

P-ISSN : 2356-1297

E-ISSN : 2528-7222

Jurnal **TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR**

Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 8, Nomor 3, November 2021

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 8, Nomor 3, November 2021

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

Elsera Br. Tarigan, 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 2021 Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar

PENERBIT

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

MITRA BESTARI

JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

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

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

44. Afik Hardanto, S.TP., M.Sc., PhD

Universitas Jenderal Soedirman
Teknik Pertanian

45. Muhammad Arsyad, S.P, M.Si, Ph.D

Universitas Hasanuddin
Ekonomi Pertanian

46. Dr. Rossi Indiartho, S.TP, M.P.

Universitas Padjadjaran
Teknologi Pascapanen

**47. Dimas Rahadian Aji Muhammad, S.T.P.,
M.Sc., Ph.D**

Universitas Sebelas Maret
Teknologi Pascapanen

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 8 Nomor 3 Tahun 2021 ini menyajikan 7 artikel: 1 artikel kakao di bidang pascapanen pertanian, 2 artikel kopi di bidang pascapanen pertanian, 2 artikel kopi di bidang bioteknologi, 1 artikel teh di bidang teknologi pascapanen, serta 1 artikel karet di bidang proteksi tanaman

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

Ketua Dewan Editor

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

Volume 8, Nomor 3, November 2021

Pemetaan Atribut Sensori Kopi Kobura Berdasarkan Perbedaan Cara Panen dan Pengolahan di Tingkat Petani (Enny Randriani, Elsera Br Tarigan, Edi Wardiana)	109-120
Peningkatan Kualitas Lemak Kakao dengan Penambahan Ekstrak Kulit Biji Kakao (Elsera Br Tarigan, Febriska Ditea Utami, Nura Malahayati, Eko Heri Purwanto)	121-128
Evaluasi Cendawan Endofit Asal Tanaman Karet untuk Mengendalikan <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> Patogen Penyakit Gugur Daun Colletotrichum (Rita Harni, Khaerati Khaerati, Edi Wardiana)	129-140
Keragaman Genetik Klon Lokal Kopi Robusta Asal Temanggung Berdasarkan Marka SSR (Indah Sulistiyorini, Nur Kholilatul Izzah, Dani Dani, Budi Martono)	141-150
Kultur Embrio Tiga Spesies Kopi pada Umur Buah dan Formulasi Media yang Berbeda (Meynarti Sari Dewi Ibrahim, Indah Sulistiyorini)	151-164
Efisiensi Kinerja dan Hasil Panen Teh Menggunakan Gunting dan Mesin pada Beragam Kemiringan Lahan (Ahmad Thoriq, Krawali Sita)	165-172
Karakteristik Fisikokimia dan Sensoris Kopi Arabika Menoreh dengan Teknik Seduhan Cold Brew (Aldicky Faizal Amri, Muhammad Taqiyuddin, Windi Atmaka, Ervika Rahayu Novita Herawati)	173-182

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 3, November 2021

**PEMETAAN ATRIBUT SENSORI KOPI KOBURA BERDASARKAN PERBEDAAN
CARA PANEN DAN PENGOLAHAN DI TINGKAT PETANI**

***MAPPING OF KOBURA COFFEE SENSORY ATTRIBUTES BASED ON DIFFERENCES IN
HARVESTING AND PROCESSING METHODS AT FARMERS LEVEL***

Enny Randriani, * Elsera Br Tarigan, Edi Wardiana

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

(Tanggal diterima: 8 September 2021, direvisi: 6 Oktober 2021, disetujui terbit: 22 November 2021)

ABSTRAK

Pada umumnya petani kopi Kobura di Ogan Komering Ulu (OKU) Selatan melakukan panen kopi dengan kriteria buah merah dan campuran merah dengan hijau, sedangkan metode pengolahannya dilakukan secara kering. Atribut sensori hasil dari kegiatan tersebut belum banyak diketahui. Penelitian ini bertujuan untuk memetakan atribut sensori kopi Kobura di tingkat petani berdasarkan perbedaan metode panen dan pengolahannya. Penelitian dilakukan di Kecamatan Banding Agung, Kabupaten OKU Selatan dan di Laboratorium Bioindustri Kopi dan Kakao Balittri, Sukabumi, mulai Maret hingga Desember 2019. Rancangan yang digunakan acak lengkap faktorial 3 faktor dengan 2 ulangan. Faktor pertama adalah 3 klon kopi Kobura (Kobura1, 2, dan 3), faktor kedua 2 metode panen (panen buah merah dan campuran merah dengan hijau), dan faktor ketiga 2 metode pengolahan (kering dan basah). Peubah yang diamati adalah atribut sensori, dan analisis datanya dilakukan dengan metode analisis ragam multivariat, analisis komponen utama, analisis klaster, dan analisis lintasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode panen dan pengolahan kopi Kobura yang dilakukan di tingkat petani di OKU Selatan tidak berpengaruh nyata terhadap atribut sensori yang dihasilkan. Metode panen dan pengolahan tersebut tersebar secara merata pada setiap klaster yang terbentuk, karena pada panen buah campuran tidak teridentifikasi secara jelas proporsi antara buah merah dengan hijau. Keunggulan faktor genetik dan ketinggian tempat yang optimal menjadikan kopi Kobura termasuk ke dalam *Fine Robusta* dengan skor akhir 81,13-85,75. Nilai skor tersebut dipengaruhi secara langsung dan dominan berturut-turut oleh atribut *mouthfeel (body)*, *flavor*, *overall*, dan *fragrance*.

Kata kunci: Analisis multivariat; panen buah merah; panen campuran; pengolahan kering; pengolahan basah

ABSTRACT

In general, Kobura coffee farmers in South Ogan Komering Ulu (OKU) harvest coffee with the criteria of red fruit and a mixture of red and green, while the processing method is a dry process. However, the sensory attributes of these activities are not yet known. This study aims to map the sensory qualities of Kobura coffee at the farmer level based on differences in harvesting and processing methods. The research was carried out in Banding Agung District, South OKU Regency, and the Coffee and Cocoa Bioindustry Laboratory, Balittri, Sukabumi, from March to December 2019. The design used was a completely randomized design with 3 treatment factors and two replications. The first factor was three clones of Kobura coffee (Kobura 1, 2, 3), the second factor was two harvesting methods (red and mix of red + green fruit), and the third factor is two processing methods (dry and wet). The variable observed were the sensory attributes analyzed by multivariate analysis of variance, principal component analysis, cluster

analysis, and path analysis. The results showed that the harvesting and processing methods of Kobura coffee at the farmer level in South OKU did not significantly affect the sensory. Furthermore, each cluster's harvesting and processing methods were evenly distributed because the proportion between red and green fruit was not clearly identified in the mixed fruit harvest. Superior genetic and optimal altitude factors make Kobura coffee categorized into Fine Robusta with a final score of 81.13-85.75. The final score is directly and dominantly influenced by mouthfeel (body), flavor, overall, and fragrance, respectively.

Keywords: Dry processing; mix fruit harvest; multivariate analysis; red fruit harvest; wet processing

PENDAHULUAN

Pada tahun 2018, rata-rata produktivitas tanaman kopi di daerah Provinsi Sumatera Selatan mencapai 912 kg/ha, lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata nasional (799 kg/ha). Produktivitas yang relatif tinggi ini disumbangkan oleh beberapa kabupaten/kota yang ada di dalamnya, diantaranya adalah Kabupaten Ogan Komering Ulu Selatan (OKU Selatan), yang telah lama dikenal sebagai salah satu sentra produksi kopi Robusta. Pada tahun yang sama, luas areal kopi Robusta di OKU Selatan mencapai 70.799 ha dengan jumlah petani yang terlibat didalamnya mencapai 65.206 orang (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2018-2020).

Kecamatan Banding Agung merupakan salah satu kecamatan di kabupaten OKU Selatan, berlokasi di pinggir Danau Ranau yang memiliki bentang geografis berupa dataran menengah dengan ketinggian tempat berada di kisaran 600-700 m dpl. Di daerah tersebut terdapat tiga klon kopi Robusta lokal OKU Selatan yang oleh petani setempat diberi nama "Bugel", "Marjuki Buah Besar", dan "Marjuki Buah Kecil". Ketiga klon lokal tersebut telah dilepas menjadi klon unggul pada tahun 2021 oleh Balittri yang bekerja sama dengan Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi Sumatera Selatan, dan ketiganya diberi nama berturut-turut Kobura 1, Kobura 2, dan Kobura 3.

Pada umumnya petani setempat di OKU Selatan memanen buah kopi dengan dua metode panen, yaitu panen buah merah dan panen campuran antara buah merah dengan hijau. Adapun metode pengolahan biji yang umum dilakukan petani setempat adalah pengolahan dengan cara kering (*dry processing*). Biasanya harga kopi beras (*green bean*) yang berasal dari panen buah merah yang berkualitas baik berkisar antara Rp 20.000,- sampai Rp 25.000,-, sedangkan yang dihasilkan dari panen campuran antara Rp 18.000,- sampai Rp 20.000,- per kg. Karena selisih harga yang tidak terlalu jauh mengakibatkan petani banyak melakukan panen buah campuran yang diolah secara kering. Kegiatan ini tidak selaras dengan anjuran pemerintah yang merekomendasikan panen buah merah (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2014) yang diolah

dengan metode pengolahan basah (*wet processing*) (Kementerian Pertanian, 2012).

Sampai saat itu, kegiatan panen campuran dengan pengolahan secara kering yang dilakukan petani kopi di OKU Selatan masih terus berlangsung. Walaupun ada selisih harga antara panen campuran dan diolah secara kering dengan panen merah yang diolah basah, tetapi hingga saat ini belum diketahui secara pasti perbedaan atribut sensori kopi yang dihasilkan dari kedua cara tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peta atribut sensori kopi Kobura berdasarkan perbedaan metode panen dan pengolahannya di tingkat petani.

BAHAN DAN METODE

Buah kopi yang menjadi sampel penelitian ini diperoleh dari petani di Kecamatan Banding Agung, Kabupaten OKU Selatan, Provinsi Sumatera Selatan dengan teknik agronomisnya sesuai dengan kebiasaan yang dilakukan oleh petani setempat. Buah hasil panen sesuai perlakuan selanjutnya diproses di Laboratorium Bioindustri Kopi dan Kakao Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Maret hingga Desember 2019. Klon kopi yang digunakan adalah 3 klon kopi Robusta lokal OKU Selatan yang masing-masing diberi nama "Bugel", "Marjuki Buah Besar", dan "Marjuki Buah Kecil". Ketiga klon tersebut telah dilepas sebagai klon unggul oleh Balittri bekerja sama dengan Dinas Pertanian dan Perkebunan Provinsi Sumatera Selatan, dan masing-masing diberi nama Kobura 1, Kobura 2, dan Kobura 3.

Pemanenan Kopi

Panen kopi dilakukan dengan dua cara, yaitu panen "petik merah (M)" dan "petik campuran (C)", pada kebun yang sama di salah satu petani sampel. Yang dimaksud dengan M adalah panen buah secara selektif dengan cara memilih (memetik) buah-buah yang sudah berwarna merah saja (salah satu indikator matang fisiologis). Adapun yang dimaksud dengan C adalah panen buah secara campuran antara buah yang sudah berwarna merah dengan buah yang masih berwarna

hijau. Pada teknik panen C, apabila dalam satu dompolan kopi sudah terdapat minimal satu buah yang berwarna merah, maka buah-buah yang berada pada dompolan tersebut dipanen seluruhnya secara serempak.

Proses Pengolahan Biji

Ketiga klon kopi (Kobura 1, 2 dan 3) diolah oleh petani setempat dengan metode olah kering natural (N) yang biasa dilakukan oleh petani setempat, dan sebagai pembanding dilakukan pengolahan dengan metode olah basah atau *fullwashed* (F). Pengolahan kering dilakukan dengan cara buah yang telah dipanen langsung dijemur di bawah sinar matahari sampai kering dengan kadar airnya mencapai 11-12%. Buah yang sudah kering kemudian ditumbuk menggunakan kayu. Sedangkan pengolahan basah dilakukan dengan cara buah hasil panen kemudian dikupas menggunakan mesin pulper, dan biji yang telah dikupas kulit buahnya kemudian difermentasi dengan cara merendamnya dalam air selama ± 36 jam, setelah itu dicuci dengan air bersih dan langsung dijemur di bawah sinar matahari. Kopi gabah (*hard skin*) hasil dari kedua proses pengolahan di atas selanjutnya dikirim ke Balittri untuk disortasi, yaitu memisahkan biji bolong, biji pecah, biji hampa, biji tunggal, biji hitam, dan biji yang tidak utuh.

Pengujian Mutu Seduhan Kopi

Pengujian mutu seduhan kopi dilakukan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia (PPKI),

Jember. Biji beras yang digunakan untuk seduhan sebanyak 500 g untuk setiap kombinasi perlakuan (jenis klon, cara pemanenan, dan metode pengolahan). Pengujian mutu seduhan dilakukan oleh beberapa panelis ahli menggunakan metode *cupping*, dan penilaian atribut sensori mengacu pada standard dan protokol untuk *fine Robusta* yang disusun oleh *Uganda Coffee Development Authority* bersama dengan *Coffee Quality Institute* (Hetzel, 2015) (Tabel 1).

Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian dirancang dalam rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial dengan dua ulangan. Sebagai faktor pertama adalah 3 jenis klon kopi Robusta (Kobura 1, 2, dan 3), faktor kedua adalah teknik pemanenan buah (panen M dan C), dan faktor ketiga adalah dua metode pengolahan (pengolahan N dan F). Pengamatan dilakukan terhadap 11 atribut sensori kopi (Tabel 1) dan skor akhir (penjumlahan dari ke-11 atribut sensori).

Data yang telah terkumpul selanjutnya dianalisis dengan empat tahap analisis multivariat. Tahap pertama adalah Analisis Ragam Multivariat, tahap kedua Analisis Komponen Utama (AKU), tahap ketiga Analisis Klaster terhadap skor faktor hasil AKU menggunakan metode Ward's dengan jarak *Euclidian*, dan tahap keempat Analisis Lintasan antara atribut sensori dengan skor akhir (skor total). Analisis data ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak statistik XLStat, SPSS, dan Minitab.

Tabel 1. Atribut sensori kopi dan definisinya

Table 1. Coffee sensory attributes and their definitions

No.	Atribut sensori	Definisi
1.	<i>Fragrance</i>	Aroma yang terbentuk 15 menit setelah penggilingan kopi, dibaui dengan cara menggeser tutup dari wadah bubuk kopi
2.	<i>Flavor</i>	Kombinasi antara rasa dan aroma
3.	<i>Aftertaste</i>	Lamanya aroma dan rasa kopi yang bersifat positif setelah kopi diseruput
4.	<i>Salt / acid</i>	Keseimbangan relatif antara sensasi asin yang umumnya berdasarkan tingginya konsentrasi <i>potassium</i> pada kopi Robusta, yang berkebalikan dengan rendahnya konsentrasi asam organik (umumnya asam sitrat)
5.	<i>Bitter / sweet</i>	Keseimbangan relatif sensasi rasa pahit dan manis yang optimum; diperoleh dari kombinasi sedikit rasa pahit dan tinggi rasa manis.
6.	<i>Mouthfeel (body)</i>	Kombinasi berat dan tekstur. Beratnya berasal dari partikel serat yang berukuran halus, sedangkan teksturnya berasal dari minyak yang diekstraksi dari partikel kopi dan tersuspensi dalam minuman. Baik berat (berat di lidah dibandingkan dengan air murni) dan tekstur (sensasi licin dibandingkan dengan air murni).
7.	<i>Uniform cups</i>	Konsistensi <i>flavor</i> sampel kopi dari berbagai macam <i>cups</i>
8.	<i>Balance</i>	Segala macam aspek dari <i>flavor</i> , <i>aftertaste</i> , rasio <i>salt</i> terhadap <i>acid</i> , dan <i>mouthfeel (body)</i> secara bersama-sama yang saling melengkapi atau sebaliknya (kontras)
9.	<i>Clean cups</i>	Mengacu pada kurangnya kesan negatif dari awal mencicip hingga <i>aftertaste</i> .
10.	<i>Overall</i>	Keterpaduan seluruh atribut yang diterima individu saat <i>cupping</i>
11.	<i>Taint-faults</i>	Kesan negatif atau <i>flavor</i> yang tidak baik yang terdeteksi pada saat pengujian

Sumber: Hetzel (2015)

Source: Hetzel (2015)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Statistik Deskriptif

Berdasarkan data statistik deskriptif yang disajikan pada Tabel 2 dapat dikerahui bahwa dari ke-11 peubah atribut sensori yang dinilai ternyata hanya ada 8 atribut sensori yang dapat dianalisis pada tahap berikutnya. Tiga peubah atribut sensori, yaitu *uniform cups*, *clean cup*, dan *taints-faults*, tidak dapat dianalisis pada tahap berikutnya karena datanya tidak memiliki keragaman.

Hasil Analisis Ragam Multivariat

Hasil analisis ragam multivariat terhadap 8 peubah atribut sensori kopi Kobura menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh yang nyata dari perlakuan jenis klon, metode pemanenan, metode pengolahan, dan interaksinya ($p > 0,05$) (Tabel 3). Analisis ragam multivariat ini sangat baik digunakan terhadap sekumpulan peubah yang kompleks dan diduga saling berkoelasi antara satu peubah dengan peubah yang lainnya (Gaspersz, 1992).

Hasil Analisis Komponen Utama (AKU)

Hasil analisis komponen utama (AKU) terhadap 8 atribut sensori menghasilkan 8 komponen utama (KU), tetapi keragaman total atribut sensori 3 jenis kopi Kobura dengan teknik panen dan pengolahan yang berbeda dapat dijelaskan cukup hanya dengan 2 buah KU saja, yaitu KU_1 dan KU_2 , yang masing-masing memiliki nilai akar ciri (*eigenvalue*) di atas 1,0. Komponen utama pertama (KU_1) dapat menjelaskan keragaman total sebesar 73,507% dan komponen utama kedua (KU_2) sebesar 18,244%, sehingga keduanya secara kumulatif dapat menjelaskan keragaman total atribut sensori hingga mencapai 91,571% (Tabel 4). Oleh karena itu, kedua KU itu dinilai valid untuk digunakan dalam proses analisis data berikutnya sehingga dapat diperoleh peta atribut sensori kopi Kobura dengan teknik panen dan pengolahan yang berbeda. Calviño *et al.* (1996) dan Jolliffe & Cadima (2016) menegaskan bahwa AKU merupakan bentuk analisis statistik multivariat yang berguna untuk mempelajari korelasi serta menganalisis sejumlah peubah yang kompleks yang relatif sulit diinterpretasikan seperti data atribut sensori pada kopi.

Tabel 2. Statistik deskriptif 11 peubah atribut sensori kopi Kobura
Table 2. Descriptive statistics of 11 sensory attribute variables of Kobura coffee

Atribut sensori	Minimum	Maksimum	Rata-rata	Simpangan baku	Koefisien keragaman (%)
<i>Fragrance</i>	7,50	8,50	8,05	0,29	3,66
<i>Flavor</i>	7,75	8,50	8,09	0,28	3,51
<i>Aftertaste</i>	7,50	8,50	7,94	0,24	2,97
<i>Salt/acid</i>	7,50	8,50	7,91	0,26	3,34
<i>Bitter/sweet</i>	7,25	9,00	7,91	0,35	4,45
<i>Mouthfeel (body)</i>	7,50	8,50	7,97	0,24	2,97
<i>Uniform cups</i>	10,00	10,00	10,00	0,00	0,00
<i>Balance</i>	7,50	8,50	7,93	0,24	3,01
<i>Clean cups</i>	10,00	10,00	10,00	0,00	0,00
<i>Overall</i>	7,50	8,50	7,98	0,25	3,19
<i>Taint-faults</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tabel 3. Hasil analisis ragam multivariat terhadap 8 peubah atribut sensori
Table 3. The result of multivariate analysis of variance for 8 variables of sensory attributes

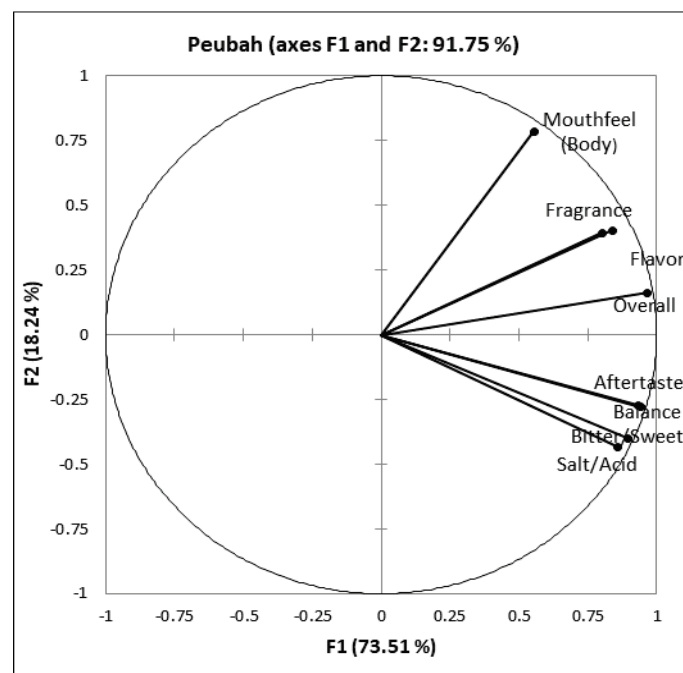
Sumber keragaman	Nilai peluang (p) berdasarkan kriteria uji		
	Wilk's	Lawley-Hotelling	Pillai's
Klon (K)	0,482	0,407	0,645
Panen (P)	0,333	0,333	0,333
Pengolahan (O)	0,063	0,063	0,063
K x P	0,451	0,595	0,328
K x O	0,147	0,162	0,163
P x O	0,623	0,623	0,623
K x P x O	0,759	0,757	0,797

Tabel 4. Komponen utama, akar ciri (*eigenvalue*), dan nilai keragaman berdasarkan hasil analisis komponen utama (AKU)
Table 4. Principal component, eigenvalue, and variability value based on principal component analysis (PCA)

Komponen utama (KU)	Akar ciri (<i>eigenvalue</i>)	Keragaman (%)	Keragaman kumulatif (%)
KU ₁	5,881	73,507	73,507
KU ₂	1,460	18,244	91,751
KU ₃	0,289	3,613	95,364
KU ₄	0,198	2,479	97,843
KU ₅	0,087	1,090	98,933
KU ₆	0,061	0,759	99,693
KU ₇	0,018	0,229	99,921
KU ₈	0,006	0,079	100,000

Tabel 5. Nilai korelasi atribut sensori kopi Kobura dengan dua komponen utama (KU₁ dan KU₂)
Table 5. Correlation value between Kobura coffee sensory attributes and two principal components (PC₁ and PC₂)

Atribut sensori	Komponen utama 1 (KU ₁)	Komponen utama 2 (KU ₂)
<i>Fragrance</i>	0,801	0,394
<i>Flavor</i>	0,838	0,404
<i>Aftertaste</i>	0,932	-0,273
<i>Salt/acid</i>	0,858	-0,433
<i>Bitter/sweet</i>	0,895	-0,399
<i>Mouthfeel (body)</i>	0,554	0,785
<i>Balance</i>	0,944	-0,279
<i>Overall</i>	0,966	0,163



Keterangan: F1 = KU₁ = komponen utama ke-1, F2 = KU₂ = komponen utama ke-2
Note: F1 = KU₁ = first principal component, F2 = KU₂ = second principal component

Gambar 1. Plot sebar atribut sensori kopi Kobura pada dua komponen utama (KU)
Figure 1. The scatter plots of Kobura coffee sensory attributes in two principal components (PC)

Berdasarkan pada Tabel 5 dapat diketahui bahwa seluruh atribut sensori kopi berkorelasi positif dengan KU₁, dan nilai korelasinya cukup besar. Plot sebar keseluruhan atribut yang dimaksud berada di sebelah kanan pada garis koordinat sumbu-y, atau

nilainya positif (Gambar 1). Sementara itu, dengan KU₂ hanya terdapat 4 atribut sensori yang berkorelasi positif, yaitu *fragrance*, *flavor*, *mouthfeel (body)*, dan *overall*, dengan nilai korelasinya relatif lebih kecil, kecuali atribut *mouthfeel (body)*. Plot sebar atribut yang

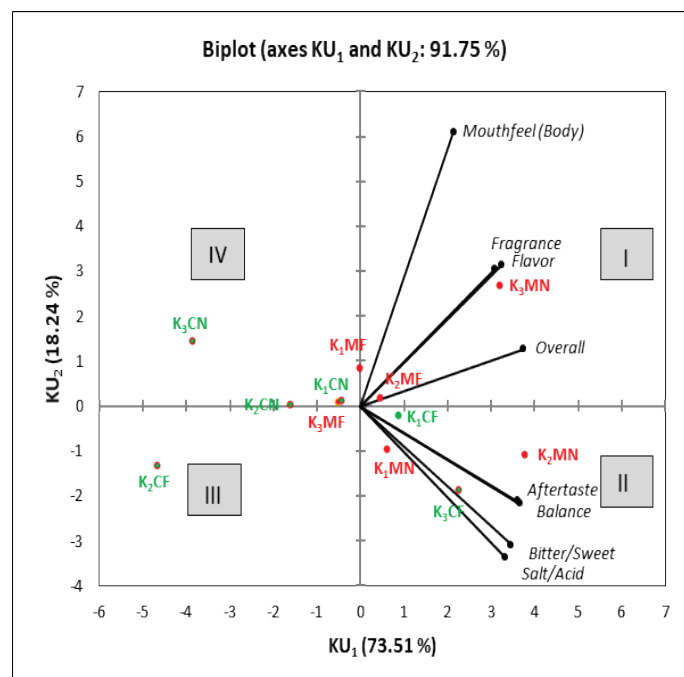
dimaksud berada di sebelah kanan garis koordinat sumbu-y dan sebelah atas garis koordinat sumbu-x, atau keduanya bernilai positif. Selanjutnya, atribut sensori *aftertaste*, *salt/acid*, *bitter/sweet*, dan *balance* berkorelasi positif dengan KU_1 tetapi negatif dengan KU_2 , sehingga berdasarkan plot sebenarnya berada di sebelah kanan garis koordinat sumbu-y atau bernilai positif, tetapi di sebelah bawah garis koordinat sumbu-x atau bernilai negatif (Gambar 1). Hasil ini relatif sejalan dengan hasil penelitian lain bahwa atribut *fragrance*, *flavor*, *aftertaste*, dan *mouthfeel (body)* berada pada komponen faktor yang sama, demikian juga dengan atribut *salt/acid*, *bitter/sweet*, dan *balance* (Aluka et al., 2016).

Melalui plot sebar dalam bentuk kuadran dapat diketahui atribut sensori yang dominan untuk setiap kuadran yang terbentuk. Kuadran I memiliki seluruh atribut sensori, karena atribut tersebut

berkorelasi positif dan besar dengan KU_1 melebihi korelasinya dengan KU_2 , dan hal ini pun didukung oleh besarnya peranan KU_1 dalam menjelaskan keragaman total atribut sensori hingga 73,51%, sedangkan KU_2 hanya 18,24%. Kuadran II didominasi oleh atribut *fragrance*, *flavor*, *mouthfeel (body)*, dan *overall* karena memiliki korelasi yang positif dengan KU_1 dan KU_2 , sementara atribut yang lainnya berkorelasi negatif dengan KU_2 . Kuadran III tidak memiliki atribut sensori sama sekali karena dilihat dari plot sebenarnya berada pada posisi yang berlawanan (bernilai negatif) dari kedua sumbu koordinat yang ada. Selanjutnya kuadran IV didominasi oleh atribut *aftertaste*, *salt/acid*, *bitter/sweet*, dan *balance*, karena berkorelasi positif dan besar dengan KU_1 tetapi negatif dengan KU_2 (Tabel 5, Tabel 6, dan Gambar 2).

Tabel 6. Atribut sensori kopi Kobura yang dominan untuk setiap kuadran yang terbentuk melalui analisis komponen utama (AKU)
Table 6. The dominant sensory attributes of Kobura coffee for each quadrant formed by principal component analysis (PCA)

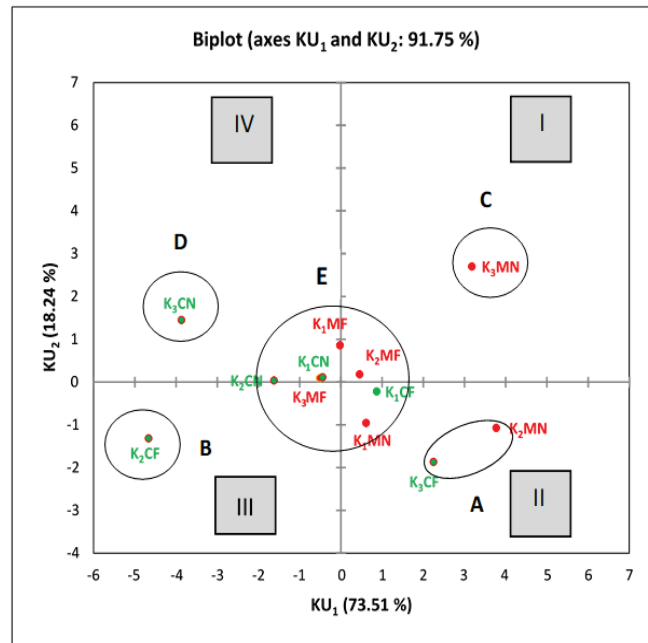
Kuadran	Atribut sensori yang dominan
I	<i>Fragrance</i> , <i>Flavor</i> , <i>Aftertaste</i> , <i>Salt/acid</i> , <i>Bitter/sweet</i> , <i>Mouthfeel (body)</i> , <i>Balance</i> , <i>Overall</i>
II	<i>Fragrance</i> , <i>Flavor</i> , <i>Mouthfeel (body)</i> , <i>Overall</i>
III	Tidak memiliki atribut sensori
IV	<i>Aftertaste</i> , <i>Salt/acid</i> , <i>Bitter/sweet</i> , <i>Balance</i>



Keterangan : $K_{1,2,3}$ = Kobura 1, 2, dan 3; M = panen buah merah; C = panen buah campuran; N = olah kering; F = olah basah; KU_1 = komponen utama ke-1; KU_2 = komponen utama ke-2

Notes : $K_{1,2,3}$ = Kobura 1, 2, and 3; M = red fruit harvest; C = mix fruit harvest; N = dry processing; F = fullwash processing; KU_1 = first principal component; KU_2 = second principal component

Gambar 2. Biplot antara atribut sensori kopi Kobura dengan kombinasi perlakuan klon, pemanenan, dan pengolahan
Figure 2. Biplot between Kobura coffee sensory attributes and the treatment combinations of clone, harvesting, and processing



Keterangan : K_{1,2,3} = Kobura 1, 2, dan 3; M = panen buah merah; C = panen buah campuran; N = olah kering; F = olah basah; KU₁ = komponen utama ke-1; KU₂ = komponen utama ke-2

Notes : K_{1,2,3} = Kobura 1, 2, and 3; M = red fruit harvest; C = mix fruit harvest; N = dry processing; F = fullwash processing; KU₁ = first principal component; KU₂ = second principal component

Gambar 3. Plot sebar kelima klaster kopi Kobura pada dua komponen utama (KU)

Figure 3. The scatter plot of the five clusters of Kobura coffee in two principal components (PC)

Hampir seluruh kombinasi perlakuan (klon, pemanenan, dan pengolahan) tersebar pada kuadran I, II, dan III, dan hanya satu kombinasi saja yaitu K₂CF (klon Kobura 2 dengan panen campuran dan pengolahan basah) yang berada pada kuadran IV (Gambar 2). Hal ini memberikan pengertian bahwa terdapat 11 kombinasi perlakuan (dari 12 kombinasi yang ada) yang memiliki atribut sensori yang jelas. Namun demikian, apabila ditinjau dari titik sebaran serta jarak antara titik sebaran dengan sumbu kedua KU, maka terlihat adanya pengelompokan yang cukup jelas. Untuk membuktikannya dapat dilakukan melalui analisis klaster terhadap nilai skor faktor dari kedua KU.

Pengelompokkan Perlakuan Berdasarkan Metode Analisis Klaster

Berdasarkan hasil analisis klaster dengan metode Ward's pada skala 3 dari 7 skala yang ada (0,43), diperoleh lima klaster kombinasi perlakuan yang memiliki jarak yang berjauhan antara satu klaster dengan klaster yang lainnya (Gambar 2). Klaster A yang terdapat pada kuadran II terdiri dari 2 kombinasi perlakuan (K₂MN dan K₃CF), klaster B yang terdapat pada kuadran III terdiri dari 1 kombinasi perlakuan (K₂CF), klaster C pada kuadran I terdiri dari 1

kombinasi perlakuan (K₃MN), klaster D pada kuadran IV terdiri dari 1 kombinasi perlakuan (K₃CN), dan klaster E yang terdapat di tengah kedua sumbu koordinat terdiri dari 6 kombinasi perlakuan (K₁MF, K₂CN, K₁CN, K₃MF, K₁MN, K₁CF, dan K₂MF) (Gambar 3).

Titik koordinat kombinasi-kombinasi perlakuan yang didalamnya mengandung perlakuan panen petik merah (M) ternyata tidak selalu berada pada satu klaster yang sama, demikian juga dengan kombinasi-kombinasi perlakuan yang didalamnya mengandung perlakuan panen campuran (C). Sebaliknya, kombinasi perlakuan yang mengandung perlakuan petik M dan C bisa berada pada satu klaster yang sama (Gambar 3). Hasil ini berbeda dengan hasil penelitian Setoyama *et al.* (2013) yang memperlihatkan klaster yang tegas antara buah yang matang (merah) dengan yang belum matang (hijau). Fakta seperti ini mengindikasikan bahwa jenis klon dan metode panen yang dilakukan oleh petani setempat di OKU Selatan tidak berdampak nyata terhadap atribut sensori yang dihasilkan, dan hasil ini sesuai dengan hasil analisis ragam multivariat seperti yang ditampilkan pada Tabel 3. Tidak adanya pengaruh yang nyata dari perlakuan pemanenan dan pengolahan berlawanan dengan hasil

penelitian Montavon *et al.* (2003), Rodrigues *et al.* (2015), Tarigan & Towaha (2017), Costa *et al.* (2020), Hidayat *et al.* (2021), dan Rabelo *et al.* (2021) yang menyatakan adanya hubungan yang positif antara tingkat kematangan buah (buah merah) dengan kandungan kimia dan kualitas kopi. Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa buah kopi yang dipanen merah lebih cepat berkecambah karena buah tersebut telah matang secara fisiologis (Saefudin & Wardiana, 2013), yang mengindikasikan telah tercapainya kondisi maksimum komponen kimia yang terkandung didalamnya.

Tidak berdampaknya perlakuan panen terhadap atribut sensori kopi pada penelitian ini diduga karena pada perlakuan panen C tidak teridentifikasi dengan jelas besarnya proporsi antara buah warna merah dengan buah warna hijau. Pada perlakuan panen C, petani setempat melakukan panen secara serempak terhadap seluruh buah kopi yang ada dalam satu dompok apabila pada dompok tersebut sudah kelihatan ada buah yang berwarna merah. Teknik panen seperti itu relatif sulit untuk mengetahui besarnya proporsi antara buah merah dengan buah hijau, karena proses pematangan buah kopi Robusta tidak serempak dan tidak teratur, serta beragam dari satu dompok ke dompok yang lainnya dalam satu cabang. Apabila proporsinya lebih banyak buah yang merah, maka atribut sensori yang akan dihasilkan kemungkinan mendekati atribut sensori buah merah, dan sebaliknya apabila proporsinya lebih banyak buah yang masih hijau.

Identik dengan perlakuan pemanenan buah, bahwa titik koordinat kombinasi-kombinasi perlakuan yang didalamnya mengandung perlakuan olah kering (N) ternyata tidak terkumpul pada satu klaster yang sama, demikian juga dengan perlakuan olah basah (F). Hal ini juga mengindikasikan bahwa kedua metode pengolahan kopi yang dilakukan di tingkat petani OKU Selatan tidak berdampak nyata terhadap atribut sensori yang dihasilkannya. Fakta ini tidak sejalan dengan beberapa hasil penelitian sebelumnya yang merekomendasikan pengolahan secara basah karena menghasilkan kualitas seduhan yang lebih baik seperti yang dikemukakan oleh Toledo *et al.* (2016), Hameed *et al.* (2018), Pereira *et al.* (2018), Sunarharum *et al.* (2018), Pereira *et al.* (2019), Kitzberger *et al.* (2020), Oliveira *et al.* (2020), dan Wulandari *et al.* (2021).

Dibandingkan dengan metode pengolahan N, metode pengolahan F memiliki kelebihan karena mampu mengelupaskan dan membersihkan bagian kulit luar, pulpa, dan lendir yang melekat pada biji, sehingga

biji yang akan diproses selanjutnya sudah bersih dari komponen-komponen tersebut. Proses pengelupasan ini relatif lebih sulit dilakukan pada buah kopi yang belum matang (buah warna hijau), sehingga hasil akhirnya akan berbeda dengan pengelupasan yang dilakukan terhadap buah yang sudah matang (buah warna merah). Dengan tidak teridentifikasinya proporsi buah warna merah dengan hijau menyebabkan keunggulan yang dimiliki oleh metode pengolahan F menjadi tidak kelihatan pengaruhnya. Oleh karena itu, kedua metode pengolahan (N dan F) yang dilakukan oleh petani setempat di OKU Selatan tidak memiliki pengaruh yang nyata terhadap atribut sensori yang dihasilkan.

Dengan tidak adanya pengaruh metode panen dan pengolahan yang dilakukan petani setempat di OKU Selatan terhadap atribut sensori yang dihasilkan, maka dapat mengakibatkan perilaku panen campuran dan metode pengolahan kering akan berjalan secara terus menerus. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengkajian yang lebih mendalam tentang dampak dari perilaku tersebut terhadap besarnya proporsi buah merah dan hijau, keberlanjutan usahatani, pendapatan dan kesejahteraan petani, dan termasuk didalamnya tingkat penerimaan produk antara oleh industri pengolah biji dan produk akhir oleh para konsumen pencinta kopi.

Atribut Sensori Penciri Klaster dan Nilai Skor Akhir

Berdasarkan pada informasi yang disajikan pada Tabel 6, ternyata klaster A memiliki 4 buah atribut sensori yang dominan diantaranya adalah *fragrance*, *flavor*, *mouthfeel (body)*, dan *overall*, sedangkan untuk klaster D memiliki 4 buah atribut sensori yang lainnya (*aftertaste*, *salt/acid*, *bitter/sweet*, dan *balance*). Klaster C memiliki atribut sensori yang paling lengkap, dan sebaliknya untuk klaster B tidak memiliki satu pun atribut sensori. Sementara itu, klaster E secara umum memiliki atribut sensori yang relatif lengkap, namun ditinjau dari besarnya kurang dominan bahkan ada beberapa perlakuan yang terletak pada garis koordinat (Tabel 7). Tabel 7 juga menginformasikan bahwa klaster A dan C memiliki nilai skor akhir yang lebih tinggi dibandingkan dengan klaster lainnya. Kombinasi perlakuan K₂MN (Kobura 2 yang dipanen merah dan diolah secara kering) dan K₃CF (Kobura 3 dipanen campuran dan diolah basah) pada klaster A memiliki nilai skor masing-masing 85,75 dan 84,88. Kombinasi perlakuan K₃MN (Kobura 3 yang dipanen merah dan diolah kering) pada klaster C juga memiliki skor akhir yang tinggi, yaitu 85,75.

Tabel 7. Atribut sensori utama kopi Kobura untuk setiap kombinasi perlakuan klon, pemanenan, dan pengolahan
Table 7. The principal sensory attributes of Kobura coffee for each treatment combinations of clone, harvesting, and processing

Klaster	Kombinasi perlakuan	Atribut sensori kopi yang teridentifikasi								Skor akhir
A	K ₂ MN K ₃ CF	<i>Frag- rance</i>	<i>Flavor</i>	-	-	-	<i>Mouthfeel (body)</i>	-	<i>Overall</i>	85,75 84,88
B	K ₂ CF	-	-	-	-	-	-	-	-	81,13
C	K ₃ MN	<i>Frag- rance</i>	<i>Flavor</i>	<i>After- taste</i>	<i>Salt / acid</i>	<i>Bitter / sweet</i>	<i>Mouthfeel (body)</i>	<i>Balance</i>	<i>Overall</i>	85,75
D	K ₃ CN	-	-	<i>After- taste</i>	<i>Salt / acid</i>	<i>Bitter / sweet</i>	-	<i>Balance</i>	-	81,75
E *	K ₁ MF, K ₂ CN, K ₁ CN, K ₃ MF, K ₁ MN, K ₁ CF, K ₂ MF	<i>Frag- rance</i>	<i>Flavor</i>	<i>After- taste</i>	<i>Salt / acid</i>	<i>Bitter / sweet</i>	<i>Mouthfeel (body)</i>	<i>Balance</i>	<i>Overall</i>	83,97

Keterangan : K_{1,2,3} = Kobura 1, 2, dan 3; M = panen buah merah; C = panen buah campuran; N = olah kering; F = olah basah; * kurang dominan

Notes : K_{1,2,3} = Kobura 1, 2, and 3; M = red fruit harvest; C = mix fruit harvest; N = dry processing; F = fullwash processing; * less dominant

Tabel 8. Pengaruh masing-masing atribut sensori terhadap skor akhir kopi Kobura berdasarkan analisis lintasan
Table 8. Effect of each sensory attributes on final score of Kobura coffee based on path analysis

Atribut sensori	Nilai minimum	Nilai maksimum	Pengaruh langsung (L)	Pengaruh tidak langsung (TL)	Nilai korelasi (r)	Rasio L terhadap TL	Rasio L terhadap r
<i>Fragrance</i>	7,750	8,500	0,147 **	0,680	0,827 **	0,22	0,18
<i>Flavor</i>	7,750	8,500	0,176 **	0,692	0,868 **	0,25	0,20
<i>Aftertaste</i>	7,630	8,250	0,102 tn	0,804	0,906 **	0,13	0,11
<i>Salt / acid</i>	7,500	8,250	0,142 *	0,685	0,827 **	0,21	0,17
<i>Bitter / sweet</i>	7,500	8,380	0,144 *	0,721	0,865 **	0,20	0,17
<i>Mouthfeel (body)</i>	7,500	8,500	0,130 *	0,479	0,609 **	0,27	0,21
<i>Balance</i>	7,630	8,250	0,144 tn	0,775	0,919 **	0,19	0,16
<i>Overall</i>	7,500	8,250	0,184 *	0,789	0,973 **	0,23	0,19

Keterangan : * dan ** masing-masing nyata pada 5% dan 1%; tn = tidak nyata

Notes : * and ** significant at 5% and 1% level respectively; tn = not significant

Skor akhir dari kelima klaster yang terbentuk berkisar antara 81,13 sampai 85,75. Berdasarkan nilai kisaran tersebut, maka kopi Kobura dapat dikategorikan ke dalam *Fine Robusta*, karena nilai skor akhirnya berada pada kisaran 80 - 90 (Hetzl, 2015). Dengan mengabaikan metode pemanenan dan pengolahan karena keduanya tidak berpengaruh nyata terhadap atribut sensori, maka tingginya skor akhir kopi Kobura disebabkan oleh faktor genetik yang unggul dan didukung oleh lingkungan tumbuh yang optimal, terutama sekali letak geografis pertanamannya dari

permukaan air laut. Kopi Kobura yang menjadi objek penelitian ini ditanam pada ketinggian tempat 600-700 m dpl (dataran menengah). Hasil penelitian lain yang telah dilakukan oleh Pinheiro *et al.* (2019) pada kopi Robusta yang ditanam pada ketinggian 720 m dpl ternyata memiliki kandungan fisikokimia dan profil sensori yang baik.

Ditinjau dari hubungan antara atribut sensori dengan skor akhir, ternyata atribut *fragrance*, *flavor*, *mouthfeel (body)*, dan *overall* memiliki pengaruh yang cukup dominan terhadap skor akhir. Hal ini dapat

dilihat dari atribut sensori yang terdapat pada klaster A dan C, sementara itu pada klaster D yang tidak memiliki keempat atribut tersebut ternyata skor akhirnya lebih rendah (81,75) daripada klaster A dan C. Klaster E yang memiliki atribut sensori relatif lengkap walaupun kurang dominan ternyata skor akhirnya dapat dikategorikan sedang (83,97) (Tabel 7). Dugaan ini dapat dibuktikan melalui hasil analisis lintasan seperti yang ditampilkan pada Tabel 8.

Berdasarkan hasil analisis lintasan, secara berurutan atribut *mouthfeel (body)*, *flavor*, *overall*, dan *fragrance* memiliki pengaruh langsung (L) yang nyata dan dominan terhadap skor akhir, dan rasionya dengan pengaruh tidak langsung (TL) maupun dengan nilai korelasi (*r*) selalu lebih tinggi dibandingkan nilai rasio atribut lainnya (Tabel 8). Hasil analisis ini sejalan dengan hasil AKU bahwa keempat atribut sensori tersebut berkorelasi secara positif, baik dengan KU₁ maupun KU₂ seperti yang ditampilkan pada Tabel 5. Di samping itu, jika dilihat dari nilai minimum dan maksimumnya ternyata keempat atribut sensori tersebut relatif lebih besar dibandingkan dengan yang lainnya, sehingga kontribusinya terhadap skor akhir pun menjadi lebih besar pula. Hasil analisis lintasan ini agak berbeda dengan hasil penelitian Randriani *et al.* (2018), dikarenakan terdapat perbedaan dalam jumlah atribut sensori yang dianalisis.

KESIMPULAN

Metode panen buah merah dan campuran (merah + hijau) serta metode pengolahan kering dan basah kopi Kobura 1, 2, dan 3 yang dilakukan di tingkat petani OKU Selatan tidak berpengaruh nyata terhadap peta atribut sensori yang dihasilkan. Metode panen dan pengolahan tersebut tersebar secara merata pada setiap klaster yang terbentuk, karena pada panen buah campuran tidak teridentifikasi secara jelas proporsi antara buah merah dengan hijau. Faktor genetik yang unggul dan didukung oleh faktor ketinggian tempat yang optimal menjadikan kopi Kobura termasuk ke dalam kategori *Fine Robusta* dengan nilai skor akhir 81,13 - 85,75. Nilai skor tersebut dipengaruhi secara langsung dan dominan berturut-turut oleh atribut *mouthfeel (body)*, *flavor*, *overall*, dan *fragrance*.

Perlu dilakukan pengkajian yang lebih mendalam tentang pengaruh metode panen dan pengolahan kopi Kobura yang dilakukan di tingkat petani OKU Selatan terhadap proporsi buah merah dan hijau, keberlanjutan usahatani, pendapatan dan kesejahteraan petani, serta tingkat penerimaan produk oleh pihak industri pengolah maupun konsumen akhir pencinta kopi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Havizman (Kasi Perbenihan Dinas Perkebunan Provinsi Sumatera Selatan), Bapak Makum dan Mas Marno (kelompok tani kopi di Kecamatan Banding Agung, Kabupaten OKU Selatan, Provinsi Sumatera Selatan), para staf Dinas Pertanian dan Perkebunan Kabupaten OKU Selatan, serta para teknisi dan laboran Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah membantu terlaksananya penelitian ini dengan baik. Penelitian ini didanai APBN melalui DIPA Balittri tahun anggaran 2019.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Enny Randriani (Kontributor Utama)
2. Elsera Br Tarigan (Kontributor Utama)
3. Edi Wardiana (Kontributor Utama)

DAFTAR PUSTAKA

- Aluka, P., Davrieu, F., Fourny, G., Ngugi, K., Bakomeza, F., Neumbe, B., Kyamuhangire, R., & Ngabirano, H. (2016). Sensory and organoleptic cup attributes of Robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner). *Journal of Agricultural Studies*, 4(1), 101–116. <https://doi.org/10.5296/jas.v4i1.8789>.
- Calviño, A. M., Zamora, M. C., & Sarchi, M. inés. (1996). Principal components and cluster analysis for descriptive sensory assessment of instant coffee. *Journal of Sensory Studies*, 11(3), 191–210. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.1996.tb00041.x>.
- Costa, A.G., de Sousa, D.A.G., Paes, J.L., Cunha, J.P.B., & de Oliveira, M.V.M. (2020). Classification of robusta coffee fruits at different maturation stages using colorimetric characteristics. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, 40(4), 518-525. Doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n4p518-525/2020>.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2014). *Pedoman Teknis Budidaya Kopi yang Baik*. Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian RI.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2015). *Statistik Perkebunan Indonesia 2014-2016: Kopi* (E. Subiyantoro & Y. Arianto (eds.); Issue December 2015). Direktorat Jenderal Perkebunan.

- Gaspersz, V. (1992). *Teknis Analisis Dalam Penelitian Percobaan*. Buku 2. Penerbit TARSITO, Bandung.
- Hameed, A., Hussain, S. A., Ijaz, M. U., Ullah, S., Pasha, I., & Suleria, H. A. R. (2018). Farm to consumer: Factors affecting the organoleptic characteristics of coffee. II: Postharvest processing factors. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 17, 1184–1237. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12365>.
- Hetzel, A. (2015). Fine Robusta standards and protocols. *Coffe Quality Institute*, 1–47.
- Hidayat, T., Prasetyo, & Fahrurrozi. (2021). Pengaruh tingkat kematangan buah terhadap kehilangan hasil dan mutu green bean kopi Robusta. *JTIDP*, 8(2), 67–78.
- Jolliffe, I. T., & Cadima, J. (2016). Principal component analysis: A review and recent developments. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2065). <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>.
- Kementerian Pertanian (2012). *Pedoman Penanganan Pascapanen Kopi*. Kementerian Pertanian RI.
- Kitzberger, C. S. G., Pot, D., Marraccini, P., Pereira, L. F. P., & Scholz, M. B. S. (2020). Flavor precursors and sensory attributes of coffee submitted to different post-harvest processing. *AIMS Agriculture and Food*, 5(4), 700–714. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2020.4.700>.
- Montavon, P., Duruz, E., Rumo, G., & Pratz, G. (2003). Evolution of green coffee protein profiles with maturation and relationship to coffee cup quality. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2328–2334. <https://doi.org/10.1021/jf020831j>.
- Oliveira, E. C. S., Guarçoni, R. C., de Castro, E. V. R., de Castro, M. G., & Pereira, L. L. (2020). Chemical and sensory perception of robusta coffees under wet processing. *Coffee Science*, 1–8. <https://doi.org/10.25186/.v15i.1672>.
- Pereira, L. L., Guarçoni, R. C., Cardoso, W. S., Taques, R. C., Moreira, T. R., da Silva, S. F., & ten Caten, C. S. (2018). Influence of solar radiation and wet processing on the final quality of Arabica coffee. *Journal of Food Quality*, 2018, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2018/6408571>.
- Pereira, L. L., Moreli, A. P., Moreira, T. R., ten Caten, C. S., Marcate, J. P. P., Debona, D. G., & Guarçoni, R. C. (2019). Improvement of the quality of Brazilian Conilon through wet processing: A sensorial perspective. *Agricultural Sciences*, 10, 395–411. <https://doi.org/10.4236/as.2019.103032>.
- Pinheiro, C.A., Pereira, L.L., Fiorelli, D.B., Oliveira, D.S., Osório, V.M., da Silva, J.A., Pereira, U.A., Ferrão, M.A.G., Riva-Souza, E.M., da Fonseca, A.F.A., & Pinheiro, P.F. (2019). Physico-chemical properties and sensory profile of *Coffea canephora* genotypes in high-altitudes. *Australian Journal of Crop Science* 13(12), 2046-2052. doi: 10.21475/ajcs.19.13.12.p2060.
- Rabelo, M. H. S., Borém, F. M., de Lima, R. R., Alves, A. P. C., Pinheiro, A. C. M., Ribeiro, D. E., dos Santos, C. M., & Pereira, R. G. F. A. (2021). Impacts of quaker beans over sensory characteristics and volatile composition of specialty natural coffees. *Food Chemistry*, 342, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128304>.
- Randriani, E., Dani, & Wardiana, E. (2018). Atribut mutu empat kultivar kopi Arabika pada ketinggian tempat tumbuh dan metode pengolahan yang berbeda. *JTIDP*, 5(1), 21–30.
- Rodrigues, N. P., Salva, T. D. J. G., & Bragagnolo, N. (2015). Influence of coffee genotype on bioactive compounds and the in vitro capacity to scavenge reactive oxygen and nitrogen species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(19), 4815–4826. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.5b00530>.
- Saefudin, & Wardiana, E. (2013). Pengaruh varietas dan tingkat kematangan buah terhadap perkecambahan dan fisik benih kopi Arabika. *Buletin RISTRI*, 4(3), 245–256.
- Setoyama, D., Iwasa, K., Seta, H., Shimizu, H., Fujimura, Y., Miura, D., Wariishi, H., Nagai, C., & Nakahara, K. (2013). High-throughput metabolic profiling of diverse green coffea Arabica beans identified Tryptophan as a universal discrimination factor for immature beans. *PLoS ONE*, 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0070098>.
- Sunarharum, W.B., Yuwono, S.S., & Nadhiroh, H. (2018). Effect of different post-harvest processing on the sensory profile of Java Arabica coffee. *Advances in Food Science, Sustainable Agriculture and Agroindustrial Engineering*, 1(1), 9-13.

- Tarigan, E. B., & Towaha, J. (2017). Pengaruh tingkat kematangan buah, serta lama fermentasi dan penyangraian biji terhadap karakter fisikokimia kopi Robusta. *JTIDP*, 4(3), 163–170.
- 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*, 1–15. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12205>.
- Wulandari, S., Ainuri, M., & Sukartiko, A.C. (2021). Biochemical content of Robusta coffees under fully-wash, honey, and natural processing methods. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 819. doi:10.1088/1755-1315/819/1/012067.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 3, November 2021

**PENINGKATAN KUALITAS LEMAK KAKAO DENGAN PENAMBAHAN
EKSTRAK KULIT BIJI KAKAO**

***IMPROVING THE QUALITY OF COCOA BUTTER BY THE ADDITION OF
COCOA BEAN SHELLS EXTRACT***

* Elsera Br Tarigan¹, Febriska Ditiea Utami², Nura Malahayati², Eko Heri Purwanto¹

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

Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

²⁾ **Prodi Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Sriwijaya**

Jl. Raya Palembang-Prabumulih Km 32 Indralaya, Ogan Ilir Indonesia

* elseraborutarigan@gmail.com

(Tanggal diterima: 17 Agustus 2021, direvisi: 14 Oktober 2021, disetujui terbit: 23 November 2021)

ABSTRAK

Kulit biji kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan limbah kakao yang memiliki potensi sebagai antioksidan karena mengandung senyawa bioaktif. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui kandungan polifenol ekstrak kulit biji kakao menggunakan tiga jenis pelarut, dan (2) mengetahui pengaruh penambahan ekstrak kulit biji kakao terhadap perubahan mutu lemak kakao. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, Jawa Barat, mulai bulan Desember 2020 hingga Januari 2021. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan pelarut metanol 80%, etanol 96%, dan etil asetat 96%. Ekstrak dari ketiga pelarut kemudian diaplikasikan dalam lemak kakao yang telah disimpan selama 12 bulan (kontrol) dengan volume: 0,5; 1,5; dan 2,5 ml/50 ml lemak kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak kulit kakao menggunakan pelarut etanol dan metanol memiliki nilai total fenolik dan kapasitas antioksidan yang tidak berbeda nyata. Ekstrak yang menggunakan pelarut metanol memiliki nilai total fenolik dan kapasitas antioksidan paling besar dibandingkan dua pelarut lainnya, masing-masing $29,27 \pm 2,45$ mgGAE/g dan $19,55 \pm 5,52$ mgGAEAC/g. Jenis pelarut ekstrak tidak berbeda nyata dalam kemampuannya menurunkan bilangan asam dan bilangan peroksida, tetapi semakin banyak ekstrak pelarut yang ditambahkan maka semakin menurunkan nilai bilangan asam dan peroksida. Penambahan ekstrak 2,5 ml pada lemak kakao yang telah disimpan 12 bulan dapat menurunkan bilangan asam dan bilangan peroksida hingga di bawah nilai lemak baru yang diproses.

Kata kunci: *Cocoa butter*; fisikokimia; limbah kakao; bilangan asam; bilangan peroksida

ABSTRACT

Cocoa bean shells (*Theobroma cacao* L.) are by-products of cocoa beans processing and are considered waste. However, cocoa bean shells are potential antioxidants due to their content of bioactive compounds. This study aimed to: (1) determine the polyphenol content of cocoa bean shell extract using three types of solvents, and (2) determine the effect of adding cocoa bean shell extract on changes in the quality of cocoa butter. This research was conducted at the Integrated Laboratory of Balittri, Sukabumi, West Java, from December 2020 to January 2021. This study used a completely randomized design (CRD) with several solvents: metanol 80%, ethanol 96%, and ethyl acetate 96%. Three extracts solutions were applied to cocoa butter stored for 12 months (control) with a volumes factor: 0,5; 1,5; and 2,5 ml/50 ml cocoa butter. The results showed that the total polyphenol

value and antioxidant capacity of cocoa bean shells extract in ethanol and methanol solvents were not significantly different. The extract using methanol solvent had the highest total polyphenol value and antioxidant capacity compared to the other two solvents, $29,27 \pm 2,45$ mgGAE/g and $19,55 \pm 5,52$ mgGAEC/g, respectively. The types of solvent were not significantly different in reducing acid number and peroxide value, but increasing the volume of cocoa bean shell extract reducing the acid number and peroxide values. The addition of 2.5 ml extract to cocoa butter that has been stored for 12 months could reduce the acid number and peroxide to below the value of fresh cocoa butter.

Keywords: Acid value; cocoa butter; cocoa by products; peroxide value; physicochemical

PENDAHULUAN

Pengolahan buah kakao (*Theobroma cacao* L.) pada umumnya hanya sebatas pada bagian biji buahnya saja, yang merupakan bahan utama untuk pembuatan bubuk kakao, lemak kakao, cokelat, dan produk-produk turunan lainnya, sedangkan sisanya sekitar 75% dari total berat buah berakhir menjadi limbah. Hal ini yang menyebabkan kakao menjadi salah satu komoditas penyumbang limbah yang cukup besar (Md Yusof, Abd Gani, Zaidan, Halmi, & Zainudin, 2019). Kulit biji merupakan salah satu produk sampingan dari kakao yang cukup banyak diproduksi. Sebanyak 700.000 ton kulit biji kakao diproduksi setiap tahunnya di dunia dan berpotensi menghasilkan aktifitas fitotoksik yang berbahaya bagi lingkungan karena mengandung senyawa polifenol (Rojo-poveda, Barbosa-pereira, Zeppa, & Stevigny, 2020).

Senyawa polifenol pada kakao berperan dalam menurunkan resiko penyakit kronis seperti diabetes, kardiovaskular, dan kanker. Selain itu, pengujian secara *in vitro* dan *in vivo* polifenol memiliki aktivitas sebagai anti-inflamasi dan antioksidan (Hanhineva *et al.*, 2010). Namun selama proses pengolahan seperti fermentasi dan penyangraian menyebabkan penurunan kandungan senyawa polifenol. Polifenol terdifusi dari kotiledon yang menyebabkan kulit biji kakao memiliki senyawa bioaktif dengan jumlah yang lebih banyak (Hernández-Hernández, Viera-Alcaide, Morales-Sillero, Fernández-Bolaños, & Rodríguez-Gutiérrez, 2018). Senyawa polifenol yang terdeteksi pada kulit biji kakao adalah fenolik, flavonoid, dan tannin (Prasetya, Ganda Putra, & Wrsiati, 2020; Rojo-poveda *et al.*, 2020).

Senyawa polifenol yang terkandung dalam kulit biji kakao dapat dimanfaatkan sebagai antioksidan alami dengan cara pengekstrakan. Pada proses ekstraksi, ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil ekstraksi, salah satunya adalah jenis pelarut (Widhiana Putra, Ganda Putra, & Wrsiati, 2020). Polaritas dari jenis pelarut yang digunakan dalam proses ekstraksi harus sama atau mendekati polaritas dari bahan yang akan diekstraksi. Kulit biji kakao mengandung senyawa polifenol yang memiliki sifat polar sehingga akan larut pada pelarut yang bersifat polar seperti metanol, etanol, aseton atau pelarut yang bersifat semi polar seperti etil

asetat sesuai dengan prinsip *like dissolve like* (Prayoga, Nocianitri, & Puspawati, 2019)

Salah satu pemanfaatan ekstrak kulit biji kakao sebagai antioksidan adalah dengan menambahkan ekstrak kulit biji kakao pada lemak kakao. Lemak kakao merupakan produk turunan dari biji kakao yang didapat melalui proses pengepresan pasta kakao. Terdapat empat jenis asam lemak yang paling banyak terkandung di dalam lemak kakao, yaitu asam lemak palmitat, asam lemak stearat, asam lemak oleat, dan asam lemak linoleat (Bertazzo, Comai, Brunato, Zancato, & Costa, 2011). Produk pertanian seperti lemak kakao mengandung antioksidan alami yang dapat melindungi lemak kakao dari proses oksidasi. Namun, antioksidan alami tersebut sering kali berkurang selama proses penyimpanan dan pengolahan. Penurunan mutu lemak kakao dapat dihambat dengan cara menambahkan antioksidan alami ke dalam lemak. Antioksidan merupakan zat yang berfungsi menghambat, menunda, atau mencegah oksidasi lipid atau molekul lain melalui penghambatan inisiasi atau propagasi dari reaksi rantai yang teroksidasi (Tomagola, 2016).

Beberapa peneliti telah melakukan penambahan antioksidan alami untuk meningkatkan mutu minyak (Ayucitra *et al.*, 2011; Tomagola, 2016; Purwaningsih, Zuchrilah, & Nurmala, 2019;). Namun, studi tentang pengaruh penambahan ekstrak kulit biji kakao terhadap peningkatan kualitas lemak kakao yang telah disimpan dalam jangka waktu yang lama belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengetahui kandungan polifenol dari ekstrak kulit biji kakao dengan menggunakan tiga jenis pelarut, dan (2) mengetahui pengaruh penambahan ekstrak kulit biji kakao terhadap perubahan mutu lemak kakao.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Terpadu Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, Jawa Barat, mulai bulan Desember 2020 hingga Januari 2021. Bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas asam galat, asam asetat glasial, DPPH, etanol 96%, indikator kanji 2%, indikator fenoltalein, kalium iodida, kalium iodat, kloroform, kulit biji kakao, lemak kakao dengan umur simpan 12

bulan, natrium karbonat, metanol, natrium tiosulfat, reagen *folin-ciocalteu*. Penelitian terbagi menjadi dua tahap yaitu ekstraksi kulit biji kakao dan aplikasi ekstrak kulit biji kakao pada lemak kakao yang telah mengalami penyimpanan.

Ekstraksi Senyawa Fenolat Kulit Biji Kakao (Prasetya et al., 2020)

Kulit biji kakao disortasi untuk memisahkan kulit dari sisa nib yang masih tertinggal. Kulit biji kakao kemudian dihaluskan dengan menggunakan *universal grinder* dan diayak dengan menggunakan ayakan 80 mesh. Kulit biji kakao yang telah halus diekstrak dengan metode Maserasi dengan masing-masing menggunakan pelarut metanol 80%, etanol 96% dan etil asetat 96% selama 48 jam dengan perbandingan 1:10 (b/v). Selama proses maserasi dilakukan pengadukan selama 30 menit setiap 6 jam sekali. Larutan kemudian disaring dan dievaporasi dengan *vacuum rotary evaporator* (Buchi, China) untuk menguapkan pelarut.

Penambahan Ekstrak Kulit Biji Kakao pada Lemak Kakao (Muharnanti, Maherawati, & Priyono, 2020)

Ekstrak kulit biji kakao dari tiga jenis pelarut (metanol 80%, etanol 96%, dan etil asetat 96%) ditambahkan ke dalam lemak kakao yang sudah disimpan selama 12 bulan dengan jumlah sesuai dengan perlakuan (0,5 ml, 1,5 ml, dan 2.5 ml per 50 ml lemak kakao) dan diaduk dengan menggunakan *magnetic stirrer* selama 3 jam. Campuran ini selanjutnya dianalisis pada tahapan berikutnya.

Analisis Total Fenolik (Rahmadhani, Ganda Putra, & Suhendra, 2021)

Sebanyak 0,1 g sampel cair dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan 5 mL metanol kemudian vortex larutan selama 1 menit. Sebanyak 10 μ L larutan sampel ditambahkan 390 μ L metanol *pro analysis* dan 400 μ L reagen *folin-ciocalteu*, kemudian divortex dan diinkubasi selama 6 menit. Sebanyak 4,2 ml Na_2CO_3 5% ditambahkan, kemudian divortex dan diinkubasi kembali selama 30 menit. Selanjutnya dibaca nilai absorbansinya dengan menggunakan Spektrofotometer Thermo Scientific (Genesys 10S UV-Vis, Finlandia) pada panjang gelombang 760 nm. Total fenolik dihitung dengan menggunakan rumus persamaan regresi yang diperoleh dari kurva standar dengan konsentrasi 0, 20, 40, 60, 80, 100 ppm masing-masing tiga kali ulangan.

Analisis Kapasitas Antioksidan (Prasetya et al., 2020)

Timbang masing-masing sampel sebanyak 0,1 g kemudian masukkan kedalam tabung reaksi dan tambahkan 5 ml metanol *pro analysis*. Vortex larutan selama 1 menit. Kemudian pipet sebanyak 15 μ L masing-masing sampel dan masukkan kedalam tabung reaksi yang telah dilapisi dengan alumunium. Metanol PA ditambahkan sebanyak 485 μ L dan kemudian t 3,5 ml larutan DPPH 0,10 mM. Larutan divortex dan diinkubasi selama 30 menit di tempat yang gelap. Nilai absorbansi diukur menggunakan *Spektrofotometer Thermo Scientific (Genesys 10S UV-Vis, Finlandia)* pada panjang gelombang 517 nm. Kapasitas antioksidan dihitung dengan menggunakan rumus persamaan regresi yang diperoleh dari kurva standar dengan konsentrasi dari 0, 5, 10, 15, 20, 25 ppm.

Analisis Warna (Silva, Grimaldi, & Gonçalves, 2017)

Colour Reader HunterLab (Amerika Serikat) dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan plat standar berwarna putih. Kepala optik ditempelkan pada plat putih sehingga bagian putih dari plat menghadap sumber sinyal. *Colour Reader* dinyalakan dan tombol fungsi diaktifkan untuk memilih dan menentukan nilai dan angka yang digunakan. Nilai yang digunakan berdasarkan CIELAB yaitu L (*Lightness*), a* (*Redness*) dan b* (*Yellowness*).

Analisis Bilangan Asam (AOAC, 2005)

Ekstrak kulit kakao ditimbang sebanyak 5 g dan ditambahkan dengan 50 mL etanol 96% ke dalam erlenmeyer. Kemudian ditambahkan 3 tetes indikator fenolftalein. Titrasi dilakukan dengan menggunakan larutan NaOH 0,1 N hingga terjadi perubahan warna menjadi merah muda. Bilangan asam lemak kakao dinyatakan dalam bentuk presentase dari dua kali pengukuran.

Analisis Bilangan Peroksida (Yeniza & Asmara, 2020)

Ekstrak kulit kakao sebanyak 1 g ditambahkan dengan 20 ml kloroform dalam erlenmeyer dan dikocok hingga larutan menjadi homogen. Asam asetat glasial ditambahkan sebanyak 30 ml dan dikocok kembali hingga larutan homogen. Larutan KI (kalium iodide) jenuh ditambahkan sebanyak 1 mL, dihomogenkan lalu dinkubasi selama 5 menit di tempat gelap. Sebanyak 50 mL aquades dan 1 mL indikator kanji 2% ditambahkan kemudian didiamkan hingga larutan berubah warna menjadi gelap. Setelah itu, titrasi dilakukan dengan larutan standar natrium tiosulfat 0,01N hingga warna

larutan berubah menjadi putih. Bilangan peroksida dinyatakan dalam meq/kg dari dua kali pengukuran.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian dilakukan dengan dua faktor dengan masing-masing taraf yang berbeda. Faktor pertama adalah ekstraksi komponen bioaktif kulit kakao dengan tiga taraf pelarut, yaitu metanol 80%, etanol 96%, dan etil asetat 96%. Sedangkan faktor kedua yaitu aplikasi ekstrak kulit kakao ke lemak yang telah disimpan selama 12 bulan menggunakan 3 taraf kuantitas penambahan yaitu 0,5; 1,5; dan 2,5 ml per 50 ml lemak kakao. Data hasil penelitian yang diperoleh diolah dengan menggunakan metode analisa ragam satu arah (*One-Way Anova*), dan apabila hasil uji F nyata maka diuji lanjut dengan menggunakan uji Tukey pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Fisikokimia Ekstrak Kulit Biji Kakao

Warna Ekstrak Kulit Biji Kakao

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa perlakuan jenis pelarut berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai *lightness* (L^*) dan *redness* (a^*), tetapi tidak berpengaruh nyata ($p > 0,05$) terhadap nilai *yellowness* (b^*). Rata-rata nilai *lightness* (L^*), *redness* (a^*), dan *yellowness* (b^*) dapat dilihat pada Tabel 1. Rentang rata-rata *lightness* (L^*) dari ekstrak kulit biji kakao berkisar antara 11,43-42,10. Pelarut metanol 80% menghasilkan ekstrak kulit biji kakao dengan nilai *lightness* terendah yaitu $11,43 \pm 2,65$. Sedangkan pelarut etil asetat 96% menghasilkan ekstrak kulit biji kakao dengan nilai *lightness* tertinggi yaitu $42,10 \pm 13,22$.

Ekstraksi dengan menggunakan pelarut etil asetat 96% menghasilkan nilai *lightness* yang berbeda nyata dengan kedua pelarut lainnya. Perbedaan nilai *lightness* yang dihasilkan terjadi diduga karena adanya perbedaan sifat kepolaran dari masing-masing pelarut dan berakibat pada jumlah senyawa yang terekstrak (Wahyuni & Widjanarko, 2015). Pelarut etil asetat memiliki tingkat kepolaran yang lebih rendah

dibandingkan dengan jenis pelarut metanol dan etanol yang digunakan. Hal ini yang menyebabkan zat bioaktif yang terkandung didalam kulit biji kakao tidak terekstrak dengan sempurna sehingga menghasilkan kadar *lightness* yang lebih cerah ($42,10 \pm 13,22$).

Warna gelap pada ekstrak kulit biji kakao dihasilkan akibat adanya kandungan golongan polifenolik pada kakao (Kayaputri, Sumanti, Djali, Indarto, & Dewi, 2014). Afoakwa, Kongor, Takrama, & Budu (2013) menyatakan bahwa sebagian besar warna yang dihasilkan kakao disebabkan adanya senyawa antosianin. Senyawa antosianin dalam kondisi asam akan terhidrolisis menjadi antosianidin. Antosianidin selama fermentasi dan penyangraian akan teroksidasi oleh enzim *polifenol oksidase*. menjadi senyawa quinon. Quinon y membentuk kompleks bersama asam amino dan protein yang kemudian berpolimerisasi dengan flavonoid membentuk tanin. Senyawa tanin akan membentuk ikatan kompleks dengan protein dan membentuk pigmen berwarna cokelat kemerahan pada kakao.

Rentang rata-rata nilai *redness* (a^*) dari ekstrak kulit biji kakao yang dihasilkan berkisar antara $14,94 \pm 0,71$ hingga $19,77 \pm 0,89$. Ekstrak kulit biji kakao dengan menggunakan pelarut metanol 80% menghasilkan nilai *redness* (a^*) tertinggi. Sedangkan ekstrak kulit biji kakao dengan menggunakan pelarut etil asetat 96% menghasilkan nilai *redness* (a^*) terendah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai *redness* (a^*) ekstrak kulit biji kakao dengan menggunakan pelarut metanol 80% berbeda nyata dengan ekstrak kulit biji kakao dengan menggunakan pelarut etil asetat 96%, tetapi tidak berbeda nyata dengan ekstrak menggunakan pelarut etanol 96%. Warna merah pada ekstrak kakao dihasilkan dari adanya senyawa polifenolik seperti antosianin di dalam kulit biji kakao yang memberikan warna pada ekstrak kulit biji kakao. Antosianin merupakan senyawa flavonoid yang memiliki pigmen berwarna merah, ungu dan biru yang terdapat pada kakao (Sampebarra, 2018). Pelarut etil asetat memiliki tingkat kepolaran yang rendah sehingga hanya sedikit senyawa polifenolik yang terkandung di dalam kulit biji kakao yang terekstrak.

Tabel 1. Intensitas warna ekstrak kulit biji kakao menggunakan *chromameter*
Table 1. The color intensity of the cocoa bean shell extract using *chromameter*

Perlakuan	<i>Lightness</i> (L)	<i>Redness</i> (a)	<i>Yellowness</i> (b)
Metanol 80%	$11,43 \pm 2,65$ a	$18,97 \pm 1,10$ b	$19,30 \pm 4,32$ a
Etanol 96%	$19,17 \pm 3,50$ a	$19,77 \pm 0,89$ b	$30,28 \pm 4,72$ a
Etil asetat 96%	$42,10 \pm 13,22$ b	$14,94 \pm 0,71$ a	$32,62 \pm 10,61$ a

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

Note: numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the Tukey test at 5% level

Tabel 2. Total fenolik dan kapasitas antioksidan dalam ekstrak kulit biji kakao
Table 2. The phenolic total and antioxidant capacity of cocoa bean shell extract

Perlakuan	Total fenolik (mgGAE/g)*	Kapasitas antioksidan (mgGAEAC/g)*
Metanol 80%	29,27±2,45 b	19,55±5,52 b
Etanol 96%	22,39±3,17 ab	18,85±0,12 b
Etil asetat 96%	16,34±2,93 a	6,10±1,22 a

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

Note: numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the Tukey test at 5% level

Sedangkan rata-rata nilai *yellowness* (b*) ekstrak kulit biji kakao berkisar antara 19.30±4.32 hingga 32.62±10.61. Ekstrak kulit biji kakao menggunakan pelarut etil asetat 96% menghasilkan nilai *yellowness* (b*) tertinggi, yaitu 32,62±10,61, sedangkan ekstrak kulit biji kakao dengan menggunakan pelarut metanol 80% menghasilkan nilai *yellowness* (b*) terendah, yaitu 19,30±4,32. Pada penelitian ini pelarut etil asetat tidak dapat mengekstraksi kulit biji kakao secara maksimal sehingga warna yang dihasilkan cenderung menjadi lebih kuning. Sebaliknya, penggunaan pelarut metanol dan etanol memberikan hasil ekstraksi yang lebih maksimal sehingga menghasilkan warna ekstraksi yang lebih berwarna merah pekat.

Kandungan Bioaktif Ekstrak Kulit Kakao

Kandungan total fenolik dan kapasitas antioksidan ekstrak kulit kakao menggunakan beberapa pelarut ditampilkan pada Tabel 2. Total fenolik ekstrak kulit kakao pada penelitian ini berkisar pada 16,34-29,27 mgGAE/g. Sesuai dengan hasil penelitian Rojo-Poveda *et al.* (2020), bahwa total fenolik yang terkandung di dalam kulit biji kakao berkisar antara 6,04 mgGAE/g hingga 94,95 mgGAE/g. Total fenolik yang didapatkan tergantung kondisi pada saat melakukan ekstraksi senyawa fenol dan jenis pelarut yang digunakan. Golongan fenol yang bersifat polar larut pada pelarut polar seperti metanol, etanol aseton, butanol, dan pelarut polar lainnya (Noviyanty, Salingkat, & Syamsiar, 2019).

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan jenis pelarut berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap total fenolik ekstrak kulit biji kakao. Total fenolik ekstrak kulit biji kakao yang menggunakan pelarut metanol tidak berbeda dengan pelarut etanol, namun berbeda dengan pelarut etil asetat. Hal ini terjadi diduga karena adanya perbedaan nilai konstanta dielektrik yang dimiliki oleh masing-masing pelarut. Konstanta dielektrik merupakan gaya tolak-menolak antara dua partikel yang bermuatan listrik dalam suatu pelarut. Semakin tinggi konstanta dielektrik yang dimiliki suatu pelarut, maka semakin tinggi tingkat kepolaran pelarut tersebut (Verdiana, Widarta, & Permana, 2018). Konstanta dielektrik pada

pelarut metanol, etanol dan etil asetat berturut-turut adalah 33, 30, dan 6 (Atisanto, Mulyani, & Triani, 2017).

Pelarut dengan tingkat kepolaran yang mendekati tingkat kepolaran sampel menghasilkan ekstrak dengan total fenolik yang lebih tinggi. Berdasarkan hasil penelitian Herman *et al.* (2020), senyawa fenolik pada ekstrak kulit kakao bersifat polar. Pelarut yang bersifat polar seperti metanol dan etanol akan menghasilkan ekstrak dengan nilai total fenolik yang lebih tinggi dibandingkan dengan ekstrak yang menggunakan pelarut semi polar seperti etil asetat.

Perhitungan kapasitas antioksidan dilakukan untuk mengevaluasi seberapa banyak antioksidan ekstrak kulit biji kakao yang mampu menangkal radikal bebas. Nilai kapasitas antioksidan dari ekstrak kulit biji kakao adalah 6,10-19,55 mgGAEAC/g. Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan, nilai kapasitas antioksidan dari ekstrak kulit biji kakao berkisar antara 22,68 mgGAEAC/g hingga 57,71 mgGAEAC/g (Prasetya *et al.*, 2020; Widhiana Putra *et al.*, 2020; Rahmadhani *et al.*, 2021). Pada penelitian ini kapasitas antioksidan berbanding lurus dengan total fenolik yang terkandung di dalam sampel.

Hasil analisis ragam menunjukkan perlakuan jenis pelarut berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap kapasitas antioksidan ekstrak kulit biji kakao. Kapasitas antioksidan dari ekstrak kulit biji kakao yang menggunakan pelarut etil asetat 96% nyata lebih rendah dibandingkan dengan pelarut metanol dan etanol, sedangkan antara pelarut etanol dengan metanol tidak berbeda nyata. Hal tersebut terjadi diasumsikan karena pengaruh dari jumlah senyawa fenolik yang terkandung di dalam ekstrak kulit biji kakao. Semakin banyak senyawa fenol yang terkandung di dalam ekstrak maka semakin banyak radikal bebas yang tereduksi sehingga semakin tinggi nilai kapasitas antioksidan.

Aplikasi Ekstrak Kulit Biji Kakao terhadap Lemak Kakao

Bilangan Asam

Lemak kakao yang baru diproses memiliki bilangan asam sebesar 0,54% seperti yang terlihat pada

Tabel 3. Namun selama proses penyimpanan terjadi peningkatan persentase bilangan asam pada lemak kakao, pada penyimpanan 12 bulan (kontrol) meningkat menjadi 0,96%. Peningkatan bilangan asam terjadi diakibatkan oleh adanya asam lemak bebas yang terkandung di dalam lemak kakao. Asam lemak bebas hasil reaksi hidrolisis dapat mempercepat proses oksidasi lemak (Ayucitra *et al.*, 2011). Reaksi hidrolisis ini menghasilkan asam lemak bebas yang dapat menyebabkan reaksi oksidasi pada lemak. Reaksi oksidasi terjadi dengan tiga tahap, inisiasi, propagasi, dan terminasi. Reaksi oksidasi yang dipicu oleh cahaya, suhu serta lama penyimpanan, mampu menurunkan kualitas lemak dan menyebabkan terjadinya ketengikan (Mamuaja, 2017).

Penambahan sejumlah ekstrak kulit biji kakao menggunakan beberapa jenis pelarut ke lemak kakao yang telah disimpan selama 12 bulan berpengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap nilai bilangan asam. Perbedaan jenis pelarut dalam menurunkan bilangan asam tidak terlihat dalam penelitian ini. Penambahan ekstrak kulit kakao dengan jumlah 0, 5; 1,5; dan 2,5 mL dalam 50 ml lemak kakao dapat menurunkan nilai bilangan asam hingga nilai yang tidak berbeda nyata dengan lemak kakao baru ($p > 0,05$), kecuali pelarut metanol volume (2,5 ml). Ekstrak 2,5 ml menggunakan pelarut metanol dapat menurunkan bilangan asam hingga dibawah kadar lemak kakao yang baru diproses. Kemampuan ekstrak kulit kakao dalam menurunkan bilangan asam lemak kakao yang telah disimpan selama 12 bulan dapat disebabkan oleh adanya senyawa polifenol yang berperan sebagai antioksidan (Rojo-poveda *et al.*, 2020).

Penambahan kuantitas ekstrak kulit kakao yang ditambahkan ke dalam lemak kakao yang sudah disimpan selama 12 bulan, menyebabkan nilai bilangan asam lemaknya semakin menurun. Menurut SNI 3748:2009, lemak kakao yang berkualitas baik memiliki nilai bilangan asam maksimal 1,75% (Badan Standardisasi Nasional, 2009). Lemak kakao yang digunakan memiliki nilai bilangan asam yang masih dibawah batas maksimal SNI meski telah disimpan selama 12 bulan. Hal ini terjadi karena lemak kakao sendiri mengandung antioksidan

alami yang larut lemak seperti vitamin E yang berasal dari β -tokoferol, α -tokoferol dan γ -tokoferol (Naik & Kumar, 2014). Antioksidan ini berperan menghambat terjadinya proses hidrolisis dan fotooksidasi sehingga memperpanjang umur simpan lemak kakao.

Terdapat tiga jenis polifenol utama yang banyak terkandung di dalam kulit biji kakao, yaitu fenolik, flavonoid dan tanin. Penambahan ekstrak kulit biji kakao dapat memutuskan mekanisme oksidasi lipid yang terjadi pada lemak kakao. Polifenol yang menjadi antioksidan dari ekstrak kulit biji kakao mampu menghalangi proses oksidasi pada tahap inisiasi maupun propagasi. Penambahan antioksidan pada tahap inisiasi atau propagasi cenderung stabil sehingga dapat mencegah terjadinya reaksi oksidasi lainnya pada molekul lipida lemak kakao sehingga mencegah terbentuknya radikal bebas yang baru (Mardiyah, 2018).

Bilangan Peroksida

Rerata nilai bilangan peroksida dari lemak kakao dengan penambahan ekstrak kulit biji kakao menggunakan pelarut metanol, etanol, dan etil asetat ditampilkan pada Tabel 4. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan jenis pelarut dalam mengekstrak kulit kakao tidak menghasilkan perbedaan yang signifikan pada bilangan peroksida lemak kakao. Penambahan ekstrak kulit kakao menyebabkan bilangan peroksida lemak kakao menurun hingga tidak ada perbedaan signifikan dengan lemak baru. Semakin banyak jumlah ekstrak kulit kakao yang ditambahkan ke lemak kakao maka nilai bilangan peroksida dalam lemak kakao semakin menurun, terkecuali pada saat menggunakan pelarut etil asetat 2,5 ml. Penurunan bilangan peroksida yang terjadi setelah aplikasi ekstrak kulit biji kakao dapat disebabkan oleh senyawa polifenol yang terkandung di dalam ekstrak yang dapat berfungsi sebagai pereduksi, penyerap radikal bebas, *chleating agent*, serta peredam terbentuknya singlet oksigen yang merupakan salah satu jenis *reactive oxygen species* (ROS) yang non radikal elektrofolik (Suryanto, 2008).

Tabel 3. Bilangan asam dalam lemak kakao setelah penambahan ekstrak kulit biji kakao dari beberapa pelarut

Table 3. The acids value in cocoa butter after addition of cocoa bean shell extract from several solvents

Perlakuan pelarut	Nilai bilangan asam (%) dengan penambahan ekstrak kulit biji kakao		
	0,5 ml	1,5 ml	2,5 ml
Metanol 80%	0,50±0,07 b	0,45±0,05 b	0,29±0,11 c
Etanol 96%	0,60±0,11 b	0,58±0,18 b	0,44±0,08 bc
Etil asetat 96%	0,65±0,24 ab	0,42±0,06 b	0,46±0,11 bc
Kontrol	0,96±0,00 a	0,96±0,00 a	0,96±0,00 a
Lemak baru	0,54±0,03 b	0,54±0,03 b	0,54±0,03 b

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

Note: numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to the Tukey test at 5% level

Tabel 5. Bilangan peroksida lemak kakao setelah penambahan ekstrak kulit biji kakao dari beberapa pelarut
Table 5. The peroxide value of cocoa butter after the addition of cocoa bean shell extract from several solvents

Perlakuan pelarut	Bilangan peroksida (meq/kg) setelah penambahan ekstrak kulit biji kakao		
	0,5 ml	1,5 ml	2,5 ml
Metanol 80%	0,90±0,07 b	0,82±0,27 b	0,80±0,40 ab
Etanol 96%	0,93±0,10 b	0,73±0,14 b	0,57±0,06 b
Etil asetat 96%	0,92±0,24 b	0,74±0,15 b	0,86±0,36 ab
Kontrol	1,51±0,38 a	1,51±0,38 a	1,51±0,38 a
Lemak baru	1,22±0,07 ab	1,22±0,07 ab	1,22±0,07 ab

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

Note: numbers followed by the same letter in the same column are not significantly different according to Tukey test at 5% level

Selama proses penyimpanan, lemak kakao mengalami peningkatan bilangan peroksida yang mengindikasikan adanya penurunan mutu pada lemak kakao. Penyimpanan lemak dalam jangka waktu yang lama dapat menyebabkan terjadinya oksidasi pada lemak dan meningkatkan bilangan peroksida. Penambahan senyawa polifenol pada lemak kakao dapat menurunkan reaksi oksidasi karena antioksidan dapat memberikan atom hidrogennya secara cepat pada senyawa radikal bebas dan membuatnya menjadi lebih stabil.

KESIMPULAN

Pelarut yang bersifat polar, yaitu methanol 80% dan etanol 96%, merupakan pelarut terbaik dalam mengekstrak kulit biji kakao berdasarkan nilai total fenolik dan kapasitas antioksidan. Penambahan ekstrak kulit kakao dapat menurunkan bilangan asam dan peroksida lemak kakao yang disimpan 12 bulan, sehingga nilainya tidak berbeda dengan lemak baru. Jenis pelarut ekstrak kulit kakao tidak berpengaruh terhadap bilangan asam dan peroksida dalam aplikasinya ke dalam lemak kakao yang disimpan selama 12 bulan.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Elsera Br Tarigan (Kontributor Utama)
2. Febriska Ditea Utami (Kontributor Utama)
3. Nura Malahayati (Kontributor Anggota)
4. Eko Heri Purwanto (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Afoakwa, E. O., Kongor, J. E., Takrama, J., & Budu, A. S. (2013). Changes in nib acidification and biochemical composition during fermentation of pulp pre-conditioned cocoa (*Theobroma cacao*) beans. *International Food Research Journal*, 20(4), 1843–1853.
- AOAC. (2005). *AOAC Official Method 969.33: Fatty Acids in Oils and Fats*.
- Atisanto, V. S., Mulyani, S., & Triani, I. G. A. L. (2017). Pengaruh jenis pelarut dan suhu pengeringan terhadap karakteristik ekstrak pada buah kelubi (*Eliodora conferta*). *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroidustri*, 5(3), 35–44.
- Ayucitra, A., Indraswati, N., Mulyandasari, V., Dengi, Y. K., Francisco, G., & Yudha, A. (2011). Potensi senyawa fenolik bahan alam sebagai antioksidan alami minyak goreng nabati. *Widya Teknik*, 10(1), 1–10. Retrieved from <http://jurnal.wima.ac.id/index.php/teknik/article/view/155>
- Badan Standardisasi Nasional. (2009). *SNI 3748:2009-Lemak kakao*.
- Bertazzo, A., Comai, S., Brunato, I., Zancato, M., & Costa, C. V. L. (2011). The content of protein and non-protein (free and protein-bound) tryptophan in *Theobroma cacao* beans. *Food Chemistry*, 124(1), 93–96. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.110>.
- Hanhineva, K., Törrönen, R., Bondia-Pons, I., Pekkinen, J., Kolehmainen, M., Mykkänen, H., & Poutanen, K. (2010). Impact of dietary polyphenols on carbohydrate metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*, 11(4), 1365–1402. <https://doi.org/10.3390/ijms11041365>.
- Herman, Septriyanti, I., Ramadhani, T. R., Ade, P., Yulis, R., & Putra, Y. (2020). Ekstrak etanol limbah kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai bahan baku berpotensi obat. *JEDCHEM (Journal Education and Chemistry)*, 2(2), 57–61.
- Hernández-Hernández, C., Viera-Alcaide, I., Morales-Sillero, A. M., Fernández-Bolaños, J., & Rodríguez-Gutiérrez, G. (2018). Bioactive compounds in Mexican genotypes of cocoa cotyledon and husk. *Food Chemistry*, 240, 831–839. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.08.018>.

- Kayaputri, I. L., Sumanti, D. M., Djali, M., Indarto, R., & Dewi, D. L. (2014). Kajian fitokimia ekstrak kulit biji kakao (*Theobroma cacao* L.). *Chimica et Natura Acta*, 2(1), 83–90.
<https://doi.org/10.24198/cna.v2.n1.9140>.
- Mamuaja, C. F. (2017). *Lipida*. Manado: Unsurat Press.
- Mardiyah, S. (2018). Efektivitas penambahan serbuk kunyit terhadap bilangan peroksida dan bilangan asam minyak goreng bekas pakai. *Medical Technology and Public Health Journal*, 2(1), 84–92.
- Md Yusof, A. H., Abd Gani, S. S., Zaidan, U. H., Halmi, M. I. E., & Zainudin, B. H. (2019). Optimization of an ultrasound-assisted extraction condition for flavonoid compounds from cocoa shells (*Theobroma cacao*) using response surface methodology. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(4), 1–16.
<https://doi.org/10.3390/molecules24040711>.
- Muharnanti, M., Maherawati, M., & Priyono, S. (2020). Peningkatan kualitas minyak kelapa tradisional dengan penambahan ekstrak etanol daun pandan wangi (*Pandanus amaryllifolius* Roxb). *Jurnal Agroindustri*, 10(1), 40–46.
<https://doi.org/10.31186/j.agroindustri.10.1.40-46>.
- Naik, B., & Kumar, V. (2014). Cocoa butter and its alternatives: A reveiw. *Journal of Bioresource Engineering and Technology*, 1(January 2014), 7–17.
- Noviyanty, A., Salingskat, C. A., & Syamsiar, S. (2019). Pengaruh jenis pelarut terhadap ekstraksi dari kulit buah naga merah (*Hylocereus polyrhizus*). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 5(3), 271–279.
<https://doi.org/10.22487/kovalen.2019.v5.i3.14037>.
- Prasetya, I. W. G. A., Ganda Putra, G. ., & Wrsiati, L. P. (2020). Pengaruh jenis pelarut dan waktu maserasi terhadap ekstrak kulit biji kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai sumber antioksidan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(2), 167.
<https://doi.org/10.24843/jrma.2020.v08.i02.p02>.
- Prayoga, D., G., E., Nocianitri, K., A., & Puspawati, N., N. (2019). Identifikasi senyawa fitokimia dan aktivitas antioksidan ekstrak kasar daun pepe (*Gymnema reticulatum* Br.) pada berbagai Jenis Pelarut. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 8(2), 111–121.
- Purwaningsih, D. Y., Zuchrilah, D. R., & Nurmala, I. (2019). Peningkatkan mutu minyak goreng curah dengan penambahan ekstrak kulit pisang raja sebagai antioksidan alami. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil dan Teknik Kimia*, 4(1), 22.
<https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1058>.
- Rahmadhani, R., Ganda Putra, G. P., & Suhendra, L. (2021). Karakteristik ekstrak kulit biji kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai sumber antioksidan pada perlakuan suhu dan waktu maserasi. *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9(1), 1.
<https://doi.org/10.24843/jrma.2021.v09.i01.p01>.
- Rojo-poveda, O., Barbosa-pereira, L., Zeppa, G., & Stevigny, C. (2020). Cocoa bean chell - A by-product with nutritional properties and biofunctional potential. *Mdpi*, 12(1123), 1–29.
- Sampebarra, A. L. (2018). Karakteristik zat warna antosianin dari biji kakao non-fermentasi sebagai sediaan zat warna alam. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 13(1), 63.
<https://doi.org/10.33104/jihp.v13i1.3880>.
- Silva, T. L. T. da, Grimaldi, R., & Gonçalves, L. A. G. (2017). Temperature, time and fat composition effect on fat bloom formation in dark chocolate. *Food Structure*, 14(July), 68–75.
<https://doi.org/10.1016/j.foostr.2017.06.006>.
- Suryanto, E. (2008). Kimia oksigen singlet: Sensitiser, cahaya, dan reaktivitasnya terhadap asam lemak tak jenuh. *Chem. Prog*, 1(2), 117–124.
- Tomagola, N. (2016). Aktivitas antioksidan ekstrak kayu manis (*Cinnamomum burmanii*) untuk mengatasi ketengikan (*Rancidity*) pada minyak goreng. *Journal of Chemical Process Engineering*, 1(2), 7.
<https://doi.org/10.33536/jcpe.v1i2.65>.
- Verdiana, M., Widarta, I. W. R., & Permana, I. D. G. M. (2018). Pengaruh jenis pelarut pada ekstraksi menggunakan gelombang ultrasonik terhadap aktivitas antioksidan ekstrak kulit buah lemon (*Citrus limon* (Linn.) Burm F.). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 7(4), 213.
<https://doi.org/10.24843/itepa.2018.v07.i04.p08>.
- Wahyuni, D. T., & Widjanarko, S. B. (2015). Pengaruh jenis pelarut dan lama ekstraksi terhadap ekstrak karatenoid labu kuning dengan metode gelombang ultrasonik. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 390–401.
- Widhiana Putra, I. K., Ganda Putra, G. ., & Wrsiati, L. P. (2020). Pengaruh perbandingan bahan dengan pelarut dan waktu maserasi terhadap ekstrak kulit biji kakao (*Theobroma cacao* L.) sebagai sumber antioksidan. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri*, 8(2), 167–176.
<https://doi.org/10.24843/jrma.2020.v08.i02.p02>.
- Yeniza, & Asmara, A. P. (2020). Penentuan bilangan peroksida minyak Rbd (*refined bleached deodorized*) Olein Pt. Phpo dengan metode titrasi iodometri. *Amina*, 1(2), 79–83.
<https://doi.org/10.22373/amina.v1i2.39>.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
 DAN PENYEGAR**
 Journal of Industrial and Beverage Crops
 Volume 8, Nomor 3, November 2021

**EVALUASI CENDAWAN ENDOFIT ASAL TANAMAN KARET UNTUK
 MENGENDALIKAN *Colletotrichum gloeosporioides* PATOGEN PENYAKIT GUGUR
 DAUN COLLETOTRICHUM**

***EVALUATION OF ENDOPHYTIC FUNGI FROM RUBBER PLANT TO CONTROL
 Colletotrichum gloeosporioides AS PATHOGEN OF COLLETOTRICHUM LEAF FALLS DISEASE***

* Rita Harni, Khaerati, Edi Wardiana

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

* rita_harni@yahoo.co.id

(Tanggal diterima: 7 Oktober 2021, direvisi: 15 November 2021, disetujui terbit: 25 November 2021)

ABSTRAK

Penyakit gugur daun *Colletotrichum* yang disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides* merupakan penyakit penting pada tanaman karet. Akibat infeksi *C. gloeosporioides* dapat menurunkan produksi 7%-45%. Pengendalian menggunakan cendawan endofit sangat menjanjikan karena dapat menekan inokulum dan kolonisasi patogen, menginduksi ketahanan tanaman, dan dapat memicu pertumbuhan tanaman. Tujuan penelitian mengevaluasi beberapa isolat cendawan endofit asal karet dalam mengendalikan *C. gloeosporioides* patogen penyebab gugur daun *Colletotrichum*. Penelitian dilakukan di laboratorium dan rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Sukabumi, mulai Maret sampai November 2018. Isolat cendawan endofit dari tanaman karet diuji daya hambat dan mekanisme kerjanya terhadap *C. gloeosporioides* secara *in vitro* di laboratorium dan pada bibit karet di rumah kaca. Pengamatan dilakukan terhadap daya hambat, masa inkubasi, jumlah bercak, keparahan penyakit, dan pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cendawan endofit secara *in vitro* mampu menekan pertumbuhan *C. gloeosporioides* dengan daya hambat sebesar 64,17% - 86,67%. Isolat yang memiliki daya hambat tinggi (>80%) adalah CEPR.19, CEPR.6, CEBPM.21, DTJE.1, dan DMJE.27. Hasil pengamatan pada bibit karet diperoleh tiga isolat yang potensial mampu mengendalikan *C. gloeosporioides* yaitu CEBPM.21, CEPR.19, dan DTJE.1 dengan penekanan keparahan penyakit berturut-turut sebesar 68,57%; 67,88%, dan 60,20% dengan mekanisme kerjanya menginduksi ketahanan, antibiosis, kompetisi, dan hiperparasit.

Kata kunci: agens hayati; daya hambat; metabolit sekunder; keparahan penyakit

ABSTRACT

Colletotrichum leaf fall disease caused by Colletotrichum gloeosporioides is an important disease in rubber plants. The C. gloeosporioides infection can reduce production by 7%-45%. Controlling the pathogen using endophytic fungi is very promising because it can suppress inoculum and pathogen colonization, induce plant resistance, and trigger plant growth. The study aimed to evaluate the endophytic fungus isolate from rubber to control C. gloeosporioides as a pathogen that caused the rubber leaf fall disease. This research was carried out in the laboratory and greenhouse of the Indonesian Industrial and Beverage Crop Research Institute (IIBCRI), Sukabumi, from March to November 2018. The isolates used were endophytic fungi isolates from rubber plants, which were tested for their inhibition against C. gloeosporioides in vitro on rubber leaves and seedlings, and their mechanism. The variable observed were the inhibition rate, incubation periods, number of spots, disease severity, and plant growth. The results showed that the endophytic fungus could inhibit the growth of C. gloeosporioides about 64.17% - 86.67%. The high inhibitory activity (>80%) in isolates CEPR.19, CEPR.6, CEBPM.21, DTJE.1, and DMJE27 were 86.67%; 83.33%; 83.33%; 82.92%, and 82.50%, respectively. The

observations on seedlings obtained three potential fungal isolates to control *C. gloeosporioides* on rubber leaves, namely CEBPM.21, CEPR19, and DTJE.1 with suppression of disease severity about 68.57%; 67.88%, and 60.20% with their mechanisms of action inducing resistance, antibiosis, competition, and hyperparasites.

Keywords: biological agents; disease severity; inhibition rate; secondary metabolites

PENDAHULUAN

Penyakit gugur daun *Colletotrichum* yang disebabkan oleh *Colletotrichum gloeosporioides* merupakan penyakit penting pada tanaman karet. Penyakit ini terdapat hampir pada semua negara penghasil karet alam seperti Indonesia, Malaysia, Thailand, Sri Lanka, India, dan beberapa negara lain di Afrika. *C. gloeosporioides* menyerang tanaman karet di pembibitan maupun di lapangan (Harni, 2016), sehingga menyebabkan penurunan produksi 7%-45% (Suwanto *et al.*, 1995; Pawirosoemardjo & Suryaningtyas, 2008).

Pengendalian penyakit gugur daun yang telah dilaporkan adalah penggunaan klon anjuran, pemberian pupuk ekstra dan pestisida kimia (Situmorang *et al.*, 2010), serta penggunaan agens hayati. Keunggulan agens hayati untuk pengendalian penyakit tanaman di antaranya adalah menekan inokulum dan kolonisasi patogen (dengan menghasilkan antibiotik atau sebagai mikoparasit), menginduksi ketahanan tanaman, dan memicu pertumbuhan tanaman (Dai *et al.*, 2008; Khan *et al.*, 2008; Ahmad *et al.*, 2010; Pradeep *et al.*, 2012; Sukmadi, 2012; Soares *et al.*, 2017; Kumar & Khurana, 2021). Agens hayati juga efektif untuk waktu yang cukup lama sehingga tidak perlu aplikasi secara terus-menerus (Raguchander *et al.*, 2011).

Agens hayati yang telah dilaporkan untuk mengendalikan penyakit gugur daun diantaranya adalah cendawan endofit (Gazis, 2012). Cendawan endofit yang telah dievaluasi untuk mengendalikan *Colletotrichum* sp. diantaranya adalah isolat endofit *Trichoderma*. Syamsafitri & Hasanudin (2013) telah mengeksplorasi cendawan endofit dari berbagai klon karet dan mendapatkan 13 isolat endofit dari genus *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Gliocladium*, dan *Pestalotia* yang dapat menghambat pertumbuhan *C. gloeosporioides*. Sementara itu, Villarraga *et al.* (2017) menggunakan beberapa strain endofit *Streptomyces* untuk mengendalikan *C. gloeosporioides* pada tanaman karet di Kolombia. *Streptomyces* strain 5.1 memiliki aktivitas biokontrol yang tertinggi dalam menekan perkembangan *C. gloeosporioides*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi beberapa isolat cendawan endofit asal karet untuk mengendalikan *C. gloeosporioides* patogen penyebab gugur daun *Colletotrichum* pada tanaman karet.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di laboratorium dan rumah kaca Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, Jawa Barat, mulai bulan Maret sampai November 2018.

Inokulum *C. gloeosporioides*

Isolat *C. gloeosporioides* diisolasi dari jaringan daun karet yang terserang penyakit dengan gejala tepi dan ujung daun berkeriput, pada permukaan daun terdapat bercak-bercak bulat berwarna cokelat dengan garis tengah 1-2 mm. Daun dipotong antara bagian yang sehat dan sakit berukuran 0,5 x 0,5 cm, selanjutnya disteril permukaan menggunakan alkohol 70% selama 2-3 menit lalu dibilas dengan air steril selama 1 menit. Selanjutnya potongan daun diletakkan dalam cawan petri yang mengandung medium agar air 2%, dan diinkubasikan pada suhu kamar. Cendawan yang tumbuh dimurnikan dan diidentifikasi.

Cendawan Endofit

Isolat cendawan endofit yang digunakan adalah isolat cendawan endofit yang diisolasi dari beberapa klon karet dari daerah Jawa Barat dan Kalimantan Barat (Tabel 1). Isolat tersebut merupakan koleksi Laboratorium Proteksi Tanaman, Balittri. Sebanyak 20 isolat cendawan endofit diremajakan pada media *Potato Dektrosa Agar* (PDA) selama 7 hari pada suhu ruangan. Isolat-isolat yang sudah diremajakan digunakan untuk pengujian.

Uji Daya Hambat Cendawan Endofit terhadap *C. gloeosporioides* *In Vitro*

Isolat cendawan endofit yang sudah diremajakan diuji daya hambatnya terhadap *C. gloeosporioides*. Uji daya hambat dilakukan dengan metode kultur ganda, yaitu isolat cendawan endofit dan *C. gloeosporioides* ditumbuhkan pada media PDA di dalam cawan petri yang sama selama 7 hari pada suhu ruang (25-28 °C). Parameter yang diamati adalah daya hambat isolat cendawan endofit terhadap pertumbuhan patogen, menggunakan metode Dharmaputra *et al.* (1999). Lima isolat terbaik hasil uji daya hambat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

Tabel 1. Isolat cendawan endofit yang digunakan dan lokasi asalnya
Table 1. The endophytic fungi isolate used and their origin locations

No.	Nama isolat	Klon karet	Lokasi asal
1.	CEPR.2	PR	Jawa Barat
2.	CEPR.3	PR	Jawa Barat
3.	CEPR.6	PR	Jawa Barat
4.	CEPR.9	PR	Jawa Barat
5.	CEPR.16	PR	Jawa Barat
6.	CEPR.19	PR	Jawa Barat
7.	CEPBM.3	BPM 107	Jawa Barat
8.	CEPBM.4	BPM 107	Jawa Barat
9.	CEPBM.14	BPM 107	Jawa Barat
10.	CEPBM.21	BPM 107	Jawa Barat
11.	CEPBM.22	BPM 107	Jawa Barat
12.	CEPBM.24	BPM 107	Jawa Barat
13.	DMJE.20	GT 1	Kalimantan Barat
14.	DMJE.22	GT 1	Kalimantan Barat
15.	DMJE.24	GT 1	Kalimantan Barat
16.	DMJE.27	GT 1	Kalimantan Barat
17.	DTJE.1	GT 1	Kalimantan Barat
18.	DTJE.3	GT 1	Kalimantan Barat
19.	DTJE.5	GT 1	Kalimantan Barat
20.	DTJE.6	GT 1	Kalimantan Barat

Uji Daya Hambat Metabolit Sekunder Cendawan Endofit terhadap *C. gloeosporioides* pada Daun Karet

Metabolit sekunder dibuat dengan cara menumbuhkan cendawan endofit pada medium *potato dextrose broth* (PDB). Dua potong inokulum cendawan endofit berukuran $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$ ditumbuhkan pada 250 ml medium PDB dalam erlenmeyer 500 ml. Kultur dibuat dalam erlenmeyer 500 ml, selanjutnya diinkubasi menggunakan *platform shaker* (27 °C; 120 rpm) selama 7 hari. Setelah 7 hari, sel dipisahkan dari miselium (biomassa) cendawan dengan cara disentrifugasi (6000 rpm; 15 menit). Supernatan yang terbentuk disaring menggunakan kertas saring dan dipasteurisasi dengan cara memasukkan ke dalam *waterbath* (60 °C; 30 menit) (Margiono, 2008). Pasteurisasi dilakukan untuk mematikan sel cendawan yang terbawa dalam metabolit tetapi tidak merusak senyawa bioaktif yang terkandung didalamnya.

Cendawan endofit (5 isolat terbaik hasil uji *in vitro* yaitu CEPR.6, CEPR.19, CEPBM.21, DTJE.1, dan DMJE.27) diuji keefektifan metabolit sekundernya terhadap *C. gloeosporioides* pada daun karet klon PB 260. Daun karet muda dicuci bersih dengan air mengalir, kemudian dikeringanginkan. Setelah kering, daun disemprot dengan metabolit sekunder cendawan endofit (sesuai perlakuan). Sebagai kontrol, daun karet disemprot dengan air steril dan pembanding digunakan fungisida Mankozeb sesuai dosis anjuran (0,2 g/l). Selanjutnya daun karet diletakkan dalam kotak plastik

berukuran 40 x 25 x 10 cm yang telah dialasi dengan tissu steril. Untuk menjaga kelembaban, tissu disemprot dengan air steril sampai lembab. Sehari setelah perlakuan endofit daun karet diinokulasi dengan *C. gloeosporioides* dengan kerapatan 10^6 spora/ml dengan cara menyemprotkan suspensi spora ke daun. Selanjutnya kotak plastik disimpan pada suhu 25 °C. Pengamatan dilakukan setiap hari sampai hari ke-5 terhadap masa inkubasi, jumlah bercak, dan intensitas serangan.

Mekanisme Kerja Endofit

Antagonisme

Mekanisme antagonisme diuji menggunakan metode kultur ganda (Dharmaputra *et al.*, 1999). Pengamatan dilakukan terhadap penghambatan pertumbuhan patogen apakah bersifat kompetisi, hiperparasit atau antibiosis. Kompetisi adalah dimana pertumbuhan cendawan endofit lebih cepat dari pertumbuhan *C. gloeosporioides* sehingga semua ruang dipenuhi oleh cendawan endofit, akibatnya pertumbuhan *C. gloeosporioides* terhambat. Sedangkan mekanisme mikoparasit adalah cendawan endofit memarasiti *C. gloeosporioides* sehingga dinding sel *C. gloeosporioides* hancur atau mengalami malformasi. Antibiosis isolat endofit dapat dilihat dengan adanya zona hambatan.

Induksi Ketahanan

Aktivitas asam salisilat merupakan salah satu variabel pendukung untuk induksi ketahanan tanaman terhadap patogen (Sudha dan Ravishankar 2002). Analisis asam salisilat dilakukan menggunakan metode Tenhaken & Rübel (1997) yang dimodifikasi. Bibit karet diinfeksi dengan cendawan endofit (dengan menyemprotkan suspensi 10^8 spora/ml ke seluruh permukaan daun), kemudian diinokulasi dengan *C. gloeosporioides* (10^5 spora/ml). Satu minggu setelah perlakuan, dilakukan analisis asam salisilat. Daun karet sebanyak 1,0 g digerus dalam mortar sambil ditambah 3 ml campuran metanol dan aseton (1:1, v/v), kemudian dipindahkan ke tabung ependorf dan disentrifugasi dengan kecepatan 5.000 rpm selama 10 menit. Supernatan dan endapan dipisahkan. Endapan diekstraksi kembali dengan menambahkan 1 ml campuran metanol dan aseton (1:1 v/v), kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 5.000 rpm selama 10 menit. Supernatan yang dihasilkan kemudian digabung dengan supernatan hasil yang pertama, dan selanjutnya dikeringkan secara vakum dengan freeze dryer, residu kering lalu disuspensi dengan menambahkan 30% metanol. Suspensi kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 5.000 rpm selama 10 menit. Endapan yang terbentuk dibuang dan supernatan digunakan untuk analisis. Kandungan senyawa asam salisilat dianalisis menggunakan HPLC.

Pemicu Pertumbuhan

Untuk mengetahui apakah cendawan endofit dapat memacu pertumbuhan tanaman maka dilakukan analisis terhadap hormon tumbuh, yaitu *Indol Acetic Acid* (IAA). Daun tanaman karet yang sudah diperlakukan dengan cendawan endofit (seperti pada percobaan induksi ketahanan) dianalisis kadar IAA-nya dengan menggunakan metode HPLC. Prosedur pengujian mengikuti metode Iacobellis *et al.* (1998), sebagai berikut:

1. Eluen yang digunakan dibuat dari campuran metanol dan air dengan perbandingan 60:40 v/v kemudian disaring dengan membran selulosa asetat dengan porositas 0,2 μ m. Sebanyak 0,0025 g IAA standar dilarutkan dalam 20 ml metanol glacial dan diencerkan secara bertahap dengan metanol glacial dengan perbandingan 1:1.
2. Sampel, eluen dan IAA standar disonikasi selama 15 menit. Kemudian eluen di-*running* dalam kolom HPLC selama 10 menit. Sebanyak 10 μ l IAA standar dengan berbagai konsentrasi disuntikan ke dalam kolom HPLC.
3. Setelah itu, sebanyak 10 μ l sampel pada berbagai pengenceran disuntikkan ke dalam kolom HPLC. Pengukuran dilakukan pada suhu kolom 40 °C,

kecepatan alir 1 ml/menit, dan panjang gelombang 280 nm.

4. Hasil yang positif ditunjukkan dengan waktu retensi kromatogram sampel relatif sama dengan waktu retensi kromatogram IAA standar.
5. Konsentrasi fitohormon IAA yang dihasilkan dapat dihitung dengan menggunakan variabel area IAA standar, area sampel, dan faktor pengencerannya.

Uji Keefektifan Endofit terhadap *C. gloeosporioides* pada Bibit Karet

Cendawan endofit yang potensial hasil *in vitro* (CEPR.6, CEPR.19, CEBPM.21, DTJE.1, dan DMJE.27) diuji keefektifannya terhadap *C. gloeosporioides* pada bibit karet di rumah kaca. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap 7 perlakuan dengan 5 ulangan, dan setiap petak percobaan terdiri dari 5 bibit. Perlakuannya adalah isolat endofit dan sebagai pembanding digunakan fungisida kimia (Mankozebe, 0,2 g/l, dan kontrol (hanya dinokulasi dengan *C. gloeosporioides*). Bibit karet klon PB 260 ditanam dalam polibag yang berisi tanah dan pupuk kandang dengan perbandingan 2:1. Setelah berumur 8 bulan, bibit karet diperlakukan dengan endofit dengan cara menyemprotkan suspensi spora dengan kerapatan 10^8 spora/ml keseluruhan permukaan daun. Tiga hari setelah perlakuan endofit tanaman diinokulasi dengan spora *C. gloeosporioides* dengan kerapatan 10^5 spora/ml. Selanjutnya tanaman disungkup dengan kantong plastik untuk menjaga kelembapan. Sebagai perlakuan kontrol adalah bibit karet hanya diinokulasi dengan *C. gloeosporioides*. Pemeliharaan tanaman disesuaikan dengan standar operasional prosedur (SOP) budidaya bibit karet. Pengamatan dilakukan terhadap perkembangan gejala penyakit, jumlah bercak, dan keparahan penyakit pada daun karet. Keparahannya dihitung berdasarkan rumus menurut Pawirosoemardjo (1999) sebagai berikut:

$$IS = \frac{\sum(n_i \times v_i)}{N \times Z}$$

Keterangan:

IS = keparahan penyakit

n_i = jumlah daun dari setiap kategori serangan

v_i = nilai skala dari tiap kategori serangan

N = jumlah seluruh daun yang diamati

Z = nilai skala tertinggi dari kategori serangan

Kategori skala (skoring) penyakit gugur daun *C. gloeosporioides* menurut Pawirosoemardjo (1999) seperti yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skoring intensitas serangan penyakit *C. gloeosporioides*
Table 2. Scoring of disease intensity of *C. gloeosporioides*

Skor	Keterangan
0	Tidak terdapat bercak pada daun
1	Terdapat bercak pada daun 1/16 bagian
2	Terdapat bercak pada daun 1/8 bagian
3	Terdapat bercak pada daun 1/4 bagian
4	Terdapat bercak pada daun 1/2 bagian
5	Terdapat bercak pada daun >1/2 bagian
6	Daun gugur total

Analisis data

Untuk menguji pengaruh perlakuan terhadap seluruh peubah yang diamati dilakukan analisis ragam dan bila terdapat perbedaan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menggunakan uji Tukey pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daya Hambat Cendawan Endofit terhadap *C. gloeosporioides* In Vitro

Hasil pengujian daya hambat isolat cendawan endofit terhadap *C. gloeosporioides*, dari 20 isolat cendawan yang diuji, memperlihatkan daya hambat yang bervariasi yaitu 64,17%-86,67% (Tabel 3).

Berdasarkan daya hambat cendawan endofit terhadap pertumbuhan koloni *C. gloeosporioides* pada media PDA, maka diperoleh 6 dari 20 isolat yang diuji,

yaitu CEPR.19, CEPR.6, CEBPM.21, DTJE.1, DMJE.27, dan CEBPM.24, yang memiliki daya hambat >80% sehingga prospektif untuk dikembangkan lebih lanjut. Daya hambat cendawan endofit biasanya dihubungkan dengan mekanisme kerja dari cendawan tersebut. Mekanisme cendawan endofit dalam menekan patogen penyakit tanaman dapat melalui antibiosis, kompetisi, parasitisme, induksi ketahanan, dan dengan menghasilkan metabolit sekunder. Hasil penelitian mekanisme cendawan endofit secara *in vitro*, isolat cendawan endofit yang diuji bersifat antibiosis, hiperparasit, dan kompetisi (Tabel 5).

Uji Metabolit Sekunder Cendawan Endofit terhadap *C. gloeosporioides* pada Daun Karet In Vitro

Hasil pengamatan pengaruh metabolit sekunder cendawan endofit terhadap *C. gloeosporioides* pada daun karet menunjukkan bahwa metabolit sekunder cendawan endofit tidak memperlihatkan pengaruh yang nyata terhadap masa inkubasi penyakit gugur daun *Colletotrichum* dibanding dengan kontrol. Masa inkubasi pada perlakuan cendawan endofit adalah 3,00-3,25 hari sedangkan pada kontrol 3,00 hari. Pengaruh metabolit sekunder cendawan endofit baru terlihat nyata pada jumlah bercak dan keparahan penyakit. Jumlah bercak *C. gloeosporioides* terendah pada perlakuan DTJE.1 yaitu 35,30 bercak tidak berbeda nyata dengan isolat CEBPM.21 dan DMJE.27, tetapi berbeda dengan isolat CEPR.19 dan isolat CEPR.6.

Tabel 3. Persentase daya hambat isolat cendawan endofit asal tanaman karet terhadap *C. gloeosporioides*
Table 3. Inhibition rate of endophytic fungus isolates derived from rubber plant against *C. gloeosporioides*

No.	Isolat cendawan endofit	Daya hambat (%)
1.	CEPR.2	79,17
2.	CEPR.3	78,33
3.	CEPR.6	83,33
4.	CEPR.9	77,08
5.	CEPR.16	64,58
6.	CEPR.19	86,67
7.	CEPBM.3	73,30
8.	CEPBM.4	67,31
9.	CEPBM.14	67,92
10.	CEPBM.21	83,33
11.	CEPBM.22	66,00
12.	CEPBM.24	81,29
13.	DMJE.20	67,92
14.	DMJE.22	67,08
15.	DMJE.24	67,92
16.	DMJE.27	82,50
17.	DTJE.1	82,92
18.	DTJE.3	73,75
19.	DTJE.5	74,58
20.	DTJE.6	64,58

Keterangan: angka yang dicetak tebal menunjukkan daya hambat >80%

Note: the numbers in bold typed indicate the inhibition rate >80%

Tabel 4. Pengaruh metabolit sekunder cendawan endofit terhadap masa inkubasi, jumlah bercak, dan keparahan penyakit *C.gloeosporioides* pada daun karet pada hari ke-5 setelah perlakuan

Table 4. Effect of secondary metabolites of endophytic fungi on incubation period, number of spots, and disease severity of *C. gloeosporioides* on rubber leaves on the fifth days after treatment

Perlakuan	Masa inkubasi (hari)	Jumlah bercak	Keparahan penyakit (%)
CEPR.19	3,25 a	61,40 b	33,33 b
CEPR.6	3,00 a	93,40 a	47,92 a
DTJE.1	3,00 a	35,30 c	18,75 c
DMJE.27	3,12 a	51,60 bc	27,08 c
CEBPM.21	3,00 a	41,00 c	22,92 c
Mankozeb	3,50 a	24,25 c	20,83 c
Kontrol	3,00 a	108,00 a	48,00 a

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

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

Untuk keparahan penyakit *C. gloeosporioides* pada daun karet, metabolit sekunder cendawan endofit DTJE1 memperlihatkan keparahan penyakit terendah yaitu 18,75%, tidak berbeda dengan metabolit sekunder CEBM.21, DMJE.1, dan fungisida kimia Mankozeb, tetapi berbeda dengan metabolit sekunder lain (CEPR.19) dan kontrol yang memiliki tingkat keparahan penyakitnya masing-masing 33,33% dan 48,00% (Tabel 4).

Rendahnya jumlah bercak pada perlakuan isolat cendawan endofit diduga disebabkan oleh senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan cendawan. Senyawa metabolit sekunder tersebut mampu menghambat perkecambahan spora *C. gloeosporioides* sehingga proses penetrasi spora ke daun berkurang. Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan cendawan dapat berupa antibiotik, enzim dan toksin (Harni *et al.*, 2017). Hasil penelitian Saryanah *et al.* (2019) menunjukkan bahwa metabolit sekunder dari cendawan endofit dapat menghambat perkecambahan konidium *C. acutatum* sehingga menurunkan jumlah inokulum viabel dan infeksi patogen dapat ditekan.

Endofit dapat memproduksi berbagai jenis metabolit sekunder pada tanaman seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, anthraquinon, kuinon, fenil propanoid, fenolik, turunan isokumarin, senyawa alifatik, peptide dan enzim (Agusta, 2013). Beberapa senyawa fenol dan steroid yang diisolasi dari cendawan endofit dilaporkan memiliki aktivitas anti cendawan terhadap cendawan patogen (Li *et al.*, 2008; Yu *et al.*, 2010). Senyawa fenol yang diisolasi dari cendawan endofit *Pestalotiopsis adusta* memiliki aktivitas anti cendawan terhadap patogen *Fusarium culmorum*, *Gibberella zeae*, dan *Verticillium albo-atrum* (Li *et al.*, 2008). Cendawan endofit *Fusarium* E4 dan E5 dapat meningkatkan kandungan terpenoid yang berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman (You *et al.*, 2009).

Mekanisme Kerja Cendawan Endofit

Antagonisme

Hasil pengamatan mekanisme cendawan endofit terhadap *C. gloeosporioides* memperlihatkan mekanisme yang bervariasi diantaranya adalah antibiosis, mikoparasit, dan kompetisi (Tabel 5). Isolat cendawan endofit CEPR.19 bersifat antibiosis dan hiperparasit, CEPR.6 dan DTJE.1 bersifat antibiosis dan kompetisi, DMJE.27 bersifat antibiosis dan hiperparasit dan CEBPM.21 bersifat antibiosis dan kompetisi. Gunatilaka (2006) melaporkan bahwa cendawan endofit menghasilkan senyawa yang bersifat anticendawan dan antibakteri yang dapat menghambat pertumbuhan patogen tanaman. Cendawan endofit yang diisolasi dari *Artemisia annua* dapat menghasilkan zat yang dapat menghambat pertumbuhan beberapa pathogen (Liu *et al.*, 2001). Demikian juga halnya dengan cendawan endofit dari tanaman kakao dapat menghambat pertumbuhan *Phytophthora palmivora* dengan mekanisme antibiosis, mikoparasit, dan kompetisi (Harni *et al.*, 2016).

Mekanisme antibiosis dapat dilihat dengan adanya zona bening pada media di daerah pertemuan antara cendawan endofit dan *C. gloeosporioides*. Mekanisme ini ditemukan pada isolat CEPR.6, CEPR.19, DMJE.27 DTJE.1 dan CEBPM.21. Mekanisme hiperparasit adalah kemampuan cendawan endofit menutupi *C. gloeosporioides* dan pada pertemuan kedua cendawan tersebut tampak hifa cendawan endofit melilit dan melisis hifa *C. gloeosporioides*. Mekanisme hiperparasit ini ditemukan pada isolat CEPR.19, dan DMJE.27. Sedangkan mekanisme kompetisi adalah koloni cendawan endofit tumbuh lebih cepat sehingga menghambat dan menutupi koloni *C. gloeosporioides*. Kompetisi ditemukan pada isolat CEPR.6, DTJE.1, dan CEBPM.21. Mekanisme penghambatan dari isolat cendawan endofit kadang-kadang ditemukan beberapa mekanisme.

Tabel 5. Mekanisme antagonis isolat cendawan endofit terhadap *C. gloeosporioides*
Table 5. Antagonistic mechanism of endophytic fungi isolates against *C. gloeosporioides*

Isolat cendawan endofit	Antibiosis	Hiperparasit	Kompetisi
CEPR.19	+	+	-
CEPR.6	+	-	+
DTJE.1	+	-	+
DMJE.27	+	+	-
CEBPM.21	+	-	+

Tabel 6. Pengaruh cendawan endofit terhadap kadar asam salisilat dan *indol acetic acid* (IAA) pada daun karet
Table 6. Effect of endophytic fungi on salicylic acid and indole acetic acid (IAA) content in rubber leaves

Perlakuan	Asam salisilat (mg/kg)	IAA (mg/kg)
CEPR.19	4,74	4,24
CEPR.6	2,35	2,11
DTJE.1	4,18	5,09
DMJE.27	3,71	4,72
CEBPM.21	3,32	1,44
Kontrol	2,92	2,69

Banyak mikroorganisme memproduksi dan melepaskan enzim litik yang dapat menghidrolisis berbagai macam senyawa polimer, termasuk kitin, protein, selulosa, hemicellulose dan DNA (Tripathi *et al.*, 2008). Ketika endofit berkoloni di permukaan tanaman, mereka menghasilkan enzim untuk menghidrolisis dinding sel tanaman. Akibatnya, enzim-enzim tersebut juga berfungsi untuk menekan aktivitas patogen tanaman secara langsung dan memiliki kemampuan mendegradasi dinding sel cendawan seperti 1,3-glukanase, kitinase dan selulase. Enzim 1,3-glukanase pada *Lysobacter enzymogenes* strain C3 dapat mengurangi bercak daun pada bit gula (Palumbo *et al.*, 2005).

Induksi Ketahanan

Hasil analisis kadar asam salisilat pada daun karet yang diperlakukan dengan cendawan endofit menunjukkan bahwa semua isolat dapat meningkatkan ketahanan tanaman dibandingkan dengan kontrol, kecuali isolat CEPR.6. Kadar asam salisilat masing-masing isolat (CEBPM.21, CEPR.19, DTJE.1, dan DMJE.27) bervariasi antara 3,32 mg/kg hingga 4,74 mg/kg, sedangkan pada kontrol hanya 2,92 mg/kg. Adapun hasil analisis IAA pada daun karet menunjukkan bahwa isolat DTJE.1, DMJE.27, dan CEPR.9 meningkatkan kandungan IAA dibandingkan dengan kontrol, sedangkan isolat lain (CEPR.6 dan CEBPM.21) kandungannya lebih rendah dari kontrol. Kadar IAA paling tinggi terdapat pada perlakuan isolat DTJE.1 yaitu 5,09 mg/kg tidak jauh berbeda dengan DMJE.27 dan CEPR.9 masing-masing 4,72 mg/kg dan 4,42 mg/kg (Tabel 6).

Mekanisme utama cendawan endofit dalam mengendalikan penyakit tanaman adalah meningkatkan ketahanan inang dengan menginduksi ketahanan. Menurut Gao *et al.* (2010) ada dua bentuk induksi ketahanan, yaitu *Systemic Acquired Resistance* (SAR) dan *Induced Systemic Resistance* (ISR). SAR berperan dalam ketahanan tanaman sebagai molekul sinyal yang memicu ekspresi gen PR (*Pathogen-related Genes*) (Vlot *et al.*, 2008). ISR diinduksi oleh beberapa rhizobakteri *nonpathogenic* yang berperan dalam produksi asam jasmonic atau etilen dan terkait dengan akumulasi protein PR (Vallad & Goodman, 2004; Tripathi *et al.*, 2008).

Mekanisme induksi ketahanan oleh cendawan endofit adalah ISR; asam salisilat dapat mengaktifkan gen-gen PR dan memproduksi protein yang berhubungan dengan kondisi patologis seperti peroksidase, kitinase, glukanase, protease inhibitor, dan lain-lain. Menurut Tondok *et al.* (2012) cendawan endofit *Xylariaceae*, *C. Gambosa*, *R. Friabile*, *Aschersonia* sp. dari buah kakao mampu produksi asam salisilat yang berperan sebagai penginduksi gen ketahanan. Cendawan endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan memproduksi sejumlah metabolit pemacu tumbuh (Dai *et al.*, 2008). Metabolit yang mampu diproduksi oleh cendawan endofit diantaranya adalah IAA, giberelin, auksin, dan sitokinin (Khan *et al.*, 2008). Cendawan endofit *Colletotrichum* sp. dapat menghasilkan IAA (Lu *et al.*, 2000), sedangkan *Fusarium* sp. memproduksi auksin (Gao *et al.*, 2010).

Efektivitas Cendawan Endofit terhadap *C. gloeosporioides* pada Bibit Karet

Hasil pengamatan efektivitas cendawan endofit terhadap infeksi *C. gloeosporioides* pada bibit karet, semua isolat cendawan endofit dapat menekan jumlah bercak dan keparahan penyakit dibanding dengan kontrol (Tabel 7). Jumlah bercak terendah pada perlakuan isolat cendawan endofit CEPR.19 yaitu 11,4 bercak tidak berbeda nyata dengan isolat CEBPM.21 dan fungisida kimia (13,4 dan 13,8 bercak) tetapi berbeda nyata dengan yang lain (DTJE.1, DMJE.27, dan CEPR.6) dengan jumlah bercak berturut-turut 17,8; 18,4; 19,0; dan 21,4 bercak.

Isolat cendawan endofit juga dapat menekan keparahan penyakit *C. gloeosporioides* pada bibit karet. Keparahannya terendah pada perlakuan isolat cendawan endofit CEBPM.21 yaitu 10,44%, tidak berbeda nyata dengan isolat CEPR.19 dan DTJE.1, masing-masing dengan keparahan penyakit 10,67% dan 13,22%. Keparahannya penyakit ketiga isolat cendawan endofit tersebut tidak berbeda nyata dengan fungisida kimia Mankozebe yaitu 11,87% (Tabel 7). Penekanan keparahan penyakit gugur daun *Colletotrichum* pada bibit karet sejalan dengan jumlah bercak dan keparahan penyakit. Penekanan keparahan penyakit tertinggi pada perlakuan isolat cendawan endofit CEBPM.21, diikuti oleh isolat CEPR.19 dan DTJE.1 masing-masing 68,57%, 67,88%, dan 60,20%.

Rendahnya jumlah bercak dan intensitas serangan pada CEBPM.21, CEPR.19, dan DTJE.1 karena isolat menginduksi ketahanan tanaman dengan meningkatkan kadar asam salisilat. Hasil analisis asam salisilat, isolat CEBPM.21, CEPR.19, dan DTJE.1 dapat menginduksi ketahanan tanaman (Tabel 7) dengan meningkatnya kadar asam salisilat. Asniah *et al.* (2014)

melaporkan bahwa cendawan endofit dapat menekan kejadian penyakit *antrachnosa* pada cabe yang disebabkan oleh *C. gloeosporioides*. Sementara itu, Villarraga *et al.* (2017) menggunakan bakteri endofit *Streptomyces* sp. asal tanaman karet untuk mengendalikan *C. gloeosporioides*. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa bakteri endofit *Streptomyces* sp. dapat menekan infeksi *C. gloeosporioides* pada daun karet.

Jumlah bercak dan tingkat keparahan penyakit pada bibit karet di rumah kaca (Tabel 7) jauh lebih rendah bila dibandingkan dengan daun karet pada kotak plastik yang diuji secara *in vitro* (Tabel 4). Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh tidak berfungsinya senyawa perangsang ketahanan pada daun karet di kotak plastik karena daun tersebut sudah terlepas dari tanamannya. Di samping itu, pada kotak plastik yang diuji hanya metabolit sekunder tidak dengan hifa/spora, sehingga untuk isolat yang bersifat kompetisi menjadi kurang efektif.

Hasil pengamatan pengaruh cendawan endofit terhadap pertumbuhan tanaman karet, perlakuan cendawan endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karet (pertambahan tinggi, dan jumlah daun) dibanding dengan kontrol, 3 bulan setelah perlakuan. Pertambahan tinggi tanaman tertinggi pada perlakuan isolat CEPR.6 tidak berbeda nyata dengan CEPR.19 dan DTJE.1 masing-masing 7,5; 5,9; dan 5,0 cm, sedangkan perlakuan yang lainnya hanya 2,5-4,8 cm. Untuk pertambahan jumlah daun, isolat CEPR.19 memperlihatkan pertambahan yang relatif lebih banyak yaitu 8,2 daun (tidak berbeda dengan fungisida Mankozebe), dan isolat yang lain hanya 2,0-5,0 daun. Sedangkan untuk pertambahan diameter batang, perlakuan cendawan endofit belum berpengaruh nyata sampai 3 bulan setelah perlakuan (Tabel 8).

Tabel 7. Pengaruh cendawan endofit terhadap jumlah bercak dan keparahan penyakit gugur daun *Colletotrichum* pada bibit karet di rumah kaca

Table 7. Effect of endophytic fungi on the number of spots and severity of *Colletotrichum* leaf fall disease on rubber seedlings in the greenhouse

Perlakuan	Jumlah bercak	Keparahan penyakit (%)	Penekanan keparahan penyakit (%)
CEPR.6	19,0 b	14,44 b	56,53
CEPR.19	11,4 c	10,67 c	67,88
CEBPM.21	13,4 c	10,44 c	68,57
DTJE.1	17,8 b	13,22 bc	60,20
DMJE27	18,4 b	14,67 b	55,83
Mankozebe	13,8 c	11,87 c	64,26
Kontrol	32,0 a	33,22 a	-

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

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

Tabel 8. Pengaruh cendawan endofit terhadap pertambahan tinggi, diameter batang, dan jumlah daun tanaman karet selama 3 bulan setelah diinokulasi dengan *C. gloeosporioides* di rumah kaca

Table 8. Effect of endophytic fungi on the increase in height, stem diameter, and leaf number of rubber seedlings for 3 months after being inoculated with *C. gloeosporioides* in the greenhouse

Perlakuan	Pertambahan tinggi tanaman selama 3 bulan (cm)	Pertambahan diameter batang selama 3 bulan (cm)	Pertambahan jumlah daun selama 3 bulan
CEPR.6	7,5 a	0,1 a	5,0 b
CEPR.19	5,9 ab	0,2 a	8,2 a
CEBPM.21	4,8 b	0,2 a	3,8 c
DTJE.1	5,0 ab	0,2 a	5,0 b
DMJE.27	2,5 c	0,2 a	2,0 c
Mankoze	4,8 b	0,2 a	9,4 a
Kontrol	2,8 c	0,1 a	3,6 c

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

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

Meningkatnya pertumbuhan tanaman karet untuk isolat CEPR.19 dan DTJE.1 disebabkan oleh isolat yang diuji dapat menekan perkembangan *C. gloeosporioides* serta meningkatkan kadar IAA dalam daun. Hasil analisis IAA kedua isolat tersebut cukup tinggi yaitu 4,24 dan 5,09 mg/kg (Tabel 6). Hasil penelitian Hidayati *et al.* (2014) membuktikan bahwa endofit dari tanaman karet yaitu *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus cereus*, *Brachybacterium paraconglomeratum*, dan *Providencia vermicola* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karet dengan menghasilkan hormon IAA, giberelin, dan sitokinin (zeatin dan kinetin).

Endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mencegah berbagai cekaman abiotik dan biotik (Giménez *et al.*, 2007; Kulda & Bacon, 2008). Tanaman yang terinfeksi endofit laju pertumbuhannya meningkat yang disebabkan oleh adanya zat pemacu tumbuh yang diproduksi oleh cendawan endofit. Zat pemacu tumbuh tersebut adalah giberelin, auksin, dan sitokinin (Dai *et al.* 2008; Hamayun *et al.* 2010; Khan *et al.* 2012). Cendawan endofit *Colletotrichum* sp. pada *Artemisia annua* menghasilkan IAA yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Lu *et al.*, 2000). Hasil penelitian Ramdan *et al.*, (2018) menunjukkan bahwa cendawan endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman cabe (tinggi tajuk, panjang akar, bobot basah dan kering). Di samping itu, peningkatan pertumbuhan tanaman oleh cendawan endofit diduga karena adanya transfer nutrisi yang diperoleh secara saprofitik.

KESIMPULAN

Cendawan endofit yang berasal dari tanaman karet dapat menekan pertumbuhan *C. gloeosporioides* 64,17% - 86,67%. Dari 20 isolat yang diuji diperoleh tiga isolat cendawan endofit yang potensial untuk mengendalikan *C. gloeosporioides* pada daun karet, yaitu

CEBPM.21, CEPR.19, dan DTJE.1 dengan menekan keparahan penyakit masing-masing sebesar 68,57%, 67,88%, dan 60,20%, sama dengan fungisida kimia. Ketiga isolat tersebut potensial digunakan sebagai agens hayati pengendalian penyakit gugur daun karet *Colletotrichum*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Litbang Pertanian yang sudah memberikan dana penelitian melalui DIPA APBN Balittri 2018. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak Mantri, Anisa Solehah, dan Euis yang telah membantu kegiatan di laboratorium dan rumah kaca.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Rita Harni (Kontributor Utama)
2. Khaerati (Kontributor Anggota)
3. Edi Wardiana (Kontributor Anggota)

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, A. (2013). Nerolidol, komponen kimia aromatik tanaman teh yang juga diproduksi oleh jamur endofit *Schizophyllum* sp. *Berita Biologi*, 12(2), 177–181.
- Ahmad, N., Hamayun, M., Khan, S. A., Khan, A. L., Lee, I. J., & Shin, D. H. (2010). Gibberellin-producing endophytic fungi isolated from *Monochoria vaginalis*. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 20(12), 1744–1749. <https://doi.org/10.4014/jmb.1005.05018>.
- Asniah, Lestari, D., Mariadi, & Darlian, L. (2014). Potensi cendawan endofit nonpatogen asal akar tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) sebagai biofungisida patogen *Fusarium oxysporum*. *Agriplus*, 24(2), 177–183.

- Dai, C. C., Yu, B. Y., & Li, X. (2008). Screening of endophytic fungi that promote the growth of *Euphorbia pekinensis*. *African Journal of Biotechnology*, 7(19), 3505–3510. <https://doi.org/10.4314/ajb.v7i19.59361>.
- Dharmaputra, O. S., Gunawan, A. W., Wulandari, R., & Basuki, T. (1999). Cendawan kontaminan dominan pada bedengan jamur merang dan interaksinya dengan jamur merang secara in-vitro. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 4(1), 14–18.
- Gao, F., Dai, C., & Liu, X. (2010). Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens. *African Journal of Microbiology Research*, 4(13), 1346–1351.
- Gazis, R. O. (2012). *Evaluating the endophytic community in planted and wild rubber trees (Hevea brasiliensis)*. University of Maryland, College Park.
- Giménez, C., Cabrera, R., Reina, M., & González-Coloma, A. (2007). Fungal endophytes and their role in plant protection. *Current Organic Chemistry*, 11, 707–720.
- Gunatilaka, A. A. L. (2006). Natural products from plant-associated microorganisms: distribution, structural diversity, bioactivity, and implications of their occurrence. *Journal of Natural Product*, 69(3), 509–526. <https://doi.org/10.1021/np058128n>.
- Harni, R. 2016. Penyakit gugur daun Colletotrichum pada tanaman karet. Media Komunikasi (Medkom) Tanaman Industri dan Penyegar.
- Harni, R., Amara, W., Khaerati, Taufiq, E. (2016). Isolasi dan seleksi jamur endofit asal tanaman kakao sebagai agens hayati *Phytophthora palmivora* Bult. *JTIDP* 3(3), 141–150.
- Harni, R., Amaria, W., Syfaruddin, & Mahsunah, A. H. (2017). Potensi metabolit sekunder *Trichoderma* spp. untuk mengendalikan penyakit vascular streak dieback (VSD) pada bibit kakao. *JTIDP*, 4(2), 57–66.
- Hidayati, U., Chaniago, I. A., Munif, A., & Santosa, D. A. (2014). Potensi bakteri endofit asal tanaman karet sebagai pemacu pertumbuhan bibit batang bawah tanaman karet (*Hevea brasiliensis* Mull.Arg.). *Jurnal Penelitian Karet* 2014, 32(2), 129–138.
- Iacobellis, N. S., Caponero, A., & Evidente, A. (1998). Characterization of *Pseudomonas syringae* ssp. savastanoi strains isolated from ash. *Plant Pathology*, 47, 73–83. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.1998.00202.x>.
- Khan, S. A., Hamayun, M., Rim, S. O., Lee, I. J., Seu, J. C., Choo, Y. S., Jin, I. N., Kim, S. D., Lee, I. K., & Kim, J. G. (2008). Isolation of endophytic fungi capable of plant growth promotion from monocots inhabited in the Coastal Sand Dunes of Korea. *Journal of Life Science*, 18(10), 1355–1359. <https://doi.org/10.5352/jls.2008.18.10.1355>.
- Kuldau, G., & Bacon, C. (2008). Clavicipitaceous endophytes: Their ability to enhance resistance of grasses to multiple stresses. *Biological Control*, 46(1), 57–71. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.023>.
- Kumar, N., & Khurana, S. M. P. (2021). Trichoderma-plant-pathogen interactions for benefit of agriculture and environment. In *Biocontrol Agents and Secondary Metabolites* (pp. 41–63). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822919-4.00003-x>.
- Li, E., Jiang, L., Guo, L., Zhang, H., & Che, Y. (2008). Pestalachlorides A-C, antifungal metabolites from the plant endophytic fungus *Pestalotiopsis adusta*. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 16(17), 7894–7899. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2008.07.075>.
- Liu, C. H., Zou, W. X., Lu, H., & Tan, R. X. (2001). Antifungal activity of *Artemisia annua* endophyte cultures against phytopathogenic fungi. *Journal of Biotechnology*, 88(3), 277–282. [https://doi.org/10.1016/S0168-1656\(01\)00285-1](https://doi.org/10.1016/S0168-1656(01)00285-1).
- Lu, H., Zou, W. X., Meng, J. C., Hu, J., & Tan, R. X. (2000). New bioactive metabolites produced by *Colletotrichum* sp., an endophytic fungus in *Artemisia annua*. *Plant Science*, 15(1), 67–73. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(99\)00199-5](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(99)00199-5).
- Margiono, S. (2008). Produksi metabolit sekunder (antibiotik) oleh isolat jamur endofit Indonesia. *Majalah Farmasi Indonesia*, 19(2), 86–94.
- Palumbo, J. D., Yuen, G. Y., Jochum, C. C., Tatum, K., & Kobayashi, D. Y. (2005). Mutagenesis of β -1,3-glucanase genes in *Lysobacter* enzymogenes strain C3 results in reduced biological control activity toward bipolaris leaf spot of tall fescue and *Pythium* damping-off of sugar beet. In *Phytopathology* (Vol. 95, Issue 6, pp. 701–707). <https://doi.org/10.1094/PHYTO-95-0701>.
- Pradeep, K., Ashok Kumar, M., Raj, M. D., & Kumar, G. V. (2012). Biocontrol potential of *Trichoderma* species against mango malformation pathogens. *Phytopathology and Plant Protection*, 45(10), 1237–1245. <https://doi.org/10.1080/03235408.2012.664711>.

- Prawirosoemardjo. 1999. Epidemiologi dan pengendalian penyakit gugur daun *Corynespora* dan *Colletotrichum* secara terpadu. Laporan Proyek Penelitian, Pusat Penelitian Karet, Sungai Putih.
- Raguchander, T., Senthil, R., Shanmugapackiam, S., & Ramjegathesh, R. (2011). Formulation and delivery systems of *Pseudomonas*. In R. Samiyappan, R. Jonathan, E.I., Chandrasekar, G., Raguchander, T., Mohankumar, S., Nakkeeran, S., Karthikeyan, G., Saravanakumar, D., Rajendran, L., Ramjegathesh (Ed.), *International Workshop on Production of Biocontrol Agents, 18-22 July 2011* (Issue July, pp. 53–74).
- Ramdan, E. P., Tondok, E. T., Wiyono, S., Hidayat, S. H., & Widodo. (2018). Pengaruh aplikasi cendawan endofit terhadap pertumbuhan bibit cabai. *SEMLOKNAS: Dari Lahan Sub Optimal Bersama PAgI Menuju Kemandirian Pangan Nasional*, 165–173.
- Syamsafitri, S., & Hasanuddin, H. (2013). Isolation and exploration of rubber endophytic fungi (*Hevea brasiliensis* Muell.Arg). In *Proceedings of the National Seminar and Deans Annual Meeting of the Agricultural Sciences of the Western Region BKS-BTN*. Pontianak.
- Saryanah, N. A., Wiyono, S., & Dadang. (2019). Aktivitas metabolit sekunder cendawan endofit terhadap *Colletotrichum acutatum* pada cabai merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 15(1), 36–44. <https://doi.org/10.14692/jfi.15.1.36>.
- Situmorang, A., Budman, A., Suryannngtyas, H., Febbiyanti, R.R., dan Munir, M. (2010). Penyakit tanaman karet dan pengendaliannya. Balai Penelitian Sembawa. Pusat Penelitian Karet.
- Soares, D.A., Rosa, L.H., da Silva, J.M.M., & Pimenta, R.S. (2017). A review of bioactive compounds produced by endophytic fungi associated with medicinal plants. *Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi. Cienc. Nat., Belém*, 12(3), 331–352.
- Sudha, G. and G.A. Ravishankar. 2002. Involvement and interaction of various signaling compounds on the plant metabolics even during defense response, resistance to stress factors, formation of secondary metabolites and their molecular aspects. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 71: 181–212.
- Sukmadi, R. B. (2012). Aktivitas fitohormon Indole-3-Acetic Acid (IAA) dari beberapa isolat bakteri rizosfer dan endofit. *Jurnal Sains Dan Teknologi Indonesia*, 14(3), 221–227. <https://doi.org/10.29122/jsti.v14i3.930>.
- Tenhaken, R., & Rübel, C. (1997). Salicylic acid is needed in hypersensitive cell death in soybean but does not act as a catalase inhibitor. *Plant Physiology*, 115, 291–298. <https://doi.org/10.1104/pp.115.1.291>.
- Tondok, E. T., Sinaga, M. S., Widodo, & Suhartono, M. T. (2012). Potensi cendawan endofit sebagai agen pengendali *Phytophthora palmivora* (Butl.) penyebab busuk buah kakao. *J. Agron. Indonesia*, 40(2), 146–152.
- Tripathi, S., Kamal, S., Sheramati, I., Oelmüller, R., & Varma, A. (2008). Mycorrhizal fungi and other root endophytes as biocontrol agents against root pathogens. In A. Varma (Ed.), *Mycorrhiza* (pp. 281–). Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Vallad, G. E., & Goodman, R. M. (2004). Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science*, 44, 1920–1934. <https://doi.org/10.2135/cropsci2004.1920>.
- Villarraga, D.M.V., Tibambre, M.E.M., Romero, I.B.A., Suarez-Moreno, Z.M., & Moreno-Sarmiento, N.M. (2017). Evaluation of biocontrol properties of *Streptomyces* spp. isolates against phytopathogenic fungi *Colletotrichum gloeosporioides* and *Microcyclus ulei*. *African Journal of Microbiology Research*, 11(5), 141–154. <https://doi.org/10.5897/ajmr2016.8270>.
- Vlot, A. C., Klessig, D. F., & Park, S. W. (2008). Systemic acquired resistance: the elusive signal(s). *Current Opinion in Plant Biology*, 11, 436–442. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2008.05.003>.
- You, F., Han, T., Wo, J. Z., & Qin, L. P. (2009). Antifungal secondary metabolites from endophytic *Verticillium* sp. *Biochemical Systematics and Ecology*, 37(3), 162–165.
- Yu, H., Zhang, L., Li, L., Zheng, C., Guo, L., Li, W., Sun, P., & Qin, L. (2010). Recent developments and future prospects of antimicrobial metabolites produced by endophytes. *Microbiological Research*, 165, 437–449. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2009.11.009>.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 3, November 2021

**KERAGAMAN GENETIK KLON LOKAL KOPI ROBUSTA
ASAL TEMANGGUNG BERDASARKAN MARKA SSR**

***GENETIC VARIABILITY OF LOCAL ROBUSTA COFFEE CLONES DERIVED
FROM TEMANGGUNG BASED ON SSR MARKERS***

* Indah Sulistiyorini, Dani, Nur Kholilatul Izzah, Budi Martono

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia
* *sulistiyorini83@gmail.com*

(Tanggal diterima: 21 September 2021, direvisi: 7 Oktober 2021, disetujui terbit: 26 November 2021)

ABSTRAK

Kabupaten Temanggung merupakan salah satu sentra produksi kopi Robusta di Jawa Tengah dengan beragam klon kopi lokal yang potensial. Dari hasil eksplorasi diperoleh beberapa nomor klon lokal kopi Robusta yang berpotensi memiliki produktivitas tinggi dan diduga tahan terhadap hama/penyakit. Namun, klon kopi lokal tersebut belum diketahui secara jelas tingkat kemiripan genetiknya dengan klon-klon unggul yang sudah dilepas. Penelitian bertujuan untuk mengetahui keragaman genetik 29 klon lokal kopi Robusta asal Temanggung berdasarkan marka SSR. Penelitian dilakukan di Laboratorium Molekular lingkup Laboratorium Terpadu Balittri, mulai bulan Februari sampai Desember 2018. Penelitian menggunakan 29 nomor klon lokal yang berasal dari Temanggung dan dua varietas yang sudah dilepas, yaitu BP 42 dan BP 358, sebagai pembanding. Sebanyak 14 marka SSR yang digunakan dalam penelitian bersifat polimorfik dan mampu mengelompokkan klon kopi lokal asal Temanggung menjadi 5 grup besar dengan nilai koefisien kemiripan genetik sebesar 0,57. Empat klon kopi lokal Temanggung, yaitu kopi Putih Daun Lebar, Lokal, Tugusari Hijau, dan Tugusari Kuning berada dalam satu grup yang sama dengan klon pembanding BP 42 dan BP 358 pada grup I. Satu klon lokal (Tugusari Hijau) memiliki kemiripan genetik dengan klon pembanding BP 358 sebesar 0,91. Sementara itu, 25 klon lokal lainnya berada pada grup yang berbeda dengan klon pembanding. Klon lokal yang mempunyai jarak genetik yang jauh selanjutnya dapat dipilih sebagai kandidat klon unggul lokal dalam program pemuliaan tanaman kopi.

Kata kunci: *Coffea robusta*; kekerabatan genetik; klon lokal; marka molekuler; program pemuliaan

ABSTRACT

Temanggung is one of the centers of Robusta coffee production in Central Java, with a variety of potential local coffee clones. The exploration found that several numbers of local Robusta coffee clones had the potential to have high productivity and were resistant to pests/diseases. However, their level of genetic similarity to the superior clones that have been released has not been clearly identified. This study aimed to investigate the genetic variability of Temanggung local Robusta coffee clones based on SSR markers. The study was conducted at the Molecular Laboratory of the Integrated Laboratory, Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute from February to December 2018. A total of 29 local coffee clones derived from Temanggung along with two control coffee clones (BP 42 and BP 358) were used. All the 14 SSR markers used in the present study were polymorphic and could cluster those local coffee clones into 5 major groups at a genetic similarity coefficient of 0.57. Four local coffee clones (Putih Daun Lebar, Lokal, Tugusari Hijau and Tugusari Kuning) were in the same group with control clones in group I. One local clone (Tugusari Hijau) had a genetic similarity

with the control clone BP 358 at 0.91. Meanwhile, the other 25 local clones were in different groups from the control clones. These local clones, which showed genetic distance far from the control clones, can be selected as candidates for local superior clones in coffee breeding program.

Keywords: breeding program; *Coffea robusta*; genetic relationships; local clones; molecular marker

PENDAHULUAN

Pengembangan tanaman kopi di Indonesia harus didukung oleh paket teknologi yang mampu mendorong kearah perbaikan kuantitas maupun kualitas hasil secara berkesinambungan. Salah satu komponen paket teknologi yang penting untuk diterapkan adalah penggunaan bahan tanaman bermutu yang berasal dari klon/varietas unggul yang direkomendasikan. Karakter penting yang harus dimiliki oleh suatu klon/varietas kopi unggul adalah yang memiliki potensi produktivitas tinggi, tahan terhadap hama dan penyakit, serta memiliki mutu fisik maupun citarasa yang istimewa (Hulupi, 2016).

Program pemuliaan tanaman perkebunan secara konvensional memerlukan waktu relatif lama dan kebutuhan lahan yang lebih luas dalam kegiatan seleksi individu yang memiliki karakter target dalam suatu populasi pengujian, sehingga dalam pelaksanaannya tidak mudah (Vinod, 2003). Terkait hal tersebut, untuk menghemat waktu dan biaya, pemulia tanaman dapat memanfaatkan secara langsung bahan genetik yang sudah tersedia di lapangan dalam proses seleksi. Dengan demikian, kultivar-kultivar baru yang sesuai untuk dibudidayakan pada lingkup area yang sempit dengan kondisi lingkungan dan pola iklim spesifik dapat dihasilkan. Kultivar-kultivar yang dihasilkan tersebut akan sesuai dengan kebutuhan masyarakat petani setempat. Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan untuk mencapai tujuan tersebut dan sekaligus dalam rangka menekan biaya adalah melalui pemuliaan tanaman partisipatif, yaitu melibatkan petani setempat dalam proses pemuliaan (Brummer *et al.*, 2011).

Kabupaten Temanggung merupakan salah satu sentra produksi kopi di Provinsi Jawa Tengah yang memasok 30,27% kopi di Provinsi Jawa Tengah. Jenis kopi yang banyak dibudidayakan di Kabupaten Temanggung adalah kopi Robusta dengan luas tanam mencapai 1429,48 Ha (87%). Kopi Robusta ditanam di seluruh kecamatan dengan sentra produksi utamanya di Kecamatan Gemawang, Candiroto, Kandangan, Bejen, dan Pringsusut (Oelviani & Hermawan, 2017).

Berdasarkan hasil eksplorasi Tim Pemulia Balittri, Dinas Pertanian Temanggung, dan informasi dari petani setempat, beberapa aksesori kopi lokal asal Temanggung telah ditemukan dan diketahui berpotensi sebagai klon kopi dengan produktivitas tinggi dan diduga memiliki ketahanan terhadap hama/penyakit. Namun,

beberapa klon yang terpilih tersebut belum diketahui secara jelas tingkat kemiripan genetiknya dengan klon-klon unggul yang sudah dilepas. Salah satu evaluasi keragaman genetik yang dapat dilakukan secara cepat adalah menggunakan marka molekuler, salah satunya menggunakan marka *Simple Sequence Repeats* (SSR).

Marka SSR telah banyak dimanfaatkan dalam karakterisasi material genetik di bidang pertanian, analisis sidik jari, pemetaan genetik terkait karakter kuantitatif tertentu dan sebagai *marker-assisted selection* (MAS) pada program pemuliaan tanaman (Madesis, Ganopoulos & Tsiftaris, 2013). Keunggulan marka SSR dibandingkan dengan marka molekuler lainnya, antara lain adalah bersifat kodominan, tingkat polimorfisme tinggi, dan berbasis PCR yang mudah diaplikasikan (Lightfoot & Iqbal, 2013). Combes *et al.* (2000) memanfaatkan marka SSR dalam membedakan *C. arabica*, dan *C. canephora*. Hendre & Aggarwal (2014) mengembangkan marka SSR untuk mempelajari keragaman genetik dan pembentukan peta keterpautan genetik pada plasma nutfah kopi Robusta. Analisis keragaman genetik antar klon Robusta lokal asal Pagar Alam, Sumatera Selatan dengan menggunakan marka SSR juga telah dilakukan oleh Syafaruddin, Dani, & Pabendon (2017). Penelitian bertujuan untuk mengetahui keragaman genetik 29 klon lokal kopi Robusta asal Temanggung berdasarkan marka SSR.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Molekuler lingkup Laboratorium Terpadu, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi, mulai bulan Februari sampai Desember 2018. Sampel daun untuk isolasi DNA diambil dari daun muda dan sehat dari 29 klon lokal kopi Robusta terpilih. Sampel daun tersebut dimasukkan ke dalam kantong plastik berisi silica gel yang berfungsi untuk menyerap kelembaban pada daun agar lebih awet dalam penyimpanan.

Bahan tanaman

Bahan tanaman yang digunakan untuk analisis keragaman genetik terdiri dari 29 nomor klon kopi Robusta asal Temanggung, Jawa Tengah (Tabel 1). Sebagai pembandingan digunakan dua klon unggul nasional kopi Robusta, yaitu klon BP 358 dan BP 42.

Tabel 1. Daftar klon lokal kopi Robusta Temanggung dan klon pembanding yang digunakan dalam analisis molekuler
Table 1. List of local coffee clones derived from Temanggung and control clones used in molecular analysis

No.	Nama klon (kode)	Asal			Ketinggian tempat (m dpl)
		Desa	Kecamatan	Kabupaten	
Klon lokal:					
1.	Kopi putih daun kecil (T1)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
2.	Kopi putih daun lebar (T2)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
3.	Tugusari 2 (T3)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
4.	Lokal (T4)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
5.	Tugusari hijau (T5)	Malebo	Kandangan	Temanggung	700
6.	Tugusari kuning (T6)	Malebo	Kandangan	Temanggung	700
7.	Kopi Eva (T7)	Malebo	Kandangan	Temanggung	700
8.	SA (T8)	Malebo	Kandangan	Temanggung	700
9.	Rowo Seneng (T9)	Rawaseneng	Kandangan	Temanggung	700
10.	Tugusari Hijau (T10)	Rawaseneng	Kandangan	Temanggung	700
11.	Kopi Putih Sri Ayu (T11)	Rawaseneng	Kandangan	Temanggung	700
12.	Tugusari putih (T12)	Blimbing	Kandangan	Temanggung	700
13.	Aswi (T13)	Blimbing	Kandangan	Temanggung	600
14.	Ayu Sumatra Kuning (T14)	Blimbing	Kandangan	Temanggung	600
15.	Tugusari hijau (T15)	Blimbing	Kandangan	Temanggung	600
16.	Kipas (T16)	Blimbing	Kandangan	Temanggung	600
17.	Kopi Ayu kuning (T17)	Blimbing	Kandangan	Temanggung	600
18.	Ayu sumatra hijau (T18)	Blimbing	Kandangan	Temanggung	600
19.	Banglan (T19)	Blimbing	Kandangan	Temanggung	600
20.	Arabusta (T20)	Traji	Candiroto	Temanggung	860
21.	Robusta 2 (T21)	Campursari	Ngadirejo	Temanggung	1000
22.	Robusta 3 (T22)	Campursari	Ngadirejo	Temanggung	1000
23.	Klon 3 (T23)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
24.	Klon 4 (T24)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
25.	Klon 5 (T25)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
26.	Klon 6 (T26)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
27.	Klon 7 (T27)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
28.	Klon 8 (T28)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
29.	Klon 9 (T29)	Luwok	Candiroto	Temanggung	861
Klon pembanding:					
30.	BP 358	KP Pakuwon	Parungkuda	Sukabumi	450
31.	BP 42	KP Pakuwon	Parungkuda	Sukabumi	450

Ekstraksi DNA

Daun muda tanaman kopi yang berasal dari masing-masing klon diambil untuk ekstraksi DNA. Metode ekstraksi DNA yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada metode CTAB yang dikembangkan oleh (Allen *et al.*, 2006). Kualitas dan kuantitas DNA ditentukan berdasarkan hasil pengukuran spektrofotometer Nanodrop ND-1000 (NanoDrop Technologies, Inc., Wilmington, DE, USA). Hasil pengukuran Nanodrop selanjutnya digunakan sebagai acuan dalam pembuatan larutan stok DNA kerja dengan konsentrasi akhir sebesar 10 ng/μl sesuai kebutuhan DNA cetakan dalam reaksi PCR.

Amplifikasi Marka SSR

Total genomik DNA dari masing-masing klon kopi Robusta dianalisis secara molekuler menggunakan 14 primer SSR (Tabel 2). Primer SSR yang digunakan

dalam penelitian ini dipilih berdasarkan informasi polimorfiknya, yaitu primer-primer yang memiliki nilai PIC >0,5 dan beberapa dari primer tersebut telah dipetakan pada peta keterpautan genetik kopi Robusta (Hendre & Aggarwal, 2014). Informasi tentang primer SSR yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 2. Amplifikasi DNA dilakukan dengan volume total 15 μl yang terdiri atas: 2 μl DNA dengan konsentrasi 10 ng/μl; 0,3 μl primer SSR (terdiri atas *forward* dan *reverse* konsentrasi 0,2 μM); 7,5 μl PCR Mix (KAPA 2G *fast ReadyMix*); dan 5,2 μl air *ultrapure* steril. Proses amplifikasi DNA dilakukan menggunakan mesin PCR *SensoQuest*. Tahapan PCR yang pertama adalah pre-denaturasi (95 °C; 3 menit), tahap kedua: sebanyak 35 siklus denaturasi (95 °C ;15 detik), penempelan primer (*annealing*) (53°C;15 detik), dan perpanjangan (*extension*) (72 °C; 15 detik). Pada tahap akhir (72 °C; 10 menit)

dilakukan untuk pemanjangan akhir (final extension). Produk amplifikasi PCR diseparasi dengan teknik elektroforesis menggunakan gel agarose 1% yang mengandung pewarna (*gel red*) pada larutan 0,5 x buffer TBE untuk menentukan keberhasilan amplifikasi DNA.

Pemisahan DNA hasil amplifikasi yang telah terkonfirmasi berdasarkan elektroforesis pada gel agarosa dilanjutkan menggunakan 6% gel poliakrilamid non-denaturasi (*dual triple-wide miniverticals*). Pada tahapan selanjutnya dilakukan pewarnaan terhadap gel hasil elektroforesis dengan cara merendendam gel dalam larutan etidium bromide selama 20 menit dan visualisasi fragmen DNA dari masing-masing sampel dilakukan dengan bantuan UV transluminator yang terkoneksi dengan alat *Gel Documentation System*.

Skoring dan Analisis Data

Marka SSR adalah marka multialel sehingga dapat diperoleh informasi jumlah alel untuk setiap primer yang digunakan. Hasil skoring SSR ditentukan oleh pita yang terbentuk dari hasil amplifikasi PCR. Skoring dilakukan secara manual terhadap alel-alel hasil amplifikasi PCR untuk masing-masing lokus dan klon.

Analisis keragaman genetik berupa analisis gerombol (*cluter analysis*) dilakukan dengan bantuan *software Ntsys* versi 2.0 berdasarkan metode *Unweight Pair-Group Methode Arithmetic* (UPGMA) menggunakan fungsi *Similarity Qualitative* (SIMQUAL) dan rumus perhitungan

Dice (Rohlf, 2018). Selain itu, data hasil skoring juga dianalisis menggunakan program *Cervus* untuk mengetahui jumlah alel, nilai PIC (*Polymorphic Information Content*), dan nilai heterosigositas (Marshall, Slate, Kruuk, & Pemberton 1998).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Genetik Marka SSR

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 14 primer SSR yang digunakan dalam penelitian ini menghasilkan pita DNA yang polimorfik. Profil parameter genetik hasil analisis yang meliputi jumlah alel, homosigositas, heterosigositas dan tingkat polimorfisme (PIC) disajikan pada Tabel 3. Total jumlah alel yang berasal dari 14 primer SSR adalah 65 alel dengan rata-rata jumlah alel per lokus adalah 4,64 alel. Jumlah alel tertinggi dihasilkan oleh primer CCESSR 09 dan primer CCRM 38 masing-masing sebanyak 7 alel. Rata-rata nilai heterosigositas yang dihasilkan masing-masing primer adalah 0,63; primer CCRM 38 menghasilkan nilai heterosigositas yang paling tinggi yaitu 0,82, sedangkan nilai heterosigositas terendah dihasilkan primer CCESSR 1 yaitu 0,42. Nilai heterosigositas berkaitan dengan tingkat keragaman genetik, semakin besar proporsi alel heterosigot, maka semakin tinggi keragaman genetik suatu populasi, begitu juga sebaliknya (Ariyanto & Utami, 2006).

Tabel 2. Marka SSR yang digunakan untuk analisis keragaman genetik klon kopi Robusta lokal Temanggung
Table 2. SSR markers used for genetic diversity analysis of local Robusta coffee clones derived from Temanggung

Nama SSR	lokus	Motif pengulangan	Sekuen primer (Forward)	Sekuen primer (Reverse)	Ukuran alel (bp)
CCESSR02	(AT)11		AAGATATGTTTTAGCCCAAGTAGTGAC	ATTGGTTGGTACTGTTTAGCTGTTCAT	168
CCESSR03	(TC)10		CAGCCGTATCAGCACCAGCAT	TTCCCAACCCGTCAAAGTCCT	217
CCESSR09	(TTC)8		CCCCACCCACTTCTCTTTG	ACAACAAACGAACGCTCTCTGATAA	184
CCESSR12	(CCA)6		CCGCCATCCCTTTTGCCTTTC	ACGGCAGCAGAAGTGGAGGTGTT	200
CCESSR13	(TTA)6-tt-(TTC)6		GCGGGGTAGTTTTGGGAATATGG	TTTGGGGTCCTTTTTCTTTTACACAT	124
CCESSR14	(CT)10		CTTGCCCCCTTCCCTCCCACTC	TTCGGCTCCTTGTGTTTGGGTA	232
CCESSR21	(AG)17		CGAGCTAGTGACAGATTGAGAT	GTCCTTGGCGAAATCCCTCAG	164
CCESSR44	(CTT)7		AGGAATAATGGAGGAGACGTTGTTG	GCACAAATCCAGTACTTCCTCATAGA	236
CCRM16	(TC)26		TCCTATAGCAGAAACAAAAATGACACAG	GGTTTTTGGGTTCTTTTATAGCATATACA	223
CCRM19	(GA)26		GTTTTTTTTTTCTTTTTTCTTTTTGAGCT	AAGGCAATGTTGGTCAGCAGTGG	252
CCRM34	(GA)10		CCCCAGAACGAAAGGCAATCAT	TTGGGACTATTTATACTGGGGAAGAA	165
CCRM38	(CA)10		TGAGAATTAAGCAGCAGGGGTATG	GCAAAAAAGGCAAAAGCATTACATC	204
CMA198	(TG)9(AG)18		AGCAACTCCAGTCCTCAGGT	TGGAAGCCCGCATATAGTTT	178
CMA199	(CT)11		CATGCCATCATCAATTCCAT	CTAGCTAGCTGGATCAGTACCC	256

Tabel 3. Karakteristik 14 marka SSR yang digunakan untuk analisis keragaman genetik klon lokal kopi Robusta Temanggung
Table 3. Characteristics of 14 SSR markers used to analyze the genetic diversity of local Robusta coffee clones from Temanggung

No.	Nama primer	Jumlah alel per lokus (Na)	Homosigositas (Ho)	Heterosigositas (He)	PIC
1.	CCESSR 03	4	0,63	0,51	0,45
2.	CCESSR 02	5	0,40	0,71	0,66
3.	CCESSR 09	7	0,60	0,75	0,71
4.	CCESSR 12	3	0,52	0,63	0,55
5.	CCESSR 13	3	0,05	0,41	0,34
6.	CCESSR 14	5	0,32	0,37	0,35
7.	CCESSR 21	4	0,84	0,72	0,67
8.	CCESSR 44	5	0,58	0,68	0,63
9.	CCRM 16	4	0,55	0,66	0,60
10.	CCRM 19	5	0,02	0,78	0,73
11.	CCRM 34	3	0,73	0,57	0,48
12.	CCRM 38	7	0,83	0,80	0,76
13.	CMA 198	6	0,95	0,68	0,61
14.	CMA 199	4	0,41	0,48	0,40
Rata-rata		4,64	0,53	0,63	0,57

Nilai *Polymorphic Information content* (PIC) merupakan nilai yang menentukan tingkat atau kemampuan “menyampaikan informasi” (*informativity*) yang dihasilkan oleh suatu penanda DNA (Hildebrand *et al.*, 1992). Nilai PIC adalah ukuran dari polimorfisme antar genotipe dalam suatu lokus penanda yang menggunakan informasi jumlah alel dalam analisisnya (Sajib *et al.*, 2012). Nilai rata-rata PIC yang diperoleh pada penelitian ini adalah 0,57, dengan nilai PIC tertinggi sebesar 0,79 terdapat pada primer CCRM 38, dan yang terendah ditemukan pada primer CCESSR 13 yaitu 0,38 (Tabel 3).

Mateescu *et al.* (2005) mengkategorikan nilai PIC menjadi 3 kelompok, yaitu sangat informatif ($>0,60$), cukup informatif ($0,30-0,60$), dan tidak informatif ($<0,30$). Sardou *et al.* (2011) menyatakan bahwa primer dengan nilai PIC yang tinggi memiliki kemampuan dalam membedakan individu. Beberapa primer yang terseleksi dalam penelitian ini, yaitu primer CCESSR 02, CCESSR 09, CCESSR 21, CCESSR 44, CCRM 19, dan CCRM 38 diketahui memiliki nilai PIC lebih dari 0,6 sehingga dikategorikan sebagai primer yang sangat informatif. Sebaliknya, sebagian primer yang lain termasuk kategori cukup informatif karena menghasilkan nilai PIC dengan kategori sedang. Dengan demikian, primer SSR tersebut dapat digunakan untuk melakukan analisis keragaman genetik klon-klon lokal asal Temanggung.

Keragaman genetik merupakan variasi dalam suatu spesies hasil dari seleksi alam maupun buatan yang dilakukan oleh manusia (Duran *et al.*, 2009). Sementara itu, Hartwell *et al.* (2004) menyatakan bahwa keragaman alel atau polimorfisme merupakan gambaran keragaman yang terjadi pada setiap gen individu. Adanya keragaman genetik dalam suatu populasi menunjukkan terdapatnya

variasi nilai genotipe antar individu dalam populasi tersebut. Selain itu, keragaman dapat menentukan efektifitas seleksi, yaitu akan lebih efektif apabila keragamannya luas. Oleh karena itu, informasi mengenai keragaman genetik pada tanaman kopi Robusta lokal Temanggung sangat penting untuk diketahui dalam upaya mendukung program pemuliaan tanaman kopi.

Keragaman Genetik Kopi Robusta Asal Temanggung Berdasarkan Marka SSR

Sebanyak 29 klon kopi Robusta lokal Temanggung dan dua klon pembanding berhasil dikelompokkan berdasarkan matriks kesamaan genetik (Gambar 1). Dendrogram yang dihasilkan mempunyai koefisien kemiripan genetik berkisar antara 0,45-0,91. Hasil pengelompokan klon kopi lokal Temanggung pada koefisien kemiripan genetik 0,57 menunjukkan terdapatnya lima kelompok atau grup utama. Grup 1 terdiri dari empat klon lokal (T2, T5, T6, dan T4) dan dua klon pembanding (BP 42 dan BP 358), sedangkan grup 2 beranggotakan dua klon lokal, yaitu T1 dan T3. Pada grup 3 terdapat delapan klon lokal, antara lain T8, T9, T10, T16, T13, T20, T21, dan T28, grup 4 terdiri dari klon T12, T13, T18, T11, T17, T14, T19, T7, T22, T23, T24, T25, T26, dan T27, sedangkan klon T29 berada tersendiri pada grup 5.

Berdasarkan hasil analisis kluster, sebanyak 25 klon kopi lokal Temanggung terlihat mengelompok pada grup tersendiri (grup 2, 3, 4, dan 5), sedangkan empat klon lokal lainnya berada satu grup dengan klon pembanding. Pada dendrogram terlihat klon lokal Temanggung yang berasal dari lokasi yang sama tidak semuanya berada dalam satu grup. Hal ini menunjukkan adanya variasi genetik klon lokal kopi Robusta pada tiap lokasi. Fenomena lain yang ditemukan adalah klon lokal

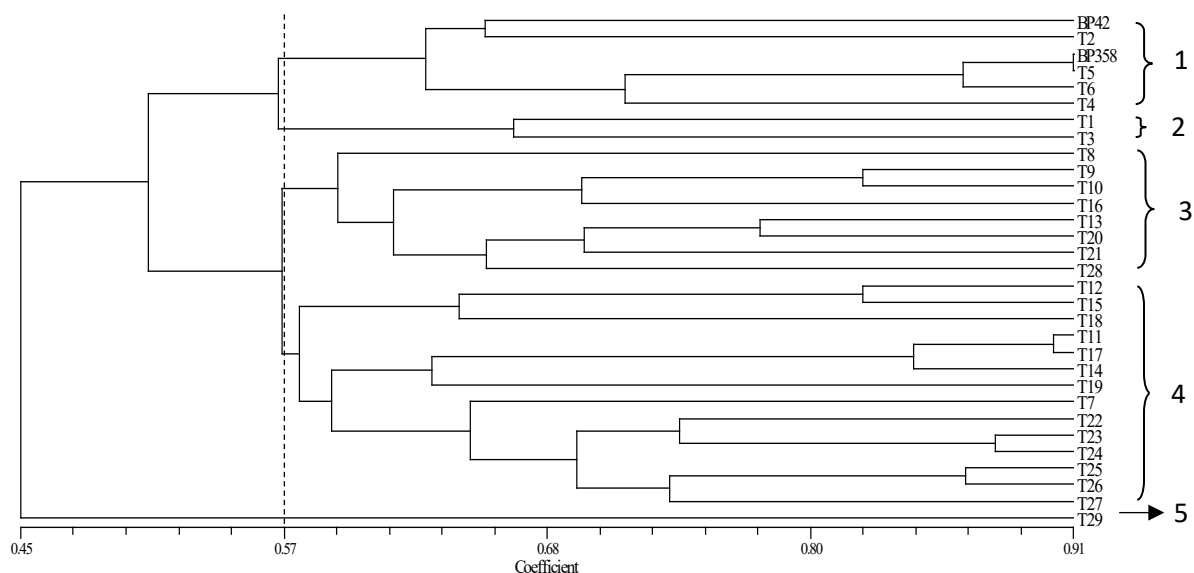
dengan nama yang sama (Tugusari Hijau) tetapi diambil dari beberapa lokasi yang berbeda ternyata beragam. Hal ini terjadi karena petani mengembangkan klon Tugusari Hijau tersebut dari biji/benih sehingga terdapat variasi genetik. Sementara itu, klon lokal T5 (Tugusari Hijau asal desa Malebo) berada satu garis dengan klon pembanding BP 358, sehingga antara keduanya diduga mempunyai kemiripan genetik.

Hasil analisis keragaman genetik berdasarkan marka SSR pada penelitian ini dapat menggambarkan hubungan kekerabatan antar klon kopi lokal dan klon pembanding. Informasi tersebut dapat membantu pemulia dalam memilih kandidat klon lokal unggul yang secara genetik berbeda dengan klon lokal lainnya maupun klon pembanding. Hasil penelitian ini sejalan dengan pernyataan Izzah, Martono, Baharuddin, & Wardiana (2018) yang merekomendasikan pentingnya karakterisasi secara molekuler pada klon-klon hasil eksplorasi untuk mengetahui hubungan kekerabatan antar klon dan mendeteksi keberadaan duplikasi. Di samping itu, hasil analisis keragaman genetik juga dapat digunakan untuk mengelompokkan populasi genotipe dan menentukan kombinasi tetua persilangan terbaik dalam kegiatan perakitan varietas (Izzah, 2014).

Berdasarkan hasil observasi sebelumnya yang telah dilakukan oleh Izzah & Martono (2017), klon kopi Robusta yang banyak dikembangkan di daerah Temanggung adalah klon BP 42 dan BP 358. Kedua klon tersebut merupakan klon yang direkomendasikan secara

luas sebagai bahan tanam karena mempunyai produktivitas dan daya adaptasi yang tinggi terhadap iklim dan ketinggian (Hulupi, 2016). Berkaitan dengan sifat kopi Robusta yang menyerbuk silang, maka diasumsikan bahwa klon-klon lokal yang berkembang di Temanggung merupakan hasil persilangan alami yang berasal dari kedua klon pembanding tersebut.

Hasil analisis keragaman genetik klon lokal kopi Robusta asal Temanggung yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa empat klon lokal mengelompok pada grup yang sama dengan dua klon pembanding (BP 42 dan BP 358). Hal ini mengindikasikan bahwa klon-klon lokal tersebut memiliki latar belakang genetik yang sangat dekat dengan klon pembanding. Namun demikian, penelusuran lebih lanjut secara molekuler masih diperlukan untuk membuktikan apakah klon-klon kopi tersebut merupakan turunan dari kedua klon pembanding tersebut. Di lain pihak, 25 klon kopi lokal lainnya mengelompok terpisah dari klon pembanding yang menunjukkan adanya variasi genetik pada klon-klon kopi lokal di daerah Temanggung. Penelusuran tetua asal dari klon-klon kopi lokal di daerah Temanggung berbasis marka molekuler merupakan salah satu tantangan kedepan yang berpotensi untuk dikaji secara lebih detail. Kajian tersebut berpeluang untuk mengetahui bahwa variasi genetik yang terdapat pada klon-klon kopi lokal tersebut merupakan hasil rekombinasi antara klon BP 42 dan BP 358 ataupun antar klon-klon kopi lainnya.



Gambar 1. Dendrogram 29 klon kopi Robusta lokal asal Temanggung dan dua klon pembanding berdasarkan 14 marka SSR
Figure 1. Dendrogram of 28 local Robusta coffee clones from Temanggung and two control clones based on 14 SSR markers

Tabel 4. Nilai koefisien kemiripan genetik 28 klon lokal kopi Robusta asal Temanggung dan dua klon pembanding (BP 42 dan BP 358) dengan menggunakan 14 marka SSR.

Table 4. The coefficient of genetic similarity of 28 local Robusta coffee clones from Temanggung with two control clones (BP 42 and BP 358) using 14 SSR markers.

Genotipe	BP42	BP358	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	T21	T22	T23	T24	T25	T26	T27	T28	T29
BP42	1,00																														
BP358	0,72	1,00																													
T1	0,60	0,54	1,00																												
T2	0,65	0,61	0,60	1,00																											
T3	0,60	0,70	0,66	0,60	1,00																										
T4	0,57	0,80	0,49	0,53	0,48	1,00																									
T5	0,64	0,91	0,47	0,68	0,62	0,72	1,00																								
T6	0,62	0,83	0,46	0,62	0,57	0,62	0,89	1,00																							
T7	0,37	0,43	0,37	0,52	0,39	0,26	0,43	0,46	1,00																						
T8	0,43	0,50	0,38	0,50	0,36	0,50	0,44	0,40	0,46	1,00																					
T9	0,45	0,42	0,55	0,60	0,58	0,37	0,39	0,34	0,48	0,61	1,00																				
T10	0,43	0,39	0,60	0,61	0,52	0,33	0,45	0,40	0,57	0,59	0,82	1,00																			
T11	0,55	0,63	0,65	0,59	0,50	0,55	0,61	0,56	0,54	0,60	0,58	0,70	1,00																		
T12	0,51	0,63	0,36	0,44	0,57	0,44	0,65	0,64	0,58	0,45	0,47	0,59	0,60	1,00																	
T13	0,60	0,72	0,47	0,64	0,50	0,60	0,62	0,53	0,43	0,57	0,66	0,56	0,65	0,53	1,00																
T14	0,44	0,51	0,76	0,59	0,65	0,44	0,53	0,49	0,54	0,56	0,72	0,77	0,85	0,57	0,57	1,00															
T15	0,51	0,63	0,54	0,51	0,69	0,48	0,69	0,60	0,54	0,52	0,61	0,73	0,60	0,82	0,57	0,71	1,00														
T16	0,48	0,48	0,43	0,60	0,37	0,36	0,54	0,53	0,50	0,61	0,66	0,72	0,61	0,53	0,66	0,53	0,57	1,00													
T17	0,47	0,61	0,57	0,54	0,48	0,47	0,57	0,56	0,61	0,52	0,53	0,59	0,90	0,64	0,61	0,83	0,52	0,57	1,00												
T18	0,44	0,52	0,32	0,44	0,34	0,33	0,53	0,49	0,61	0,52	0,43	0,66	0,60	0,67	0,61	0,46	0,60	0,61	0,60	1,00											
T19	0,38	0,43	0,45	0,46	0,36	0,30	0,44	0,50	0,60	0,35	0,37	0,50	0,62	0,59	0,48	0,55	0,40	0,56	0,70	0,55	1,00										
T20	0,56	0,57	0,39	0,64	0,41	0,52	0,53	0,52	0,62	0,60	0,69	0,64	0,65	0,61	0,77	0,56	0,57	0,69	0,64	0,65	0,58	1,00									
T21	0,58	0,46	0,46	0,54	0,41	0,47	0,41	0,48	0,46	0,62	0,60	0,58	0,63	0,49	0,67	0,56	0,52	0,64	0,55	0,52	0,47	0,71	1,00								
T22	0,37	0,59	0,44	0,52	0,58	0,41	0,54	0,50	0,70	0,61	0,62	0,64	0,54	0,61	0,50	0,61	0,69	0,66	0,53	0,50	0,49	0,66	0,57	1,00							
T23	0,48	0,64	0,44	0,53	0,51	0,53	0,62	0,57	0,56	0,53	0,50	0,53	0,62	0,58	0,58	0,53	0,62	0,66	0,57	0,47	0,68	0,70	0,50	0,72	1,00						
T24	0,44	0,59	0,44	0,65	0,51	0,48	0,58	0,48	0,68	0,53	0,54	0,57	0,58	0,54	0,54	0,57	0,66	0,58	0,53	0,43	0,60	0,66	0,50	0,76	0,88	1,00					
T25	0,46	0,55	0,45	0,67	0,48	0,42	0,51	0,50	0,63	0,54	0,56	0,67	0,68	0,51	0,62	0,58	0,51	0,66	0,65	0,65	0,57	0,77	0,57	0,63	0,71	0,71	1,00				
T26	0,50	0,60	0,49	0,67	0,37	0,46	0,59	0,50	0,63	0,54	0,56	0,67	0,68	0,48	0,62	0,58	0,51	0,66	0,61	0,65	0,57	0,74	0,54	0,63	0,67	0,71	0,86	1,00			
T27	0,48	0,64	0,40	0,57	0,42	0,48	0,58	0,53	0,68	0,40	0,43	0,46	0,54	0,66	0,50	0,46	0,54	0,54	0,61	0,50	0,60	0,66	0,42	0,68	0,72	0,76	0,71	0,75	1,00		
T28	0,59	0,52	0,41	0,56	0,32	0,45	0,50	0,53	0,41	0,50	0,55	0,46	0,54	0,44	0,69	0,47	0,44	0,58	0,50	0,50	0,56	0,60	0,66	0,37	0,58	0,58	0,55	0,65	0,50	1,00	
T29	0,33	0,41	0,47	0,40	0,26	0,29	0,46	0,45	0,47	0,30	0,40	0,52	0,57	0,35	0,53	0,50	0,39	0,61	0,52	0,53	0,55	0,49	0,35	0,40	0,53	0,46	0,48	0,51	0,34	0,47	1,00
Rerata	0,52	0,60	0,50	0,58	0,49	0,47	0,56	0,52	0,58	0,55	0,59	0,63	0,66	0,59	0,62	0,59	0,57	0,64	0,62	0,58	0,61	0,70	0,57	0,65	0,73	0,70	0,72	0,73	0,61	0,74	1,00

Keterangan : 0,26 = jarak genetik tertinggi
0,91 = jarak genetik terendah
Note : 0.26 = the highest genetic distance
0.91 = the lowest genetic distance

Keanekaragaman genetik klon lokal asal Temanggung juga dapat dilihat dari nilai koefisien kemiripan genetik. Tabel 4 menunjukkan nilai kemiripan genetik antar klon lokal asal Temanggung dan dua klon pembanding dengan jarak genetik berkisar antara 0,26 hingga 0,91. Nilai matrik kemiripan berkorelasi negatif dengan jarak genetik, yaitu jika nilai koefisien kemiripan genetik rendah maka jarak genetiknya semakin tinggi; artinya apabila antar klon mempunyai nilai koefisien genetik kecil maka jarak genetik antar klon tersebut semakin besar. Klon lokal T3 (Tugusari 2, asal desa Luwok) dengan T29 (klon 9, asal desa Luwok) mempunyai nilai koefisien kemiripan genetik terkecil yaitu 0,26, sedangkan klon yang mempunyai nilai koefisien kemiripan paling besar adalah klon BP 538 dengan klon lokal T5 (Tugusari Hijau asal desa Malebo). Data mengenai jarak genetik ini dapat dimanfaatkan oleh pemulia untuk menentukan kombinasi tetua persilangan terbaik dalam perakitan suatu varietas. Kombinasi tetua persilangan dengan nilai jarak genetik antar klon yang jauh akan menghasilkan efek heterosis yang lebih besar (Dalcomo *et al.*, 2015).

Hasil analisis keragaman genetik klon-klon kopi yang dilakukan pada penelitian ini membuktikan bahwa teknologi marka molekuler memiliki peran yang sangat besar dan tepat dalam mendiskriminasi genotipe tanaman

dalam suatu kultivar. Selain itu, profil DNA hasil amplifikasi marka molekuler pada klon kopi lokal dapat menjadi penciri spesifik dan pendukung untuk kegiatan pelepasan varietas kopi unggul lokal asal Temanggung. Selain perannya dalam mendukung kegiatan pelepasan varietas, analisis keragaman genetik secara molekuler juga sangat bermanfaat dalam meminimalisasi jumlah individu yang akan dianalisis pada tahapan selanjutnya. Dengan demikian, kegiatan observasi karakter penting klon kopi lokal asal Temanggung, seperti produktivitas, cita rasa, dan ketahanan terhadap hama dan penyakit utama di lapang dapat dipercepat, karena hanya klon-klon yang secara genetik berbeda dengan klon lokal lainnya maupun dengan klon pembanding yang diobservasi lebih lanjut.

KESIMPULAN

Analisis keragaman genetik 29 klon kopi lokal Temanggung menggunakan 14 marka SSR menghasilkan 5 grup besar pada koefisien kemiripan genetik sebesar 0,57. Empat klon lokal Temanggung berada satu grup dengan klon pembanding, dan salah satunya yaitu klon T5 mempunyai kemiripan genetik yang tinggi dengan klon pembanding BP 358. Sebanyak 25 klon lokal asal

Temanggung berada pada grup yang berbeda dengan klon pembanding (BP 42 dan BP 358), sehingga secara genetik dinyatakan berbeda. Klon-klon tersebut dapat diamati lebih lanjut potensi produksinya serta ketahanannya terhadap hama dan penyakit utama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Dinas Pertanian Kabupaten Temanggung yang telah membantu kegiatan observasi klon kopi Robusta lokal Temanggung. Terima kasih juga disampaikan kepada tim Laboratorium Molekuler – Laboratorium Terpadu Balittri (Siti Nurjanah, Januar Firmansyah, Tribuana Dewi, dan Dery).

KONTRIBUSI PENULIS

1. Indah Sulistiyorini (Kontributor Utama)
2. Dani (Kontributor Utama)
3. Nur Kholilatul Izzah (Kontributor Utama)
4. Budi Martono (Kontributor Utama).

DAFTAR PUSTAKA

- Allen, G., Flores-Vergara, M., Krasynanski, S., Kumar, S., & Thompson, W. (2006). A modified protocol for rapid DNA isolation from plant tissues using cetyltrimethylammonium bromide. *Nat. Prot.*, 1(5), 2320–2325.
<https://doi.org/doi:10.1038/nprot.2006.384>
- Ariyanto, D., & Utami, R. (2006). Evaluasi laju pertumbuhan, keragaman genetik dan estimasi heterosis pada persilangan antar spesies ikan Patin (*Pangasius* sp.). *J. Perikanan*, 1(VIII), 81–86.
- Brummer, E. C., Barber, W. T., Collier, S. M., Cox, T. S., Johnson, R., Murray, S. C., Olsen, R. T., Pratt, R. C., & Thro, A. M. (2011). Plant breeding for harmony between agriculture and the environment in a nutshell: *Front Ecol Environ*, 9(10), 561–568.
<https://doi.org/10.1890/100225>
- Combes, M. ., Andrzejewski, S., Anthony, F., Bertrand, B., Rovelli, P., Graziosis, G., & Lashermes, P. (2000). F : Characterization of microsatellite loci in *Coffea arabica* and related coffee species. In *Molecular Ecology* (pp. 1171–1193). Blackwell Science Ltd.
- Dalcom, J., Vieira, H., Ferreira, A., Lima, W., Ferrao, R., Fonseca, A.F., Ferrao, M.A., & Partelli, F. (2015). Evaluation of genetic divergence among clones of Conilon coffee after scheduled cycle pruning. *Genetics and Molecular Research*, 4(February 2017), 15417–15426.
<https://doi.org/10.4238/2015.November.30.19>
- Hendre, P. S., & Aggarwal, R.K. (2014). Development of genic and genomic SSR markers of Robusta coffee (*Coffea canephora* Pierre Ex A. Froehner). *PLoS ONE*, 1–34.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0113661>
- Hildebrand, C.E., Torney, D.C., & Wagner, R.P. (1992). Informativeness of polymorphic DNA Markers. *Los Alamos Science*, 0–2.
- Izzah, N. (2014). Peran marka molekuler dalam perbaikan genetik tanaman kakao. *Bunga Rampai: Inovasi Teknologi Bioindustri Kakao*, 47–56. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Izzah, N.K., & Martono, B. (2017). Keragaman klon lokal kopi Robusta di Kabupaten Temanggung. *Media Komunikasi Perkebunan*, vol 5(12), p.70.
- Izzah, N.K., Martono, B., Baharuddin, & Wardiana, E. (2018). Keragaman genetik klon kakao lokal Sulawesi Tenggara berdasarkan marka SSR dan karakter morfologi. *JTIDP*, 5(3), 95–104.
- Lightfoot, D.A., & Iqbal, M.J. (2013). Molecular mapping and breeding with microsatellite markers. In: Kantartzi S. (eds), *Microsatellites. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*, vol 1006. Humana Press, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-389-3_20
- Madesis, P., Ganopoulos, I., & Tsaftaris, A. (2013). Microsatellites: evolution and contribution. In: Kantartzi S. (eds), *Microsatellites. Methods in Molecular Biology (Methods and Protocols)*, vol 1006. Humana Press, Totowa, NJ. https://doi.org/10.1007/978-1-62703-389-3_1
- Marshall, T.C., Slate, J., Kruuk, L.E., & Pemberton, J.M. (1998). Statistical confidence for likelihood-based paternity. *Mol. Ecol*, 7(5), 639–655.
- Mateescu, R.G., Zhang, Z., Tsai, K., Phavaphutanon, J., Burton-Wurster, N.I., Lust, G., Quaas, R., Murphy, K., Acland, G.M., & Todhunter, R.J. (2005). Analysis of allele fidelity, polymorphic information content, and density of microsatellites in a genome-wide screening for hip dysplasia in a crossbreed pedigree. *Journal of Heredity*, 96(7), 847–853.
<https://doi.org/10.1093/jhered/esi109>

- Oelviani, R., & Hermawan, A. (2017). Kebutuhan teknologi kopi di Jawa Tengah (Studi kasus komoditas kopi di Kabupaten Temanggung). *Semnas BAPPEDA Provinsi Jawa Tengah, August*.
- Rohlf, F.J. (2018). NTSYSpc numerical taxonomy and multivariate analysis system. Version 2.0, User Guide.
- Sajib, A., Hossain, Md. M., Mosnaz, A.T.M.J., Hossain, H., Islam, Md. M., Ali, Md. S., & Prodhan, S.H. (2012). SSR marker-based molecular characterization and genetic diversity analysis of aromatic landraces of rice (*Oryza sativa* L.). *J. BioSci. Biotech*, 2(May 2014), 107–116.
- Syafaruddin, Dani, & Pabendon, M.B. (2017). Keragaman genetik antar klon kopi Robusta lokal Pagar Alam berdasarkan analisis marka SSR. *JTIDP*, 4(3), 133–144.
- Vinod, K. (2003). Breeding for biotic stress in plantation crops. *Training Programme on Breeding For Biotic Stresses in Crops Plant*, 431–440.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
 DAN PENYEGAR**
 Journal of Industrial and Beverage Crops
 Volume 8, Nomor 3, November 2021

**KULTUR EMBRIO TIGA SPESIES KOPI PADA UMUR BUAH DAN
 FORMULASI MEDIA YANG BERBEDA**

***EMBRYO CULTURE OF THREE COFFEE SPECIES ON VARIOUS FRUIT AGES AND
 MEDIA FORMULATIONS***

* Meynarti Sari Dewi Ibrahim, Indah Sulistiyorini

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

(Tanggal diterima: 5 Agustus 2021, direvisi: 2 November 2021, disetujui terbit: 26 November 2021)

ABSTRAK

Mempelajari tahapan umur buah dan formulasi media yang tepat menjadi salah satu tahapan penting dalam kultur embrio. Data ini sangat bermanfaat terutama ketika kita akan melakukan penyelamatan embrio hasil persilangan intra (dalam) dan inter (antar) spesies kopi yang gugur sebelum waktunya atau mengalami kendala dalam perkecambahan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui umur dan formulasi media yang sesuai pada kultur embrio kopi Arabika, Robusta, dan Liberika. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar mulai Januari 2019 sampai November 2020. Media *Murashige and Skoog* (MS) dengan zat pengatur tumbuh yang disesuaikan dengan perkembangan embrio digunakan dalam penelitian ini. Tiga jenis kopi dikelompokkan ke dalam 5 kelompok, yaitu: mata yuyu, belum matang, awal mulai matang, hampir matang, matang, dan dijadikan bahan tanam. Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 10 ulangan dengan formulasi media sebagai perlakuan. Hasil penelitian memperlihatkan kultur embrio ketiga spesies kopi berhasil dilakukan, kecuali pada buah mata yuyu. Semakin tua umur buah yang dikulturkan, persentase perkecambahan semakin tinggi. Terdapat perbedaan waktu berkecambah antara ketiga spesies kopi. Media terbaik untuk kultur embrio disesuaikan dengan umur buah yang dikulturkan. Selain menumbuhkan embrio, kultur embrio buah matang pada media MS yang diberi BA 0,5 mg/l juga dapat digunakan untuk perbanyakan dengan memanfaatkan pembentukan embrio somatik sekunder.

Kata kunci: *Coffea* spp.; embrio somatik sekunder; fase embrio; kecambah; zat pengatur tumbuh

ABSTRACT

Studying the fruit age and proper media formulation is one of the important stages in embryo culture of coffee. The data is highly beneficial, especially in saving embryos generated from intra- and inter-species crosses that fall prematurely or experience problems in germination. The aim of this study was to determine the suitable age and media formulation for embryo culture of Arabica, Robusta, and Liberica coffee. The study was conducted at the Tissue Culture Laboratory, Indonesian Industrial and Beverage Crops Research Institute from January 2019 to November 2020. Murashige and Skoog (MS) media with growth regulators adapted to embryonic development were used in this study. The three types of coffee divided into 5 groups, namely pinhead, immature, early mature, almost mature, mature, and used as planting material. The research was designed in a completely randomized design with 10 replications, and media formulation as a treatment. The results showed that embryo culture of the three coffee species was conducted successfully, except for pinhead fruit. The older the cultured fruit, the higher the percentage of germination. There is a difference in germination time between the three

coffee species. The medium for embryo culture should be adjusted with the age of the fruit being cultured. Aside from growing embryos, the cultured mature fruit embryos on MS medium given 0.5 mg/l BA can also be used for propagation by utilizing the secondary somatic embryos formation.

Keywords: *Coffea spp.*; embryo rescue; plant growth regulators; secondary somatic embryo; sprouts

PENDAHULUAN

Persilangan antar spesies kopi telah dilakukan terutama untuk memperbaiki ketahanan terhadap penyakit (Gimase, Omondi, & Kathurima, 2015). Pada persilangan antar spesies yang tidak kompatibel (*incompatible*), embrio sering kali tidak berkembang atau mengalami keguguran yang cukup tinggi. Semakin jauh hubungan kekerabatan tetua, umur embrio yang gugur akan lebih muda dan embrio yang dapat berkembang juga semakin sedikit. Keguguran embrio atau kegagalan perkecambahan dapat disebabkan karena benih F1 bersifat fertil parsial bahkan steril, lambat matang, dan beberapa sifat lain yang muncul akibat tidak kompatibelnya persilangan antara keduanya.

Menyelamatkan embrio atau meningkatkan daya kecambah biji F1 dapat dilakukan dengan kultur *in vitro*. Kultur embrio adalah teknik kultur *in vitro* yang menumbuhkan embrio zigotik pada media buatan dengan kondisi lingkungan optimal. Teknik ini mengisolasi dan menumbuhkan embrio muda atau embrio dewasa secara *in vitro* dengan tujuan memperoleh tanaman *viable* (Fathi & Jahan, 2012; Sahijram, Soneji, Naren, & Rao, 2013). Kultur embrio muda digunakan untuk menghindari aborsi embrio, sementara kultur embrio dewasa yang berasal dari biji matang dilakukan ketika embrio tidak mampu bertahan hidup secara *in vivo*, menjadi dorman untuk jangka waktu yang lama atau dilakukan untuk menghilangkan penghambatan perkecambahan biji (Kumari, Thaneshwari, & Rahul, 2018).

Teknik kultur embrio telah digunakan untuk memperoleh benih hasil persilangan antar (inter) dan dalam (intra) spesies, benih tanpa endosperma atau dengan endosperma abnormal, menghilangkan masalah dormansi, memperpendek siklus pemuliaan, mendapatkan tanaman haploid, atau menyediakan bahan untuk perbanyakan (Kumari *et al.*, 2018). Benih hasil persilangan antar dan dalam spesies tanaman telah banyak diselamatkan dengan menggunakan kultur embrio diantaranya kelapa sawit (Alves, Lemos, Filho, & Silva, 2011), buah persik (Devi, Singh, & Thakur, 2017), dan anggur (Kim, Kwon, Park, & Heo, 2020). Embrio zigotik tanaman singkong yang serbuk sarinya telah diradiasi sinar gamma (Buttibwa *et al.*, 2015) dan benih kelapa kopyor dengan endosperma abnormal (Maulida, Erfa, & Marveldani, 2020) telah berhasil ditumbuhkan dengan menggunakan kultur embrio. Kultur embrio dari biji matang telah digunakan untuk menghilangkan

penghambat perkecambahan biji tanaman aren (Arsyad, Sudarsono, Purwito, & Dinarti, 2016).

Kultur embrio juga telah dimanfaatkan untuk memperpendek siklus pemuliaan (Uma, Lakshmi, Saraswathi, Akbar, & Mustaffa, 2011). Manfaat lain dari kultur embrio adalah mempercepat perolehan benih tanaman karena bahan tanaman yang digunakan berupa embrio zigotik muda. Selain untuk penyelamatan embrio, kultur embrio juga digunakan untuk mempelajari tahap perkembangan embrio dan kemampuan regenerasi dari bagian-bagian embrio, serta melakukan analisis filogenetika molekuler (Pasqual *et al.*, 2000). Perkembangan embrio secara *in vitro* merupakan proses embriogenesis zigotik, yang prosesnya berurutan dari pembentukan zigotik ke proses perkecambahan.

Tahapan penting dalam kultur embrio yang perlu diketahui adalah bagaimana cara mengisolasi embrio dan mendapatkan media kultur yang sesuai sehingga embrio yang akan diselamatkan tidak mengalami kematian. Keberhasilan embrio zigotik untuk dapat tumbuh dan berkembang dipengaruhi oleh beberapa hal, diantaranya: umur embrio, jenis media dasar, jenis dan konsentrasi zat pengatur tumbuh yang digunakan (Kumari *et al.*, 2018) serta perlakuan embrio zigotik (eksplan) sebelum dikulturkan dalam media perlakuan (Maciel *et al.* 2010).

Kultur embrio buah matang kopi Arabika pada media *Murashige and Skoog* (MS) dan Gombrog dengan berbagai pengenceran (1/4, 1/2, dan 1/1) yang ditambahkan dengan berbagai jenis zat pengatur tumbuh [*gibberellic acid* (GA), *abscisic acid* (ABA), *indole-3-butyric acid* (IBA), *naphthalene acetic acid* (NAA), *kinetin* (KIN), dan *salicylic acid* (SA)] pada konsentrasi 0,1; 1,0; dan 10 mg telah dilaporkan oleh Bojórquez-Quintal *et al.* (2011). Embrio dari buah matang juga telah diteliti penggunaannya untuk konservasi *in vitro* dengan menggunakan teknik kriopresevasi (Valdés, Shukla, González Vega, & Saxena, 2021). Dari literatur yang dikumpulkan sampai saat ini pengkajian kultur embrio berbagai umur buah pada 3 spesies kopi belum ada yang melaporkan. Berdasarkan hal tersebut penelitian ini bertujuan untuk mengetahui umur dan formulasi media yang sesuai untuk mengecambahkan embrio beberapa spesies kopi, sehingga dapat digunakan untuk penyelamatan embrio kopi hasil persilangan antar spesies.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari 2019 sampai November 2020 di Kebun Percobaan Pakuwon dan Laboratorium Kultur Jaringan, Balai Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri). Kebun percobaan Pakuwon terletak pada ketinggian 450 m di atas permukaan laut, dan termasuk iklim B berdasarkan klasifikasi Oldeman. Bahan tanaman yang digunakan sebagai sumber eksplan adalah biji kopi Arabika, Robusta, dan Liberika. Untuk menyeragamkan sumber eksplan dilakukan penelitian prapendahuluan berupa pengamatan morfologi dan anatomi perkembangan buah tiga spesies kopi.

Pengamatan Morfologi dan Anatomi Perkembangan Buah Tiga Spesies Kopi

Proses penyerbukan ketiga spesies kopi dibiarkan berlangsung secara alami tanpa bantuan manusia. Masing-masing bunga kopi pada tiga spesies kopi yang telah terserbuki diberi label. Pelabelan dilakukan karena masa anthesis bunga kopi tidak serempak. Pengamatan morfologi dan anatomi perkembangan buah tiga spesies kopi dilakukan pada setiap bulan dari bunga mekar sampai buah kopi dapat dipanen. Setiap bulan buah dari masing-masing spesies kopi dipanen dan dibelah menggunakan pisau scalpel. Perkembangan jaringan buah dan embrio diamati di bawah mikroskop. Berdasarkan hasil pengamatan ini dilakukan pengelompokan umur buah, yang akan digunakan pada penelitian kultur embrio.

Kultur Embrio Berdasarkan Perkembangan Embrio Buah Kopi

Berdasarkan pengamatan morfologi dan anatomi pada penelitian pendahuluan, maka untuk kultur embrio dilakukan pengelompokan buah seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Sterilisasi Eksplan Buah Kopi

Buah kopi Arabika, Robusta, dan Liberika sesuai dengan tahapan umur dipetik dari pohon dan dibawa ke laboratorium kultur jaringan. Pembungaan ketiga spesies yang tidak bersamaan mengakibatkan proses sterilisasi antara ketiga spesies disesuaikan dengan tahapan perkembangan buah dari masing-masing spesies. Buah dari kelompok mata yuyu, belum matang, awal matang, dan hampir matang dibersihkan dengan air mengalir. Berbeda dengan keempat kelompok lainnya, pada buah matang, sebelum dibersihkan kulit dan daging buah (*pulp*) dipisahkan dari biji. Buah atau biji yang telah dibersihkan dengan air mengalir kemudian direndam menggunakan larutan bakterisida dan fungisida dengan konsentrasi 0,2% selama 2 jam.

Buah mata yuyu disterilisasi menggunakan alkohol 70% selama 15 menit, dibilas dengan aquadest steril, lalu direndam dalam *cloroks* 20% selama 1 jam, setelah itu dibilas aquadest steril sebanyak 3 kali. Pada buah belum matang dan awal matang, buah disterilisasi menggunakan alkohol 70% selama 15 menit, lalu dibilas aquadest steril, kemudian direndam HgCl_2 0,05% dan *cloroks* 20%, waktu untuk proses sterilisasi masing-masing selama 30 menit, kemudian buah kopi dibilas aquadest steril sebanyak 3 kali. Buah hampir matang dan biji dari buah matang disterilisasi menggunakan alkohol 70% selama 15 menit, dibilas aquadest steril, direndam HgCl_2 0,05% selama 30 menit kemudian dilanjutkan dengan *cloroks* 20% selama 1 jam lalu diikuti pembilasan dengan aquadest steril sebanyak 3 kali.

Tabel 1. Pengelompokan umur buah beberapa spesies kopi yang digunakan dalam penelitian
Table 1. Various ages of three coffee species used in the study

Kelompok buah	Umur buah			Keterangan
	Kopi Arabika	Kopi Robusta	Kopi Liberika	
Mata yuyu	1 dan 2 bulan SP	1 dan 2 bulan SP	1 dan 2 bulan SP	Buah berwarna hijau tua
Belum matang	3 dan 4 bulan SP	3 dan 4 bulan SP	3, 4, dan 5 bulan SP	Buah berwarna hijau
Awal mulai matang	5 dan 6 bulan SP	5 dan 6 bulan SP	6 dan 7 bulan SP	Buah berwarna hijau muda
Hampir matang	7 bulan SP	7 dan 8 bulan SP	8 dan 9 bulan SP	Buah berwarna hijau kekuningan
Matang	8 dan 9 bulan SP	9 dan 10 bulan SP	10 dan 11 bulan SP	Buah berwarna merah

Keterangan : SP = setelah penyerbukan

Notes : SP = after pollination

Kultur Embrio Buah Mata Yuyu

Buah kopi Arabika, Robusta, dan Liberika kategori mata yuyu yang telah steril langsung dikulturkan pada media 1/2 MS yang diberi Kinetin (1, 2, dan 3 mg/l), Polyvinylpyrrolidone (PVPP) (100, 200, dan 300 mg/l), dan *phytagel* 2,5 g/l. Botol yang telah berisi eksplan disimpan di rak kultur pada ruangan inkubasi dalam keadaan gelap dan bersuhu $\pm 25^\circ\text{C}$.

Kultur Embrio Buah Belum Matang

Buah belum matang dari masing-masing spesies kopi yang telah steril dibelah menjadi dua bagian, kemudian bagian isi biji dipisahkan dari kulit dan daging buah. Semua bagian isi biji ditanam pada media yang sama dengan media buah mata yuyu. Kultur yang berisi semua bagian dalam dari biji kemudian disimpan di ruangan inkubasi dalam keadaan gelap dan bersuhu 25°C .

Kultur Embrio Buah Awal Mulai Matang

Buah awal mulai matang dari ketiga spesies kopi yang telah steril dikupas kulit buahnya menggunakan pisau skalpel steril. Biji kopi yang telah dipisahkan dari kulit buah ditanam ke media yang sama dengan media perlakuan buah mata yuyu dan buah belum matang. Botol kultur yang telah berisi biji dari buah awal mulai matang kemudian disimpan di ruangan inkubasi. Ruangan inkubasi tersebut dalam keadaan gelap dan bersuhu 25°C .

Kultur Embrio Buah Hampir Matang

Buah hampir matang dari kopi Arabika, Robusta, dan Liberika yang telah steril dikupas kulit buahnya, lalu bagian biji dibelah dua. Embrio fase *elongated stage* yang ada dalam biji diambil untuk dikulturkan, sementara bagian lainnya tidak. Embrio ditanam di media 1/2 MS yang diberi kinetine 2 mg/l, GA_3 (0; 0,1; 0,2; dan 0,3 mg/l) dan PVPP 100 mg/l. Botol kultur disimpan di ruangan inkubasi dalam kondisi gelap dan bersuhu 25°C .

Kultur Embrio Buah Matang

Pada kelompok buah matang kopi Arabika, Robusta, dan Liberika proses penanaman dilakukan dengan 2 metode. Metode pertama, biji yang telah setelah disterilisasi langsung dikulturkan pada media MS yang diberi *Benzyl Adenine* (BA) 0,1; 0,3; dan 0,5 mg/l. Metode kedua, biji yang telah steril dibelah 2 menggunakan pisau skalpel steril. Embrio fase torpedo yang ada di dalam biji kemudian dikulturkan pada media yang sama. Botol kultur disimpan di ruangan inkubasi bersuhu 25°C dalam kondisi gelap.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Pada buah kategori mata yuyu, buah belum matang dan buah awal mulai matang, perlakuan yang diuji adalah konsentrasi kinetine dan PVPP. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan sepuluh ulangan. Faktor yang diuji adalah konsentrasi kinetine 1, 2, dan 3 mg/l, dan kandungan PVPP 100, 200, dan 300 mg/l. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 10 kali. Jika terdapat perbedaan yang nyata dari nilai rata-rata perlakuan maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

Berbeda dengan kelompok buah mata yuyu, belum matang, dan awal mulai matang, pada buah hampir matang perlakuan yang diuji adalah pemberian GA_3 (0,0 ; 0,1 ; 0,2 dan 3,0 mg/l), sementara pada buah matang perlakuan yang diuji adalah pemberian BA (0,1; 0,3; dan 0,5 mg/l). Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 10 ulangan. Jika terdapat perbedaan yang nyata dari nilai rata-rata perlakuan maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan DMRT pada taraf 5%. Parameter yang diamati adalah fase perkembangan buah, tahapan embrio zigotik dalam biji, waktu berkecambah, persentase kecambah, dan keragaan morfologi dari kecambah. Tahapan embrio meliputi proembrio, globular, *elongated stage*, dan torpedo. Karakter keragaan morfologi yang diamati adalah jumlah kotiledon, jumlah akar, dan abnormalitas. Waktu berkecambah dihitung sejak mulai eksplan dari masing-masing kelompok umur (per spesies) dikulturkan pada media perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Morfologi dan Anatomi Perkembangan Buah Beberapa Spesies Kopi

Hasil pengamatan morfologi terhadap perkembangan buah kopi Arabika, Robusta, dan Liberika dari penyerbukan sampai siap panen (matang) memperlihatkan sedikit perbedaan pada periode pemasakan buah. Kopi Arabika terlihat lebih cepat mengalami perubahan warna dari hijau menjadi hijau kemerahan dan merah dibandingkan dengan kopi Robusta dan Liberika. Kopi Arabika berubah warna menjadi merah pada bulan ke-8 sampai ke-9 setelah penyerbukan, kopi Robusta bulan ke-9 sampai ke-10, sementara Liberika bulan ke-10 sampai ke-11. Hal ini disebabkan oleh proses perkembangan buah kopi Robusta dan Liberika lebih lama dari kopi Arabika.

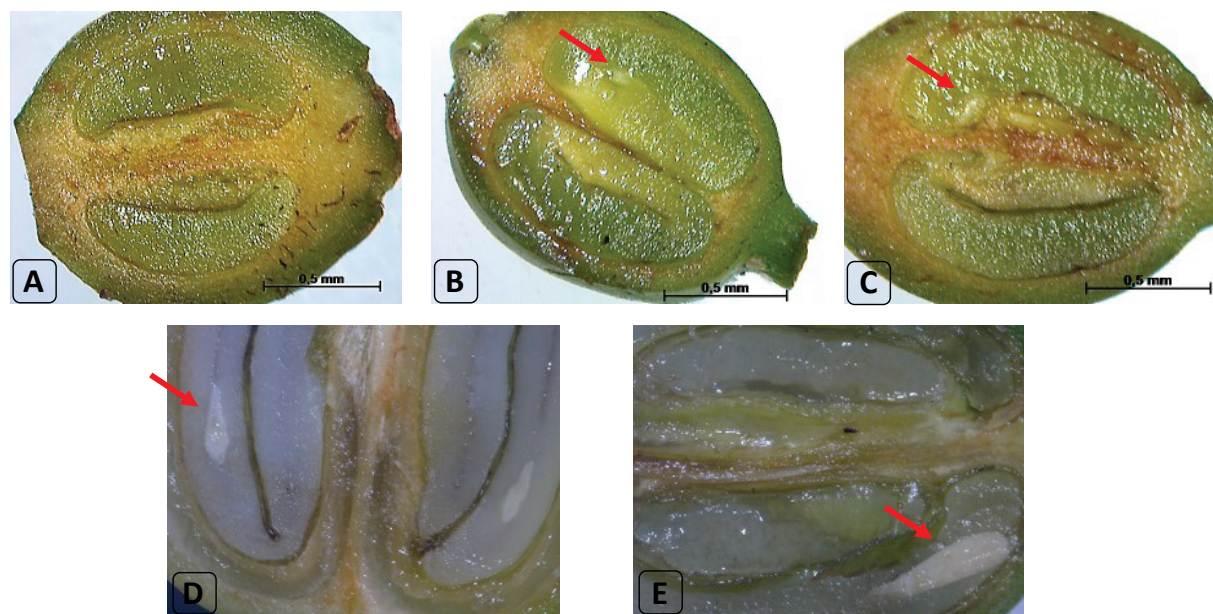
Perkembangan buah kopi tidak selalu sama dalam ukuran waktu yang berbeda. Hal ini kemungkinan terkait dengan beberapa peristiwa yang mungkin terjadi selama musim produksi, namun ada kecenderungan untuk sama selama tahap akhir pematangan. Perkembangan buah terlihat lebih cepat mencapai

maksimal ketika hendak memasuki tahap matang merah (De Castro & Marraccini, 2006). Pertumbuhan dan perkembangan buah kopi Arabika pada penelitian ini sama dengan penelitian Geromel *et al.* (2006) yang menggunakan *C. arabica* cv. IAPAR 59, menyelesaikan pematangannya dalam delapan hingga sembilan bulan. Namun ada kalanya juga proses pematangan kopi pada berbagai spesies berbeda satu sama lainnya. Perbedaan ini kemungkinan dikarenakan adanya perbedaan genetik dan lingkungan tumbuh. Periode antara bunga mekar dan pematangan buah kopi Robusta dalam penelitian Partelli, Espindula, Marré, & Vieira (2014) terlihat bervariasi antar genotipe. Perbedaan ketinggian tempat, suhu, dan kelembaban dapat menyebabkan perbedaan waktu pematangan buah kopi, sehingga proses pematangan buah kopi Arabika pada penelitian ini diduga dipengaruhi oleh kondisi iklim setempat, karena kopi Arabika biasanya ditanam pada dataran tinggi.

Berdasarkan hasil pengamatan di bawah mikroskop terhadap perkembangan buah sampai 2 bulan setelah penyerbukan pada kopi Arabika, Robusta, dan Liberika, belum dijumpai adanya embrio dalam buah. Pada Gambar 1A dapat dilihat hasil sayatan buah kopi umur 2 bulan setelah penyerbukan, semua terlihat hanya

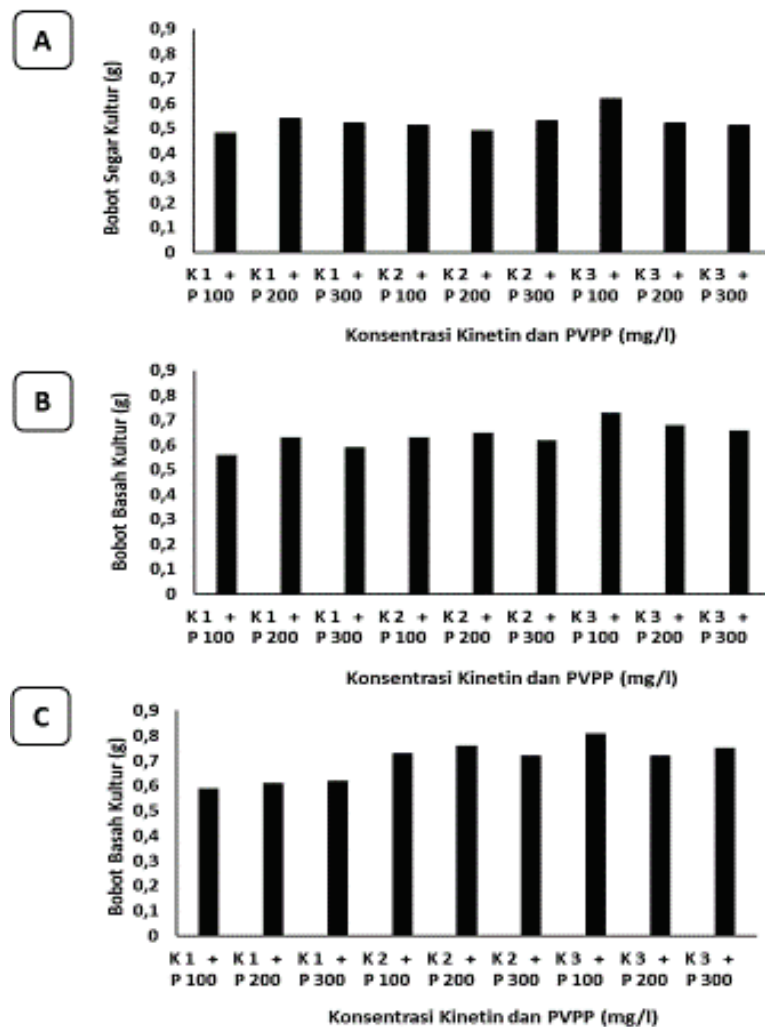
berbentuk cairan. Bulan ke-3 setelah penyerbukan, di bawah mikroskop mulai terlihat endosperma dan perisperm pada kopi Arabika, Robusta, dan Liberika. Pada saat ini perkembangan embrio terlihat masih pada tahap proembrio stadium uniseluler sampai biseluler.

Embrio zigotik fase globular mulai terlihat pada bulan keempat (Gambar 1B), dengan ukurannya embrio masih sangat kecil ($\pm 0,1$ mm). Embrio fase globular dan hati terlihat di bulan ke-5 dan ke-6 setelah penyerbukan pada kopi Arabika dan Robusta, dan bulan ke-6 sampai ke-7 pada kopi Liberika (Gambar 1C). Fase *elongated stage* mulai terlihat pada bulan ke-7 setelah penyerbukan pada kopi Arabika dan kopi Robusta, sementara pada kopi Liberika di bulan ke-8 setelah penyerbukan (Gambar 1D). Embrio fase torpedo terlihat di bulan ke-8 pada kopi Arabika, di bulan ke-9 pada kopi Robusta sementara pada kopi Liberika pada bulan ke-10 setelah penyerbukan (Gambar 1E). Perbedaan waktu dalam perkembangan embrio zigotik kopi ini kemungkinan besar karena perbedaan genotipe dari ketiga spesies kopi tersebut. Perkembangan yang berbeda menyebabkan pada penelitian ini ada pengelompokan umur buah yang didasarkan pada waktu setelah penyerbukan (Tabel 1).



Gambar 1. Perkembangan buah kopi Arabika: (A) dua bulan setelah penyerbukan, (B) empat bulan setelah penyerbukan, (C) enam bulan setelah penyerbukan, (D) tujuh bulan setelah penyerbukan, dan (E) sembilan bulan setelah penyerbukan. Tanda panah merah menunjukkan perkembangan embrio

Figure 1. Development of Arabica coffee fruit: (A) two months after pollination, (B) four months after pollination, (C) six months after pollination, (D) seven months after pollination, and (E) nine months after pollination. The red arrow sign indicates the development stages of the embryo



Gambar 2. Bobot segar biakan embrio yang belum matang dengan jaringan endosperma dan perisperm dalam media regenerasi: (A) kopi Arabika, (B) kopi Robusta, (C) kopi Liberika

Figure 2. Fresh weight of cultures from immature embryos with endosperm and perisperm tissues in regeneration medium: (A) Arabica coffee, (B) Robusta coffee, (C) Liberica coffee

Kultur Embrio Buah Mata Yuyu

Hasil pengamatan terhadap pertumbuhan dan perkembangan kultur dari buah kopi kategori mata yuyu yang ditanam pada media MS ditambah Kinetine dan PVPP, belum ada yang berhasil berkecambah. Penanaman buah kopi pada media yang mengandung PVPP berhasil mengurangi jumlah fenol, namun tidak mampu menghilangkannya sama sekali. Dua bulan setelah penanaman, biji yang ditanam berubah menjadi kehitaman. Perubahan warna biji menjadi hitam kemungkinan besar disebabkan adanya senyawa fenol. Senyawa fenol sangat menghambat proses pertumbuhan dan perkembangan kultur. Eksplan yang berukuran kecil bersifat lebih sensitif terhadap desikasi, pelukaan selama isolasi, dan oksidasi senyawa fenol (Gonçalves, Pinto, Souza, & Landell, 2012). Ini juga terjadi pada kultur buah kopi Arabika, Robusta, dan Liberika pada kelompok buah mata yuyu.

Selain adanya senyawa fenol, pada buah fase mata yuyu proembrio atau embrio belum terbentuk, hal ini diduga kuat menyebabkan kultur embrio pada fase ini belum berhasil berkecambah. Hasil ini menunjukkan bahwa kultur embrio atau penyelamatan embrio hasil persilangan inter dan antar spesies kopi Arabika, Robusta, dan Liberika diduga belum dapat dilakukan pada buah berumur 1 atau 2 bulan setelah penyerbukan.

Kultur Embrio Buah Belum Matang

Embrio dari buah belum matang berukuran sangat kecil jika dilihat dengan mata telanjang menghambat proses pemisahan embrio dari biji (Gambar 1B). Warnanya yang hampir sama dengan perisperm dan endosperm juga merupakan kendala tersendiri. Karena keterbatasan ini maka dalam proses penyelamatan embrio yang dilakukan adalah dengan mengambil semua bagian dari dalam biji kemudian diregenerasikan ke

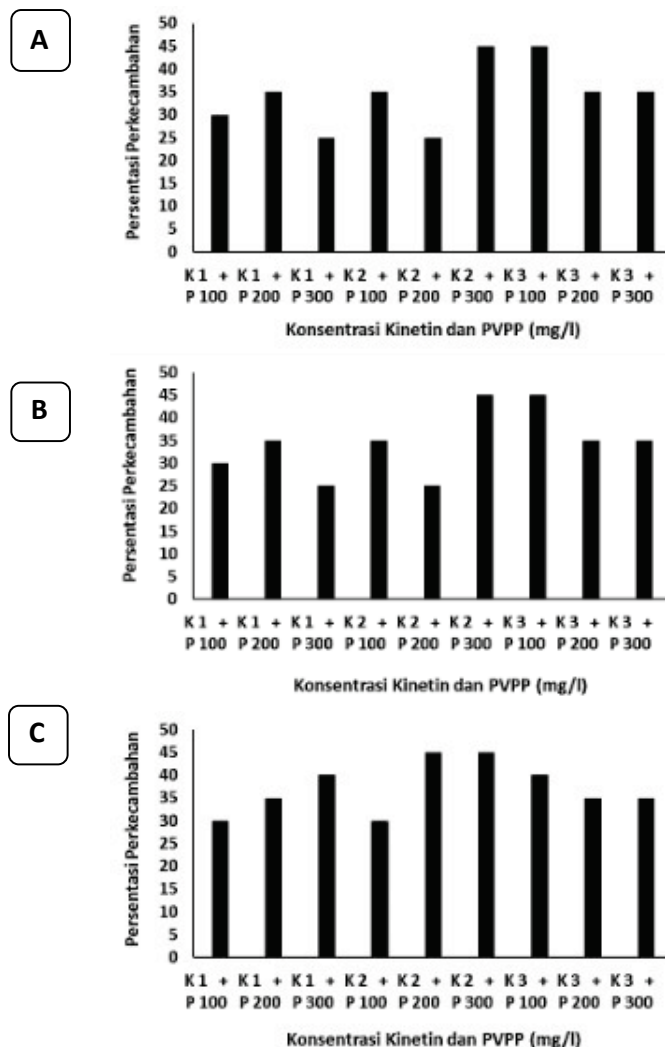
dalam media kultur. Kultur embrio dari buah belum matang menggunakan media dasar yang sama dengan media regenerasi dalam embrio somatik. Dengan cara ini diharapkan embrio zigotik dapat tumbuh dan berkembang dengan baik.

Bobot segar kultur embrio belum matang yang dikulturkan bersama jaringan endosperm dan perisperm dalam media regenerasi dapat dilihat pada Gambar 2. Hasil uji statistik memperlihatkan bahwa belum ada perbedaan bobot segar kultur pada perlakuan yang diuji, baik pada kopi Arabika (Gambar 2A), Robusta (Gambar 2B), dan Liberika (Gambar 2C).

Hasil pengamatan memperlihatkan adanya perbedaan waktu berkecambah antara ketiga spesies kopi. Kopi Arabika memerlukan waktu perkecambahan yang lebih singkat dibandingkan dengan spesies lainnya.

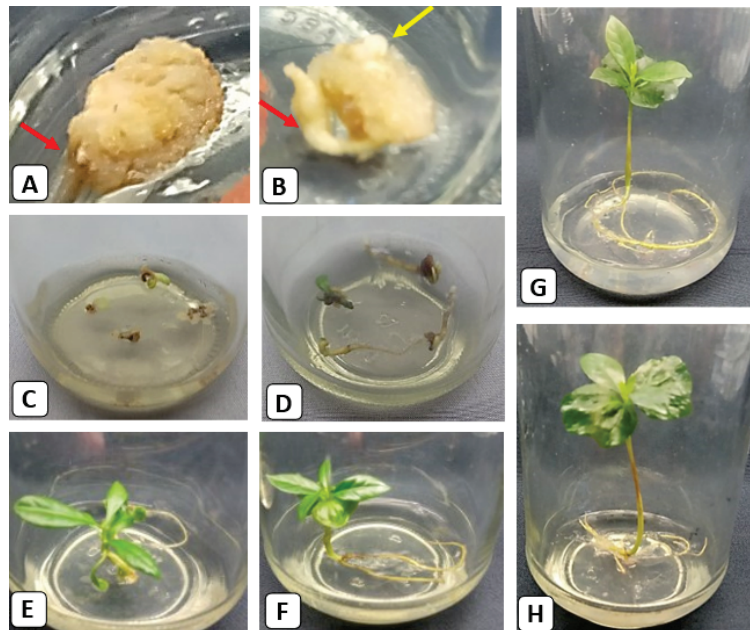
Waktu yang diperlukan untuk berkecambah selama 4 sampai 4,5 bulan setelah kultur. Berbeda dengan kopi Arabika, kopi Liberika memerlukan waktu terlama dibandingkan dengan kedua spesies lainnya yaitu 6 bulan setelah kultur (data tidak ditampilkan).

Jika dibandingkan dengan perkecambahan benih yang biasanya dilakukan di pembibitan kopi, waktu yang diperlukan dalam penelitian ini terlihat lebih lama. Penyebabnya adalah benih yang digunakan dalam penelitian ini merupakan biji belum matang, sementara biji yang ditanam di pembibitan adalah buah yang sudah matang fisiologis. Perbedaan waktu berkecambah ini dikarenakan pada biji belum matang, embrio perlu waktu untuk tumbuh berkembang sebelum mampu untuk berkecambah.



Gambar 3. Persentase kecambah yang dihasilkan pada kelompok buah belum matang: (A) kopi Arabika, (B) kopi Robusta, (C) kopi Liberika

Figure 3. Percentage of sprouts produced in the immature fruit group: (A) Arabica coffee, (B) Robusta coffee, (C) Liberica coffee



Gambar 4. Perkembangan kecambah kopi: (A) embrio zigotik fase *elongated stage* diantara kalus pada kultur embrio buah belum matang kopi Robusta pada bulan ke-3 setelah kultur (panah merah), (B) embrio fase torpedo dari kultur embrio zigotik buah awal mulai matang kopi Liberika pada bulan ke-4 setelah kultur (panah merah), sementara embrio somatik fase globular dari jaringan endosperm (panah kuning), (C) kecambah kopi Liberika pada kultur buah hampir matang tanpa penambahan GA₃ pada bulan ke-3 setelah kultur, (D) kecambah kopi Liberika pada kultur buah hampir matang dengan penambahan GA₃ pada bulan ke-3 setelah kultur, (E) planlet kopi Liberika dari embrio zigotik fase torpedo buah matang, (F) planlet kopi Arabika dari embrio zigotik fase torpedo buah matang, (G) planlet kopi Arabika dari biji buah matang yang langsung ditanam pada media kultur, (H) planlet kopi Robusta dari biji buah matang yang langsung ditanam pada media kultur

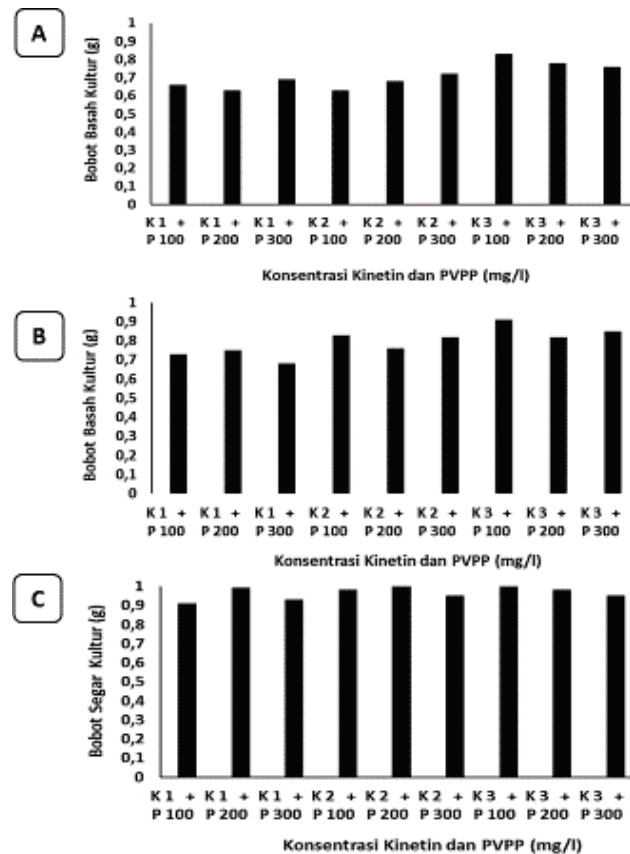
Figure 4. The development stages of coffee sprouts: (A) *elongated stage* of zygotic embryo between callus in Robusta coffee immature embryo culture at 3 months after culture (red arrow), (B) torpedo phase embryos from zygotic embryo culture of Liberica coffee early mature fruit at 4 months after culture (red arrow), while somatic embryo globular phase from endosperm tissue (yellow arrow), (C) Liberica coffee sprouts from almost mature fruit culture without the addition of GA₃ at 3 months after culture, (D) Liberica coffee sprouts on the almost mature fruit culture with the addition of GA₃ in the 3rd month after culture, (E) Liberica coffee plantlets from torpedo-phase zygotic embryos of mature fruit, (F) Arabica coffee plantlets from torpedo-phase zygotic embryos from mature fruit, (G) Arabica coffee plantlets from mature fruit directly planted in culture media, (H) Robusta coffee plantlets from mature fruit which directly planted in culture media

Persentase kecambah yang berhasil tumbuh dari ketiga spesies terlihat bervariasi jumlahnya (Gambar 3), namun secara statistik tidak berbeda nyata. Masih banyaknya jumlah embrio zigotik yang tidak tumbuh atau tidak berkembang diduga karena terganggunya embrio sewaktu proses pembelahan biji kopi ketika penanaman eksplan, sehingga mempengaruhi daya berkecambah. Keragaan kecambah kopi Liberika yang berasal dari embrio somatik belum matang dapat dilihat pada Gambar 4A.

Pada penanaman biji di pembibitan dilaporkan juga bahwa terlihat penurunan persentase benih yang berkecambah seiring dengan semakin mudanya benih kopi Arabika dan Robusta yang dikecambahkan (Rohaeni & Farida, 2015). Ichsan, Hereri, & Budiarti (2013) menyatakan bahwa secara umum ada dua faktor yang mempengaruhi perkecambahan benih, yaitu faktor dalam

(tingkat kemasakan benih, ukuran benih, dormansi) dan faktor luar (air, temperatur, oksigen, dan cahaya).

Kultur embrio dari kultur buah belum matang harus dilakukan dengan teliti. Embrio yang masih berukuran sangat kecil dikhawatirkan tumbuh dan berkembang bersamaan dengan jaringan lainnya seperti endosperm. Dalam proses perkembangan kultur *in vitro* kopi, perkembangan kultur endosperm tidak diharapkan. Kultur endosperm akan menghasilkan tanaman triploid, yang akan menghasilkan tanaman tanpa biji. Kultur endosperm banyak dimanfaatkan untuk menghasilkan tanaman tanpa biji seperti pada tanaman jeruk, anggur, dan jambu biji, tetapi tidak untuk tanaman kopi karena yang dipanen adalah bijinya. Untuk menghindari terjadinya kesalahan, embrio fase globular yang terlihat lebih cepat tumbuh dan berkembang menjadi embrio fase torpedo dalam media segera dipisahkan dari jaringan lainnya (Gambar 4B).



Gambar 5. Bobot segar kultur dari embrio awal mulai matang bersama jaringan endosperm dan perisperm dalam media regenerasi: (A) kopi Arabika, (B) kopi Robusta, (C) kopi Liberika

Figure 5. Fresh weight of cultures from early mature embryos with endosperm and perisperm tissues in regeneration media: (A) Arabica coffee, (B) Robusta coffee, (C) Liberica coffee

Kultur Embrio Buah Awal Mulai Matang

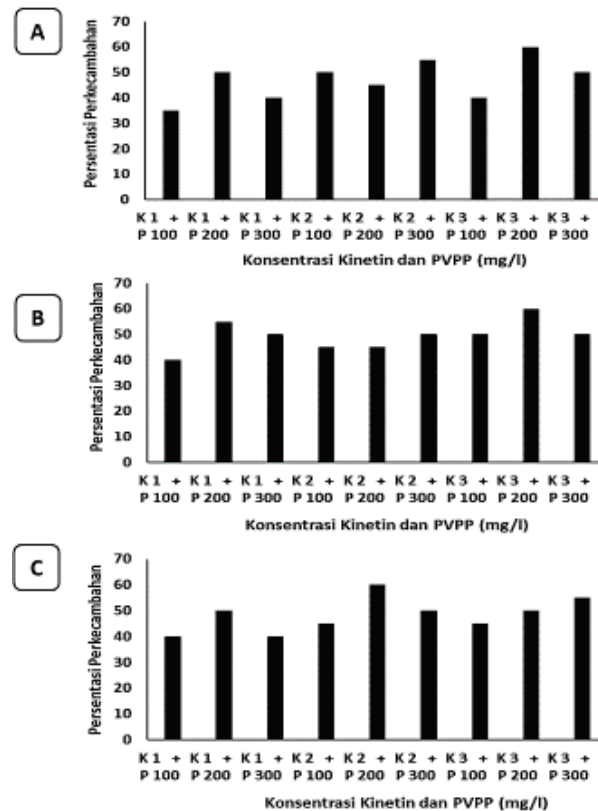
Embrio dari buah awal mulai matang pada ketiga jenis kopi dikulturkan bersama jaringan endosperm dan perisperm pada media regenerasi. Hasilnya sebagian besar embrio dapat tumbuh dan berkembang menjadi embrio fase torpedo dan mampu berkecambah dengan normal. Hampir sama dengan kultur embrio belum matang, pada buah awal mulai matang pemberian kinetin dan PVPP secara statistik belum memperlihatkan hasil yang signifikan pada bobot segar kultur (Gambar 5).

Persentase kecambah yang dihasilkan pada kelompok buah awal matang di media perlakuan terlihat bervariasi jumlahnya, dengan rata-rata total kecambah dari kopi Arabika hanya 47,22% (Gambar 6A), kopi Robusta 49,44% (Gambar 6B), dan kopi Liberika 48,33% (Gambar 6C). Walaupun tidak sampai 50%, rata-rata persentase dalam penelitian ini lebih tinggi dibandingkan perkecambahan kopi Arabika varietas Gayo 1 dari buah yang dipanen masak fisiologis yang dikecambahkan di media pasir di dalam laboratorium yang hanya 45,68% (Ichsan *et al.*, 2013). Kultur embrio dari buah belum matang dari kopi Arabika, Robusta, dan Liberika pada

penelitian ini terlihat normal dengan jumlah kotiledon masing-masing 2 dan memiliki akar tunggang.

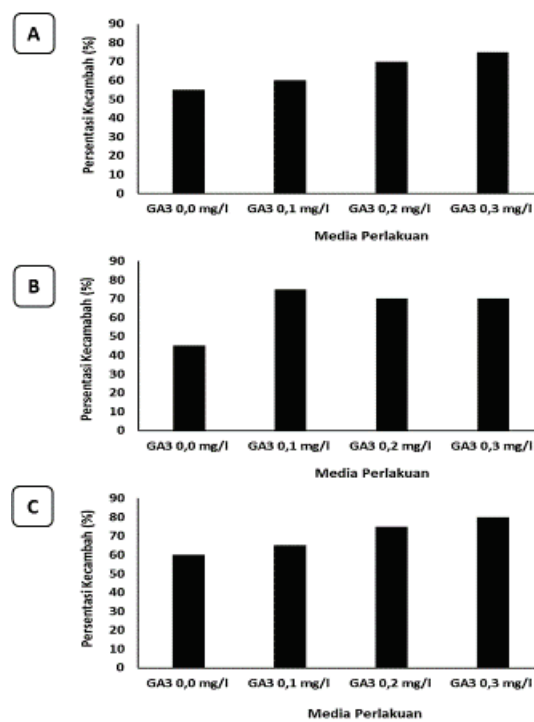
Kultur Embrio Buah Hampir Matang

Kultur embrio kelompok buah hampir matang merupakan kultur buah kopi Arabika, Robusta, dan Liberika dari fase embrio zigotik yang telah mencapai *elongated stage*. Persentase kecambah yang terbentuk terlihat cukup tinggi mencapai angka 75% untuk kopi Arabika dan Robusta (Gambar 7A dan 7B) dan 80% untuk kopi Liberika (Gambar 7C). Persentase perkecambahan buah hampir matang dari masing-masing spesies kopi terlihat meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi GA_3 yang ditambahkan pada media perlakuan (Gambar 7). Disamping jumlah, waktu yang dibutuhkan untuk berkecambah juga lebih cepat pertumbuhannya ketika diberi GA_3 0,3 mg/l dibandingkan dengan 0,1 dan 0,2 mg/l. Persentase perkecambahan yang lebih baik juga terlihat pada proses kecambah embrio somatik kopi Robusta (Ibrahim & Hartati, 2017) dan embriogenesis somatik kopi Arabika (Ahmed, Feyissa, & Tesfaye. Disasa, 2013) ketika diberi GA_3 .



Gambar 6. Persentase kecambah yang dihasilkan pada kelompok buah awal mulai matang: (A) kopi Arabika, (B) kopi Robusta, (C) kopi Liberika

Figure 6. Percentage of sprouts produced in early mature fruit group: (A) Arabica coffee, (B) Robusta coffee, (C) Liberica coffee



Gambar 7. Persentase kecambah yang dihasilkan pada kelompok buah hampir matang: (A) kopi Arabika, (B) kopi Robusta, (C) kopi Liberika

Figure 7. Percentage of sprouts produced in the almost mature fruit group: (A) Arabica coffee, (B) Robusta coffee, (C) Liberica coffee

Tabel 2. Persentase kecambah yang dihasilkan pada kelompok buah matang kopi Arabika

Table 2. Percentage of sprouts produced in the mature fruit group of Arabica coffee

Perlakuan media	Kecambah yang dihasilkan (%)	
	Embrio fase torpedo	Biji utuh
BA 0,1 mg/l	80	60
BA 0,3 mg/l	90	75
BA 0,5 mg/l	85	70

Tabel 3. Persentase kecambah yang dihasilkan pada kelompok buah matang kopi Robusta

Table 3. Percentage of sprouts produced in the mature fruit group of Robusta coffee

Perlakuan media	Kecambah yang dihasilkan (%)	
	Embrio fase torpedo	Biji utuh
BA 0,1 mg/l	70	60
BA 0,3 mg/l	90	70
BA 0,5 mg/l	75	60

Tabel 4. Persentase kecambah yang dihasilkan pada kelompok buah matang kopi Liberika

Table 4. Percentage of sprouts produced in the mature fruit group of Liberica coffee

Perlakuan media	Kecambah yang dihasilkan (%)	
	Embrio fase torpedo	Biji utuh
BA 0,1 mg/l	80	70
BA 0,3 mg/l	85	60
BA 0,5 mg/l	70	55

Kultur Embrio Buah Matang

Persentase kecambah dengan mengkulturkan embrio fase torpedo pada ketiga spesies kopi terlihat lebih tinggi dari pada mengkulturkan biji utuh. Perkecambahan tertinggi terlihat pada perlakuan BA 0,3 mg/l yang mencapai angka 90% pada kopi Arabika dan Robusta (Tabel 2 dan 3), sementara pada kopi Liberika 85% (Tabel 4). Jika dibandingkan kecepatan perkecambahan dari masing-masing spesies kopi sejak dilakukan proses subkultur awal, terlihat adanya perbedaan waktu berkecambah antara kopi Arabika, Robusta, dan Liberika. Pada biji yang ditanam utuh di media kultur, kopi Arabika dan Robusta mulai berkecambah setelah 3 bulan berada di media kultur, sementara kopi Liberika baru mulai berkecambah pada bulan ke-4. Perbedaan waktu berkecambah ini diduga karena perbedaan spesies kopi. Berbeda dengan biji utuh yang memerlukan waktu berkecambah sampai 3 bulan, pada embrio zigotik fase torpedo yang langsung dikulturkan di media kultur, perkecambahan telah dimulai pada 10 hari setelah dikulturkan untuk kopi Arabika dan Robusta, sementara untuk kopi Liberika dimulai pada hari ke-15.

Jumlah kecambah yang dihasilkan pada embrio fase torpedo dan biji yang langsung ditanam pada media perlakuan menunjukkan perbedaan. Pada biji kopi Arabika, Robusta, dan Liberika yang langsung ditanam pada media kultur, jumlah kecambah yang dihasilkan hanya satu, sementara pada embrio fase torpedo yang langsung ditanam pada media kultur dengan penambahan BA 0,3 dan 0,5 mg/l lebih dari satu (Tabel 5, 6, dan 7). Jumlah kecambah yang lebih dari satu ini ternyata merupakan embrio somatik sekunder, yang terbentuk dari embrio zigotik primer. Jumlah embrio somatik sekunder tertinggi pada kopi Arabika, Robusta, dan Liberika dihasilkan dari perlakuan BA 0,5 mg/l (Tabel 5, 6, dan 7). Fenomena pembentukan embrio somatik sekunder kopi seperti ini juga telah dilaporkan pada proses embriogenesis somatik kopi Arabika (Ibrahim, Hartati, Rubiyo, Purwito, & Sudarsono, 2015; Ibrahim, Hartati, Rubiyo, Purwito, & Sudarsono, 2017). Cara ini tentu saja sangat bermanfaat ketika akan melakukan perbanyakan benih F1 baik hasil persilangan intra dan inter spesies kopi. Benih hasil persilangan dapat langsung diperbanyak tanpa menunggu tanaman kopi berbuah.

Tabel 5. Jumlah kecambah kopi Arabika yang dihasilkan pada media perlakuan yang diberi BA untuk embrio fase torpedo dan biji dari buah matang yang dikulturkan

Table 5. Number of Arabica coffee sprouts produced on media treated with BA for torpedo phase embryos and seeds from cultured mature fruit

Perlakuan media	Jumlah kecambah	
	Embrio fase torpedo	Biji utuh
BA 0,1 mg/l	1,0 b	1
BA 0,3 mg/l	1,3 b	1
BA 0,5 mg/l	3,6 a	1

Tabel 6. Jumlah kecambah kopi Robusta yang dihasilkan pada media perlakuan yang diberi BA untuk embrio fase torpedo dan biji dari buah matang yang dikulturkan

Table 6. Number of Robusta coffee sprouts produced on media treated with BA for torpedo phase embryos and seeds from cultured mature fruit

Perlakuan media	Jumlah kecambah	
	Embrio fase torpedo	Biji utuh
BA 0,1 mg/l	1,0 b	1
BA 0,3 mg/l	1,2 b	1
BA 0,5 mg/l	2,8 a	1

Tabel 7. Jumlah kecambah kopi Liberika yang dihasilkan pada media perlakuan yang diberi BA untuk embrio fase torpedo dan biji dari buah matang yang dikulturkan

Table 7. Number of Liberica coffee sprouts produced on media treated with BA for torpedo phase embryos and seeds from cultured mature fruit

Perlakuan media	Jumlah kecambah	
	Embrio Fase Torpedo	Biji utuh
BA 0,1 mg/l	1,0 b	1
BA 0,3 mg/l	1,1 b	1
BA 0,5 mg/l	2,1 a	1

Hasil penelitian memperlihatkan bahwa keberhasilan kultur embrio selain ditentukan oleh faktor umur embrio, juga ditentukan oleh jenis kopi atau genotipe, komposisi medium, lingkungan fisik, dan kondisi pertumbuhan tanaman induk. Hal ini sesuai dengan pernyataan yang menyatakan bahwa keberhasilan dalam mengkulturkan embrio secara *in vitro* dipengaruhi oleh umur embrio yang dikulturkan, genotipe, komposisi media kultur yang digunakan, lingkungan fisik (suhu dan pencahayaan) dan kondisi tumbuh tanaman induk (Fathi & Jahan, 2012). Semakin muda embrio yang dikulturkan akan semakin sulit ditumbuhkan pada medium buatan, sedangkan semakin tua (matang) embrio yang ditumbuhkan akan semakin mudah untuk tumbuh (Kumari *et al.*, 2018). Hal ini terlihat pada persentase perkecambahan yang semakin tinggi ketika eksplan yang digunakan berasal dari buah yang semakin matang.

Faktor internal yang mempengaruhi perkecambahan benih juga dipengaruhi oleh tingkat kemasakan buah dan ukuran buah (Claudia *et al.*, 2013). Disamping itu faktor viabilitas dan jangka waktu benih dapat hidup juga berpengaruh terhadap kemampuan biji untuk berkecambah (Udomdee, Wen, Chin, & Chen, 2014). Komposisi media sangat berperan dalam keberhasilan teknik kultur embrio secara *in vitro*. Hal ini

karena dalam kultur embrio, media berperan menggantikan fungsi dari endosperma dalam menyediakan hara yang diperlukan untuk menumbuhkan embrio. Apabila hasilnya kurang memuaskan, kultur dapat ditambahkan zat pengatur tumbuh dan bahan organik lainnya.

KESIMPULAN

Kultur embrio pada ketiga spesies kopi berhasil dilakukan kecuali pada kelompok buah mata yuyu, dengan perbedaan waktu berkecambah antar spesies. Semakin tua umur buah yang dikulturkan, persentase perkecambahan semakin tinggi. Media yang disarankan untuk kultur embrio buah belum matang dan awal mulai matang pada ketiga spesies adalah media *Murashige and Skoog* (MS) yang diberi kinetin 1 mg/l dan *Polyvinylpyrrolidone* (PVPP) 100 mg/l. Pada buah hampir matang, media yang disarankan adalah MS yang diberi kinetin 2 mg/l dan GA₃ 3 mg/l. Pada buah matang kopi Arabika dan kopi Robusta yang menggunakan biji utuh disarankan menggunakan media MS yang diberi *Benzyl Adenine* (BA) 0,3 mg/l, sementara untuk kopi Liberika menggunakan media MS yang diberi BA 0,1

mg/l. Pada buah matang yang menggunakan embrio fase torpedo disarankan menggunakan MS yang diberi BA 0,5 mg/l, karena dapat dimanfaatkan untuk pembentukan embrio somatik sekunder.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah mendanai penelitian ini melalui DIPA tahun 2019 dan 2020. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Siti Sawitri Fatimah dan Damayanti yang telah membantu terlaksananya penelitian ini dengan baik.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Meynarti Sari Dewi Ibrahim (Kontributor Utama)
2. Indah Sulistiyorini (Kontributor Anggota).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, W., Feyissa, Ti., & Tesfaye. Disasa. (2013). Somatic embryogenesis of a coffee (*Coffea arabica* L.) hybrid using leaf explants. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 88(4), 469–475.
- Alves, S. A. O., Lemos, O. F. de, Filho, B. G. dos S., & Silva, A. L. L. da. (2011). In vitro embryo rescue of interspecific hybrids of oil palm (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 2(2), 1–6.
<https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v2n2.alves>
- Arsyad, M. A., Sudarsono, Purwito, A., & Dinarti, D. (2016). Pengaruh Umur Embrio dan Jenis Media Dasar Terhadap Keberhasilan Embryo Rescue Aren [*Arenga pinnata* (Wurmb) Merr.] secara In Vitro. *Buletin Palma*, 14(1), 20–27.
<https://doi.org/10.21082/bp.v14n1.2013.20-27>
- Bojórquez-Quintal, J. E. de A., Sánchez-Cach, L. A., Gamboa-Tec, N. F., Quintal-Tun, F., Minero-García, Y., Martínez-Estévez, M., ... de los Santos-Briones, C. (2011). Effect of plant growth regulators on in vitro germination of coffee zygotic embryos. *African Journal of Biotechnology*, 10(82), 19056–19065.
<https://doi.org/10.5897/AJB11.2794>
- Buttibwa, M., Kawuki, R. S., Tugume, A. K., Akol, J., Magambo, S., Apio, H., ... Baguma, Y. (2015). In vitro embryo rescue and plant regeneration following self-pollination with irradiated pollen in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *African Journal of Biotechnology*, 14(27), 2191–2201.
<https://doi.org/10.5897/ajb2015.14577>
- De Castro, R. D., & Marraccini, P. (2006). Cytology, biochemistry and molecular changes during coffee fruit development. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 18(1), 175–199. <https://doi.org/10.1590/S1677-04202006000100013>
- Devi, I., Singh, H., & Thakur, A. (2017). Effect of developmental stage and medium on embryo culture of low chill peach hybrids. *Current Science*, 113(9), 1771–1775.
<https://doi.org/10.18520/cs/v113/i09/1771-1775>
- Fathi, H., & Jahan, U. (2012). Review of embryo culture in fruit trees. *Annals of Biological Research*, 3(9), 4276–4281. Retrieved from <http://scholarsresearchlibrary.com/ABR-vol3-iss9/ABR-2012-3-9-4276-4281.pdf>
- Geromel, C., Ferreira, L. P., Guerreiro, S. M. C., Cavalari, A. A., Pot, D., Pereira, L. F. P., ... Marraccini, P. (2006). Biochemical and genomic analysis of sucrose metabolism during coffee (*Coffea arabica*) fruit development. *Journal of Experimental Botany*, 57(12), 3243–3258. <https://doi.org/10.1093/jxb/erl084>
- Gimase, J. M., Omondi, C. O., & Kathurima, C. W. (2015). Coffee improvement by interspecific hybridization: A review. *J. Agric. Crop Res.*, 3(3), 41–46.
- Gonçalves, M. C., Pinto, L. R., Souza, S. C., & Landell, M. G. a. (2012). Virus diseases of sugarcane. A constant challenge to sugarcane breeding in Brazil. *Functional Plant Science and Biotechnology*, 6(2), 108–116.
- Ibrahim, M. S. D., Hartati, R. R. S., Rubiyono, Purwito, A., & Sudarsono. (2015). The induction of primary and secondary somatic embryo to support Arabica coffee propagation. *Journal of Tropical Crop Science*, 2(3), 6–13. <https://doi.org/10.29244/jtcs.2.3.6-13>
- Ibrahim, M. S. D., & Hartati, R. S. (2017). Peningkatan induksi kalus embriogenik dan konversi embrio somatik kopi Robusta klon BP 308. *JTIDP*, 4(3), 121–132.
<https://doi.org/10.21082/jtidp.v4n3.2017.p121-132>

- Ibrahim, M. S. D., Hartati, R. S., Rubiyo, Purwito, A., & Sudarsono. (2017). Efficiency of culture media and application temporary immersion system on somatic embryogenesis Arabica coffee. *Jurnal Littri*, 23(1), 45–54. <http://dx.doi.org/10.21082/littri.v23n1.2017.45-54>
- Ichsan, C. N., Hereri, A. I., & Budiarti, L. (2013). Kajian Warna buah dan ukuran benih terhadap viabilitas benih kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) Varietas Gayo 1. *Jurnal Flaratek*, 8, 110–117.
- Kim, S. H., Kwon, J. H., Park, Y. S., & Heo, J. Y. (2020). In vitro embryo rescue for the production of hypotetraploids after cross between hypotetraploid and tetraploid grape cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 48(1), 503–508. <https://doi.org/10.15835/NBHA48111795>
- Kumari, P., Thaneshwari, T., & Rahul, R. (2018). Embryo rescue in horticultural crops. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(06), 3350–3358. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.706.393>
- Maulida, D., Erfa, L., & Marveldani. (2020). Kultur embrio kelapa kopyor menggunakan beberapa konsentrasi BA dan air kelapa kopyor. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(3), 247–251. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.25181/jppt.v20i3.1929>
- Partelli, F. L., Espindula, M. C., Marré, W. B., & Vieira, H. D. (2014). Dry matter and macronutrient accumulation in fruits of Conilon coffee with different ripening cycles. *Revista Brasileira de Ciência Do Solo*, 38(1), 214–222. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832014000100021>
- Pasqual, M., Cavalcante-Alves, J. M., Andrade, L. M. C. O., Pereira, A. B., Maciel, A. L. R., & de Castro, R. D. (2000). In vitro embryo culture of *Coffea arabica*: The influence of NAA and BAP. *Coffee Biotechnology and Quality*, 171–178. https://doi.org/10.1007/978-94-017-1068-8_14
- Rohaeni, N., & Farida. (2015). Pengaruh tingkat kematangan buah terhadap viabilitas benih kopi (*Coffea robusta* L.). *Jurnal Pertanian Terpadu*, 7(2), 228–235.
- Sahijram, L., Soneji, J. R., Naren, A., & Rao, B. M. (2013). Hybrid embryo rescue: a non-conventional breeding strategy in horticultural crops. *Journal of Horticultural Sciences*, 8(1), 1–20. Retrieved from <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143192615>
- Udomdee, W., Wen, P.-J., Chin, S., & Chen, F.-C. (2014). Effect of storage temperature on seed viability and in vitro germination of Nobile dendrobium hybrids. *Thai Agricultural Research Journal* 32(2), 201–217.
- Uma, S., Lakshmi, S., Saraswathi, M. S., Akbar, A., & Mustaffa, M. M. (2011). Embryo rescue and plant regeneration in banana (*Musa* spp.). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 105(1), 105–111. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9847-9>
- Valdés, Y. C., Shukla, M. R., González Vega, M. E., & Saxena, P. K. (2021). Improved conservation of coffee (*Coffea arabica* L.) germplasm via micropropagation and cryopreservation. *Agronomy*, 11(9), 1861. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091861>

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 3, November 2021

**EFISIENSI KINERJA DAN HASIL PANEN TEH MENGGUNAKAN GUNTING DAN
MESIN PADA BERAGAM KEMIRINGAN LAHAN**

***PERFORMANCE AND YIELD EFFICIENCY OF TEA HARVEST USING SCISSORS AND MACHINES
ON VARIATION OF LAND SLOPE***

* Ahmad Thoriq¹, Kralawi Sita²

¹⁾ **Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian,
Universitas Padjadjaran**

Jl. Raya Bandung Sumedang Km.21, Hegarmanah, Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat 45363 Indonesia

²⁾ **Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung**

Desa Mekar Sari, Pasirjambu, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40972 Indonesia

* thoriq@unpad.ac.id

(Tanggal diterima: 26 Agustus 2021, direvisi: 10 November 2021, disetujui terbit: 27 November 2021)

ABSTRAK

Pemetikan daun teh merupakan aktivitas penting yang dapat menentukan kuantitas dan kualitas produksi teh. Karakteristik lahan kebun teh yang memiliki variasi kemiringan yang berbeda mempengaruhi kinerja proses pemetikan. Penelitian ini bertujuan menganalisis efisiensi kinerja serta kuantitas dan kualitas hasil panen tanaman teh menggunakan mesin dan gunting petik. Data lapang dikumpulkan dari beberapa blok pada afdeling Gambung Selatan dan Gambung Utara. Data yang dikumpulkan terdiri atas ketinggian tempat, kemiringan lahan, luas areal petik, waktu penyelesaian petik, jumlah pemetik, panjang lintasan proses pemetikan, lebar petikan, dan bobot teh hasil panen. Data yang telah terkumpul diolah menjadi kapasitas lapang dan efisiensi kinerja pemetikan teh yang selanjutnya dianalisis secara deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemiringan lahan berpengaruh pada efisiensi kerja sebesar 3,00%-8,68%. Kapasitas lapang efektif dan teoritis penggunaan mesin petik teh masing-masing sebesar 0,14 hektar per jam dan 0,20 hektar per jam, sedangkan menggunakan gunting petik masing-masing sebesar 0,015 hektar per jam dan 0,020 hektar per jam. Mutu teh hasil panen dengan mesin yang memenuhi syarat yaitu sebesar 44,10% lebih baik dibandingkan dengan panen menggunakan gunting yang hanya 28,09%.

Kata kunci: efisiensi lapang; gunting petik; kapasitas lapang; mesin petik

ABSTRACT

Tea leaf plucking is an important activity that can determine the quantity and quality of tea production. Tea plantations characteristically have variations of slopes that affect the performance of the picking process. This study aimed to analyze the performance efficiency of tea plucking activities using plucking machines and scissors. Field data were collected from several blocks in the South Gambung and North Gambung afdeling. Data collected consisted of the elevation of the place, the slope of the land, the plucking area, plucking time, the number of pluckers, the plots length of the plucking activity, the width of the plots, and the harvested tea's weight. The data collected were processed into field capacity and tea plucking performance efficiency, which were then analyzed descriptively. Results showed that the slope of the land has an effect on work efficiency of 3.00%-8.68%. The

effective and theoretical field capacity of tea plucking machines is 0.14 hectares per hour and 0.20 hectares per hour, respectively, while the scissors is 0.015 hectares per hour and 0.020 hectares per hour. The quality of tea harvested with machines that meet the requirements is 44.10%, better than scissors harvested, which is only 28.09%.

Keywords: : field capacity; field efficiency; picking machines; picking shears

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara produsen teh terbesar ke-7 di dunia (Food and Agriculture Organization, 2020) dengan total produksi pada tahun 2020 diperkirakan mencapai 138.323 ton. Namun, pada periode 2010-2020 produksi teh Indonesia menunjukkan tren yang menurun dengan laju 1,07 persen per tahun atau 1.474 ton per tahun (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2019). Beberapa faktor yang menyebabkan penurunan produktivitas daun teh diantaranya adalah umur tanaman yang sudah tua, adanya penurunan kesuburan dan degradasi tanah, faktor pemupukan (Dutta, 2011; Lori *et al.*, 2014), perubahan iklim, dan penurunan luas lahan (Indahsari and Kusumajaya, 2016). Peningkatan suhu sebagai akibat perubahan iklim menyebabkan tanah menjadi kering yang berimplikasi pada penurunan produktivitas (Food and Agriculture Organization, 2015). Faktor lain yang mempengaruhi produksi teh diantaranya adalah tenaga panen, gilir petik dan faktor sosial (Kusumawati & Triaji, 2017; Sita, 2019).

Salah satu upaya yang dilakukan dalam mempertahankan kuantitas produksi dan kualitas daun teh adalah melalui penerapan mekanisasi panen. Pemetikan teh secara mekanis menghasilkan efisiensi 8-15 kali lebih baik dan mengurangi biaya 50%-70% dibandingkan dengan pemetikan secara manual (Wu, 2015). Penggunaan mesin petik tidak hanya dapat meningkatkan hasil panen (Kusumawati & Triaji, 2017; Krisdiarto *et al.*, 2018; Ula *et al.*, 2019), namun dapat mengurangi kehilangan zat pati pada daun (Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan, 2010), menekan biaya pemetikan, dan meningkatkan pendapatan petani (Han *et al.*, 2019). Meskipun demikian, penggunaan mesin petik memiliki resiko kerja yang tinggi, terutama saat proses pemetikan dilakukan pada lahan dengan kemiringan 35° - 40° dengan tinggi tanaman di atas 100 cm (Simarmata *et al.*, 2020).

Karakteristik lahan kebun teh yang memiliki variasi kemiringan yang berbeda mempengaruhi kinerja proses pemetikan. Kurniawan dan Prabowo, (2021) menyatakan bahwa kapasitas kerja mesin petik pada lahan datar lebih baik dibandingkan dengan lahan bergelombang dan berbukit. Menurut Nugraha (2003) kecepatan kerja pemetikan menggunakan mesin akan semakin menurun seiring dengan meningkatnya

kemiringan lahan. Namun demikian, pada penelitian tersebut tidak dilakukan analisis efisiensi kinerja, sehingga penelitian ini bertujuan menganalisis efisiensi kinerja serta kuantitas dan kualitas hasil tanaman teh hasil panen dengan menggunakan mesin dan gunting petik pada beberapa variasi kemiringan lahan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan dalam melakukan perencanaan penerapan mekanisasi pemetikan teh.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli 2020 sampai dengan Oktober 2020. Penelitian dilaksanakan di Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung, Pasirjambu, Kabupaten Bandung, Jawa Barat.

Alat dan Bahan

Mesin pemetik teh yang digunakan pada penelitian ini adalah model V8 NewZ2 merk Ochiai yang memiliki panjang pisau 1,210 mm, bobot 13 kg, tenaga penggerak mesin G4K (Komatsu Zenoah) 41,5 CC tipe Air-Cooled, 2 langkah, bensin yang dicampur dengan minyak pelumas dengan perbandingan 25 : 1 dalam tangki 1 liter (Gambar 1).



Gambar 1. Mesin pemetik daun teh model V8 NewZ2 merk Ochiai

Figure 1. Tea leaf plucker machine model V8 NewZ2 of Ochiai brand

Gunting petik yang digunakan pada penelitian ini memiliki panjang 48 cm, panjang pisau 18 cm, sudut bukaan 60° , dan bobot 0,8 kg. Petikan teh hasil gunting selanjutnya ditampung pada alat penampung yang terbuat dari jeriken 5 liter yang dipotong (Gambar 2).



Gambar 2. Gunting pemetik dan penampung teh hasil petikan

Figure 2. Plucking scissors for and collecting the tea

Peralatan yang digunakan dalam pengukuran kinerja mesin dan gunting petik meliputi pita ukur, stopwatch, abney level, timbangan, dan patok. Sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas daun teh yang belum dipanen dan bahan bakar.

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan pada proses pemetikan menggunakan mesin dan gunting petik pada beberapa blok di afdeling Gambung Selatan dan Gambung Utara. Data yang dikumpulkan pada penelitian terdiri atas: ketinggian tempat, kemiringan lahan, luas areal petik, waktu penyelesaian petik, jumlah pemetik, jarak operasi mesin, lebar petikan, dan bobot teh hasil panen.

Mesin pemetik dioperasikan oleh 5 orang pemanen dengan kombinasi 3 pria dan 2 wanita. Setiap operator mempunyai peran masing –masing yang berbeda. Operator 1 dan 2 dikerjakan oleh pria yang bertugas memegang gagang mesin dan menarik mesin pemetik sesuai dengan jalur panen. Operator 3 dan 4 bertugas memegang kantong penampung hasil panen agar tetap berada pada jalur panen, sedangkan operator 5 bertugas mengangkut hasil panen ke Tempat Penampungan Sementara (TPS) hasil panen. Pemanenan menggunakan gunting dilakukan oleh pria atau wanita. Seluruh pemanen atau operator mesin telah berpengalaman lebih dari 5 tahun.

Pengolahan dan Analisis Data

Data tersebut selanjutnya diolah menjadi kapasitas lapang dan efisiensi kinerja. Kapasitas lapangan merupakan salah satu parameter penting yang menunjukkan kemampuan kerja suatu alat untuk menyelesaikan pekerjaannya dalam suatu luasan lahan (Suastawa *et al.*, 2000). Terdapat dua jenis kapasitas lapang yang biasa digunakan dalam pertanian, yaitu kapasitas lapang teoritis (KLT) dan kapasitas lapang efektif (KLE).

KLE merupakan kemampuan kerja mesin di lapangan untuk menyelesaikan pekerjaan pada suatu bidang lahan dalam waktu total tertentu. Sedangkan KLT merupakan kemampuan kerja suatu alat di dalam suatu bidang lahan, jika mesin berjalan maju dan alat tersebut bekerja dalam lebar maksimum tanpa waktu belok atau waktu tidak efektif lainnya. Persamaan yang digunakan untuk menghitung KLE dan KLT (Suastawa *et al.*, 2000; Nugraha, 2003) adalah sebagai berikut:

$$KLE = \frac{Lp}{Wk} \dots\dots\dots(1)$$

$$KLT = l \times V \times 0,36 \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- KLE = Kapasitas lapang efektif (ha/jam)
- Lp = luas areal panen (ha)
- Wk = Waktu kerja yang dibutuhkan (jam)
- KLT = Kapasitas lapang teoritis (ha/jam)
- l = Lebar pemetikan (m)
- V = Kecepatan kerja rata-rata (m/detik)
- 0,36 = Konversi satuan 1 m²/det = 0,36 ha/jam

Efisiensi lapang merupakan perbandingan antara kapasitas lapang efektif dengan kapasitas lapang teoritis yang dinyatakan dalam persen. Waktu kerja efektif merupakan waktu yang dihabiskan mesin secara aktual untuk melakukan fungsi/kerjanya. Perhitungan efisiensi lapang ini melibatkan pengaruh waktu hilang di lapangan dan ketidakmampuan untuk memanfaatkan lebar teoritis alsintan. Efisiensi lapang ini dapat menilai efisiensi kinerja untuk mengukur efektivitas fungsional suatu alsintan. Persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi lapang (ELP) (Suastawa *et al.*, 2000; Nugraha, 2003) adalah sebagai berikut:

$$ELP = \frac{KLE}{KLT} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- KLE = Kapasitas lapang efektif (ha/jam)
- KLT = Kapasitas lapang teoritis (ha/jam)
- ELP = Efisiensi lapang (%)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Lokasi Penelitian

Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Gambung, Pasirjambu, Kabupaten Bandung, Jawa Barat didirikan pada tanggal 10 Januari 1973. PPTK Gambung memiliki kebun percobaan, rumah kaca, stasiun klimatologi, pabrik teh mini, laboratorium pelayanan, laboratorium tanah, laboratorium teknologi hasil, laboratorium penyakit tanaman, laboratorium pemuliaan

tanaman, laboratorium agrokimia, laboratorium kimia analitik, fisiologi tanaman. Kebun percobaan tersebar di beberapa wilayah di Indonesia, yaitu Kebun Percobaan Gambung, Cibeureum, Pasir Sarongge, dan Simalungun. Total luas lahan 873,68 hektar (Pusat Penelitian Teh dan Kina, 2015).

Lokasi penelitian terletak pada beberapa blok di afdeling Gambung Selatan dan afdeling Gambung Utara. Lokasi penelitian memiliki ketinggian berkisar antara 1225-1650 mdpl, kemiringan 2° - 40° , gilir petik 30-38 hari, dan tinggi tanaman 80-20 cm.

Teknik Pemetikan Teh

Pemetikan teh merupakan kegiatan tahapan akhir dalam budidaya teh berupa pemungutan hasil pucuk tanaman teh yang memenuhi syarat-syarat pengolahan sekaligus sebagai usaha membentuk kondisi tanaman agar mampu memproduksi tinggi secara berkesinambungan (PPTK, 2016). Dalam hal tujuan pemetikan produksi diterapkan dua teknik pemetikan teh, yaitu petik gunting (semi-mekanis) dan petik mesin (mekanis).

Pemetikan Secara Semi-mekanis dengan Gunting Petik

Petik gunting juga disebut pemetikan selektif dengan menggunakan gunting petik yang sudah dilengkapi bantalan. Adapun teknis pemetikan dengan gunting petik yang perlu dipersiapkan meliputi: 1) memastikan tanaman dalam keadaan sehat; 2) pucuk kondisi siap petik atau “manjing pucuk”; 3) bidang petik harus rata; 4) gunting dan wadah tidak boleh miring ketika proses petik; 5) pucuk dikumpulkan dalam waring dengan bobot 30-40 kg/waring yang sebelumnya dilakukan sortasi terhadap gulma atau tanaman lain selain pucuk teh; dan 6) penimbangan serta pencatatan hasil pucuk teh. Siklus atau gilir petik gunting selektif sekitar 18-22 hari sedangkan siklus petik gunting dengan semua pucuk diatas bidang petik terpetik sekitar 28-30 hari dengan rata-rata kebutuhan tenaga petik sebanyak 10-25 HOK/Ha.



Gambar 3. Pemetikan teh dengan gunting petik (semi-mekanis)

Figure 3. Tea plucking with scissors (semi-mechanical)

Pemetikan Secara Mekanis dengan Mesin Petik

Pemetikan teh dengan mesin petik menggunakan jenis mesin petik GT 120 dengan merk Ochiai yang dilakukan oleh 4-6 orang. Teknis pemetikan teh dengan mesin petik GT 120 meliputi: 1) persiapan mesin petik; 2) pemanenan teh menggunakan mesin; 3) pengeluaran teh hasil panen yang terdapat di penampung dan meletakkannya ke dalam terpal; 4) memindahkan teh hasil panen yang berada di dalam terpal ke waring; 5) melakukan sortasi teh hasil panen; 6) mengangkut teh hasil panen ke tempat penampungan hasil; 7) menimbang teh hasil panen; 8) menaikkan teh hasil panen ke dalam truk; 9) mengangkut teh hasil panen ke pabrik.



Gambar 4. Pemetikan teh dengan mesin petik (mekanis)

Figure 4. Mechanical tea plucking

Kinerja Pemetikan Teh

Kinerja pemanenan teh menggunakan gunting dan mesin petik diamati pada tiap blok panen di wilayah Gambung Selatan dan Gambung Utara Kabupaten Bandung. Panjang lintasan dan lebar areal petik (L) pada tiap blok panen yang diamati pada bervariasi pada tiap blok panen, hal ini didasarkan pada luas areal panen. Semakin luas areal panen yang sedang dikerjakan maka lintasan kerja yang diamati akan semakin panjang. Rata-rata lebar areal petik (L) pada tiap blok panen bervariasi. Kecepatan pemetikan (V) merupakan perbandingan antara panjang lintasan dan waktu pemetikan. Beberapa parameter tersebut digunakan untuk menentukan efisiensi lapang pemetikan. Hasil perhitungan efisiensi lapang pemetikan teh menggunakan mesin dan gunting berdasarkan kemiringan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 1 dan Tabel 2 terlihat bahwa efisiensi lapang menggunakan mesin dan gunting petik menurun seiring dengan meningkatnya kemiringan lahan. Penurunan efisiensi lapang berdasarkan kemiringan lahan berkaitan dengan beban kerja yang semakin meningkat pada kondisi lahan yang semakin miring. Faktor lain yang mempengaruhi efisiensi lapang adalah lebar areal petik, kecepatan pemetikan, luas areal petik dan waktu total pemetikan.

Tabel 1. Efisiensi lapang pemetikan teh menggunakan mesin berdasarkan tingkat kemiringan lahan
Table 1. Field efficiency of plucking tea using machine based on land slope level

K (°)	P (m)	L (m)	t (detik)	V (m/s)	A (m ²)	tt (detik)	KLT (ha/ jam)	KLE (ha/ jam)	ELP (%)
0 - 10	38,40	0,91	70,00	0,60	32,08	93,13	0,18	0,13	75,02
11 - 20	42,42	0,89	63,40	0,68	37,70	89,00	0,22	0,16	71,64
21 - 30	44,20	0,83	85,33	0,56	36,83	123,33	0,18	0,12	68,37
30 - 40	44,15	1,05	73,25	0,61	46,36	110,25	0,23	0,15	66,51

Keterangan: K = kemiringan (°), P = panjang lintasan pemetikan (m), L = rata –rata lebar pemetikan (m), t= waktu pemetikan (detik), V = Rata-rata kecepatan pemetikan (m/s), A = luas plot areal pemetikan (m²), KLT = kapasitas lapang teoritis(ha/jam), KLE = kapasitas lapang efektif (ha/jam), ELP = efisiensi lapang (%)

Notes : K = slope (°), P = plucking path length (m), t= plucking time (seconds), L = average plucking width (m), V = Average plucking speed (m/s), A = plot area of harvesting area (m²), KLT = theoretical field capacity (ha/hour), KLE = effective field capacity (ha/hour), ELP = field efficiency (%)

Tabel 2. Efisiensi lapang pemetikan teh menggunakan gunting berdasarkan tingkat kemiringan lahan
Table 2. Field efficiency of plucking tea using scissors based on land slope level

K (°)	P (m)	L (m)	t (detik)	V (m/s)	A (m ²)	tt (detik)	KLT (ha/ jam)	KLE (ha/ jam)	ELP (%)
0 - 10	35,72	1,58	1191,93	0,032	56,09	1501,07	0,0179	0,0143	79,54
11 - 20	37,91	1,59	935,50	0,042	60,31	1206,75	0,0241	0,0182	76,36
21 - 30	31,15	1,58	1102,50	0,026	49,58	1413,00	0,0146	0,0113	76,54
30 - 40	53,35	1,50	1267,00	0,043	79,72	1787,50	0,0234	0,0166	70,86

Keterangan : K = kemiringan (°), P = panjang lintasan pemetikan (m), L = rata –rata lebar pemetikan (m), t= waktu pemetikan (detik), V = rata-rata kecepatan pemetikan (m/s), A = luas plot areal pemetikan (m²), KLT = kapasitas lapang teoritis (ha/jam), KLE = kapasitas lapang efektif (ha/jam), ELP = efisiensi lapang (%)

Notes : K = slope (°), P = plucking path length (m), L = average plucking width (m), t= plucking time (seconds), V = Average plucking speed (m/s), A = plot area of harvesting area (m²), KLT = theoretical field capacity (ha/hour), KLE = effective field capacity (ha/hour), ELP = field efficiency (%)

Penggunaan gunting petik menunjukkan efisiensi lapang yang lebih baik dibandingkan dengan mesin petik, hal ini disebabkan oleh lebar areal petik menggunakan gunting lebih besar dibandingkan dengan mesin petik. Penggunaan gunting petik dapat memanen teh dengan jangkauan yang lebih fleksibel sedangkan menggunakan mesin petik terbatas pada dimensi pisau pemotong. Meskipun demikian penggunaan mesin memiliki kecepatan pemetikan yang lebih baik 17 hingga 20 kali lipat dibandingkan dengan menggunakan gunting. Kecepatan pemetikan tersebut akan mempengaruhi kapasitas lapang. Semakin besar kecepatan pemanenan maka kapasitas lapang akan semakin besar.

Pada pemanenan menggunakan mesin pemetik teh diperoleh rata-rata kapasitas lapang efektif (KLE) sebesar 0,14 hektar/jam. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan mesin dapat menyelesaikan pemetikan teh pada lahan seluas satu hektar selama 7,55 jam yang dikerjakan oleh 4 sampai 6 orang pekerja. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan Abas (2013) yang menyatakan bahwa penggunaan mesin petik memiliki

kapasitas lapang sebesar 1,19 ha/hari dengan rasio tenaga petik sebesar 0,30 tenaga petik/ha dan rasio bahan bakar minyak sebesar 0,33 liter/ha.

Pemanenan teh menggunakan gunting petik diperoleh KLE sebesar 0,015 hektar perjam hal ini menunjukkan bahwa penggunaan gunting petik dapat menyelesaikan pemanenan teh pada lahan seluas satu hektar selama 66,80 jam yang dikerjakan oleh satu orang pekerja. Bila jumlah pekerja yang melakukan pemanenan teh menggunakan gunting petik sebanyak 4-6 orang maka dalam satu hektar dapat diselesaikan selama 11,13 jam hingga 16,70 jam. Menurut Herawati dan Nurawan (2009) pemanenan teh menggunakan gunting petik pada lahan seluas 800 m² (0,08 ha) dapat diselesaikan selama 6,57 jam. Hal ini berarti dalam satu hektar lahan dapat diselesaikan selama 82,125 jam yang dikerjakan oleh satu orang pekerja. Menurut Prastiwi dan Lontoh (2019), kapasitas kerja pemanenan teh sangat dipengaruhi oleh pengalaman kerja, topografi lahan, jumlah tenaga pemetik, dan kondisi pucuk.

Produktivitas Panen Teh

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), produktivitas merupakan kemampuan untuk menghasilkan sesuatu. Pengamatan dilakukan pada blok panen menggunakan mesin dan gunting petik. Tenaga kerja yang terlibat pada aktivitas pemetikan teh menggunakan mesin yaitu 5-6 orang, sedangkan pemanenan menggunakan gunting yaitu 20-21 orang. Hasil pengamatan produktivitas panen teh menggunakan mesin dan gunting berdasarkan kemiringan secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 3 dan Tabel 4.

Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 terlihat bahwa produktivitas panen per jam per hari kerja orang semakin menurun seiring dengan meningkatnya kemiringan lahan. Hal ini berkaitan dengan beban kerja yang semakin meningkat seiring dengan semakin meningkatnya kemiringan lahan. Penggunaan mesin petik dapat menghasilkan 25,40-32,28 kg/jam/orang kerja, sedangkan penggunaan gunting petik hanya 7,87-13,17 kg/jam/orang kerja. Hal ini selaras dengan kapasitas kerja penggunaan mesin petik yang lebih besar dibandingkan dengan gunting petik. Menurut Yudhistira, *et al* (2018) faktor yang mempengaruhi produktivitas adalah pengalaman kerja dan luas areal panen.

Mutu Teh Hasil Panen

Kualitas teh hasil petikan mempengaruhi mutu teh hasil pengolahan yang memiliki implikasi pada harga jual produk (Sutejo *et al.*, 2020). Penentuan kualitas hasil petikan dilakukan melalui analisis petik dan pucuk pada sampling yang diambil secara acak (Dewi dan Purwono, 2019). Berdasarkan hasil analisis pucuk diketahui bahwa rata-rata kualitas pucuk petikan dengan mesin dan gunting yang memenuhi syarat yaitu sebesar 44,10% dan 28,09%. Analisis petik dan pucuk berdasarkan cara petik secara lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan Tabel 5 dapat diketahui bahwa kualitas pucuk teh hasil petikan menggunakan mesin lebih baik dibandingkan menggunakan gunting petik. Nilai tersebut telah sesuai dengan hasil penelitian Abas (2013) yang menyatakan bahwa kualitas pucuk memenuhi syarat hasil pemetikan menggunakan mesin lebih baik dibandingkan dengan manual. Nugraha (2003) mengemukakan bahwa mutu teh hasil petikan dengan mesin lebih terjaga dari oksidasi enzimatis dini yang dapat mempengaruhi kualitas teh. Selanjutnya, Maulana (2005) menambahkan bahwa faktor yang mempengaruhi mutu teh hasil panen diantaranya adalah iklim dan pengelolaan kebun.

Tabel 3. Produktivitas panen menggunakan mesin berdasarkan tingkat kemiringan lahan

Table 3. Harvest productivity using machines based on land slope level

KT (mdpl)	K (°)	A (ha)	tt (jam)	JP (org)	THP (kg)	Produktivitas panen teh	
						kg/jam	kg/jam/ OK
1460 -1650	0 - 10	0,47	5,40	6	1046	193,70	32,28
1459 -1600	11 - 20	0,31	5,17	5	810	156,77	31,35
1414 -1429	21 - 30	0,40	5,73	5	897	156,55	31,31
1405 - 1414	30 - 40	0,28	3,48	5	442	126,98	25,40

Keterangan : KT = ketinggian tempat (mdpl), K = kemiringan lahan (°), A = luas areal petik (ha), tt = waktu total pemanenan (jam), JP = jumlah pemanen (orang), THP = total hasil panen (kg), PPT = produktivitas panen teh (kg/ha/OK)

Notes : KT = altitude (mdpl), K = land slope (°), A = plucking area (ha), tt = total time harvesting (hours), JP = number of harvesters (person), THP = total yield (kg), PPT = tea yield productivity (kg/ha/OK)

Tabel 4. Produktivitas panen menggunakan gunting berdasarkan tingkat kemiringan lahan

Table 4. Harvest productivity using scissors based on land slope level

KT (mdpl)	K (°)	A (ha)	tt (jam)	JP (org)	THP (kg)	Produktivitas Panen Teh	
						kg/jam	kg/jam/OK
1235 - 1264	0 - 10	1,86	2,44	20	643	263,37	13,17
1225 -1259	11 - 20	1,76	2,95	21	610	206,62	9,84
1228 - 1267	21 - 30	1,74	3,37	21	661	196,43	9,35
1352 - 1379	30 - 40	1,97	2,97	20	467	157,40	7,87

Keterangan : KT = ketinggian tempat (mdpl), K = kemiringan lahan (°), A = luas areal petik (ha), tt = waktu total pemanenan(jam), JP = jumlah pemanen (orang), THP = total hasil panen (kg), PPT = produktivitas panen teh (kg/ha/OK)

Notes : KT = altitude (mdpl), K = land slope (°), A = plucking area (ha), tt = total time harvesting(hours), JP = number of harvesters (person), THP = total yield (kg), PPT = tea yield productivity (kg/ha/OK)

Tabel 5. Analisis petik dan pucuk berdasarkan cara petik
Table 5. Plucking and shoot analysis based on plucking method

Alat petik	Afd	Blok	Bobot sampel (gram)	Komposisi pucuk (gram)			Kriteria pucuk	
				Petikan halus	Petikan medium	Petikan kasar	Memenuhi syarat (%)	Tidak memenuhi syarat (%)
Mesin	GS	B4	163,60	33,10	31,30	120,40	52,90	47,10
	GU	A1	197,67	18,33	20,33	167,00	39,38	60,62
		A11	196,25	20,50	26,00	161,50	40,01	59,99
Gunting	GS	B8	200,00	14,00	25,00	171,50	25,75	74,25
		B10	198,00	4,00	8,00	186,00	33,88	66,12
	GU	A2	199,00	6,00	14,00	180,00	23,12	76,88
		A3	197,00	17,33	20,33	171,00	31,36	68,64
		A7	198,00	11,00	16,00	180,00	26,34	73,66

Keterangan: Afd = afdeling, GS = Gambung Selatan, GU = Gambung Utara

Notes: Afd = afdeling, GS = Southern Gambung, GU = Northern Gambung

KESIMPULAN

Kemiringan lahan berpengaruh pada efisiensi kerja pemetikan teh sebesar 3,00%-8,68%. Kapasitas lapang efektif dan kapasitas lapang teoritis penggunaan mesin petik teh adalah sebesar 0,14 hektar perjam dan 0,20 hektar perjam sedangkan menggunakan gunting petik sebesar 0,015 hektar perjam dan 0,020 hektar perjam. Mutu teh hasil panen dengan mesin yang memenuhi syarat yaitu sebesar 44,10% lebih baik dibandingkan dengan panen menggunakan gunting yang hanya 28,09%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada seluruh Direksi dan staf Pusat Penelitian Teh dan Kina Gambung yang telah membantu dalam menyelesaikan kegiatan penelitian ini.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Ahmad Thoriq (Analisis data dan pembahasan)
2. Krawali Sita (Pengumpulan data lapang dan analisis teknik pemanenan teh)

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, T. (2013). Unjuk kerja mesin petik tipe 120 pada pemetikan tanaman teh assamica dengan jarak antara baris 120 cm. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*, 16(2), 59-66
- Dewi, S., dan Purwono. (2019). Mutu petik teh (*Camellia sinensis* (L.) O. kuntze) di Kebun Bedakah, Wonosobo, Jawa Tengah. *Buletin Agrohorti*, 7(1), 337-342

Direktorat Jenderal Perkebunan. (2019). *Statistik perkebunan indonesia 2018 – 2020 : teh*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Dutta, R. (2011). Impact of age and management factors on tea yield and modelling the influence of leaf area index on yield variations. *ScienceAsia*, 37 (2011), 83–87. doi: 10.2306/scienceasia1513-1874.2011.37.083

Food and Agriculture Organization. (2020). *Tea production*. <http://www.fao.org/faostat/en/#search/tea> [09 Desember 2020; 21:54]

Food and Agriculture Organization. (2015). *Socio-economic implications of climate change for tea producing countries*. Food and Agriculture Organization of The United Nations.

Han, Y., Xiao, R. H., Song, Y. Z., & Ding, Q. W. (2019). Design and evaluation of tea-plucking machine for improving quality of tea. *Applied Engineering in Agriculture*, 35(6), 979–986. <https://doi.org/10.13031/aea.13116>

Herawati, H., & Nurawan, A. (2009). Pengkajian penggunaan gunting petik pada komoditas teh di Kecamatan Cikalong Wetan-Kabupaten Bandung. *Agritech*, 29(1), 47 – 52

Indahsari & Kusumajaya. (2016). The effect of global warming on tea production. case study of PTPN XYZ in Indonesia. *European Scientific Journal*, Special Edition: 356 – 365

Krisdiarto, A. W., Ambarita, R. F., & Supriyanto, G. (2018). Perbandingan kinerja dan kenyamanan penggunaan mesin petik teh e-tem collection box dan gunting petik the [*Camelia sinensis* (L.) O. Kuntze]. *Prosiding Seminar Instiper*, 19 September 2018.

- Kurniawan dan Prabowo, A.A.P. (2021). Analisa teknis tea picker tipe keranjang pada perkebunan teh lahan miring. *J-ABET: Journal Agriculture And Biosystem Engineering In Tropic*, 3(1) : 38 – 51
- Kusumawati, A., & Triaji, A. (2017). Perbandingan penggunaan mesin petik dan petik tangan terhadap hasil produksi pucuk teh (*Camellia sinensis* (L.) O. kuntze) di Perkebunan Kayu Aro PTPN VI Kabupaten Kerinci Jambi. *Jurnal Agroteknose*, 8(2), 36–44.
- Lori, P., R.B. Da Silva, R.B., Ajayi, A.E., De Melo Silva, F.A., Junior, M.S.D., De Souza, Z.M. (2014). What drives decline productivity in ageing tea plantation-soil physical properties or soil nutrient status. *Agricultural Science*, 2(1) : 20-34
- Maulana, M. (2005). Identifikasi permasalahan pengelolaan mutu teh DO unit usaha perkebunan malabar PT. Nusantara VIII Jawa Barat. *Soca : Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 5(3) : 1 – 25
- Nugraha, D. (2003). *Uji reformasi mesin petik teh kawasaki tipe NV60H pada lahan miring. Skripsi*. Fakultas Teknologi Pertanian IPB. Bogor
- Prastiwi, A.E. & A.P. Lontoh. (2019). Manajemen pemetikan tanaman teh (*Camelia Sinensis* (L) O. kuntze) di Unit Perkebunan Tambi, Wonosobo, Jawa Tengah. *Buletin Agrohorti*, 7(1), 115 – 122
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. (2010). *Budidaya dan pascapanen teh*. Badan Penelitian dan Pengembangan Perkebunan.
- Pusat Penelitian Teh dan Kina. (2015). *Sejarah dan fasilitas pusat penelitian teh dan kina gambung*. Tersedia pada : <https://www.gamboeng.com/pages/detail/2015/42/109> [diakses, 10 Januari 2020].
- Sutejo, A., Mardjan, S.S., Hermawan, W., Desrial dan Sagita D. (2020). Evaluasi kinerja pemisahan tangkai dan daun teh layu berdasarkan prinsip perontokan dan penghisapan. *Jurnal Riset Teknologi Industri*, 4(2), 284 – 296
- Sita, K. (2019). Gender dan mekanisasi: Pengalaman pekerja perempuan berpartisipasi dalam kelompok petik mesin di Perkebunan Teh Gambung, Jawa Barat. *Umbara*, 4(2), 76.
<https://doi.org/10.24198/umbara.v4i2.20461>
- Simarmata, A.H., K. Sita, T. Herwanto, dan A. Thoriq. (2020). Analisis antropometri dan biomekanik penggunaan mesin pemetik daun teh tipe GT 120 Ochiai. *JTIDP*, 7(3), 149–162, [dx.doi.org/10.21082/jtidp.v7n3.2020.p149-162](https://doi.org/10.21082/jtidp.v7n3.2020.p149-162)
- Suastawa, I. N., W. Hermawan, dan E. N. Sembiring. (2000). *Konstruksi dan pengukuran kinerja traktor pertanian*. Jurusan Teknik Pertanian. FATETA. IPB. Bogor
- Ula, L. H., Suyastiri, N. M., & Utami, H. H. (2019). Analisis risiko produksi daun teh basah berdasarkan pemetikan mekanik dan manual pada PT Perkebunan Nusantara IX Kebun Semugih Kabupaten Pemalang. *Jurnal Dinamika Sosial Ekonomi*, 20(1), 81–95.
- Wu, C.C. (2015). Developing situation of tea harvesting machines in Taiwan. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 5(6), 871-875
- Yudhistira, J.A., D. Manumono & A. Ambarsari. (2018). Faktor–faktor yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja petani teh di Kecamatan Samigaluh Kulon Progo. *Jurnal Masepi*, 3(2), 1 – 10

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 8, Nomor 3, November 2021

**KARAKTERISTIK FISIKOKIMIA DAN SENSORIS KOPI ARABIKA MENOREH
DENGAN TEKNIK SEDUHAN COLD BREW**

***PHYSICOCHEMICAL AND SENSORY CHARACTERISTICS OF MENOREH ARABICA COFFEE IN
COLD BREW BREWING TECHNIQUE***

* Aldicky Faizal Amri¹, Muhammad Taqiyuddin², Windi Atmaka², Erika Rahayu Novita Herawati¹

¹⁾ **Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam, Badan Riset dan Inovasi Nasional**

Jalan Yogya - Wonosari km 31,5 Gading, Playen, Gunungkidul, DIY, Indonesia

²⁾ **Program Studi Ilmu Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret**

Jalan Ir. Sutami 36 Kentingan Jebres, Surakarta 57126 Indonesia

* *aldifaiza10@gmail.com*

(Tanggal diterima: 1 Oktober 2021, direvisi: 19 November 2021, disetujui terbit: 27 November 2021)

ABSTRAK

Kopi adalah salah satu minuman yang paling banyak didistribusikan dan dikonsumsi di dunia. Kopi umumnya diseduh dengan air panas, namun seiring dengan berkembangnya industri kopi, proses penyeduhan kopi juga bisa menggunakan air dingin. Teknik seduhan tersebut disebut *cold brew*. Informasi mengenai karakteristik *cold brew* masih sedikit, sehingga perlu dilakukan studi terkait karakteristik minuman *cold brew* khususnya dengan kopi lokal Indonesia. Penelitian ini menggunakan kopi Arabika Menoreh sebagai obyek utama penelitian. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisikokimia dan sensoris kopi Arabika Menoreh dengan teknik seduhan *cold brew*. Penelitian diawali dengan penyangraian kopi menjadi tiga jenis yaitu *light* ($T = 193\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 5$ menit), *medium* ($T = 208\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 7$ menit), dan *dark* ($T = 223\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 13$ menit). Selanjutnya, kopi digiling menjadi dua jenis ukuran gilingan (*medium* dan *coarse*). Pembuatan sampel formulasi minuman *cold brew* dilakukan dengan waktu ekstraksi 8 jam. Analisis sensoris dilakukan berdasarkan metode SCA. Analisis data sensoris dilakukan untuk menentukan tiga formulasi terbaik sesuai profil sangrai, kemudian dilanjutkan dengan analisis fisikokimia. Sampel *cold brew* terbaik yang diperoleh dari penelitian ini adalah kopi Arabika Menoreh *medium-coarse* dengan nilai parameter sensoris tertinggi yaitu aroma, *acidity*, *aftertaste*, dan *sweetness*. Nilai pH, asam klorogenat, dan beberapa asam organik berpengaruh terhadap asiditas (keasaman). Asam laktat berpengaruh terhadap nilai *body* dan kadar kafein relatif stabil pada masing-masing sampel. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai acuan diversifikasi produk kopi Arabika Menoreh.

Kata kunci: Asam klorogenat; asam organik; *cold brew*; kafein; kopi Menoreh

ABSTRACT

Coffee is one of the most widely distributed and consumed beverages in the world. In general, coffee is brewed using hot water, but as the coffee industry develops, cold water also can be used for the coffee brewing process. This brewing technique is known as cold brew. There is little information regarding the characteristics of cold brew coffee. Therefore it is necessary to study the characteristics of cold brew beverages, especially with local Indonesian coffee as its main ingredient. This research used Menoreh Arabica coffee as its main research object. This study aimed to determine the physicochemical and sensory characteristics of Menoreh Arabica coffee with cold brew brewing techniques. This research begins with roasting coffee into three types, which is light ($T = 193\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 5$ minute), medium ($T = 208\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 7$ minute), and dark ($T = 223\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 13$ minute). Furthermore, the coffee is grinded

into two types grind size (medium and coarse). Samples of cold brew formulation were made with an extraction time of 8 hours. The sensory analysis is conducted based on the SCA method. Sensory data analysis was done to determine the three best formulations according to roast profiles, continued with the physicochemical analysis. The best cold brew sample obtained from this research was medium-coarse Arabica Menoreh coffee, with the highest sensory parameters values in aroma, acidity, aftertaste, and sweetness. The value of pH, chlorogenic acid, and some organic acids affect acidity. Lactic acid affects body value, and caffeine levels were relatively stable in each sample. This research result can be used as a reference for product diversification of Arabica Menoreh coffee.

Keywords: Caffeine; chlorogenic acid; cold brew; Menoreh coffee; organic acid

PENDAHULUAN

Kopi adalah salah satu minuman yang paling banyak didistribusikan dan sebagian besar diminum di dunia. Terdapat dua jenis kopi yang paling banyak dikonsumsi secara komersial, yaitu Arabika dan Robusta. Akibat tingkat permintaan global tersebut, kopi menjadi salah satu komoditas yang punya peran strategis sebagai sumber devisa Indonesia. Menurut FAO (2019), Indonesia termasuk negara penghasil kopi terbesar keempat di dunia. Bentang alam geografis Indonesia yang beragam berakibat pada munculnya berbagai macam jenis kopi khususnya kopi arabika khas suatu daerah. Setiap daerah di Indonesia memiliki karakter kopi yang sangat khas menyebabkan kopi banyak digemari, baik dari segi rasa maupun aroma. (Rahardjo, 2012). Salah satu apresiasi terhadap cita rasa kopi yang khas khususnya pada kopi Arabika adalah dengan memberikan status perlindungan berupa Hak Kekayaan Intelektual (HKI) dalam bentuk produk Indikasi Geografis (IG). Beberapa produk kopi Arabika asal Indonesia yang termasuk dalam produk IG adalah Arabika Kintamani, Arabika Toraja dan Arabika Bajawa (Winda, 2015). Kopi Arabika Menoreh yang tumbuh di perbukitan Menoreh, Kabupaten Kulonprogo merupakan salah satu kopi arabika yang potensial dikembangkan menjadi salah satu produk kopi spesialti dari Indonesia (Amri *et al.*, 2020). Maka dari itu, dalam rangka menunjang tercapainya produk akhir yang berkualitas, juga diperlukan pengendalian mutu yang baik mulai dari proses pengolahan pasca panen kopi secara hulu yang menghasilkan output berupa biji serta pengolahan kopi secara hilir yang menghasilkan output berupa bubuk kopi siap seduh (Mulato & Suharyanto, 2015).

Kualitas kopi salah satunya dapat dilihat ketika kopi diseduh dan disajikan dalam cangkir. Kualitas kopi yang diseduh tergantung pada kualitas biji kopi, suhu, waktu pemanggangan, waktu istirahat setelah dipanggang, air yang digunakan untuk menyeduh, dan metode penyeduhan. Dua atribut yang mewakili kualitas kopi adalah aroma dan rasa yang dipengaruhi oleh senyawa volatil dan nonvolatil yang dilepaskan oleh kopi ketika diseduh (Baggenstoss *et al.*, 2008). Selain itu, proses penyangraian adalah salah satu tahap pemrosesan biji kopi yang sangat mempengaruhi atribut sensorik kopi

yang diseduh (Bhumiratana *et al.*, 2011; Cheong *et al.*, 2013). Tidak hanya selama penyangraian, perubahan karakteristik atribut sensorik juga terpengaruh saat menyimpan atau mengistirahatkan biji kopi yang dipanggang (Kreuml *et al.*, 2013; Corrêa *et al.*, 2016; Yeretizian *et al.*, 2017). Di samping itu, kadar air, udara, dan cahaya mempengaruhi kualitas biji kopi yang akan diseduh. Kehadiran udara juga menyebabkan aroma dalam biji kopi menjadi tidak stabil (Makri *et al.*, 2011; Toci *et al.*, 2013).

Secara umum, kopi dibuat dengan air panas atau yang biasa disebut *hot brew*. Selain itu, kopi juga bisa diseduh dengan teknik seduhan dingin atau dikenal sebagai *cold brew*. Produk *cold brew* memiliki beberapa keunggulan seperti kandungan asam yang lebih rendah dan kafein yang lebih tinggi (Fuller & Rao, 2017), serta rasa lebih manis dan tekstur yang lebih halus (Scholes, 2014). Menurut Fatolahi *et al.* (2020), minuman *cold brew* yang rendah asam serta aktivitas antioksidan yang tinggi berpotensi mengurangi masalah pencernaan peminumnya, selain itu asupan kopi dosis sedang bisa mengurangi gangguan mental dan fisik serta dapat meningkatkan performa fisik dalam berolahraga. Minuman *cold brew* dibuat dengan merendam bubuk kopi menggunakan air suhu ruang sehingga hasilnya terasa lebih menyegarkan. Proses pembuatan *cold brew* dapat dilakukan dengan cara yang sederhana, yaitu melarutkan zat-zat yang terkandung dalam kopi dengan cara mendinginkan larutan kopi pada toples kaca tertutup rapat dan diletakkan pada ruangan dingin atau kulkas selama 6-8 jam, sehingga akan menghasilkan perubahan rasa dan aroma (Samsura, 2012).

Penelitian tentang *cold brew* kopi Arabika Menoreh, Kulon Progo, belum pernah dilakukan sebelumnya. Menurut Amri *et al.* (2020), kopi dari daerah Menoreh ini memiliki cita rasa khas seperti vanilla, floral, serta asiditas (keasaman) yang cerah/ringan. Cita rasa khas yang dimiliki kopi dari daerah Menoreh ini merupakan potensi besar dikembangkannya produk kopi spesialti. Berdasarkan *cupping score*, dengan nilai 85.00, kopi Arabika Menoreh sudah termasuk spesialti. Hal ini menjadi potensi besar lainnya untuk terus berinovasi dalam proses pasca panen sehingga bisa menghasilkan nilai yang lebih baik lagi. Selain itu, bisa diarahkan untuk pengembangan

diversifikasi produk kopi. Salah satunya adalah diversifikasi dalam bentuk produk *cold brew* Arabika Menoreh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik fisikokimia dan sensoris kopi Arabika Menoreh menggunakan teknik seduhan *cold brew* berdasarkan profil penyangraian dan ukuran gilingan. Sebagai salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi manusia, sangat penting dilakukan penelitian mengenai karakteristik dari kopi tersebut, terutama karakteristik kopi yang terdapat di Indonesia. Sehingga penelitian ini dapat menjadi khazanah ilmu pengetahuan perkopian seiring semakin berkembangnya industri perkopian.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan untuk pembuatan sampel minuman *cold brew* yaitu, *green bean* Arabika Menoreh dengan proses pasca panen *semi wash* dari Samigaluh, Kab. Kulon Progo dan air mineral AQUA (PT. Tirta Investama Klaten). Bahan analisis antara lain sampel *cold brew*, aquades, standar kafein HPLC, akuabides, Pb asetat trihidrat 23%, standar asam klorogenat HPLC, metanol, asam asetat, standar asam organik UPLC, H_3PO_4 20 mM, dan asetonitril 10%.

Alat

Alat yang digunakan untuk pembuatan sampel *cold brew* antara lain *grinder* 1Zpresso Q, timbangan, *jar* kaca, *paper filter* V60 Hario Japan, *dripper* V60 Hario Japan, botol plastik, dan mesin sangrai kopi Temanggung kapasitas 2,5 kg. Alat analisis terdiri dari pH meter HANNA HI 8424, seperangkat HPLC, labu ukur 10 ml, pipet ukur, gelas piala 100 ml, penangas air, labu ukur 100 ml, tube 2 ml, alat sentrifugasi, vial 2 ml, syringe filter 0,45 μm , pipet volume, seperangkat UPLC-PDA, timbangan analitik, *syringe filter* RC/GHP 0,2 μm , labu ukur 25 ml, *vortex mixer*, sonikator, tabung falcon 15 ml, tabung reaksi, cartridge SPE C-18.

Preparasi Kopi

Kopi disangrai menjadi tiga jenis (profil), yaitu *light* ($T = 193^\circ C$, $t = 5$ menit), *medium* ($T = 208^\circ C$, $t = 7$ menit), dan *dark* ($T = 223^\circ C$, $t = 13$ menit), dan kemudian digiling menjadi dua jenis berdasarkan ukuran partikelnya, yaitu *medium* (1,5 rotasi 1Zpresso Q) dan *coarse* (2,5 rotasi 1Zpresso Q). Proses penggilingan kopi untuk penelitian ini menggunakan dua jenis ukuran gilingan, yaitu *medium* dan *coarse*. Ukuran partikel yang umum digunakan adalah ukuran kasar (*coarse*), sedang (*medium*), dan halus (*fine*). Menurut Febryana (2016), penentuan dalam penggilingan biji kopi sangrai tersebut

dipengaruhi dari penggunaan metode penyeduhan yang akan dipakai. Penggunaan ukuran *fine* (halus) digunakan untuk proses ekstraksi yang lebih singkat, sedangkan penggunaan yang lebih kasar untuk metode seduh yang proses ekstraksinya lebih lama. Sampel *cold brew* yang dihasilkan berjumlah enam, yaitu: *light-medium*, *light-coarse*, *medium-medium*, *medium-coarse*, *dark-medium*, dan *dark-coarse*. Setelah dilakukan analisis sensoris, kemudian dipilih tiga sampel *cold brew* dengan nilai tertinggi untuk masing-masing profil sangrai untuk dilakukan analisis fisikokimia.

Pembuatan Cold Brew

Samsura (2012) menyampaikan, proses pembuatan *cold brew* dapat dilakukan dengan melarutkan zat-zat yang terkandung dalam kopi di dalam toples kaca tertutup rapat dan diletakkan pada ruangan dingin atau kulkas selama 6-8 jam. Pada penelitian ini, kopi diseduh dengan air AQUA di dalam *jar* kaca selama 8 jam. Perbandingan kopi dan air yaitu 1:10 (1 g kopi berbanding 10 g air). Ekstraksi dilakukan pada suhu ruang. Selanjutnya disaring dengan filter V60 Hario. Tahap akhir adalah pembotolan sampel minuman *cold brew*. Waktu ekstraksi 8 jam berasal dari penelitian pendahuluan ketika menyesuaikan karakter kopi yang digunakan untuk mendapatkan waktu ekstraksi optimal. Saat ekstraksi berjalan pada jam ke-6, flavor yang dihasilkan kopi masih belum optimal, terasa seperti kacang mentah dan sedikit *grassy* atau *vegetal*, namun ketika waktu ekstraksi mencapai jam ke-10, rasa yang muncul didominasi oleh fenolik dan tingkat kepahitan yang meningkat. Menurut Perger (2017), waktu ekstraksi yang terlalu singkat bisa menghasilkan seduhan kopi yang *under extract*, hal ini terjadi karena sari-sari kopi belum terekstrak secara optimal. Biasanya akan muncul cita rasa *vegetal*, *nutty*, *bland*, dan *watery*. Sedangkan jika waktu ekstraksi berlebih maka akan menghasilkan seduhan kopi *over extract* dengan karakter *bitter*, *dry*, *intense*, *astringent*, dan *powdery*. Jika ekstraksi optimal maka karakter seduhan yang dihasilkan akan *balance*, *fruity*, *tasty*, dan *sweet*. Waktu ekstraksi 8 jam dinilai optimal karena mampu memunculkan karakter positif seduhan *cold brew*.

Analisis Sensoris Cold Brew

Analisis sensoris dilakukan di Karta Kopi dan Shine Coffee Roastery Solo. Analisis sensori *cold brew* dilakukan sesuai dengan metode *Specialty Coffee Association* (SCA), dengan modifikasi berupa pengujian tanpa uniformity karena sampel yang diujikan hanya satu sampel (Lingle, 2017). Sampel dievaluasi oleh 20 panelis terlatih. Terdapat enam sampel yang dievaluasi oleh panelis dan diberi skor dalam rentang 0 hingga 10 poin ($0 = not\ present$, $1 = unacceptable$, $2 = very\ poor$, $3 = poor$,

4 = fair, 5 = average, 6 = good, 7 = very good, 8 = excellent, 9 = outstanding, 10 = exceptional) untuk semua atribut kecuali nilai akhir. Nilai akhir merupakan nilai gabungan dari seluruh atribut.

Pengujian pH

Pengujian pH dilakukan di Laboratorium Pangan BPTBA BRIN Gunung Kidul. Uji pH mengikuti cara uji SNI (SNI 06-6989.11-2004) yaitu, diawali dengan mengeringkan elektroda menggunakan kertas tisu selanjutnya bilas elektroda dengan air suling, kemudian pembilasan elektroda dengan contoh uji. Tahap berikutnya adalah menyelupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.

Analisis Kafein

Analisis kadar kafein dilakukan di Laboratorium Saraswanti Indo Genetech, Bogor. Analisis kadar kafein dengan HPLC berdasarkan AOAC (1995), dengan kolom fase terbalik C-18, fase gerak menggunakan aquabides dan metanol (70:30), kecepatan aliran diatur 0,75ml/menit dengan sistem pompa isokratik. Volume sampel yang diinjeksikan sebesar 10 µL. Temperatur diatur pada 35 °C. Detektor berupa PDA pada gelombang 272 nm.

Analisis Asam Klorogenat

Analisis asam klorogenat dilakukan di Laboratorium Kimia dan Biokimia Pangan dan Hasil Pertanian, Departemen Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian Universitas Gadjah Mada. Analisis asam klorogenat menggunakan HPLC berdasarkan Ayelign & Sabally (2013), dengan menggunakan kolom fase terbalik - ODS, 250 × 4,6 mm, laju alir diatur 1 ml /menit, menggunakan detector fotodioda pada 278 nm, tekanan pada 150 kgf/cm². Fase gerak berupa air, asam asetat, dan metanol (799 : 1 : 200) mL. Volume sampel yang diinjeksikan 20 µL.

Analisis Asam Organik

Analisis asam organik dilakukan di Laboratorium Saraswanti Indo Genetech, Bogor. Analisis kadar asam organik (malat, laktat, sitrat, dan asetat) menggunakan UPLC-PDA, mengacu pada Wasik *et al.* (2007), dengan menggunakan kolom C18 100 x 3,0 mmI. Fase gerak berupa H₃PO₄ 20 mM Laju alir diatur pada 0,425 mL/menit. Sistem pompa berupa isokratik dengan *run time* 10 menit dan volume yang diinjeksikan sebesar 10 µL. Detektor berupa PDA.

Analisis Statistik

Analisis statistik dilakukan pada hasil uji sensoris. Data uji sensoris diperoleh dari 20 panelis terlatih untuk menguji cita rasa 6 jenis sampel seduhan *cold brew* yang berasal dari Kopi Arabika Menoreh dengan mengikuti metode SCA. Analisis data dilakukan dengan menggunakan *one way anova*, dan apabila hasilnya tidak nyata maka dilakukan uji non parametrik (*Kruskal Wallis*). Adapun uji lanjutannya menggunakan uji *post-hoc* dan *pairwise comparison*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Sensoris

Hasil analisis sensoris ditampilkan pada Tabel 1, terdapat enam sampel yang diujikan meliputi *aroma*, *flavor*, *acidity*, *body*, *aftertaste*, *balance*, *sweetness*, *clean cup*, dan *overall*. Data uji sensoris lalu dianalisa dengan metode statistik ANOVA. Dari analisa yang telah dilakukan maka parameter uji sensoris yang dapat mengikuti kaidah ANOVA adalah parameter *aroma*, *sweetness*, dan *cleancup* dengan nilai sig. *Homogeneity of variance test* secara berurutan (p = 0,173; p = 0,980; dan p = 0,099) dimana nilai sig. lebih dari 0,05. Oleh karena itu, parameter yang lain diuji secara non parametrik agar diketahui tingkat perbedaan antar sampelnya. Uji non parameterik yang dilakukan adalah uji *Kruskal Wallis* yang juga mengakomodir dilakukannya perbandingan antar rata-rata tiap sampel. Hasil dari uji statistik tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Setelah analisis sensoris dilanjutkan analisis fisikokimia dari tiga sampel terpilih dengan skor tertinggi berdasarkan profil penyangraian. Analisis fisikokimia meliputi pH, kadar kafein, asam klorogenat, asam sitrat, asam malat, asam laktat, dan asam asetat. Hasil analisis fisikokimia ditampilkan pada Tabel 2.

Berdasarkan uji statistik yang telah dilakukan pada seluruh parameter uji sensoris hanya parameter *aftertaste* dari seluruh sampel yang tidak memiliki perbedaan nyata. Melalui uji parametrik, diketahui bahwa terdapat 3 parameter (*aroma*, *sweetness*, dan *cleancup*) yang memiliki perbedaan yang nyata antar sampel, sedangkan parameter lainnya juga berbeda nyata antar sampel berdasarkan uji non parametrik. Berdasarkan uji statistik tersebut juga dapat diketahui bahwa sampel *cold brew* Kopi Arabika Menoreh yang dibuat dari profil sangrai *dark* dengan tingkat ukuran gilingan (*medium* dan *coarse*) memiliki cita rasa yang berbeda secara nyata.

Tabel 1. Hasil analisis sensoris kopi Arabika Menoreh dengan teknik seduhan cold brew
Table 1. The results of sensory analysis of Menoreh Arabica coffee using cold brew technique

Sampel	Aroma	Flavor	Acidity	Body	After-taste	Balance	Sweetness	Clean cup	Overall	nilai akhir
Light-medium	6,45	7,45	6,90	6,50	6,70	7,05	6,60	7,30	7,30	72,25
Light-coarse	6,40	6,55	6,50	5,65	6,35	7,45	6,45	6,95	7,10	69,40
Medium-medium	6,25	7,00	7,40	6,95	7,15	7,00	6,25	6,65	6,85	71,50
Medium-coarse	6,45	7,30	7,65	7,25	7,20	6,85	6,80	6,85	7,20	73,55
Dark-medium	4,80	4,05	3,35	7,30	6,60	4,60	3,65	4,30	4,40	53,05
Dark-coarse	5,00	4,40	3,75	7,15	6,80	4,75	3,65	4,50	4,90	54,90
Hasil uji	a	c dan d	c dan d	c dan d	tn	c dan d	a dan b	a dan b	c dan d	-
Rata-rata	5,89	6,13	5,93	6,80	6,80	6,28	5,57	6,09	6,29	65,78

Keterangan: angka yang dicetak tebal menunjukkan nilai tertinggi berdasarkan profil sangrai; a = nyata menurut uji anova pada taraf 5%; b = nyata menurut uji *post-hoc* pada taraf 5%; c = nyata menurut uji non parametrik pada taraf 5%; d = nyata menurut uji *pairwise comparisons* pada taraf 5%; tn = tidak nyata

Notes : numbers in bold typed indicate the highest score based on roast profile; a = significant according to anova test at 5% level; b = significant according to *post-hoc* test at 5% level; c = significant to non parametric test at 5% level; d = significant according to *pairwise comparisons* test at 5% level; tn = not significant

Tabel 2. Karakteristik fisikokimia kopi Arabika Menoreh dengan teknik seduhan cold brew
Table 2. Physicochemical characteristics of Menoreh Arabica coffee using cold brew technique

Sampel	pH	Kafein (mg/L)	Asam klorogenat (mg/L)	Asam sitrat (mg/L)	Asam malat (mg/L)	Asam laktat (mg/L)	Asam asetat (mg/L)
Light-medium	4,93 ± 0,02	737,925 ± 0,625	755,395 ± 6,56	784,285 ± 0,485	266,085 ± 1,855	244,615 ± 0,635	225,985 ± 1,945
	5,13 ± 0,02	766,135 ± 0,465	1225,66 ± 6,99	889,14 ± 1,06	293,69 ± 2,94	387,805 ± 1,105	351,575 ± 0,855
	5,95 ± 0,02	995,845 ± 4,595	184,455 ± 0,36	1056,815 ± 1,635	217,175 ± 0,255	1008,200 ± 3,560	445,695 ± 9,465
Dark-coarse	0,02	± 4,595	0,36	1,635	0,255	3,560	9,465

Pada sampel *light-medium* menunjukkan kualitas *aroma*, *flavor*, *clean cup*, dan *overall* yang lebih tinggi dari sampel lainnya. Karakter *aroma* dan *flavor* yang muncul cukup dominan adalah *sugar browning*, sedikit *fruity*, dan *floral*. Sampel *light-coarse* menonjolkan nilai *balance*. Sampel *medium-coarse* baik dalam kualitas *aroma*, *acidity*, *sweetness*, dan *aftertaste*. Sampel *medium-coarse* memunculkan karakter asiditas yang ringan disertai tingkat kemanisan yang cukup tinggi. Sampel *dark-medium* unggul dalam karakter *body* atau *mouthfeel*. Karakter *mouthfeel* yang terasa penuh ini berasal dari tingginya kadar asam laktat. Menurut Rao (2014), pada fase sangrai *light* hingga *medium*, kopi akan menghasilkan karakteristik *aroma* dan *flavor* positif yang sangat beragam, mulai dari *floral*, *fruity*, manis karamel, kacang, dan sebagainya. Tingkat kemanisan kopi akan meningkat pada fase sangrai *medium* karena terjadi penguraian karbohidrat. Kemudian pada fase sangrai *dark* akan memunculkan *body* yang lebih berat dari fase sangrai *light* dan *medium* akibat degradasi karbohidrat. Senyawa kimia yang berperan pada asiditas akan menguap pada fase sangrai *dark*, sehingga akan menurunkan asiditas seduhan kopi (Mulato, 2018).

Nilai akhir analisis sensoris pada penelitian ini diperlukan sebagai acuan dalam menentukan karakter sensoris terbaik dari kopi Arabika Menoreh yang diolah dengan teknik seduhan *cold brew* berdasarkan tingkat sangrai dan ukuran gilingannya. Pada penelitian Amri *et. al.* (2020), hasil sensoris kopi Arabika Menoreh berdasarkan metode SCA menunjukkan hasil nilai akhir yaitu 85,00 dimana hasil tersebut menandakan bahwa kopi Arabika Menoreh sudah termasuk dalam kategori kopi *specialty* (nilai akhir >80). Analisis sensoris yang dilakukan pada penelitian ini berfokus untuk mengetahui karakteristik sensoris dari kopi Arabika Menoreh yang telah diolah menjadi minuman dengan teknik seduhan *cold brew*.

Dari hasil analisis sensoris (nilai akhir) diperoleh tiga sampel dengan nilai tertinggi berdasarkan tingkat penyangraian, yaitu sampel *medium-coarse* (73,55), *light-medium* (72,25), dan *dark-coarse* (54,90). Oleh karena itu, kopi Arabika Menoreh dengan proses pasca panen *semi wash* atau giling basah ini akan optimal jika disangrai pada tingkat *light* hingga *medium*. Selanjutnya, hasil analisis fisikokimia meliputi pH, kadar kafein, kadar asam klorogenat, dan kadar asam organik untuk ketiga sampel terpilih disajikan pada Tabel 2.

pH

Nilai pH merupakan ukuran tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan yang dinyatakan sebagai konsentrasi ion hidrogen. Semakin tinggi konsentrasi ion hidrogen, maka suatu larutan akan bersifat semakin asam dengan nilai pH di bawah 7. Sedangkan suatu larutan akan dinyatakan bersifat basa jika aktifitas ion hidroksida lebih tinggi dari ion hidrogen dengan nilai pH di atas 7 (Mulato & Suharyanto, 2015).

Pada hasil penelitian ini menampilkan nilai pH seduhan *cold brew* yang berkisar antara 4,93-5,95 dari tingkat sangrai *light* hingga *dark* sesuai Tabel 2. Nilai pH ini menunjukkan karakter seduhan *cold brew* yang hampir sama dari hasil penelitian Rao & Fuller (2018)) dan Angeloni *et al.* (2019). Nilai pH seduhan kopi pada umumnya berkisar antara 5-5,40 (Mulato & Suharyanto, 2015), 5,16-5,69 (Aditya *et al.*, 2016), sedangkan seduhan *cold brew coffee* berkisar antara 4,85-5,10 (Rao & Fuller, 2018) atau 5,4-5,8 (Angeloni *et al.*, 2019). Nilai pH seduhan kopi menurut penelitian Moon *et al.* (2009) berdasarkan variasi tingkat sangrai dari *light* hingga *dark* berkisar antara 4,86-5,88.

Semakin gelap tingkat penyangraian, nilai pH cenderung meningkat ke arah netral karena terjadinya degradasi asam organik menjadi gas dan uap air melalui proses pirolisis pada penyangraian. Nilai pH yang semakin meningkat (Tabel 2) berlawanan dengan asiditas seduhan kopi yang semakin menurun secara kualitas dan intensitas (Tabel 1). Asiditas seduhan *cold brew dark-coarse* lebih rendah dari *medium-coarse* dan *light-medium*. Hal ini sesuai dengan Mulato & Suharyanto (2015), bahwa penyangraian yang semakin menua/gelap akan menurunkan tingkat keasaman kopi karena senyawa asam dalam biji kopi sudah banyak teruapkan.

Kafein

Hasil analisis penelitian ini menunjukkan kadar kafein seduhan *cold brew* pada sangrai *light* sebesar 737,925 mg/L, pada sangrai *medium* sebesar 766,135 mg/L, dan pada sangrai *dark* sebesar 995,845 mg/L (Tabel 2). Peningkatan kadar kafein mulai dari sangrai *light* hingga *dark* karena semakin banyak jumlah biji kopi dalam jumlah massa yang sama, sehingga kafein yang terdeteksi semakin meningkat jumlahnya. Pada penelitian Fuller & Rao (2017), seduhan *cold brew* kopi Arabika memiliki rentang kadar kafein di antara 930 mg/L-1060 mg/L. Kadar kafein *cold brew* pada minuman dengan merk starbucks sekitar 140 mg – 360 mg per sajiannya (starbucks.com).

Kafein adalah senyawa alkaloid xantina berbentuk kristal dan berasa pahit. Kafein bersifat basa serta sangat mudah larut dalam air dan juga lemak. Kafein relatif stabil terhadap pengaruh panas sampai suhu 315 °C. Sebagian besar kafein dalam biji kopi sangrai terikut

dalam seduhan dan menyumbang rasa pahit, terutama pada penyeduhan suhu tinggi dan waktu yang lama (Mulato & Suharyanto, 2015). Kadar kafein yang terkandung dalam suatu seduhan kopi tergantung dari cara atau metode pengukurannya.

Pada penelitian ini kadar kafein sampel *dark-coarse* lebih tinggi dari sampel *medium-coarse* dan *light-medium*. Hal ini karena pengukuran kadar kafein sampel berupa produk yang diukur berdasarkan jumlah massa (resep), bukan berdasarkan jumlah biji. Kopi yang disangrai *light* cenderung memiliki massa yang lebih berat dibandingkan dengan kopi yang disangrai *dark*. Hal ini karena massa air yang terkandung dalam kopi sangrai *light* lebih banyak dibandingkan dengan *dark*, sehingga jumlah biji kopi pada tingkat sangrai *light* lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah biji kopi pada tingkat sangrai *dark* dengan jumlah massa yang sama. Semakin banyak jumlah biji kopi dalam jumlah massa yang sama akan menghasilkan kadar kafein yang lebih tinggi, sehingga produk *cold brew* dengan tingkat sangrai *dark* akan memiliki kadar kafein yang lebih tinggi dibandingkan dengan produk *cold brew* pada tingkat sangrai *light* atau *medium*.

Asam Klorogenat

Senyawa asam klorogenat yang terkandung berdasarkan sangrai *light*, *medium*, dan *dark* berurut-turut adalah 755,395 mg/L, 1225,66 mg/L, dan 184,455 mg/L (Tabel 2). Jumlah senyawa asam klorogenat yang terkandung dalam seduhan kopi dengan teknik ekstraksi *cold brew* pada beberapa variasi sangrai (*light*, *medium*, dan *dark*) berturut-turut adalah 1535 mg/L, 1733 mg/L, dan 1308 mg/L, sedangkan pada seduhan kopi panas berturut-turut adalah 1536 mg/L, 1719 mg/L, dan 1301 mg/L untuk variasi sangrai *light* hingga *dark* (Rao *et al.*, 2020).

Asam klorogenat adalah senyawa ester yang tersusun dari asam kafeat dan asam kuinat. Secara alami, biji kopi mengandung senyawa asam klorogenat dalam jumlah yang cukup banyak. Biji kopi mengandung beberapa jenis asam klorogenat. Asam 5-0-kafeolkuinat adalah salah satu jenis asam klorogenat yang terbanyak dalam biji kopi. Senyawa asam klorogenat dalam bentuk asli tidak memberikan sensasi rasa asam pada seduhan kopi. Selama proses penyangraian, asam klorogenat akan bersintesa dengan protein dan senyawa polifenol membentuk melanoidin yang memberikan kontribusi terhadap pembentukan karakter dan citarasa seduhan kopi. Selain itu, asam klorogenat juga akan terurai menjadi senyawa asam alifatik sederhana seperti asam asetat, sitrat, dan malat yang memberikan karakter asam pada seduhan kopi. Sisa asam klorogenat berperan dalam menyumbang sensasi rasa pahit (Mulato & Suharyanto, 2015).

Peningkatan asam klorogenat pada fase sangrai *medium* bisa terjadi karena pemanasan menyebabkan reaksi isomerisasi dan hidrolisis sehingga senyawa asam klorogenat terdeteksi dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan dengan fase sangrai *light*, dan setelah itu mengalami penurunan yang drastis pada fase sangrai *dark* karena mengalami penguapan. Senyawa asam klorogenat yang terdegradasi saat proses sangrai akan memberikan sensasi rasa asam pada seduhan kopi, pada tingkat penyangraian *light* dan *medium* akan menghasilkan keasaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tingkat penyangraian *dark* yang menurun keasamannya karena senyawa-senyawa yang berperan terhadap karakter asiditas kopi sudah menguap.

Asam Sitrat

Aktifitas asam sitrat masih meningkat hingga sangrai *dark* dengan waktu penyangraian 13 menit dan suhu akhir 223 °C. Aktifitas asam sitrat belum mengalami penurunan karena masih terjadi degradasi karbohidrat menjadi asam sitrat (Tabel 2). Pada tingkat penyangraian *dark*, kadar asam sitrat yang tinggi tidak berpengaruh terhadap karakteristik sensoris seduhan *cold brew*, hal ini ditunjukkan dengan nilai keasaman yang rendah pada sampel *dark* (Tabel 1). Sensasi rasa asam tertutup oleh *body* dan rasa pahit yang meningkat pada tingkat sangrai *dark*. Asam sitrat pada kopi atau disebut *citric acid* adalah jenis asam organik yang terbentuk secara alami di pohon kopi.

Asam sitrat akan mengalami degradasi selama proses penyangraian. Kadarnya akan menurun dengan cepat pada penyangraian *dark* dengan waktu sekitar 15-16 menit dengan suhu 225-245 °C (Fuller & Rao, 2017; Souza *et al.*, 2020). Namun pada tahap awal penyangraian akan meningkat terlebih dahulu karena proses penguraian karbohidrat jenis monosakarida menjadi asam alifatik seperti asam sitrat, asetat, laktat, malat dan piruvat (Mulato & Suharyanto, 2015; Spiller, 2019). Asam sitrat mudah diekstraksi karena mudah larut dalam air. Senyawa ini berkontribusi pada sensasi rasa asam yang cerah pada seduhan kopi.

Asam Malat

Kadar asam malat menurun seiring proses sangrai berbanding lurus dengan sensasi rasa asam yang menurun secara kualitas sensoris (Tabel 1). Kadar asam malat pada penyangraian *light* hingga *medium* lebih tinggi dibandingkan dengan sangrai *dark*. Asam malat mulai terdekomposisi menjadi gas karbon dioksida dan uap air pada tingkat penyangraian *dark* yang bersuhu lebih tinggi dari *medium* atau *light* serta waktu yang lebih lama (Tabel 2). Asam malat berperan dalam memberikan sensasi rasa asam yang lembut pada seduhan kopi. Asam malat terbentuk secara alami melalui metabolisme yang terjadi

di pohon kopi. Proses penyangraian akan mengurangi kadar asam malat. Hal ini terjadi karena peristiwa pirolisis pada penyangraian bersuhu tinggi dan waktu yang lama (Folmer, 2019).

Asam Laktat

Kadar asam laktat meningkat secara nyata pada sangrai *dark* dalam hasil penelitian ini (Tabel 2). Pada hasil analisis sensoris ditunjukkan bahwa sampel dengan tingkat penyangraian *medium* hingga *dark* memiliki nilai *body* (*mouthfeel*) yang tinggi karena dipengaruhi oleh kadar asam laktat yang tinggi. Asam laktat terbentuk saat proses fermentasi pada pasca panen kopi dan pada tahap penyangraian kopi. Asam laktat berperan dalam membentuk karakter pada *mouthfeel* dan tekstur seduhan kopi. Semakin gelap penyangraian maka tekstur dan *mouthfeel* seduhan kopi akan semakin tebal/berat. Hasil penelitian Mulato & Suharyanto (2015), Diviš *et al.* (2019), dan Folmer (2019) menjelaskan bahwa asam laktat terbentuk dari hasil degradasi sukrosa seiring dengan waktu sangrai yang semakin lama serta suhu yang semakin meningkat. Degradasi ini terjadi pada fase sangrai *medium* dan *dark*.

Asam Asetat

Asam asetat mengalami peningkatan seiring menuanya proses sangrai akibat hasil dari degradasi fruktosa, glukosa, dan sukrosa oleh pemanasan yang tinggi. Pembentukan asam asetat terjadi melalui reaksi *Maillard*. Jumlah asam asetat pada sangrai *dark* lebih tinggi dari *medium* dan *light* (Tabel 2), namun tidak memberikan asiditas yang nyata pada seduhan. Kopi dengan tingkat sangrai *light* memiliki total asiditas lebih tinggi dari sangrai *dark* serta memberikan asiditas yang nyata pada seduhan kopi. Pada penelitian ini kadar asam asetat meningkat cukup nyata seiring proses sangrai sehingga memberikan nilai *clean cup* yang kurang baik (memberikan kesan negatif) (Tabel 1). Asam asetat terbentuk saat kopi berada pada tahap proses pasca panen dan penyangraian. Asam asetat berkontribusi pada *clean cup* seduhan kopi, namun jika jumlahnya terlalu banyak akan menimbulkan kesan negatif seperti cuka dan fermentasi yang berlebihan. Peningkatan kadar asam asetat selama proses penyangraian diteliti oleh Ginz *et al.* (2000), Mulato & Suharyanto (2015), Diviš *et al.* (2019), dan Folmer (2019).

Cold Brew Arabika Menoreh

Kopi Arabika Menoreh ini memiliki cita rasa khas seperti *vanilla*, *floral*, serta asiditas yang *light* (ringan). Cita rasa khas yang dimiliki kopi dari daerah Menoreh ini merupakan potensi besar dikembangkannya produk kopi spesialti, khususnya di daerah Yogyakarta. Produsen kopi bisa terus berinovasi dalam proses pasca

panen sehingga bisa menghasilkan skor *cupping* yang lebih baik lagi. Selain itu, bisa juga diarahkan untuk pengembangan diversifikasi produk kopi. Salah satunya adalah diversifikasi dalam bentuk produk *cold brew* Arabika Menoreh.

Cold brew memiliki karakter khas seperti asiditas yang rendah serta rasa yang lebih manis, ini menjadi potensi dalam mengurangi masalah pencernaan peminumnya. Selain itu, *cold brew* juga memiliki antioksidan asam klorogenat yang tinggi dan ini baik untuk kesehatan. Konsumsi kopi dosis sedang berpotensi mengurangi gangguan mental serta fisik dan mampu meningkatkan performa tubuh ketika berolah raga (Fatolahi *et al.*, 2020).

Berdasarkan penelitian ini maka dapat direkomendasikan usulan diversifikasi produk dari kopi Arabika Menoreh *semi wash* berupa produk minuman *cold brew*. Berdasarkan hasil analisis sensoris dan fisikokimia yang telah dilakukan, maka tingkat sangrai dan tingkat gilingan yang optimal untuk Arabika Menoreh adalah tingkat sangrai *medium* dengan ukuran gilingan *course* yang menghasilkan nilai akhir tertinggi yaitu 73,55 serta memiliki kandungan asam klorogenat tertinggi yaitu $1225,66 \pm 6,99$ mg/L. Tingkat sangrai *medium* dan ukuran gilingan *coarse* lebih memunculkan karakter kopi yang *balance*, *fruity*, *sweet*, dengan asiditas yang tidak terlalu dominan (Rao, 2014)

KESIMPULAN

Berdasarkan 9 atribut sensori yang dianalisis pada penelitian ini, sampel *cold brew* Arabika Menoreh *medium-coarse* memiliki nilai tertinggi (73,55) dari sampel lainnya dimana nilai-nilai tertingginya berasal dari parameter aroma, *acidity*, *aftertaste*, dan *sweetness*. Berdasarkan karakterisasi fisikokimia yang dilakukan pada tiga sampel terbaik dalam penelitian ini diperoleh bahwa nilai pH, asam klorogenat, dan beberapa asam organik berpengaruh terhadap asiditas (keasaman). Asam laktat berpengaruh terhadap nilai *body* dan kadar kafein relatif stabil pada masing-masing sampel.

Berdasarkan pengujian sensoris dan karakterisasi fisikokimia dinyatakan bahwa sampel terbaik dari kopi Arabika Menoreh dengan teknik seduhan *cold brew* adalah yang diolah dengan tingkat sangrai *medium* dengan ukuran gilingan *coarse*. Profil proses tersebut dapat dijadikan sebagai acuan diversifikasi olahan produk yang memanfaatkan biji kopi Arabika Menoreh sebagai bahan baku utamanya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dana serta sarana untuk penelitian ini dari Bank Indonesia Kantor Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta dan Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta yang berperan sebagai mitra Kerjasama dengan Balai Penelitian Teknologi Bahan Alam – Badan Riset dan Inovasi Nasional dalam proyek pengembangan Kopi Menoreh, Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta.

KONTRIBUSI PENULIS

1. Aldicky Faizal Amri (Perancangan penelitian, pengumpulan dan analisis data, serta penulisan manuskrip akhir)
2. Muhammad Taqiyuddin (Pengumpulan dan analisis data, serta penulisan manuskrip akhir)
3. Windi Atmaka (Perancangan penelitian dan pembahasan)
4. Erika Rahayu Novita Herawati (Pengumpulan data dan pembahasan).

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, I. W., Nocianitri, K. A., & Yusasrini, N. L. A. (2016). Kajian kandungan kafein kopi bubuk, nilai pH dan karakteristik aroma dan rasa seduhan kopi jantan (*Pea berry coffee*) dan betina (*Flat beans coffee*) jenis arabika dan robusta. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (Itepa)*, 5(1), 1–12.
- Amri, A. F., Herawati, E. R. N., Nurhayati, R., & Susanto, A. (2020). Identifikasi profil kualitas kopi sebagai acuan pengembangan produk spesialti di kawasan menoreh, Kulon Progo, Yogyakarta. *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*, 15(1), 17. <https://doi.org/10.33104/jihp.v15i1.5776>
- Angeloni, G., Guerrini, L., Masella, P., Innocenti, M., Bellumori, M., & Parenti, A. (2019). Characterization and comparison of cold brew and cold drip coffee extraction methods. In *Journal of the Science of Food and Agriculture* (Vol. 99, Issue 1, pp. 391–399). <https://doi.org/10.1002/jsfa.9200>
- Ayelnig, A., & Sabally, K. (2013). Determination of chlorogenic acids (CGA) in coffee beans using HPLC. *American Journal of Research Communication*, 1(2), 78–91. www.usa-journals.com

- Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R., & Escher, F. (2008). Coffee roasting and aroma formation: application of different time-temperature conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5836–5846. <https://doi.org/10.1021/jf800327j>
- Bhumiratana, N., Adhikari, K., & Chambers, E. (2011). Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 44(10), 2185–2192. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.001>
- Cheong, M. W., Tong, K. H., Ong, J. J. M., Liu, S. Q., Curran, P., & Yu, B. (2013). Volatile composition and antioxidant capacity of Arabica coffee. *Food Research International*, 51(1), 388–396. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.058>
- 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. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 20(6), 581–587. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662016000600581&lang=pt
- Diviš, P., Pořízka, J., & Křikala, J. (2019). The effect of coffee beans roasting on its chemical composition. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 13(1), 344–350. <https://doi.org/10.5219/1062>
- Fatolahi, H., Farahmand, A., & Rezakhani, S. (2020). The effect of caffeine on health and exercise performance with a cold brew coffee approach: a scoping review. *Nutrition and Food Sciences Research*, 7(2), 1–12. <https://doi.org/10.29252/nfsr.7.2.1>
- Febryana, Y. R. (2016). *Pengaruh teknik penyeduhan dan ukuran partikel kopi bubuk terhadap atribut sensori seduhan kopi robusta dampit menggunakan metode rate-all-that-apply (RATA)*. Universitas Brawijaya.
- Folmer, D. B. (2019). *Kriya dan Ilmu Menyangrai Kopi (The Craft and Science of Coffee)* (D. B. Folmer (ed.)). Kriya Rasa Indonesia.
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2019. *Coffee Production Quantity World Data 2016 - 2017*. Rome: FAO. Diakses dari <http://www.fao.org/faostat/en/?#data/QC>
- Fuller, M., & Rao, N. Z. (2017). The effect of time, roasting temperature, and grind size on caffeine and chlorogenic acid concentrations in cold brew coffee. *Scientific Reports*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18247-4>
- Ginz, M., Balzer, H. H., Bradbury, A. G. W., & Maier, H. G. (2000). Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. *European Food Research and Technology*, 211(6), 404–410. <https://doi.org/10.1007/s002170000215>
- Kreuml, M. T. L., Majchrzak, D., Ploederl, B., & Koenig, J. (2013). Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Food Science and Nutrition*, 1(4), 267–272. <https://doi.org/10.1002/fsn3.35>
- Lingle, T. R., dan Menon, S. N. 2017. *Cupping and Grading- Discovering Character and Quality. (The Craft and Science of Coffee)*, (Folmer, B., Blank, I., Farah, A., Giulino, P., Sanders, D., dan Wille, C. (ed.)), 181 – 203. UK: Elsevier.
- Makri, E., Tsimogiannis, D., Dermesonluoglu, E. K., & Taoukisa, P. S. (2011). Modeling of Greek coffee aroma loss during storage at different temperatures and water activities. *Procedia Food Science*, 1(Icef 11), 1111–1117. <https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.166>
- Moon, J. K., Hyui Yoo, S. U. N., & Shibamoto, T. (2009). Role of roasting conditions in the level of chlorogenic acid content in coffee beans: Correlation with coffee acidity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(12), 5365–5369. <https://doi.org/10.1021/jf900012b>
- Mulato, S. (2018). *Penyangraian Biji Kopi*. CCTC. www.cctcid.com
- Mulato, S., & Suharyanto, E. (2015). *Kopi, Seduhan, & Kesehatan*. Puslitkoka.
- Perger, M. (2017). *Coffee Extraction and How to Taste It*. Barista Hustle. baristahustle.com
- Rahardjo, P. (2012). *Kopi*. Penebar Swadaya Grup.
- Rao, N. Z., & Fuller, M. (2018). Acidity and antioxidant activity of cold brew coffee. *Scientific Reports*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-34392-w>
- Rao, N. Z., Fuller, M., & Grim, M. D. (2020). Physiochemical characteristics of hot and cold brew coffee chemistry: The effects of roast level and brewing temperature on compound extraction. In *Foods* (Vol. 9, Issue 7). <https://doi.org/10.3390/foods9070902>
- Rao, S. (2014). *The coffee roaster's companion*. Scott Rao.
- Samsura, D. (2012). *Ngopi ala barista*. Penebar PLUS+.
- Scholes, C. A. (2014). *The perfect roast reaction. Chemistry in Australia, Dec 2014-Jan 2015*, 13.

- Souza, L. D. S. De, Carrero Horta, I. P., De Souza Rosa, L., Barbosa Lima, L. G., Santos Da Rosa, J., Montenegro, J., Da Silva Santos, L., Nana De Castro, R. B., Freitas-Silva, O., & Teodoro, A. J. (2020). Effect of the roasting levels of: *Coffea arabica* L. extracts on their potential antioxidant capacity and antiproliferative activity in human prostate cancer cells. *RSC Advances*, 10(50), 30115–30126. <https://doi.org/10.1039/d0ra01179g>
- Spiller, G. A. (2019). *Caffeine*. CRC Press.
- Starbucks Coffee Company. (2021). *Starbucks Cold Brew Coffee*. retrieved from <https://www.starbucks.com/menu/product/2121255/iced?parent=%2Fdrinks%2Fcold-coffees%2Fcold-brews>
- Toci, A. T., Neto, V. J. M. F., Torres, A. G., & Farah, A. (2013). Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. *LWT - Food Science and Technology*, 50(2), 581–590. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.007>
- Wasik, A., McCourt, J., & Buchgraber, M. (2007). Simultaneous determination of nine intense sweeteners in foodstuffs by high performance liquid chromatography and evaporative light scattering detection-development and single-laboratory validation. In *Journal of Chromatography A* (Vol. 1157, Issues 1–2). <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2007.04.068>
- Winda, R. Y. (2015). Perlindungan Hukum Indikasi Geografis sebagai Bagian dari Hak Kekayaan Intelektual. *Jurnal IUS Kajian Hukum dan Keadilan*, 3(1), 42 - 53. doi:10.12345/ius.v3i1.198
- Yeretzian, C., Blank, I., & Wyser, Y. (2017). Protecting the Flavors-Freshness as a Key to Quality. In *The Craft and Science of Coffee*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00014-1>

MITRA BESTARI
JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR
VOLUME 8 NOMOR 3 2021

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

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Fitopatologi

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

Institut Pertanian Bogor
Pascapanen Pertanian

Dr. Ir. Oti Rostiana, M.Sc

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman

Dr. Rossi Indiarso, S.TP, M.P.

Universitas Padjadjaran
Teknologi Pascapanen

Dr. Ir. Joko Pitono

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman

Reflinur, SP., MSi., Ph.D

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi

Dr. Ir. Dono Wahyuno

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Fitopatologi

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

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian

Dr. Ir. Nurliani Bermawie

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman

Afik Hardanto, S.TP., M.Sc., PhD

Universitas Jenderal Soedirman
Teknik Pertanian

Dimas Rahadian Aji Muhammad, S.T.P., M.Sc., Ph.D

Universitas Sebelas Maret
Teknologi Pascapanen

KETENTUAN PENULISAN NASKAH

JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

CAKUPAN

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

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

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

PENGAJUAN NASKAH

Naskah yang diajukan belum pernah diterbitkan atau tidak sedang dalam proses evaluasi publikasi lain, telah mendapat persetujuan dari tim penulis sebagai pihak yang sama-sama bertanggung jawab terhadap naskah. Naskah dikirim melalui portal *Open Journal System* dengan alamat:

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

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

PENYIAPAN NASKAH

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Contoh penulisan sitasi:

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

Contoh penulisan daftar pustaka:

Artikel Jurnal

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

Buku

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

Artikel dalam buku

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

Disertasi / Tesis / Skripsi

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

Naskah Prosiding

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

Naskah Online

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

Contoh penampilan tabel:

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

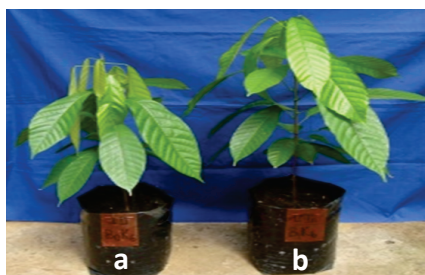
Table 1. Effect of various shading trees on percentage of fruit set of coffee at 9 months old

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

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

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

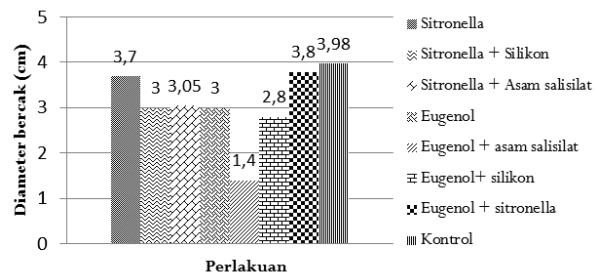
Contoh penampilan gambar/foto:



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

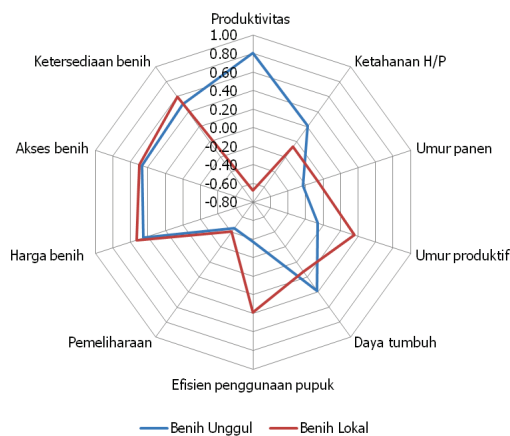
Figure 1. Growth of hybrid cacao seedlings: (a) without treatment and (b) with seed treatment and planting medium

Contoh penampilan grafik/diagram:



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

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



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

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



9 772356 129070