755.269	1,18	5,25	20	1.335.519	Tidak layak
14.000	112.286.861	1,23	6,25	17	1.585.519	Layak
14.500	133.818.453	1,27	7,25	14	1.835.519	Layak
15.000	155.350.046	1,32	8,20	13	2.085.519	Layak

Keterangan : Suku bunga MARR Bank BRI 4,75% - 5,5%

Notes : MARR interest rates of BRI 4,75%-5,5%

Harga Jual Biji Kopi Sangrai

Optimasi harga jual biji kopi sangrai didasarkan pada asumsi bahwa seluruh hasil produksi biji kopi sangrai, yaitu sebanyak 436,30 kg/bulan, terjual seluruhnya. Pada usaha penyangraian biji kopi, faktor utama yang menentukan kelayakan adalah harga jual biji kopi sangrai. Hasil simulasi kelayakan finansial berdasarkan perubahan harga biji kopi sangrai dapat dilihat pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6 terlihat bahwa harga jual biji kopi sangrai minimum sebesar Rp.128.500/kg, sehingga diperoleh NPV sebesar Rp. 111.759.128,10; BCR sebesar 1,02%; IRR sebesar 6,21%, dan modal kembali pada bulan ke -17. Bila harga jual biji kopi sangrai ditingkatkan, maka akan dapat meningkatkan nilai parameter kelayakan finansial dan keuntungan usaha.

Biaya Jasa Penyangraian

Penentuan biaya jasa penyangraian didasarkan pada nilai HPP usaha jasa penyangraian biji kopi. Nilai biaya jasa penyangraian ini harus lebih besar dibandingkan HPP, dan usaha harus layak untuk dijalankan. Hasil simulasi penentuan harga jasa penyangraian dapat dilihat pada Tabel 7.

Berdasarkan Tabel 7 terlihat bahwa harga penyangraian minimum sebesar Rp. 14.000/kg. Pada harga tersebut usaha layak dijalankan dengan nilai NPV

sebesar Rp. 112.286.861; BCR sebesar 1,23; IRR sebesar 6,25% perbulan; dan PBP terjadi pada bulan ke-17.

Analisis Sensitivitas Usaha

Analisis sensitivitas dilakukan terhadap perubahan harga bahan baku menjadi Rp.110.000 per kg dan waktu pemakaian mesin sangrai berkisar antara 4 jam sampai 6 jam per hari dengan mengacu pada batas nilai IRR sebesar 6%. Hal ini karena suku bunga deposito yang ditawarkan perbankan berkisar antara 4,75% - 5,5%. Selain itu, parameter yang menentukan kelayakan ekonomi yang paling sensitif adalah nilai IRR; artinya jika nilai IRR layak atau lebih besar dari suku bunga MARR, maka nilai NPV akan lebih besar dari 0 dan BCR akan lebih besar dari 1. Hasil analisis sensitivitas usaha produksi biji kopi sangrai dan usaha jasa penyangraian biji kopi secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 8.

Berdasarkan Tabel 8 terlihat bahwa biaya jasa penyangraian tidak dipengaruhi oleh kenaikan harga bahan baku. Hal ini karena bahan baku yang disangrai merupakan milik konsumen. Peningkatan kapasitas akan meningkatkan biaya jasa sewa mesin, hal ini disebabkan karena meningkatnya biaya variabel. Peningkatan signifikan terjadi pada harga jual biji kopi sangrai bila terjadi kenaikan bahan baku.

Tabel 8. Hasil analisis sensitivitas usaha produksi biji kopi sangrai dan usaha jasa penyangraian biji kopi
Table 8. Results of sensitivity analysis of roasted coffee beans production and roasting coffee service business

Harga bahan baku (Rp/kg)	Pemakaian mesin sangrai		Harga jual biji kopi sangrai (Rp/kg)	Biaya jasa penyangraian (Rp/kg)
	(Jam/hari)	(Jam/bulan)		
95.000	4	80	128.200	13.700
95.000	5	100	128.400	13.900
95.000	6	120	128.550	14.050
110.000	4	80	145.400	13.700
110.000	5	100	145.600	13.900
110.000	6	120	145.750	14.050

KESIMPULAN

Pada usaha produksi biji kopi sangrai *Java Sumedang Coffee (JSC)*, bila harga jual biji kopi sangrai minimum sebesar Rp.128.500/kg, maka diperoleh NPV (*Net Present Value*) sebesar Rp. 111.759.128,10; BCR (*Benefit Cost Ratio*) sebesar 1,02%; IRR (*Internal Rate of Return*) sebesar 6,21%; dan modal kembali pada bulan ke-17. Apabila harga jualnya ditingkatkan, maka akan dapat meningkatkan nilai parameter kelayakan finansial dan keuntungan usaha. Sedangkan pada usaha jasa penyangraian kopi, dengan biaya penyangraian minimum sebesar Rp. 14.000/kg, maka usaha tersebut layak dijalankan dengan nilai NPV sebesar Rp. 112.286.861; BCR sebesar 1,23; IRR sebesar 6,25% per bulan; dan modal kembali terjadi pada bulan ke-17. Apabila harga jasa penyangraian ditingkatkan, maka akan dapat meningkatkan nilai parameter kelayakan finansial dan keuntungan usaha.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada pengelola usaha kopi *Java Sumedang Coffee (JSC)*, di Desa Genteng, Kecamatan Sukasari, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Ahmad Thoriq (Kontributor Utama)
2. Rizky Mulya Sampurno (Kontributor Anggota)
3. Luthfie Hafidz Imaduddin (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

Alves, E.P., da Silva, M.L., de Oliveira Neto, S.N., Barrella, T.P., & Santo, R.H.S. (2015). Economic analysis of a coffee-banana system of a family based agriculture at the Atlantic Forest Zone, Brazil. *Ciênc. Agrotec., Lavras*, 39(3), 232-239,

Batubara, A., Yusuf, A., & Widyasanti, A. (2019). Uji kinerja dan analisis ekonomi mesin roasting kopi (Studi kasus di Taman Teknologi Pertanian Cikajang-Garut). *Jurnal Teknotan*, 13(1), 1 – 7. DOI: 10.24198/jt.vol13n1.1

Ditjenbun [Direktorat Jenderal Perkebunan]. (2018). *Statistik Perkebunan Indonesia 2017– 2019*. Direktorat Jendela Perkebunan. Kementerian Pertanian.

Dutra, E.R., Oliveira, L.S., Franca, V.P., Ferraz, R.S., & Afonso, C.F. (2001). A preliminary study on the feasibility of using the composition of coffee roasting exhaust gas for the determination of the degree roast. *Journal Food Engineering*, 47, 241-246.

ICO [International Coffee Organization]. (2020). *Trade Statistics Tables*. Dapat diakses pada: http://www.ico.org/trade_statistics.asp [diakses, 3 Mei 2020]

Imaduddin, L.H. (2020). *Modifikasi dan kelayakan ekonomi mesin roasting biji kopi Wiliam Edison W600i*. (Skripsi, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran, Sumedang).

Kastaman, R. (2004). *Ekonomi teknik untuk pengembangan kewirausahaan*. Bandung. (ID): Pustaka Giratuna dan ELOC-UNPAD.

Kemenperin [Kementerian Perindustrian]. (2019). *Industri Pengolahan Kopi Semakin Prospektif*. Dapat diakses pada: <https://kemenperin.go.id/artikel/21117/Industri-Pengolahan-Kopi-Semakin-Prospektif> [diakses, 3 Mei 2020].

Kurniawan, M., Syah, T.Y.R., Pusaka, S., & Indradewa, R. (2020). Marketing analysis over start-up business in lifestyle (combining barbershop and coffee shop) at PT. Jeeva Work Corporation. *Journal of Multidisciplinary Academic*, 4(1), 52 – 55.

Nugroho, J.W.K., Lumbanbatu, J., & Rahayoe, S. (2009). Pengaruh suhu dan lama penyangraian terhadap sifat fisik-mekanis biji kopi Robusta. *Seminar Nasional dan Gelar Teknologi PERTETA: Peran Teknik Pertanian dalam Pengembangan Agroindustri Berbasis Bahan Baku Lokal* (pp, A221-A225). Mataram 8–9 Agustus 2009.

- Preedry, V.R. (2015). *Coffee in health and disease prevention*. Academic Press is an imprint of Elsevier. ISBN: 978-0-12-409517-5.
- Pusdatin [Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian]. (2016). *Outlook Kopi*. Sekretariat Jenderal. Kementerian Pertanian.
- Puslitkoka [Pusat Penelitian Kopi dan Kakao]. (2012). *Pengolahan Kopi*. Dapat diakses pada: [http://iccri.net/pembubuk-kopi grinder](http://iccri.net/pembubuk-kopi-grinder) [diakses, 1 Mei 2020].
- Sidiq, I., & Mauluddin, Y. (2015). Penentuan skala usaha yang ekonomis untuk penggunaan mesin roaster Coffee TJ 068. *Jurnal Kalibrasi Sekolah Tinggi Teknologi Garut*, 13(1), 1 – 10.
- Supriadi, H., & Pranowo, D. (2015). Prospek pengembangan agroforestri berbasis kopi di Indonesia. *Perspektif*, 14(2), 135–50.
- Tarigan, E.D.S., Wijaya, M., & Marbun, P. (2020). The influence of lifestyle, physical environment, and menu variety on customer loyalty through customer satisfaction in the coffee shop. *International Journal of Research and Review*, 7(3), 102 – 111.
- Winjaya, F. (2017). *Rancang bangun mesin pemanggang biji kopi berbasis image processing dan akustik*. (Thesis, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya).

MITRA BESTARI
JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR
VOLUME 7 NOMOR 2 2020

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

Institut Pertanian Bogor
Pascapanen Pertanian

Dr. Drs. Iwa Mara Trisawa, M.Si

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Entomologi

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

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Entomologi

Dr. Ir. Nurliani Bermawie

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman

Riza Arief Putranto, Ph.D

Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia
Budidaya Tanaman

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. I Ketut Ardana, M.Si

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Sosial Ekonomi Pertanian

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 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

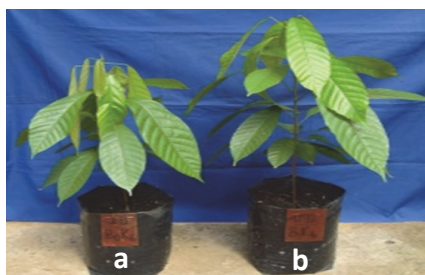
Table 1. Effect of various shading trees on percentage of fruit set of coffee at 9 months old

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

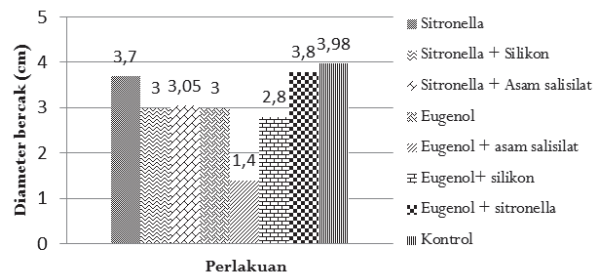
Contoh penampilan gambar/foto:



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

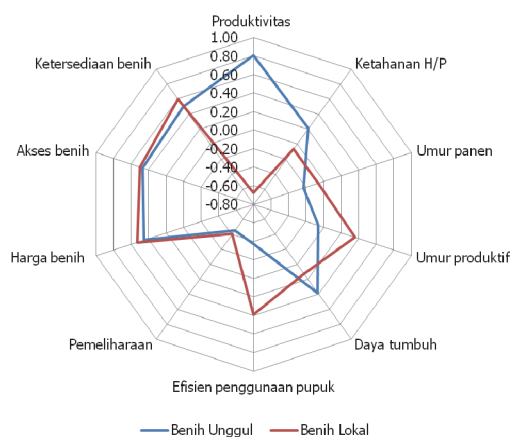
Figure 1. Growth of hybrid cacao seedlings: (a) without treatment and (b) with seed treatment and planting medium

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

