

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

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**

Journal of Industrial and Beverage Crops

Volume 6, Nomor 1, Maret 2019

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 6, Nomor 1, Maret 2019

Terakreditasi DIKTI No.30/E/KPT/2018

Tanggal 24 Oktober 2018

PENANGGUNG JAWAB

Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan

DEWAN EDITOR

Ketua

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

Anggota

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

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

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

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

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

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

Asif Aunillah, STP, M.Sc. - 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 2019 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. 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. Kuntoro Boga Andri, SP, M.Agr., Ph.D
Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian
Agroekonomi

23. Prof. (R). Dr. Ir. I. Djatnika, MS
Balai Penelitian Tanaman Hias
Fitopatologi

24. Prof. Dr. Ir. Nur Richana, M.Si
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca
Panen Pertanian
Teknologi Pascapanen

25. Prof (R). Dr. Dra. Endang Gati Lestari, M.Si.
Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan
Sumberdaya Genetik Pertanian
Bioteknologi Pertanian

26. Prof (R). Dr. Ir. Hengky Novariantio, MS
Balai Penelitian Tanaman Palma
Pemuliaan dan Genetika Tanaman

27. Ir. Octivia Trisilawati, M.Sc
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Budidaya Tanaman

28. Ir. Bambang Heliyanto, M.Sc., Ph.D
Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Pemuliaan dan Genetika Tanaman

29. Prof (R). Ir. Nurindah, Ph.D.
Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Entomologi

30. Prof (R). Dr. Ir. Fahmuddin Agus, M.Sc
Balai Penelitian Tanah
Konservasi Tanah dan Air

31. Reflinur, SP., MSi., Ph.D
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi

32. Dr. Ir. Nurliani Bermawie
Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Pemuliaan Tanaman

33. Dr. Ir. I Ketut Ardana, M.Si
Pusat Penelitian dan Pengembangan
Perkebunan
Sosial Ekonomi Pertanian

34. Dr. Ika Roostika Tambunan, S.P.,b M.Si
Balai Besar Penelitian dan Pengembangan
Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian

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 6 Nomor 1 ini menyajikan 5 artikel: 2 artikel kopi di bidang sosial ekonomi, 1 artikel kopi di bidang pascapanen, 1 artikel kopi di bidang pemuliaan, serta 1 artikel kakao di bidang pascapanen.

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 6, Nomor 1, Maret 2019

Strategi Pengembangan Bioindustri Kopi-Sapi Berbasis Korporasi Petani di Kabupaten Rejang Lebong, Bengkulu <i>(Afrizon Afrizon dan Andi Ishak)</i>	1-12
Efisiensi Teknis Usaha Tani Kopi Arabika Garut Kuning (AGK) <i>(Bedy Sudjarmoko dan Enny Randriani)</i>	13-20
Aktivitas Mikrob dalam Pulp Biji Kakao (<i>Theobroma cacao</i> L.) Selama Fermentasi dengan Penambahan Ragi Tape <i>(Eko Heri Purwanto, Sigit Setyabudi, dan Supriyanto Supriyanto)</i>	21-32
Pengaruh Lama Perendaman Buah dan Fermentasi terhadap Warna Kulit Tanduk dan Citarasa Kopi Robusta <i>(Khalimatus Sa'diyah, Usman Ahmad, Sukrisno Widyotomo, dan Yusianto Yusianto)</i>	33-40
Radiosensitivitas Kalus Embriogenik Kopi Robusta BP 436 terhadap Iradiasi Sinar Gamma <i>(Meynarti Sari Dewi Ibrahim, Enny Randriani, Laela Sari, dan Anne Nuraini)</i>	41-50

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

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 6, Nomor 1, Maret 2019

**STRATEGI PENGEMBANGAN BIOINDUSTRI KOPI-SAPI BERBASIS KORPORASI
PETANI DI KABUPATEN REJANG LEBONG, BENGKULU**

***DEVELOPMENT STRATEGY FOR FARMERS CORPORATION BASED OF COFFEE-CATTLE
BIOINDUSTRY IN REJANG LEBONG REGENCY, BENGKULU***

* Afrizon dan Andi Ishak

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Bengkulu

Jalan Irian Km 6,5 Kota Bengkulu 38119 Indonesia

* *afrizon41@yahoo.co.id*

(Tanggal diterima: 3 Desember 2018, direvisi: 14 Januari 2019, disetujui terbit: 18 Maret 2019)

ABSTRAK

Badan Usaha Milik Petani (BUMP) Bukit Kaba Mandiri di Kabupaten Rejang Lebong, Bengkulu, adalah salah satu lembaga ekonomi yang dapat dimanfaatkan petani dalam peningkatan produktivitas dan efisiensi usaha tani kopi dan ternak sapi sesuai dengan potensi wilayah. Namun BUMP masih terkendala pada kemampuan manajemen organisasi dalam mengembangkan usaha bioindustri berbasis kopi dan ternak sapi. Tujuan penelitian adalah menyusun strategi pengembangan BUMP Bukit Kaba Mandiri dalam bioindustri kopi-sapi. Penelitian dilaksanakan di BUMP Bukit Kaba Mandiri, Kabupaten Rejang Lebong, Bengkulu, mulai bulan Januari sampai Oktober 2018. Pengumpulan data dilakukan melalui *focus group discussion* (FGD) dengan 16 orang responden dan wawancara dengan pengurus BUMP. Data yang dikumpulkan meliputi kekuatan, kelemahan, peluang, dan tantangan yang dihadapi BUMP, selanjutnya dianalisis dengan metode SWOT untuk merumuskan strategi pengembangan BUMP. Strategi tersebut kemudian disusun berdasarkan prioritas dengan *analytical hierarchy process* (AHP). Hasil penelitian merumuskan bahwa terdapat tiga strategi, yaitu (1) meningkatkan produksi pakan berkualitas untuk memenuhi kebutuhan ternak sapi, (2) memproduksi kompos kotoran sapi dengan harga yang bersaing, dan (3) menjalin kemitraan pasar dengan eksportir kopi. Strategi meningkatkan produksi kompos kotoran sapi dengan harga yang bersaing merupakan prioritas pertama yang perlu dikembangkan BUMP.

Kata kunci: Bioindustri, BUMP, kopi, sapi, strategi

ABSTRACT

Farmer-Owned Enterprise (FOE) of Bukit Kaba Mandiri in Rejang Lebong Regency is one of the economic institutions that is beneficial for farmers to increase the productivity and efficiency of coffee and cattle integrated farming suitable for its regional potentials. However, FOE is still in constraints due to its lack of organizational management capability in developing the coffee-cattle bioindustry hence the research aimed to build a strategy in developing the FOE in coffee and cattle bioindustry. The study was conducted at FOE of Bukit Kaba Mandiri in Rejang Lebong Regency, Bengkulu, from January to October 2018. Focus Group Discussion (FGD) was carried out to collect data with 16 respondents and in-depth interviews with FOE administrators. Data collected included strengths, weaknesses, opportunities, and threats faced by FOE which were then analyzed using Strength, Weaknesses, Opportunities, Threats (SWOT) method to formulate an FOE development strategy. The strategy was then compiled based on priorities with Analytical Hierarchy Process (AHP). The results formulated three strategies, namely: (1) increasing production of quality feed to meet the needs of dairy cattle, (2) producing competitively priced compost from cow manure, and (3) establishing market partnerships with coffee exporters. Producing competitively priced compost from cow manure is the first priority that FOE needs to develop.

Keywords: Bioindustry, BUMP, coffee, cattle, strategy

PENDAHULUAN

Sumbangan pendapatan domestik bruto (PDB) dan serapan tenaga kerja sektor pertanian secara nasional cenderung menurun dalam periode 15 tahun terakhir, dan salah satu penyebabnya adalah lemahnya kelembagaan petani sehingga kegiatan produksi, distribusi, dan harga produk pertanian menjadi tidak efisien (Waluyo, 2017). Lemahnya kelembagaan petani antara lain disebabkan oleh kompetensi sumber daya manusia (SDM) dan infrastruktur teknologi yang rendah, akses pembiayaan permodalan, informasi teknologi dan pasar terbatas, kualitas pengelolaan usaha tani dan produksi belum memenuhi skala ekonomi, dan pengetahuan manajemen operasional bisnis belum dikelola secara profesional (BPPSDMP, 2017).

Kelembagaan petani bukan hanya diarahkan kepada swasembada produksi namun harus menuju kemandirian kelembagaan (Anantanyu, 2011). Kelembagaan yang mandiri harus dibangun dengan memperhatikan kondisi lokal spesifik (Nasrul, 2012). Pembangunan Badan Usaha Milik Petani (BUMP) sebagai kelembagaan petani berbadan hukum (*corporate farming*) dalam bentuk korporasi (perseroan atau koperasi) yang didukung dengan potensi sumber daya lokal diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif menuju kelembagaan petani yang mandiri.

BUMP merupakan kelembagaan ekonomi petani berbadan hukum yang menjadi amanat UU Nomor 19 Tahun 2013 tentang Perlindungan dan Pemberdayaan Petani. Syaratnya adalah lahan yang dimiliki anggota BUMP berada dalam satu kawasan yang luas, meliputi beberapa kelompok tani atau gabungan kelompok tani yang saling terintegrasi dan melakukan usaha dari hulu sampai hilir yang didukung dengan kemitraan usaha baik dengan pelaku usaha, perbankan, atau pemerintah (BPPSDMP, 2017).

Kabupaten Rejang Lebong memiliki potensi yang sangat besar dalam mengembangkan usaha terintegrasi berbasis bioindustri kopi-sapi. Kabupaten tersebut memiliki perkebunan kopi terluas di Provinsi Bengkulu, yaitu 21.634 hektar atau 25% dari total perkebunan kopi yang ada (BPS Provinsi Bengkulu, 2018). Di kabupaten tersebut, kopi merupakan sumber pendapatan utama bagi petani, namun sampai saat ini kondisi kelembagaan petani kopi masih lemah sehingga belum memberikan nilai tambah yang optimal bagi petani. Padahal, dengan kelembagaan yang baik, berbagai produk dapat dihasilkan. Peluang pengembangan integrasi kopi-sapi terbuka lebar karena petani telah terbiasa memelihara ternak sapi untuk tambahan pendapatan keluarga.

Limbah pengolahan kopi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan berbagai produk, diantaranya

adalah pakan ternak (Widyotomo, 2013). Di Yogyakarta, sistem integrasi usaha tani kopi-sapi mampu membangkitkan kembali rumah tangga petani yang mengalami trauma akibat bencana alam gempa bumi (Hidayat *et al.*, 2009). Integrasi tanaman-ternak merupakan salah satu strategi pengembangan populasi ternak sapi karena mampu menyediakan pakan ternak dari bahan-bahan lokal yang harganya terjangkau (Suresti & Wati, 2012; Winarso & Basuno, 2013), sehingga dapat meningkatkan produktivitas ternak (Priyanto, 2011). Kulit kopi (*coffee pulp*) dapat diintroduksi dalam ransum sapi hingga 40% (Prawirodigdo & Utomo, 2011).

Bahan organik (pupuk kandang) dan kompos yang diolah dari kotoran sapi sangat baik untuk perbaikan budi daya tanaman kopi. Penggunaan pupuk kandang pada perkebunan kopi Robusta mampu meningkatkan produktivitas tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan bahan organik dari serasah tanaman yang masih segar, karena pupuk kandang merupakan sumber hara yang cepat tersedia (Abdoellah, 2013). Potensi bahan organik yang dihasilkan ternak sapi cukup besar. Gunawan & Talib (2014) yang mengutip pendapat dari berbagai sumber menulis bahwa urine yang dihasilkan dari setiap ekor sapi dewasa sekitar 5.500 l/tahun dan feses 4 ton/tahun yang dapat diolah menjadi 2 ton pupuk organik.

Pertanian bioindustri menitikberatkan pada pemanfaatan sumber daya hayati dari beragam komoditas yang dipadukan pada sistem produksi bioindustri yang ramah lingkungan (BPS Provinsi Bengkulu, 2013). Bioindustri dikembangkan secara bersinergi antar petani untuk meningkatkan daya tawar. Dalam konteks ini, melalui BUMP yang berbadan hukum dapat meningkatkan partisipasi petani secara berkelompok, sehingga akan mampu memperkuat daya tawar petani dalam hubungannya dengan pelaku pasar lainnya (BPPSDMP, 2017). Penelitian bertujuan menyusun strategi pengembangan BUMP Bukit Kaba Mandiri dalam kegiatan bioindustri kopi-sapi. Pengembangan BUMP Bukit Kaba Mandiri tersebut dapat menjadi suatu *pilot project* untuk pembelajaran dalam pengembangan korporasi petani lainnya di Kabupaten Rejang Lebong melalui pemanfaatan sumber daya alam dan penggunaan teknologi produksi yang ramah lingkungan dan menguntungkan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan Januari sampai Oktober 2018 di BUMP Bukit Kaba Mandiri Kabupaten Rejang Lebong, Bengkulu. BUMP Bukit Kaba Mandiri didirikan atas kesepakatan tiga kelompok

tani dari tiga desa yang memiliki potensi wilayah yang berbeda, yaitu: (1) Kelompok Tani Gading Indah di Desa Air Meles Bawah, Kecamatan Curup Timur memiliki usaha pembuatan kompos dan pakan ternak sapi potong; (2) Kelompok Tani Paksi Jaya di Desa Trans Tanjung Beringin, Kecamatan Curup Utara memiliki usaha panen kopi petik merah; dan (3) Kelompok Tani Sepakat di Desa Mojorejo, Kecamatan Selupu Rejang memiliki usaha pembuatan kompos dan pakan ternak sapi perah.

Pengumpulan data dilakukan melalui *focus group discussion* (FGD) dengan 16 orang responden, yang terdiri dari 5 orang pengurus/anggota BUMP, 6 orang dari dinas terkait, 4 orang penyuluh pertanian, dan 1 orang perbankan. Wawancara yang lebih mendalam dilakukan dengan pengurus BUMP. Pengumpulan data meliputi kekuatan, kelemahan, peluang, dan tantangan yang dihadapi BUMP, selanjutnya dianalisis dengan metode SWOT untuk merumuskan strategi pengembangan BUMP. Pendekatan dalam penyusunan matriks SWOT merujuk pada perspektif pembangunan berkelanjutan yang memberikan perhatian secara seimbang dalam dimensi ekonomi, sosial, dan lingkungan (Romeiro, 2012; Sudarwanto *et al.*, 2014). Ketiga dimensi tersebut digunakan untuk merencanakan pengembangan BUMP.

Matriks SWOT menggambarkan bagaimana peluang dan ancaman yang dihadapi dapat disesuaikan dengan kekuatan dan kelemahan yang dimiliki, sehingga menghasilkan empat kemungkinan strategi alternatif (Rangkuti, 2008). Strategi alternatif yang dihasilkan selanjutnya dianalisis dengan *analytical hierarchy process* (AHP) menggunakan perangkat lunak Expert Choice-11 untuk menentukan prioritas strategi yang akan dikembangkan dengan teknik komparasi berdasarkan kepentingan relatifnya (Saaty, 1993).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konteks Pengembangan Badan Usaha Milik Petani (BUMP) Bukit Kaba Mandiri

Kopi dan sapi potong adalah dua komoditas yang banyak diusahakan petani di Provinsi Bengkulu (BPS Provinsi Bengkulu, 2018). Luas perkebunan kopi rakyat di Provinsi Bengkulu pada tahun 2017 menduduki urutan ketiga setelah kelapa sawit dan karet. Terdapat dua jenis kopi yang ditanam di Bengkulu, yaitu kopi Robusta dan Arabika. Luas tanaman kopi rakyat masih didominasi oleh jenis kopi Robusta, yaitu 86.687 hektar (95,6%) yang diusahakan oleh 59.705 kepala keluarga (KK) petani dengan produktivitas rata-rata masih rendah, yaitu 747 kg/hektar. Jenis ternak ruminansia besar yang paling banyak dipelihara petani di

Provinsi Bengkulu adalah sapi potong tercatat 125.483 ekor.

Kopi adalah tanaman yang telah dibudidayakan petani secara turun-temurun dengan cara tradisional. Musim panen kopi dimulai bulan Maret sampai November setiap tahun dengan musim puncak pada bulan Mei dan Juni. Penerapan teknologi yang masih tradisional menyebabkan produktivitas kopi masih rendah, rata-rata hanya 746 kg/ha (BPS Provinsi Bengkulu, 2017). Rendahnya produktivitas kopi telah diantisipasi oleh sebagian petani dengan memperbaiki teknologi budi daya. Penggunaan teknik penyambungan kopi dengan memanfaatkan entres dari klon kopi unggul lokal yang disertai perbaikan teknologi pemupukan dan pemangkasan dapat meningkatkan produktivitas kopi 135%.

Permasalahan lain dari usaha tani kopi adalah kualitas biji yang masih rendah, diantaranya karena panen dilakukan petani ketika buah kopi belum matang sempurna (95% buah kopi masih hijau). Panen seperti ini disebut petani dengan “petik pelangi”. Petani tidak bersedia menunggu buah kopi sampai matang sempurna dan melakukan panen “petik merah” karena sering terjadinya pencurian buah kopi. Disamping itu, hasil panen petik pelangi maupun petik merah dihargai sama oleh pedagang pengumpul.

Di sisi lain, beternak sapi bagi petani di Rejang Lebong dilakukan sebagai usaha sambilan rumah tangga. Ternak sapi potong dipelihara secara intensif dengan sistem perkandangan. Rumput pakan ternak dicari petani ke lapangan setiap hari dengan memanfaatkan waktu luang yang tersedia pada sore hari setelah selesai bekerja di lahan tanaman pangan, sayuran, atau kebun yang merupakan sumber pendapatan utama petani. Sapi potong menjadi penting secara ekonomi sebagai sumber pendapatan tambahan dan dijadikan tabungan karena dapat dijual sewaktu-waktu ketika petani membutuhkan uang tunai yang cukup besar untuk memenuhi berbagai kebutuhan rumah tangga.

Permasalahan beternak sapi potong adalah rendahnya skala pemeliharaan ternak karena keterbatasan tenaga kerja keluarga. Kebutuhan pakan setiap ternak sekitar 25 kg/ekor/hari, sedangkan kemampuan petani mencari rumput dengan memanfaatkan waktu luang pada sore hari hanya sekitar 50 kg, sehingga petani hanya mampu memelihara 2 ekor sapi potong.

Permasalahan yang dihadapi dalam bertani kopi dan beternak sapi potong merupakan permasalahan klasik, yaitu petani tidak mampu mengoptimalkan usaha pertaniannya. Tanpa inovasi teknologi yang memadai, permasalahan petani tersebut tidak mampu dipecahkan. Oleh karena itu, Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Bengkulu menawarkan model sistem pertanian

bioindustri berbasis kopi dengan ternak sapi yang bertujuan meningkatkan produktivitas dan kualitas melalui integrasi tanaman dan ternak.

BPTP Bengkulu telah melaksanakan kegiatan bioindustri kopi-sapi di Kabupaten Rejang Lebong sejak tahun 2015. Produktivitas dan kualitas biji kopi telah meningkat dengan penerapan teknologi peremajaan menggunakan klon unggul yang berasal dari Kabupaten Rejang Lebong (Klon Sintaro 1) dan panen petik merah. Selain itu, limbah kulit kopi dan kotoran sapi telah dimanfaatkan sebagai pakan ternak sapi potong dan kompos.

Inovasi teknologi bioindustri rupanya baru mampu dilakukan dalam skala kecil. Petani belum menerapkan bioindustri secara luas karena belum ada kelembagaan yang kuat dan mampu mengorganisir aktivitas kelompok tani. Oleh karena itu, pada tahun 2017, petani membentuk BUMPU dengan nama PT. Bukit Kaba Mandiri. BUMPU ini didirikan atas kesepakatan petani dari tiga desa, yaitu Desa Tanjung Beringin Kecamatan Curup Utara, Desa Mojorejo Kecamatan Selupu Rejang, dan Desa Air Meles Bawah Kecamatan Curup Timur. Inovasi kelembagaan sangat terkait dengan inovasi teknologi. Perubahan teknologi akan memengaruhi kelembagaan petani (Ishak, 2017).

Kegiatan utama BUMPU adalah pembuatan pakan sapi, pembuatan kompos, dan panen kopi petik merah. Ketiga kegiatan ini masih belum berjalan optimal karena manajemen yang belum baik (masih lemah). Oleh karena itu, perlu adanya penguatan kelembagaan dengan formulasi strategi yang tepat sesuai dengan konteks yang dihadapi.

Identifikasi Faktor Internal (Kekuatan dan Kelemahan) Badan Usaha Milik Petani (BUMPU)

Kekuatan Badan Usaha Milik Petani (BUMPU)

Salah satu kekuatan BUMPU diantaranya adalah organisasi ini telah berbadan hukum perseroan terbatas. BUMPU Bukit Kaba Mandiri didirikan tanggal 6 Desember 2017 berdasarkan pengesahan Kemenkumham Nomor AHU-0057103AH0101 tahun 2017 tentang Tanda Daftar Perusahaan BUMPU PT. Bukit Kaba Mandiri. BUMPU bergerak di bidang pertanian, pengangkutan dan pemasaran hasil, dan sarana fisik pertanian. BUMPU Bukit Kaba Mandiri saat ini memiliki empat bidang usaha/kegiatan, yaitu (1) produksi pakan ternak sapi, (2) produksi kompos kotoran ternak sapi, (3) pengolahan hasil kopi panen petik merah, dan (4) bidang umum/administrasi.

Selain telah berbadan hukum, aset produktif milik anggota BUMPU juga tersedia. Masing-masing kelompok tani yang tergabung di dalam BUMPU Bukit Kaba Mandiri memiliki aset produktif yang berbeda-

beda. Sebagai contoh, Kelompok Tani Gading Indah di Desa Air Meles Bawah memiliki 20 ekor sapi potong, lahan kelompok seluas 500 m², mesin pencacah limbah pertanian untuk pembuatan pakan dan kompos, rumah kompos, dan kandang kelompok.

Modal dan sarana BUMPU cukup memadai untuk pengembangan BUMPU ke depan. Kantor BUMPU terdapat di Sekretariat Kelompok Tani Gading Indah. Proses produksi pakan ternak dan kompos pada BUMPU Bukit Kaba Mandiri juga didukung oleh bantuan modal yang berasal dari program *corporate social responsibility* (CSR) Bank Indonesia (BI), bantuan Dinas Peternakan Provinsi Bengkulu, dan fasilitasi BPTP Bengkulu. Peralatan yang telah dimiliki BUMPU tersebut adalah mesin pembuat pakan ternak dan kompos kapasitas 300 kg/jam dari BI, bantuan ternak sapi perah sebanyak 70 ekor dari Dinas Peternakan, serta bantuan pembuatan rumah kompos dan instalasi biourine dari BPTP Bengkulu.

Pengurus BUMPU memiliki keinginan yang kuat untuk mengembangkan organisasi. BUMPU telah memiliki hubungan kerja dengan tiga kelompok tani yang berasal dari tiga desa. Kelompok tani tersebut yaitu: (1) Kelompok Tani Gading beranggotakan 14 orang petani dari Desa Air Meles Bawah, Kecamatan Curup Timur, dengan usaha pembuatan kompos dan pakan ternak sapi potong; (2) Kelompok Tani Paksi Jaya beranggotakan 16 orang petani dari Desa Trans Tanjung Beringin, Kecamatan Curup Utara dengan usaha panen kopi petik merah; dan (3) Kelompok Tani Sepakat beranggotakan 7 orang petani dari Desa Mojorejo, Kecamatan Selupu Rejang, dengan usaha pembuatan kompos dan pakan ternak sapi perah oleh 7 orang petani. Jumlah keseluruhan petani yang terlibat dalam kegiatan BUMPU sebanyak 37 orang.

Kemampuan petani-petani yang menjadi anggota BUMPU dalam penguasaan teknologi integrasi kopi-sapi sudah cukup baik. Petani telah menguasai teknik pembuatan kompos kotoran ternak dan pakan ternak dengan memanfaatkan limbah kulit kopi. Proses pengolahan kopi petik merah melalui fermentasi dan pengolahannya menjadi kopi bubuk berkualitas juga telah mampu dilakukan.

Kelemahan Badan Usaha Milik Petani (BUMPU)

Di samping kekuatan organisasi, BUMPU juga memiliki beberapa kelemahan di dalam pengembangan usahanya, diantaranya produksi pakan ternak belum optimal dan jumlah kompos kotoran ternak yang dihasilkan masih rendah. Belum optimalnya produksi pakan ternak tersebut karena belum ditemukannya formula pakan untuk sapi perah yang relatif murah dengan kualitas baik.

Formula pakan untuk sapi perah yang selama ini digunakan belum efisien. Konsentrat pakan sapi perah masih didatangkan dari Pulau Jawa dengan harga Rp5.000,00/kg. Kebutuhan konsentrat bagi ternak sapi perah adalah 8 kg/hari, dan kualitas konsentrat sangat berpengaruh terhadap kualitas susu sapi. Kemampuan memproduksi konsentrat berkualitas secara mandiri akan sangat membantu petani sapi perah. BUMP Bukit Kaba Mandiri bekerjasama dengan BPTP Bengkulu untuk menghasilkan konsentrat pakan ternak sapi perah yang berkualitas dengan harga yang lebih murah daripada konsentrat dari Jawa, dengan memanfaatkan bahan baku lokal yang banyak tersedia seperti solid limbah sawit, kulit kopi, dan dedak padi.

BUMP Bukit Kaba Mandiri telah memproduksi kompos secara rutin sebanyak 9 ton/bulan yang dipusatkan di Kelompok Tani Gading Indah Desa Air Meles Bawah Kecamatan Curup Timur, padahal ternak sapi milik kelompok ini relatif sedikit. Sedangkan ternak sapi perah yang jumlahnya cukup banyak, yaitu 50 ekor, berada di Kelompok Tani Sepakat, tetapi kotorannya belum diolah menjadi kompos. Hal ini menjadi salah satu penyebab volume produksi kompos masih rendah. Pengurus BUMP merencanakan untuk meningkatkan produksi kompos dengan memanfaatkan kotoran ternak sapi perah menjadi sekitar 15 ton/bulan dengan melibatkan Kelompok Tani Sepakat di Desa Mojorejo Kecamatan Sindang Kelingi.

Terbatasnya skala usaha ternak sapi potong salah satunya disebabkan orientasi usaha tani sapi potong belum diarahkan menjadi sumber utama penghasilan petani. Skala usaha pemeliharaan ternak sapi potong anggota BUMP Bukit Kaba Mandiri masih relatif kecil (1–2 ekor/KK petani) sehingga pemenuhan pakan hanya mengandalkan hijauan dan pakan tambahan yang ada di sekitar desa. Pengurus BUMP berkeinginan untuk meningkatkan skala pemeliharaan ternak sapi potong dengan usaha penggaduhan sapi sehingga dapat mendorong pemanfaatan pakan tambahan dari bahan-bahan lokal untuk meningkatkan nilai ekonomi ternak. Pola penggaduhan ternak ini diharapkan mampu meningkatkan skala pemeliharaan ternak dari 1–2 ekor menjadi 4–5 ekor/KK pada masa yang akan datang.

Kelemahan lain yang dihadapi BUMP Bukit Kaba Mandiri adalah produktivitas dan kualitas kopi petani masih rendah. Lahan perkebunan kopi petani, yaitu Kelompok Tani Paksi Jaya Desa Tanjung Beringin seluas 16 hektar. Dalam satu musim panen, petani kelompok ini berpotensi menghasilkan biji kopi 7,5 ton kopi petik merah. Kendala yang dihadapi petani adalah produktivitas dan kualitas kopi masih rendah karena pengelolaan kebun yang belum optimal. Produktivitas rata-rata kopi di Kelompok Tani Paksi Jaya adalah 0,7 ton/ha/tahun dengan kualitas biji kopi masih rendah.

Hasil identifikasi faktor strategis internal BUMP terdapat 5 faktor internal berupa kekuatan dan 4 faktor berupa kelemahan (Tabel 1).

Tabel 1. Identifikasi faktor strategis internal (S-W) dalam pengembangan BUMP Bukit Kaba Mandiri

Table 1. Identification of internal strategic factors (S-W) to develop FOE of Bukit Kaba Mandiri

No.	Uraian faktor internal (kekuatan dan kelemahan BUMP)
1.	Kekuatan (S): S1. BUMP sudah berbadan hukum S2. Lahan usaha anggota cukup tersedia S3. Modal dan sarana BUMP cukup memadai S4. Pengurus memiliki keinginan yang kuat mengembangkan organisasi S5. Teknologi integrasi kopi-sapi sudah dikuasai petani
2.	Kelemahan (W): W1. Produksi pakan dan kompos masih rendah W2. Formula pakan untuk sapi perah belum efisien (ekonomis) W3. Skala usaha ternak masih kecil W4. Produktivitas dan kualitas kopi masih rendah

Identifikasi Faktor Eksternal (Peluang dan Ancaman) Badan Usaha Milik Petani (BUMP)

Peluang

Peluang pengembangan BUMP juga dipengaruhi oleh faktor-faktor eksternal yang berasal dari luar organisasi. Peluang pengembangan teknologi integrasi kopi-sapi diperkirakan dapat menguntungkan petani. Integrasi tanaman kopi dengan ternak sapi memanfaatkan sumber daya alam berupa limbah kopi dari areal penanaman yang cukup luas dan kotoran ternak akan meningkatkan nilai ekonomi dari masing-masing kegiatan usaha tani. Limbah perkebunan kopi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pakan ternak, sedangkan kotoran ternak sapi dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku kompos.

Keuntungan yang diperoleh BUMP dari kegiatan bioindustri adalah keuntungan ekonomi, lingkungan, dan sosial. Pakan yang dihasilkan akan mengefisienkan biaya produksi pada budi daya ternak. Waktu mencari rumput semakin singkat karena kebutuhan rumput telah disubstitusi oleh pakan buatan. Hal ini menyebabkan petani mampu meningkatkan skala usaha pemeliharaan ternaknya. Aktivitas peternak mencari pakan ternak sapi potong disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hubungan antara skala pemeliharaan ternak sapi potong dengan aktivitas mencari rumput pakan ternak
Table 2. Correlation of the scale of cattle husbandry with farmer's activities for feedstock

Skala pemeliharaan ternak (ekor)	Kebutuhan pakan (kg/hari)	Lokasi mencari rumput	Jarak ke lokasi (km)	Waktu mencari rumput (jam/hari)	Beratnya pekerjaan
1	25–30	Dalam desa	1–2	1	Ringan
2	50–60	Dalam dan luar desa	2,5–3	1,5–2	Sedang
3	75–90	Sampai ke luar kecamatan	3–5	2–3 jam	Berat
4	100–120	Sampai ke luar kecamatan	>5	>3	Sangat berat/tidak sanggup

Rumah tangga petani hanya mampu menyediakan rumput pakan ternak untuk 1–3 ekor ternak sapi potong per hari (Tabel 2). Oleh karena itu kemampuan dalam penyediaan pakan (mencari rumput) menjadi faktor pembatas dalam meningkatkan skala pemeliharaan ternak sapi potong bagi petani anggota BUMP. Faktor pembatas ini diharapkan dapat diatasi dengan tersedianya pakan dari limbah kulit kopi.

Selain itu, pemanfaatan limbah tanaman dan ternak juga menyebabkan lingkungan semakin lestari. Kulit kopi dan kotoran ternak yang belum dimanfaatkan secara optimal, pemanfaatannya dapat ditingkatkan melalui pendekatan bioindustri. Oleh karena itu dibutuhkan kelembagaan yang kuat di dalam BUMP yang harus melibatkan petani dari berbagai kelompok yang memiliki sumber daya dan jenis usaha yang berbeda-beda. BUMP akan menjadi wadah yang mendorong anggotanya bersinergi untuk meningkatkan nilai tambah, efisiensi, dan pendapatan usaha tani.

Operasional sistem pertanian bioindustri membutuhkan bahan baku yang cukup dan tersedia sepanjang waktu. Produksi kopi gelondong kering di Kabupaten Rejang Lebong mencapai 132.699 ton/tahun. Hal ini menunjukkan Kabupaten Rejang Lebong mempunyai potensi menghasilkan limbah kulit kopi sebanyak 67.940 ton/tahun, dengan perbandingan biji kopi dan kulitnya sebesar 48,8:51,2. Angka itu mengindikasikan kulit kopi sebagai bahan baku bioindustri cukup tersedia di Kabupaten Rejang Lebong. BUMP selama ini telah bekerjasama dengan penggilingan kopi untuk memperoleh limbah kulit kopi yang dimanfaatkan dalam pembuatan pakan dan kompos. Selain limbah kulit kopi, kotoran ternak sapi sebagai bahan baku pembuatan kompos juga berlimpah. Ternak sapi yang dimiliki oleh anggota BUMP sebanyak 70 ekor, terdiri atas 20 ekor sapi potong yang ada di Kelompok Tani Gading Indah dan 50 ekor sapi perah pada Kelompok Tani Sepakat. Dengan asumsi bahwa berat kering kotoran yang dihasilkan ternak sapi 5 kg/ekor/hari, maka dalam setahun dapat diperoleh 128 ton kotoran ternak sebagai bahan baku kompos. Tanpa mencampur dengan bahan lain, jumlah kotoran ternak ini mampu memenuhi kebutuhan kompos kopi untuk 16

hektar kebun kopi per tahun. Ini berarti cukup untuk memenuhi kebutuhan pupuk tanaman kopi milik anggota BUMP.

Pembuatan pakan ternak sapi perah sangat diprioritaskan karena anggota BUMP sangat membutuhkan pakan sapi perah yang berkualitas dengan harga lebih murah dibandingkan konsentrat pabrikan. Selain itu, pakan juga dapat dijual pada peternak sapi perah selain anggota BUMP. Jumlah sapi perah di Kabupaten Rejang Lebong pada tahun 2017 tercatat sebanyak 116 ekor. Apabila dalam satu hari dibutuhkan 8 kg konsentrat per ekor, maka kebutuhan pakan atau konsentrat untuk sapi perah di Kabupaten Rejang Lebong adalah 928 kg/hari atau 339 ton/tahun.

Pasar bagi kopi petik merah sangat terbuka dan BUMP Bukit Kaba Mandiri baru merintis jalinan pasar dengan eksportir kopi dari Jawa Timur. Menurut Nalurita *et al.* (2014), kopi Indonesia memiliki daya saing di pasar internasional sehingga permintaan ekspor cukup tinggi. Namun permasalahannya adalah kontinuitas produksi dengan mutu yang diinginkan eksportir masih belum dapat dipenuhi. Kontinuitas produksi kopi dengan kualitas baik tersebut harus didukung dengan inovasi teknologi petik merah.

Inovasi teknologi pembuatan kompos dan pakan ternak sapi perah, serta panen petik merah secara teknis telah dikuasai petani. Inovasi teknologi pertanian tersebut berasal dari BPTP Bengkulu dan berbagai sumber teknologi dari lembaga penelitian lainnya. Dukungan yang kuat dari berbagai instansi/lembaga penelitian tersebut merupakan peluang yang dapat dimanfaatkan oleh BUMP untuk mendukung pengembangan usahanya.

Ancaman

Kompos yang dihasilkan BUMP, selain dapat dimanfaatkan sendiri oleh petani anggota kelompok, juga bisa dijual terutama untuk petani sayuran di Kabupaten Rejang Lebong. Pemasaran kompos yang berasal dari kotoran ternak sapi akan mendapat saingan dari pupuk kotoran ayam yang didatangkan dari luar daerah. Harga pupuk kotoran ayam di Kabupaten Rejang Lebong Rp20.000,00/karung (berat 30 kg),

sama dengan harga kompos kotoran ternak sapi. Usaha produksi kompos kotoran sapi yang diusahakan BUMP akan sulit berkembang jika harganya lebih tinggi.

Produksi kompos dengan hanya mengandalkan ternak sapi potong dari Kelompok Tani Gading Indah Desa Air Meles Bawah masih rendah, hanya 6 ton/bulan dari 20 ekor ternak. Hal itu disebabkan kurangnya bahan baku kotoran ternak, karena wilayah desa ini termasuk wilayah pengembangan Kota Curup, ibukota Kabupaten Rejang Lebong. Hal ini menyebabkan ketersediaan lahan untuk tanaman hijauan pakan semakin terbatas karena bersaing dengan perumahan penduduk yang terus berkembang sehingga menghambat pengembangan populasi ternak. Oleh karena itu, sumber kotoran ternak untuk menambah produksi kompos sebaiknya berasal dari sapi perah yang jumlahnya cukup banyak di Kelompok Tani Sepakat Desa Mojorejo, yaitu sebanyak 50 ekor. Kompos kotoran ternak sapi perah yang mampu dihasilkan diperkirakan 9 ton/bulan.

Tabel 3. Identifikasi faktor strategis eksternal (O-T) dalam pengembangan BUMP Bukit Kaba Mandiri

Tabel 3. Identification of strategic external factors (O-T) in developing FOE of Bukit Kaba Mandiri

No.	Uraian faktor internal dan eksternal
1.	Peluang (O): - O1. Teknologi integrasi kopi-sapi menguntungkan - O2. Bahan baku pembuatan pakan dan kompos melimpah - O3. Peluang pasar pakan sapi perah sangat terbuka - O4. Peluang pasar kopi petik merah sangat terbuka melalui kemitraan dengan eksportir - O5. Inovasi teknologi tersedia
2.	Ancaman (T): - T1. Persaingan harga kompos kotoran sapi dengan kompos kotoran ayam - T2. Alih fungsi lahan mengancam pengembangan ternak sapi potong - T3. Budaya masyarakat tidak mendukung panen petik merah - T4. Harga kopi panen merah dan panen pelangi masih sama

Di Kabupaten Rejang Lebong, petani masih belum banyak yang melakukan petik merah. Kebiasaan petani adalah memanen kopi dengan cara “panen pelangi”, ketika 95% buah kopi masih hijau sampai

kuning (belum matang). Hal ini karena faktor keamanan yang kurang mendukung (seringkali terjadi pencurian kopi sebelum matang sempurna). Disamping itu, harga kopi petik pelangi dan petik merah juga sama di pasaran, yaitu rata-rata Rp19.000,00/kg. Dari uraian faktor-faktor eksternal di atas, dapat disusun hasil identifikasi faktor strategis eksternal yang memengaruhi pengembangan BUMP, seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Strategi Pengembangan Badan Usaha Milik Petani (BUMP)

Potensi pengembangan usaha berbasis bioindustri kopi-sapi pada BUMP Bukit Kaba Mandiri terbuka luas. Teknologi integrasi kopi-sapi yang telah dikuasai petani antara lain pembuatan kompos dengan memanfaatkan kotoran ternak dan kulit kopi, pembuatan pakan ternak sapi potong dari kulit kopi, dan pemanfaatan kompos untuk pemupukan kopi. Di samping itu, BUMP juga telah mampu menguasai teknologi pembuatan *biourine* sapi serta pengolahan biji kopi (*green bean*) dan kopi bubuk petik merah.

Strategi pengembangan BUMP disusun menggunakan analisis SWOT dengan mempertimbangkan kekuatan (*strengths*) dan kelemahan (*weaknesses*) BUMP, serta peluang (*opportunities*) dan ancaman (*threats*) yang dihadapi. Hasil analisis identifikasi faktor internal dan eksternal ditampilkan pada Tabel 4. Matriks SWOT menggambarkan bagaimana kekuatan dan kelemahan internal yang dimiliki dapat disesuaikan dengan peluang dan ancaman eksternal yang dihadapi. Matriks ini menghasilkan empat set kemungkinan strategi alternatif untuk penguatan BUMP.

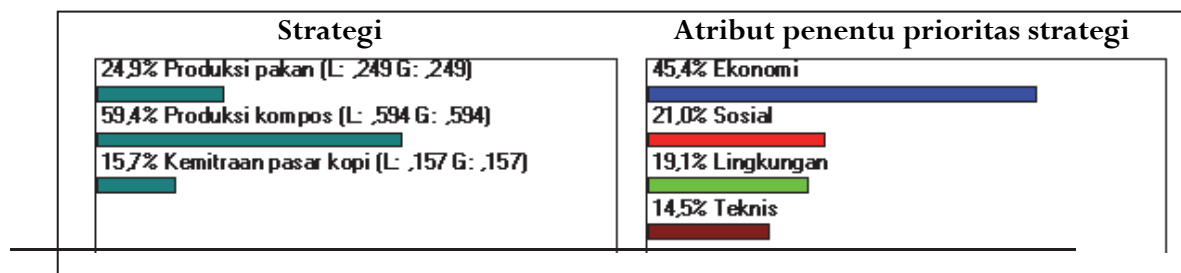
Pada Tabel 4 teridentifikasi enam strategi dalam pengembangan BUMP Bukit Kaba Mandiri. Pada kuadran S-O ada 1 strategi, S-T 2 strategi, W-O 2 strategi, dan W-T 1 strategi. Keenam strategi tersebut terkait dengan efisiensi dan efektivitas produksi kompos, pakan, dan kopi petik merah yang saling terkait antara satu kuadran dengan kuadran lainnya. Apabila dirangkum, maka keenam strategi tersebut akan menghasilkan 3 strategi penguatan BUMP, yaitu: (1) produksi pakan berkualitas untuk memenuhi kebutuhan ternak sapi perah, (2) produksi kompos kotoran sapi dengan harga yang bersaing, dan (3) menjalin kemitraan pasar dengan eksportir kopi.

Tabel 4. Matriks SWOT pengembangan BUMP Bukit Kaba Mandiri
Tabel 4. SWOT matrix in developing FOE of Bukit Kaba Mandiri

	Internal	Kekuatan (S)		Kelemahan (W)	
		S1. BUMP sudah berbadan hukum	W1.	Produksi pakan dan kompos masih rendah	
		S2. Lahan usaha cukup tersedia			
		S3. Modal dan sarana BUMP cukup memadai	W2.	Formula pakan untuk sapi perah belum efisien	
		S4. Pengurus memiliki keinginan yang kuat mengembangkan organisasi	W3.	Skala usaha ternak masih sedikit	
		S5. Teknologi integrasi kopi-sapi sudah dikuasai petani	W4.	Produktivitas dan kualitas kopi masih rendah	
Eksternal					
Peluang (O)		Strategi S-O	Strategi W-O		
O1.	Teknologi integrasi kopi-sapi menguntungkan	-	Memanfaatkan modal dan sarana BUMP untuk menghasilkan produk pakan ternak, kompos, dan kopi berkualitas baik sesuai dengan kebutuhan pasar	-	Meningkatkan produksi pakan dan kompos dengan memanfaatkan program pengembangan sapi perah
O2.	Bahan baku pembuatan pakan dan kompos melimpah			-	Meningkatkan produktivitas dan kualitas kopi sesuai dengan permintaan pasar
O3.	Peluang pasar pakan sapi perah sangat terbuka				
O4.	Peluang pasar kopi petik merah sangat terbuka				
O5.	Inovasi teknologi tersedia				
Ancaman (T)		Strategi S-T	Strategi W-T		
T1.	Persaingan harga dengan kompos kotoran ayam	-	Memanfaatkan inovasi teknologi untuk memproduksi kompos dengan harga yang bersaing	-	Meningkatkan produksi pakan, kompos, dan kopi berkualitas sesuai dengan permintaan pasar
T2.	Alih fungsi lahan mengancam pengembangan ternak sapi potong	-	Menjalin kemitraan dengan jaringan pasar ekspor kopi		
T3.	Budaya masyarakat tidak mendukung panen petik merah				
T4.	Harga kopi panen merah dan panen pelangi masih sama				

Ketiga strategi di atas seharusnya dilakukan oleh BUMS secara simultan. Namun, karena keterbatasan sumber daya yang dimiliki, BUMS harus menentukan skala prioritas dalam pengembangan strategi. Penentuan skala prioritas strategi yang akan dilakukan sangat tergantung pada faktor atau aspek ekonomi, sosial, lingkungan, dan teknis. Aspek ekonomi terkait dengan keuntungan finansial dari

pemilihan strategi, aspek sosial berkaitan dengan kelembagaan dan interaksi sosial budaya masyarakat, aspek lingkungan berhubungan dengan daya dukung lingkungan budi daya, dan aspek teknis adalah kemudahan dalam pelaksanaan strategi produksi. Pemilihan strategi dilakukan melalui FGD dengan manajemen BUMS, dan hasil analisisnya dengan menggunakan AHP ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil analisis prioritas strategi BUMS dengan metode AHP
Gambar 1. Result of analytical hierarchy process (AHP) of the FOE

Gambar 1 memperlihatkan produksi kompos kotoran sapi dengan harga yang bersaing merupakan prioritas utama dari tiga strategi penguatan BUMP. Nilai pemilihan strategi ini mencapai 59,4%, lebih tinggi daripada kedua strategi lainnya, yaitu produksi pakan berkualitas untuk memenuhi kebutuhan ternak sapi perah (24,9%) dan menjalin kemitraan pasar dengan eksportir kopi (15,7%).

Dimensi yang dominan memengaruhi pemilihan strategi adalah keuntungan ekonomi yang dihasilkan dari ketiga strategi tersebut (45,4%). Selanjutnya diikuti oleh dimensi sosial (21,0%), dimensi lingkungan (19,1%), dan terakhir dimensi teknis (14,5%). Dengan kata lain, dimensi ekonomi menjadi faktor utama sedangkan dimensi-dimensi lainnya menjadi faktor pendukung.

Strategi peningkatan produksi kompos sangat terbuka karena secara teknis telah dikuasai, secara sosial anggota BUMP sudah biasa memproduksi, dan secara ekologi bahan bakunya melimpah. Pasar kompos sangat potensial karena Kabupaten Rejang Lebong merupakan kawasan pengembangan sayuran di Provinsi Bengkulu.

Pengembangan produksi pakan ternak secara ekonomi belum menguntungkan, karena formulasi pakan yang murah dengan kualitas yang baik untuk ternak sapi perah dengan memanfaatkan bahan baku lokal belum ditemukan. Sementara itu, kemitraan pasar kopi belum terjalin dengan eksportir kopi. Walaupun panen petik merah sangat berpeluang untuk dikembangkan, namun tidak menarik bagi petani karena tidak adanya insentif harga. Kemitraan sangat penting dalam pengembangan kelembagaan petani (Jannah *et al.*, 2015). Pemasaran satu pintu melalui organisasi petani terbukti memperkuat posisi tawar petani dalam suatu sistem pemasaran komoditas pertanian (Listiyati *et al.*, 2014). Dalam kemitraan tersebut, kelembagaan petani perlu memiliki badan hukum (Hartono *et al.*, 2013).

Tantangan dan Peluang Pengembangan Badan Usaha Milik Petani (BUMP)

Mengembangkan suatu BUMP merupakan hal yang tidak mudah dari sisi sosial ekonomi. Hal ini karena BUMP harus mampu mentransformasi petani anggotanya yang berciri subsisten menjadi petani komersial yang berorientasi agribisnis. Hal tersebut bertujuan menciptakan nilai tambah dan efisiensi dalam penggunaan sarana produksi dengan pemanfaatan inovasi teknologi, serta mampu bermitra dengan pihak lain dengan semangat saling menguntungkan (Tarigan *et al.*, 2017).

Meskipun menghadapi banyak tantangan, peluang keberhasilan pengembangan BUMP berbasis bioindustri kopi-sapi di Kabupaten Rejang Lebong

masih terbuka. Keinginan petani untuk membentuk suatu BUMP didukung dengan ketersediaan bahan baku limbah kopi dan kotoran ternak. Partisipasi petani ini didukung pula dengan program pemerintah dan BUMN untuk meningkatkan skala usaha petani melalui program peningkatan kualitas kopi rakyat (kopi petik merah) maupun bantuan ternak sapi perah. Dengan demikian, peluang sangat terbuka bagi pengembangan BUMP berbasis bioindustri kopi-sapi di Kabupaten Rejang Lebong.

Kelembagaan ekonomi petani berbadan hukum yang dibangun atas dasar partisipasi petani ("dibangun dari bawah") seperti BUMP Bukit Kaba Mandiri didorong oleh kebutuhan petani. Karakteristik seperti ini diharapkan akan mampu berkembang dan mandiri. Kelembagaan yang dibangun secara partisipatif sesuai dengan kondisi lokal mampu berkembang dengan baik seperti keberhasilan yang telah diraih oleh kelembagaan koperasi ternak di Jawa Barat (Wahyuni *et al.*, 2016), Nusa Tenggara Barat (Mashur, 2017), dan Bengkulu (Ishak *et al.*, 2017).

Permasalahan kelembagaan merupakan permasalahan utama yang dihadapi petani (Santoso & Darwanto, 2015), sehingga menjadi isu penting dalam pembangunan pertanian. Namun, usaha pemerintah mengembangkan kelembagaan petani "dari atas" banyak mengalami kegagalan karena petani tidak mampu mencapai kemandirian. Petani hanya memanfaatkan kelembagaan tersebut sebagai jalan mendapatkan bantuan pemerintah. Kegagalan kelembagaan petani salah satunya disebabkan oleh persepsi petani bahwa bantuan pemerintah merupakan bantuan cuma-cuma ataupun hibah sehingga tidak dimanfaatkan sesuai dengan tujuan program (Ishak & Astuti, 2012). Oleh sebab itu, peran pemerintah sebaiknya hanya sebagai fasilitator untuk merangsang tumbuhnya kelembagaan petani yang bersifat kohesif (Suradisastira, 2008).

KESIMPULAN

Penguatan BUMP Bukit Kaba Mandiri diarahkan pada tiga strategi, yaitu: (1) meningkatkan produksi pakan berkualitas untuk memenuhi kebutuhan ternak sapi perah, (2) memproduksi kompos kotoran sapi dengan harga yang bersaing, dan (3) menjalin kemitraan pasar dengan eksportir kopi. Strategi produksi kompos kotoran sapi dengan harga yang bersaing merupakan prioritas pertama diikuti dengan produksi pakan berkualitas untuk memenuhi kebutuhan ternak sapi perah dan menjalin kemitraan pasar dengan eksportir kopi. Aspek yang dominan dipertimbangkan dalam penentuan prioritas strategi, yaitu aspek ekonomi, selanjutnya diikuti oleh aspek sosial,

lingkungan, dan teknis. Strategi yang dikembangkan BUMIP tersebut mampu diimplementasikan melalui dukungan dan kerjasama yang sinergis dengan program pemerintah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih Kemenristek DIKTI Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui Beasiswa Pendidikan Pasacasarjana Dalam Negeri (BPPDN). Hal yang sama juga penulis sampaikan kepada Departemen Agribisnis FEM-IPB atas dukungannya dalam penulisan naskah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdoellah, S. (2013). Pengelolaan nutrisi tanaman terpadu di perkebunan kopi. *Review Penelitian Kopi dan Kakao*, 1(1), 24–39.
- Anantanyu, S. (2011). Kelembagaan petani: peran dan strategi pengembangan kapasitasnya. *SEPA*, 7(2), 102–109.
- BPPSDMP. (2017). *Pedoman pembentukan dan pengelolaan Badan Usaha Milik Petani (BUMIP)*. Jakarta: BPPSDMP Kementerian Pertanian.
- BPS Provinsi Bengkulu. (2013). *Pertanian-bioindustri berkelanjutan : solusi pembangunan Indonesia masa depan* (Cetakan I). Jakarta: Biro Perencanaan, Sekretariat Jenderal, Kementerian Pertanian.
- BPS Provinsi Bengkulu. (2017). *Provinsi Bengkulu Dalam Angka 2017*. Bengkulu: BPS Provinsi Bengkulu.
- BPS Provinsi Bengkulu. (2018). *Provinsi Bengkulu Dalam Angka 2018*. Bengkulu: BPS Provinsi Bengkulu.
- Gunawan, & Talib, C. (2014). Potensi pengembangan bioindustri dalam sistem integrasi sapi sawit. *Wartazoa*, 24(2), 67–74.
- Hartono, R., Hadi, S., Juanda, B., & Rusastra, I. W. (2013). Penyusunan alternatif model kelembagaan kredit usaha pertanian di perdesaan. *Informatika Pertanian*, 22(2), 121–135.
- Hidayat, N., Soeharsono, & Widodo, S. (2009). Keberlanjutan sistem usaha tani integrasi tanaman-ternak pasca bencana alam gempa bumi di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Sains Peternakan*, 7(1), 30–35.
- Ishak, A. (2017). Perkembangan teknologi panen padi dan transformasi kelembagaan (kasus di Kecamatan Seluma Selatan, Kabupaten Seluma - Bengkulu). In D. Sugandi, U. P. Astuti, Supanjani, E. Oktavidiati, S. Yuliasari, A. Damiri, ... S. S. M. Rambe (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Modern mendukung Pembangunan Pertanian Berkelanjutan (Jilid 1)* (pp. 124–131). Bengkulu: Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Balitbangtan Bengkulu. <https://doi.org/10.1006/nbdi.2000.0372>
- Ishak, A., & Astuti, U. P. (2012). Persepsi petani terhadap pengelolaan Lembaga Keuangan Mikro Agribisnis (LKM-A) pada gapoktan penerima dana BLM-PUAP di Kota Bengkulu. In K. Suradisastra, B. Hutabarat, & D. K. S. Swastika (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Petani dan Pembangunan Pertanian* (pp. 232–242). Bogor: Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian Kementan.
- Ishak, A., Firison, J., & Harwanto. (2017). Keberlanjutan Pola Penggaduhan Ternak Sapi Potong pada Tingkat. In W. Puastuti, S. Muharsini, I. Inounu, B. Tienamurti, E. Kusumaningtyas, E. Wina, ... R. Hutasoit (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2017* (pp. 209–218). Bogor: IAARD Press.
- Jannah, R. Z., Subagia, H., & Rujito, H. (2015). Optimalisasi kinerja rantai pasokan dan rantai nilai tembakau kasturi (voor oogst) di Kabupaten Jember. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 16(1), 51–64.
- Listiyati, D., Wahyudi, A., & Hasibuan, A. M. (2014). Penguatan kelembagaan untuk peningkatan posisi tawar petani dalam sistem pemasaran kakao. *J. Tidp*, 1(1), 15–28.
- Mashur. (2017). Peranan lembaga pemberdayaan masyarakat terpadu (LEMPERMADU) berbasis masjid dalam pengembangan usaha peternakan sapi rakyat di Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Sangkaraeng Mataram*, 3(1), 28–33.
- Nalurita, S., Asmarantaka, R. W., & Jahroh, S. (2014). Analisis daya saing dan strategi pengembangan agribisnis kopi Indonesia. *Jurnal Agribisnis Indonesia*, 2(1), 63–74. <https://doi.org/10.21082/jae.v19n2.2001.56-74>
- Nasrul, W. (2012). Pengembangan kelembagaan pertanian untuk peningkatan kapasitas petani terhadap pembangunan pertanian. *MENARA Ilmu*, 3(29), 166–174.
- Prawirodigdo, S., & Utomo, S. (2011). Inovasi teknologi dekomposisi limbah organik dalam penyediaan pakan. *Wartazoa*, 21(2), 60–71.

- Priyanto, D. (2011). Strategi pengembangan usaha ternak sapi potong dalam mendukung program swasembada daging sapi dan kerbau tahun 2014. *Jurnal Litbang Pertanian*, 30(3), 108–116.
- Rangkuti, F. (2008). *Analisis SWOT Teknik Membedah Kasus Bisnis*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Romeiro, A. R. (2012). Sustainable development: an ecological economics perspective. *Estudos Avançados*, 26(74), 65–92. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142012000100006>
- Saaty, T. L. (1993). *Pengambilan Keputusan bagi Para Pemimpin: Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks*. Jakarta: PT. Pustaka Binaman Pressindo.
- Santoso, P. B., & Darwanto. (2015). Strategi penguatan kelompok tani dengan penguatan kelembagaan. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, 16(1), 33–45.
- Sudarwanto, B., Pandelaki, E. E., & Soetomo, S. (2014). Pencapaian perumahan berkelanjutan ‘pemilihan indikator dalam penyusunan kerangka kerja berkelanjutan’.’ *MODUL*, 14(2), 105–112. <https://doi.org/10.14710/mdl.14.2.2014.105-112>
- Suradisastra, K. (2008). Strategi pemberdayaan kelembagaan petani. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 26(2), 82–91. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-1026.2012.13.016>
- Suresti, A., & Wati, R. (2012). Strategi Pengembangan Usaha Peternakan Sapi Potong di Kabupaten Pesisir Selatan. *Jurnal Peternakan Indonesia*, 14(1), 249. <https://doi.org/10.25077/jpi.14.1.249-262.2012>
- Tarigan, H., Suhaeti, R. N., Rivai, R. S., Suhartini, S. H., & Darwis, V. (2017). *Analisis tipologi dan penguatan kelembagaan petani kecil dalam rangka transformasi menuju petani komersial*. Bogor.
- Wahyuni, S., Adawiyah, C. R., & Syahyuti. (2016). Strategi merealisasikan Badan Usaha Milik Petani. In D. Widiyantono, H. Dhidik, & Riawidiastui (Eds.), *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Peternakan Terpadu* (pp. 254–269). Purworejo: Universitas Muhammadiyah Purworejo.
- Waluyo, D. B. (2017). Corporate farming, meningkatkan kapasitas dan kelembagaan. *Gerai Info* 62, 31–35.
- Widyotomo, S. (2013). Potensi dan teknologi diversifikasi limbah kopi menjadi produk bermutu dan bernilai tambah. *Penelitian Kopi dan Kakao*, 1(1), 63–80.
- Winarso, B., & Basuno, E. (2013). Pengembangan pola integrasi tanaman-ternak merupakan bagian upaya mendukung usaha pembibitan sapi potong dalam negeri. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 31(2), 151–169.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 6, Nomor 1, Maret 2019

EFISIENSI TEKNIS USAHA TANI KOPI ARABIKA GARUT KUNING (AGK)

TECHNICAL EFFICIENCY OF ARABICA GARUT KUNING (AGK) COFFEE FARMING

* Bedy Sudjarmoko dan Enny Randriani

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

* bedysdm@yahoo.com

(Tanggal diterima: 3 Desember 2018, direvisi: 14 Januari 2019, disetujui terbit: 30 Maret 2019)

ABSTRAK

Kopi merupakan salah satu komoditas strategis di Jawa Barat karena memiliki peran penting dalam perekonomian masyarakat. Namun demikian, studi analisis efisiensi usaha tani kopi di Jawa Barat, masih relatif terbatas. Informasi efisiensi ini sangat penting sebab akan berpengaruh terhadap keuntungan petani kopi serta program pengembangannya. Tujuan penelitian adalah mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi dan tingkat efisiensi teknis usaha tani kopi Arabika Garut Kuning (AGK) di Kabupaten Garut, Provinsi Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Juni sampai September 2016 dengan menggunakan metode survei. Lokasi penelitian ditentukan secara *purposive sampling*, sedangkan contoh petani (responden) diambil secara *random* dari populasi petani kopi AGK. Jumlah responden penelitian sebanyak 72 orang. Analisis data menggunakan fungsi produksi frontir stokastik (*stochastic frontier production*) yang diduga berdasarkan metode *Maximum Likelihood Estimates* (MLE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor-faktor yang berpengaruh terhadap efisiensi teknis kopi adalah luas lahan, penggunaan pupuk Urea, pupuk ZA, dan tenaga kerja. Efisiensi teknis petani responden tergolong cukup tinggi (rata-rata sebesar 0,81). Hal ini menunjukkan petani telah efisien secara teknis khususnya dalam mengalokasikan sumber daya dan memanfaatkan teknologi budi daya yang ada. Untuk lebih meningkatkan efisiensi teknis serta pendapatan usaha tani kopi AGK sangat dibutuhkan dukungan dari pemerintah daerah dan pemangku kepentingan lainnya.

Kata kunci: Efisiensi teknis, frontir stokastik, kopi, produksi

ABSTRACT

Coffee is one of the strategic commodities in West Java for its important economic role in West Java. However, studies on coffee farming efficiency are still rarely found. Information on efficiency is critical because it affects the benefits the coffee farmers gain and its development program. This study aimed to investigate factors affecting the technical efficiency and technical efficiency level of Arabica Garut Kuning (AGK) coffee farming in Garut Regency, carried out from June to September 2016 using survey methods. Research location was determined by *purposive sampling* and 72 respondents were randomly chosen from Arabica coffee farmer population in Garut Regency. The data was analysed using *stochastic frontier production*, estimated by *Maximum Likelihood Estimates* (MLE) method. The results showed that the factors influencing the technical efficiency of coffee farming are land area, use of Urea fertilizer, ZA fertilizer, SP 36 fertilizer, herbicide and labor. The technical efficiency of farmers is quite high (average of 0.81). Means farmers have been technically efficient especially in allocating resources and utilizing existing cultivation technology. To further improve the technical efficiency as well as its revenue share of AGK, support from local governments and other stakeholders is still urgently needed.

Keywords: Coffee, production, stochastic frontier, technical efficiency

PENDAHULUAN

Kopi Arabika dan Robusta merupakan dua spesies kopi yang umum dibudidayakan oleh petani. Kopi Arabika cocok ditanam di dataran tinggi, sedangkan kopi Robusta cocok untuk dataran rendah. Secara ekonomi nilai jual kopi Arabika lebih mahal dibanding kopi Robusta. Sesuai dengan data statistik perkebunan tahun 2015, rata-rata produktivitas kopi Arabika di Jawa Barat 951 kg/ha dan luas areal kopi Arabika sekitar 16.808 ha, sedangkan kopi Robusta rata-rata produktivitas 784 kg/ha dan luas areal produksi sekitar 15.750 ha (Direktorat Jendral Perkebunan, 2017).

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat No 8 Tahun 2013 tentang Pedoman Penyelenggaraan Perkebunan, menjelaskan bahwa kopi merupakan salah satu komoditas strategis di Jawa Barat karena mempunyai peran penting dalam perekonomian masyarakat. Kopi Java Preanger merupakan kopi Arabika yang telah mempunyai sertifikasi indikasi geografis. Hal ini menjadi jaminan mutu bagi pasar dan mempunyai nilai tambah yang nyata bagi petani sehingga pengembangannya sangat didorong oleh Pemerintah Daerah Jawa Barat.

Salah satu bentuk dukungan Pemerintah Jawa Barat dalam pengembangan kopi adalah pemberian benih kopi kepada petani. Program ini telah dimulai tahun 2014 dengan dibagikannya 1 juta benih kopi. Pada tahun 2015–2016 jumlahnya meningkat menjadi 4 juta benih dan 10 juta benih pada tahun 2017–2018. Dalam mendukung pengembangan tanaman kopi di Jawa Barat, tahun 2014–2018 dibutuhkan lahan seluas 7.500 ha. Walaupun produktivitas kopi Arabika di Jawa Barat sudah mulai meningkat lebih dari 7,3% dibanding tahun 2010 (rata-rata 886 kg/ha), tetapi peningkatan belum nyata karena masih banyak tanaman kopi yang belum menghasilkan (TBM).

Dinas Perkebunan Jawa Barat telah membina petani untuk menerapkan teknologi budi daya anjuran guna menunjang peningkatan produksi kopi. Hal ini dilakukan melalui kegiatan pembinaan teknis dan penyuluhan yang berkelanjutan serta demplot intensifikasi tanaman kopi sebagai unit percontohan melalui kegiatan pemeliharaan, pemupukan, serta perlindungan tanaman. Kegiatan teknis diantaranya adalah penerapan inovasi teknologi anjuran dengan narasumber peneliti dari Badan Litbang (Balittri/Puslitkoka), kegiatan diseminasi teknologi rejuvinasi cabang pada kopi Robusta, sebagai upaya untuk memperbaiki pertanaman kopi yang kondisinya telah rusak agar pertumbuhan dan produktivitas tanaman kopi meningkat, serta memperbaiki mutu dan citarasa kopi yang dihasilkan. Di samping itu, pengembangan kopi juga dilakukan melalui perluasan lahan pertanian maupun Perhutani dengan pola pemberdayaan hutan bersama

masyarakat (PHBM). Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan pendapatan petani.

Dalam rangka mendukung program pengembangan kopi di Jawa Barat, khususnya di Kabupaten Garut, perlu diketahui efisiensi usaha tani kopi rakyat yang sudah dicapai serta faktor-faktor yang memengaruhinya agar program pengembangan kopi yang telah dan sedang dilaksanakan lebih terjamin tingkat keberhasilannya. Penelitian bertujuan mengetahui faktor-faktor yang memengaruhi efisiensi teknis dan tingkat efisiensi teknis usaha tani kopi AGK di Kabupaten Garut.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Garut mulai bulan Juni sampai September 2016. Dasar pertimbangan pemilihan daerah ini karena merupakan salah satu sentra produksi kopi Arabika di Provinsi Jawa Barat. Lokasi penelitian ditentukan secara *purposive sampling*, lokasi yang dipilih adalah Desa Margamulya (Kecamatan Cikandang) dan Bayongbong (Kecamatan Cikajang), dengan pertimbangan: (1) wilayah tersebut merupakan sentra dan daerah pengembangan kopi Arabika terbesar di Kabupaten Garut; (2) jumlah tanaman kopi produktif lebih banyak dibanding kecamatan-kecamatan lain.

Data dan Sumber Data

Petani sampel (responden) adalah rumah tangga petani yang melaksanakan usaha tani kopi Arabika. Penentuan sampel dilakukan secara acak (*random sampling*). Jumlah sampel yang diambil sebanyak 72 orang petani dan terdistribusi merata pada kedua desa tersebut. Data yang dikumpulkan terdiri dari data primer (identitas responden, biaya dan penerimaan usaha tani kopi) dan data sekunder (luas areal tanaman, produksi dan produktivitas tanaman tingkat kabupaten, serta harga jual produk primer kopi petani). Data primer dikumpulkan dari hasil wawancara mendalam (*in depth interview*) dengan panduan kuesioner yang telah disiapkan. Sedangkan data sekunder dikumpulkan dari Dinas Perkebunan dan Dinas Perdagangan setempat.

Analisis Data

Coelli, Rao, & Batesse (1998) memperkenalkan berbagai jenis fungsi produksi yang dapat digunakan untuk mengukur efisiensi, salah satunya menggunakan fungsi produksi stokastik. Faktor-faktor internal maupun eksternal yang diduga memengaruhi tingkat efisiensi teknis produksi yang dicapai dapat diketahui dan dijelaskan dengan bantuan model ekonometrika. Selain itu, faktor-faktor penyebab inefisiensi juga dapat

diketahui, apakah karena *random error* dalam pengumpulan data dan sifat dari peubah yang tidak dapat terukur (faktor eksternal) atau karena faktor-faktor dari proses produksi (faktor internal). Fungsi produksi stokastik ini sudah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti lain pada tanaman kunyit di Tamil Nadu (Karthick, Alagumani, & Amarnath, 2013), jagung di Zimbabwe (Mango, Makate, Hanyani-mlambo, Siziba, & Lundy, 2015), gandum pada lahan kering dan irigasi di India (Kachroo, Sharma, & Kachroo, 2010), produksi babi di China (Zhou *et al.*, 2015), dan pengukuran efisiensi teknis pembangkit listrik sekam padi di Thailand (Ueasin, Liao, & Wongchai, 2015).

Pengukuran efisiensi teknis usaha tani kopi AGK menggunakan fungsi produksi stokastik. Persamaan fungsi produksi frontier yang dispesifikasi untuk data silang (*cross-section*) dengan dua komponen *error term*, yaitu v_i dan u_i , dirumuskan dengan formula sebagai berikut:

$$y_i = f(x_i, \beta) \varepsilon_i \dots \dots \dots (1)$$

keterangan:

- y_i = keluaran yang dihasilkan oleh observasi ke- i
 x_i = vektor masukan L yang digunakan oleh observasi ke- i
 β = vektor koefisien parameter
 ε_i = "galat khusus" dari observasi ke- i
 ε = $v_i - u_i$: *error term* (u_i = efek inefisiensi teknis dalam model)

Peubah sisa (v_i) merupakan peubah acak yang menggambarkan ukuran kesalahan dalam produksi yang disebabkan oleh faktor eksternal dan tidak dapat dikontrol oleh petani. Peubah ini terdistribusi normal dan memiliki ragam normal ($v_i \approx N(0, \sigma_v^2)$). Peubah kesalahan (u_i) adalah peubah acak yang menggambarkan inefisiensi teknis di dalam produksi dan berkaitan dengan faktor internal. Semakin besar nilai u_i , semakin besar pula inefisiensi usaha tani yang dilakukan petani. Peubah acak u_i tidak boleh bernilai negatif dan distribusinya setengah normal dengan nilai distribusi $N(\mu_u, \sigma_u^2)$. Pendugaan parameter fungsi produksi dan fungsi inefisiensi dilakukan secara simultan.

$$ET_i = Y_i = \exp(X_i, \beta - U_i) = \exp(-U_i)$$

Tingkat efisiensi teknis (ET) untuk masing-masing responden diperoleh dari hasil perbandingan antara tingkat output aktual (Y_i) dengan tingkat output prediksi atau $\exp(X_i, \beta)$. Model fungsi produksi frontier stokastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

$$\ln y = \alpha_0 + \alpha_1 \ln x_1 + \alpha_2 \ln x_2 + \alpha_3 \ln x_3 + \alpha_4 \ln x_4 + \alpha_5 \ln x_5 + \alpha_6 \ln x_6 + \alpha_7 \ln x_7 + \alpha_8 \ln x_8 + \alpha_9 \ln x_9 + \alpha_{10} \ln x_{10} + \dots + (v_i - u_i) \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

- y : produksi kopi Arabika per luas lahan (kg/ha)
 x_1 : luas lahan (ha)
 x_2 : kerapatan tanaman (jumlah pohon/ha)
 x_3 : pupuk Urea per luas lahan (kg/ha)
 x_4 : pupuk ZA per luas lahan (kg/ha)
 x_5 : pupuk SP36 per luas lahan (kg/ha)
 x_6 : pupuk KCl per luas lahan (kg/ha)
 x_7 : pestisida per luas lahan (l/ha)
 x_8 : herbisida per luas lahan (l/ha)
 x_9 : pupuk kandang per luas lahan (kg/ha)
 x_{10} : tenaga kerja per luas lahan (HOK/ha)
 α_0 : intersep
 α_i : koefisien parameter penduga, di mana $i = 1, 2, 3, \dots, 10$
 $v_i - u_i$: *error term* (u_i = efek inefisiensi teknis dalam model)

Nilai indeks ET hasil analisis dapat dikategorikan "belum efisien" apabila nilainya $\leq 0,7$ dan dikategorikan "sudah efisien" apabila nilainya $> 0,7$.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Petani Responden

Secara umum kondisi tanaman kopi rakyat di Kabupaten Garut saat ini banyak yang sudah tua dan kurang terawat sehingga produktivitasnya relatif rendah. Di samping keterbatasan akses terhadap teknologi dan permodalan, hal ini juga disebabkan oleh rendahnya pendidikan formal responden yang sebagian besar hanya tamat SD walaupun sebanyak 71,8% diantaranya sudah berusaha tani lebih dari 10 tahun (Tabel 1).

Tingkat pendidikan petani akan berkaitan erat dengan tingkat pemeliharaan dan efisiensi teknis kebun kopi yang dikelola petani (Gale, Sackett, & Thomas, 2016; Gebrehiwot, 2017). Hal ini juga sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh beberapa peneliti lain di beberapa negara, dimana efisiensi teknis produksi produk-produk pertanian sangat dipengaruhi oleh faktor pendidikan, di samping kurangnya penyuluhan, akses kredit modal serta sistem suplai faktor produksi (Dinar, Karagiannis, & Tzouvelekas, 2007).

Sebagian besar petani tidak merawat kebun kopinya dengan baik dan pergi ke kebun hanya ketika

panen. Pada saat panen, petani memanen hampir semua buah kopi, tidak hanya buah yang sudah masak tetapi juga yang masih hijau. Akibatnya, produk kopi yang dihasilkan pun bermutu rendah. Selain itu, sebagian besar petani kopi belum dapat menerapkan teknik budi daya anjuran sesuai dengan pedoman budi daya kopi yang baik. Di samping terdesak oleh kebutuhan hidup sehari-hari, perilaku ini didorong juga oleh keterbatasan modal usaha tani. Hasil observasi di lapangan yang didukung oleh wawancara terbatas dengan beberapa tokoh kunci, menunjukkan bahwa belum intensifnya pemeliharaan tanaman kopi disebabkan oleh keterbatasan petani terhadap akses modal dan akses informasi.

Tabel 1. Karakteristik petani responden

Table 1. Characteristics of the respondents

Karakteristik petani	Persentase
1. Umur petani :	
< 25 tahun	0,0
25–40 tahun	55,8
41–55 tahun	15,0
> 55 tahun	25,2
2. Pendidikan:	
Tidak sekolah	8,1
SD	58,9
SMP	17,8
SMA	12,5
PT	2,7
3. Jumlah Tanggungan keluarga:	
<3 orang	27,4
3–5 orang	60,7
>5 orang	11,9
4. Pengalaman usaha tani kopi:	
<5 tahun	5,7
5–10 tahun	20,5
>10 tahun	73,8
5. Luas lahan kopi:	
<1 ha	73,8
1–2 ha	24,7
>2 ha	1,5
6. Umur tanaman kopi:	
5–10 tahun	28,3
11–25 tahun	61,6
>25 tahun	10,1

Sumber: analisis data primer, 2016

Source: primary data analysis, 2016

Hubungan erat antara kepemilikan modal dan pengetahuan dengan tingkat pendidikan dan efisiensi teknis usaha tani kopi juga ditunjukkan oleh beberapa peneliti lainnya. Listyati, Sudjarmoko, & Hasibuan (2013) menemukan hubungan erat antara pendapatan dan kemampuan modal usaha tani dengan kemampuan petani untuk menerapkan teknologi budi daya kopi anjuran sesuai dengan *good agricultural practise* (GAP) atau praktek pertanian sehat (PPS) yang antara lain dipengaruhi oleh tingkat pendidikan. Pengetahuan dan keterampilan mengelola usaha tani kopi berperan sangat penting dalam upaya memperoleh hasil yang optimal dan berkualitas sehingga didapatkan keuntungan usaha tani yang layak. Ini menunjukkan bahwa pengetahuan dan keterampilan petani kopi masih perlu ditingkatkan. Penambahan pengetahuan dan teknologi dapat dilakukan secara non formal seperti melalui metode penyuluhan dan demplot.

Pada Tabel 1 terlihat bahwa sebagian besar lahan usaha tani pada kisaran usaha tani <1 ha (73,8%). Petani yang lahannya berada pada kisaran 1–2 ha sebanyak 24,7% dan yang lebih dari 2 ha hanya 1,5%. Pada umumnya populasi tanaman kopi per ha berkisar antara 2500–3000 pohon. Umur tanaman kopi milik petani di Kabupaten Garut dominan 11–25 tahun (61,6%), diikuti tanaman berumur 5–10 tahun (28,3%), dan tanaman berumur lebih dari 25 tahun sebanyak 10,1%. Upaya rehabilitasi tanaman untuk meningkatkan produksi sudah dilakukan sebagian petani di Kabupaten Garut, yaitu dengan teknik sambung.

Analisis Fungsi Produksi

Hasil analisis terhadap model fungsi produksi frontier stokastik pada usaha tani kopi AGK di Kabupaten Garut menunjukkan adanya empat peubah yang berpengaruh terhadap produksi kopi. Keempat peubah tersebut adalah luas lahan, pupuk urea, pupuk ZA, dan tenaga kerja. Peubah luas lahan berpengaruh negatif terhadap peningkatan produksi pada tingkat kepercayaan 95%, pupuk urea dan pupuk ZA berpengaruh positif pada tingkat kepercayaan 99%, dan tenaga kerja berpengaruh positif pada tingkat kepercayaan 90% (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil *Maximum Likelihood Estimated* (MLE) model fungsi produksi frontier stokastik usaha tani kopi Arabika Garut Kuning (AGK)

Table 2. Maximum Likelihood Estimated (MLE) result of production function of Frontier Stochastic Model of AGK

Peubah	Koefisien	t-ratio
Konstanta	3,180	6,110
Luas lahan (X1)	-0,035**	-0,763
Bibit (X2)	0,018	0,157
Urea (X3)	0,252***	3,704
ZA (X4)	0,171***	5,762
SP36 (X5)	0,298	2,250
KCl (X6)	0,009	0,114
Pestisida (X7)	0,042	0,223
Herbisida (X8)	0,170	2,052
Pupuk kandang (X9)	0,037	0,360
Tenaga kerja (X10)	0,144*	3,126
Model inefisiensi:		
Intersep	-0,288	-0,882
Umur petani	0,069	0,747
Pengalaman usaha tani	-0,071	-1,212
Pendidikan formal	-1,693**	2,108
Jumlah anggota keluarga	-0,103**	-2,877
Lama bergabung dalam kelompok tani	0,046	1,105
$\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$	0,008**	2,630
$\gamma = \sigma_v^2 / \sigma$	0,624*	1,554
ln (Likelihood)	124,000	-
LR	18,423	-
Rata-rata efisiensi teknis (ET)	0,810	-

Sumber/Sources: Hasil analisis data primer

Keterangan/Notes: *** nyata pada taraf $\alpha = 1\%$; ** nyata pada taraf $\alpha = 5\%$; * nyata pada taraf $\alpha = 10\%$

Nilai koefisien sebesar -0,035 pada peubah luas lahan menunjukkan bahwa setiap penambahan luas lahan sebesar 1 ha akan mengakibatkan penurunan produksi kopi AGK sebesar 0,035 kg/ha. Pengaruh negatif luas lahan terhadap produksi mengindikasikan program ekstensifikasi bukan merupakan cara yang dapat direkomendasikan dalam upaya meningkatkan produksi kopi AGK. Pilihan terbaik yang harus dilakukan untuk meningkatkan produksi kopi AGK adalah program intensifikasi maupun rehabilitasi kebun. Hal ini dibuktikan oleh pengaruhnya yang nyata positif dari peubah penggunaan pupuk Urea dan ZA, serta peningkatan tenaga kerja per satuan luas (Tabel 2). Hasil analisis menunjukkan penggunaan pupuk Urea dan ZA berpengaruh nyata secara positif terhadap produksi kopi dengan koefisien masing-masing sebesar 0,252 dan 0,171. Hal ini mengindikasikan bahwa setiap penambahan jumlah Urea 1 kg/ha dapat meningkatkan produksi kopi AGK 0,252 kg/ha, *ceteris paribus*, demikian juga dengan setiap penambahan pupuk ZA 1 kg/ha dapat meningkatkan produksi 0,171 kg/ha, *ceteris paribus*.

Sedangkan jenis pupuk lainnya seperti SP36 dan pupuk kandang tidak berpengaruh nyata terhadap produksi. Di samping pupuk SP36 dan pupuk kandang, peubah lainnya yang tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap produksi kopi AGK adalah penggunaan bibit, pestisida, dan herbisida. Hasil lainnya menunjukkan peubah penggunaan tenaga kerja juga berpengaruh nyata terhadap produksi kopi. Setiap peningkatan penggunaan tenaga kerja 1 hari orang kerja per ha (HOK/ha) dapat meningkatkan produksi kopi 0,144 kg/ha, *ceteris paribus*. Meskipun peningkatan produksi kopi tidak terlalu besar (0,144 kg/ha), penggunaan tenaga kerja sangat berperan dalam mendukung kegiatan budi daya tanaman seperti kegiatan pemupukan dan pemeliharaan tanaman lainnya, serta kegiatan panen dan pascapanen.

Penggunaan pupuk Urea dan tenaga kerja yang berpengaruh nyata terhadap produksi kopi AGK ini sejalan dengan hasil penelitian Jumati & Mulyani (2014). Di samping kedua peubah tersebut, Jumati & Mulyani (2014) juga menemukan adanya pengaruh yang nyata dari penggunaan pupuk KCl, pupuk kandang, dan herbisida

Tabel 3. Tingkat efisiensi teknis usaha tani kopi AGK di Kabupaten Garut
Table 3. Technical efficiency level of AGK coffee farming in Garut.

Kelompok ET	Jumlah petani (orang)	Persentase
$ET \leq 0,70$	1	1,38
$0,70 < ET \leq 0,80$	3	4,17
$0,80 < ET \leq 0,90$	30	41,67
$0,90 < ET \leq 0,99$	38	52,78
Total	72	100,00
Rata-rata ET	0,81	

Sumber/Sources: Hasil analisis data primer

terhadap produksi kopi di Kabupaten Tana Tidung. Pengaruh nyata dari peubah luas lahan, penggunaan pupuk, dan tenaga kerja terhadap produksi kopi ditemui juga pada hasil penelitian usaha tani kopi Robusta di Kabupaten Temanggung (Risandewi, 2013).

Pendugaan koefisien parameter dengan metode MLE, seperti terlihat pada Tabel 2, menunjukkan adanya peubah yang berpengaruh nyata terhadap inefisiensi teknis usaha tani kopi, yaitu jumlah anggota keluarga dan pendidikan formal petani. Sedangkan umur petani, pengalaman berusaha tani, dan lamanya bergabung menjadi anggota kelompok tani tidak berpengaruh terhadap inefisiensi usaha tani kopi.

Hasil analisis inefisiensi menunjukkan peubah pendidikan formal dan jumlah anggota keluarga memiliki indeks harapan yang negatif dan berpengaruh nyata terhadap inefisiensi, sedangkan pengalaman berusaha tani walaupun berindeks harapan negatif tetapi tidak berpengaruh nyata. Hasil ini sesuai dengan harapan, yaitu semakin tinggi pendidikan seseorang maka pengetahuan dan keterampilannya semakin meningkat, sehingga dapat menurunkan inefisiensi teknis. Demikian juga dengan jumlah anggota keluarga yang berkorelasi positif dengan kiprahnya dalam usaha tani. Semakin banyak jumlah anggota keluarga maka masing-masing anggota keluarga berpeluang untuk dapat berkiprah dalam mendukung usaha tani.

Tingkat Efisiensi Teknis

Hasil analisis efisiensi teknis usaha tani kopi di Kabupaten Garut disajikan pada Tabel 3. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa terdapat 38 petani responden (52,78%) memiliki nilai ET pada kisaran 0,90 hingga 0,99, 30 petani (41,67%) berada pada kisaran nilai ET 0,80–0,89, dan 3 petani (4,17%) berada pada kisaran nilai ET 0,70 hingga 0,79. Hanya 1 petani (1,38%) yang memiliki nilai ET di bawah 0,70. Berdasarkan hasil analisis ini menunjukkan bahwa secara umum petani kopi AGK di Kabupaten Garut telah melakukan teknis usaha tani secara efisien. Nilai rata-rata

ET dari 72 petani responden sebesar 0,81. Hal ini mengindikasikan rata-rata petani kopi AGK di Kabupaten Garut dapat mencapai 81% dari potensi produksi melalui kombinasi faktor-faktor produksi yang digunakan. Masih tersisa peluang sebesar 19% untuk meningkatkan produksi kopi AGK di Kabupaten Garut.

Hubungan antara penggunaan beberapa faktor produksi dengan tingkat efisiensi teknis kopi AGK di Kabupaten Garut sejalan dengan beberapa hasil penelitian lainnya, seperti pada tanaman padi (Gedara, Wilson, Pascoe, & Robinson, 2012). Hasil penelitian pada perkebunan kelapa rakyat menunjukkan upah tenaga kerja, harga pupuk dan pestisida sangat berpengaruh terhadap keuntungan dan efisiensi usaha tani (Sudjarmoko, 2010). Penelitian lain yang menunjukkan hasil berbeda terjadi pada usaha tani kopi di Kabupaten Tana Tidung masih belum efisien secara teknis (Jumiati & Mulyani, 2014).

KESIMPULAN

Usaha tani kopi Arabika Garut Kuning (AGK) memiliki tingkat efisiensi teknis (ET) yang cukup tinggi dengan nilai ET rata-rata 0,81. Nilai ET produksi kopi AGK dipengaruhi oleh luas lahan, pupuk urea, pupuk ZA, dan jumlah tenaga kerja yang digunakan. Petani masih memiliki potensi untuk dapat meningkatkan ET produksi kopi, oleh karena itu diperlukan dukungan serta pembinaan dari pemerintah daerah setempat dan pemangku kepentingan lainnya. Pembinaan diarahkan pada budi daya anjuran sesuai dengan *good agricultural practise* (GAP) atau praktek pertanian sehat (PPS).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Dinas Perkebunan, Kabupaten Garut, Jawa Barat yang telah memberikan izin dalam pelaksanaan

penelitian, serta kelompok tani kopi di Desa Margamulya, Cikandang, dan Bayongbong, Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut, yang telah bersedia menjadi responden dalam penelitian ini. Penelitian didanai oleh DIPA Balittri tahun anggaran 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Coelli, T., Rao, D. S. P., & Battese, G. E. (1998). *An introduction to efficiency and productivity analysis*. New York: Springer.
- Dinar, A., Karagiannis, G., & Tzouvelekas, V. (2007). Evaluating the impact of agricultural extension on farms performance in Crete : A nonneutral stochastic frontier approach. *Agricultural Economics*, 36, 133–144.
- Direktorat Jenderal Perkebunan [Ditjenbun]. (2017). *Statistik Perkebunan Indonesia: Kakao 2016-2017*. Jakarta: (p. 29) Direktorat Jenderal Perkebunan, Kementerian Pertanian.
- Gale, N. V., Sackett, T. E., & Thomas, S. C. (2016). Thermal treatment and leaching of biochar alleviates plant growth inhibition from mobile organic compounds. *PeerJ*, 4, e2385. <http://doi.org/10.7717/peerj.2385>
- Gebrehiwot, K. G. (2017). The impact of agricultural extension on farmers technical efficiencies in Ethiopia : A stochastic production frontier approach. *South African Journal of Economic and Management Sciences*, 1–8.
- Gedara, K. M., Wilson, C., Pascoe, S., & Robinson, T. (2012). Factors affecting technical efficiency of rice farmers in village reservoir irrigation systems of Sri Lanka. *Journal of Agricultural Economics*, 1–12. <http://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2012.00343.x>
- Jumiati, E., & Mulyani, S. I. (2014). Efisiensi Teknis Usaha tani Kopi di Kabupaten Tana Tidung (KTT). *Jurnal Agrifor*, 8(2), 155 – 164.
- Kachroo, J., Sharma, A., & Kachroo, D. (2010). Technical Efficiency of Dryland and Irrigated Wheat Based on Stochastic Model. *Agricultural Economics Research Review*, 23, 383–390.
- Karthick, V., Alagumani, T., & Amarnath, J. S. (2013). Resource-use efficiency and technical efficiency of turmeric production in Tamil Nadu – A stochastic frontier approach. *Agricultural Economics Research Review*, 26(1), 109–114.
- Listyati, D., Sudjarmoko, B., & Hasibuan, A. M. (2013). Analisis faktor-faktor yang memengaruhi adopsi benih unggul kopi di Lampung. *Buletin RISTRI*, 4(2), 165–174.
- Mango, N., Makate, C., Hanyani-mlambo, B., Siziba, S., & Lundy, M. (2015). A stochastic frontier analysis of technical efficiency in smallholder maize production in Zimbabwe : The post-fast-track land reform outlook. *Cogent Economics & Finance*, 3, 1–14. <http://doi.org/10.1080/23322039.2015.1117189>
- Risandewi, T. (2013). Analisis efisiensi produksi kopi robusta di Kabupaten Temanggung (studi kasus di Kecamatan Candiroto). *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*, 11(1), 87–102.
- Sudjarmoko, B. (2010). Faktor-faktor yang memengaruhi tingkat keuntungan dan efisiensi pada usaha rakyat perkebunan kelapa. *Sosiohumaniora*, 12(1), 57–71.
- Ueasin, N., Liao, S., & Wongchai, A. (2015). The technical efficiency of rice husk power generation in Thailand : Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis. *Energy Procedia*, 75(August), 2757–2763. <http://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.518>
- Zhou, Y., Zhang, X., Tian, X., Geng, X., Zhang, P., & Yan, B. (2015). Technical and environmental efficiency of hog production in China: A stochastic frontier production function analysis. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(6), 1069–1080. [http://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60990-4](http://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60990-4)
- Waluyo, D. B. (2017). Corporate farming, meningkatkan kapasitas dan kelembagaan. *Gera Info* 62, 31–35.
- Widyotomo, S. (2013). Potensi dan teknologi diversifikasi limbah kopi menjadi produk bermutu dan bernilai tambah. *Penelitian Kopi dan Kakao*, 1(1), 63–80.
- Winarso, B., & Basuno, E. (2013). Pengembangan pola integrasi tanaman-ternak merupakan bagian upaya mendukung usaha pembibitan sapi potong dalam negeri. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 31(2), 151–169.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 6, Nomor 1, Maret 2019

**AKTIVITAS MIKROB DALAM PULP BIJI KAKAO (*Theobroma cacao* L.)
SELAMA FERMENTASI DENGAN PENAMBAHAN RAGI TAPE**

***MICROBIAL ACTIVITIES IN COCOA (*Theobroma Cacao* L.) PULP DURING FERMENTATION
WITH RAGI TAPE ADDITION***

* Eko Heri Purwanto¹⁾, Sigit Setyabudi²⁾, dan Supriyanto²⁾

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar¹⁾

Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

* *ekohappy01@gmail.com*

Departemen Teknologi Pangan dan Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, UGM²⁾

Jl. Flora No.1, Bulaksumur, Yogyakarta 55281 Indonesia

(Tanggal diterima: 17 Desember 2018, direvisi: 11 Januari 2019, disetujui terbit: 30 Maret 2019)

ABSTRAK

Aktivitas mikrob pada proses penguraian pulp biji kakao merupakan kunci pada proses fermentasi biji kakao. Ragi tape merupakan sumber mikrob (*starter*) yang banyak digunakan untuk fermentasi, mudah didapat dan disimpan. Tujuan penelitian adalah mempelajari pola perubahan jumlah mikrob, aktivitas degradasi substrat, dan produksi metabolit primer selama fermentasi biji kakao dengan penambahan ragi tape. Penelitian dilaksanakan di laboratorium-laboratorium Fakultas Teknologi Pertanian dan Laboratorium Pengujian dan Penelitian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, mulai bulan Maret sampai Oktober 2018. Fermentasi dilakukan skala laboratorium sebanyak 2 kg biji kakao basah dalam kotak plastik per *batch* yang diatur suhunya per hari. Jumlah mikrob dienumerasi menggunakan *total plate count* (TPC), degradasi substrat dan metabolit primer dianalisis menggunakan *high performance liquid chromatography* (HPLC) dan *gas chromatography* (GC). Suhu, pH pulp dan biji, serta indeks fermentasi diamati selama fermentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi biji kakao dengan penambahan ragi tape menghasilkan jumlah *yeast*, bakteri asam laktat (BAL), dan bakteri asam asetat (BAA) maksimal masing-masing $9,03 \pm 0,85$; $9,05 \pm 0,17$; dan $9,15 \pm 0,89$ log cfu/g pulp kakao dengan degradasi substrat berupa sukrosa berkurang 97%, glukosa 98,6%, fruktosa 97%, dan asam sitrat 71% pada hari ketiga. Produksi maksimal metabolit primer etanol $27,84 \pm 21,85$ mg/g pulp kakao, asam laktat $4,18 \pm 3,16$ mg/g pulp kakao, dan asam asetat $3,38 \pm 5,43$ mg/g pulp kakao. Proses fermentasi biji kakao dengan penambahan ragi tape dapat mempercepat proses fermentasi menjadi 3 hari dengan nilai indeks fermentasi $1,05 \pm 0,06$ dan pH biji $5,97 \pm 0,20$.

Kata kunci: Fermentasi, metabolit primer, pulp kakao, ragi tape, *yeast*

ABSTRACT

Microbial activities in cocoa pulp decomposition is key in cocoa beans fermentation. Ragi tape is widely used as a source of microbes (starters). The study aimed to investigate the pattern of changes in the number of microbes, substrate degradation activities and primary metabolites production during fermentation with the addition of ragi tape. The study was conducted at the laboratories within the Faculty of Agriculture Technology and Integrated Laboratory of Experiment and Research, UGM from March to October 2018. Fermentation experiment used 2 kg of fresh cacao beans stored in a plastic box per batch, its temperature was set daily. The amount of microbes was enumerated using total plate count (TPC), whereas substrate degradation and primary metabolites were analyzed using high performance liquid chromatography (HPLC) and gas chromatography (GC). Temperature, pulp and seed pH, and fermentation index were observed. The results showed that adding ragi tape for fermentation generated a maximum amount of yeast, lactic acid bacteria (LAB) and acetic acid bacteria (AAB) of 9.03 ± 0.85 ; 9.05 ± 0.17 ; and 9.15 ± 0.89 log cfu/g of

cocoa pulp respectively, with substrate degradation in the form of sucrose reduced by 97%, glucose 98.6%, fructose 97%, and citric acid 71% on the third day. Maximum production of primary metabolites of ethanol is 27.84 ± 21.85 mg/g of cocoa pulp, lactic acid 4.18 ± 3.16 mg/g of cocoa pulp and acetic acid 3.38 ± 5.43 mg/g of cocoa pulp. Fermentation with the addition of ragi tape accelerates the process to three days with a fermentation index value of 1.05 ± 0.06 and seed pH of 5.97 ± 0.20 .

Keywords: Cocoa pulp, fermentation, primary metabolites, ragi tape, yeast

PENDAHULUAN

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) cocok tumbuh di wilayah sekitar garis equator antara rentang 10° LU dan 10° LS karena iklimnya yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman tersebut. Biji kakao merupakan bahan dasar produk cokelat yang diproduksi oleh banyak industri di dunia dan menjadi sumber utama pendapatan jutaan petani di Afrika, Asia, dan Amerika Latin (Motamayor *et al.*, 2008). Indonesia merupakan produsen biji kakao terbesar ketiga di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana, dengan luas area perkebunan kakao pada tahun 2015 mencapai 1.724.092 ha dan total produksi 661.243 ton biji kakao kering (Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, 2016).

Kakao diolah menjadi berbagai produk cokelat melalui beberapa tahapan proses pengolahan, salah satunya adalah fermentasi. Fermentasi ini memiliki peranan dalam menghasilkan prekursor citarasa, aroma, dan warna (Di Mattia, Sacchetti, Mastrocola, & Serafini, 2017). Fermentasi biji kakao pada dasarnya merupakan proses penguraian pulp biji kakao yang dilakukan oleh mikrob. Tiga jenis mikrob utama yang berperan dalam proses fermentasi biji kakao adalah *yeast* yang akan mendegradasi pulp yang kaya gula menjadi etanol serta melepaskan panas, bakteri asam laktat (BAL) berfungsi mengubah gula dan asam sitrat yang merupakan asam organik bebas di dalam pulp kakao segar menjadi asam laktat dan asam asetat, dan bakteri asam asetat (BAA) yang mengoksidasi etanol menjadi asam asetat dan melepaskan panas yang lebih besar (Schwan & Wheals, 2004).

Produk metabolit yang dihasilkan mikrob pada saat fermentasi akan menginduksi terjadinya perubahan biokimia di dalam biji kakao. Pembentukan prekursor citarasa dan warna terjadi pada saat biji kakao mengalami kematian yang dipicu oleh produk metabolit seperti etanol, asam laktat, asam asetat, dan panas yang dilepaskan pada saat proses fermentasi pulp. Ketika biji kakao mengalami kematian, sel-sel vakuola akan pecah dan enzim-enzim akan bertemu substratnya menghasilkan molekul yang lebih sederhana (prekursor citarasa). Senyawa phenol akan dioksidasi oleh enzim polyphenol oksidase menjadi berwarna cokelat dan terdifusi ke seluruh bagian biji kakao (Camu *et al.*, 2008).

Petani enggan melakukan fermentasi biji kakao karena memerlukan tenaga kerja dan waktu yang lama, yaitu 5–7 hari untuk biji kakao lindak (*Forastero*) dengan fermentasi spontan (Luc De Vuyst, Lefeber, Papalexandratou, & Camu, 2010; Schwan & Wheals, 2004). Penelitian menggunakan mikrob berupa starter murni dan campuran cukup berhasil mempercepat proses dan meningkatkan performa fermentasi. Beberapa kelemahan dalam aplikasi starter ini adalah kesulitan dalam pembuatan dan penyimpanannya. Oleh karena itu, dilakukan percobaan fermentasi biji kakao dengan penambahan ragi tape sebagai sumber mikrob (starter) fermentasi kakao (*yeast*, BAL, dan BAA) yang mudah didapatkan, disimpan, dan diaplikasikan.

Keberhasilan fermentasi ditentukan oleh dinamika (suksesi) mikrob dan aktivitasnya yang memengaruhi faktor-faktor lingkungan fermentasi (suhu, pH, dan aerasi) dalam metabolisme substrat yang tersedia dalam pulp kakao (Ardhana & Fleet, 2003; Camu *et al.*, 2007; Schwan & Wheals, 2004). Perlu adanya evaluasi penggunaan ragi tape untuk fermentasi biji kakao dalam hal dinamika populasi mikrob selama fermentasi, degradasi gula, etanol, dan asam organik yang dihasilkan dalam pulp, keasaman biji, serta derajat fermentasi biji kakao yang dihasilkan setelah penambahan ragi tape. Penelitian bertujuan mempelajari dinamika mikrob dan aktivitasnya terhadap degradasi substrat dan produksi metabolit primer di dalam pulp selama proses fermentasi biji kakao dengan penambahan ragi tape.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Rekayasa Proses; Laboratorium Bioteknologi; Laboratorium Kimia, Biokimia Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan Laboratorium Pengujian dan Penelitian Terpadu (LPPT) Universitas Gadjah Mada (UGM), Yogyakarta, mulai bulan Maret–Oktober 2018.

Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian adalah buah kakao jenis lindak (*Forastero*) yang berasal dari kelompok tani Sido Mulyo, Patuk, Gunungkidul,

Yogyakarta dan ragi tape merk NKL produksi Solo. Media enumerasi mikrob *de man ragosa sharpe* (MRS), *yeast glucose calsius carbonate* (YGC), dan *pepton glucose yeast extract* (PGY).

Fermentasi Biji Kakao Skala Laboratorium

Sebanyak ± 50 buah kakao dipecah menggunakan pemukul kayu. Biji kakao basah dimasukkan ke dalam 2 *container* plastik tertutup sebagai kotak fermentasi, masing-masing sebanyak 2 kg. Ragi tape digerus menjadi bubuk dan diinokulasikan sebanyak 4 g atau 0,2% (b/b) ke dalam salah satu kotak fermentasi sebagai perlakuan, sedangkan perlakuan yang lain tanpa penambahan starter (spontan). Kotak fermentasi diletakkan di dalam inkubator selama 6 hari dan diatur suhunya menyerupai perubahan suhu yang terjadi pada proses fermentasi skala besar di lapangan (Lima, Almeida, Rob Nout, & Zwietering, 2011; Schwan & Wheals, 2004; Stoll, 2010). Pengaturan suhu dilakukan karena fermentasi dalam skala kecil tidak bisa mencapai suhu optimal fermentasi. Hari pertama suhu diatur 30°C, kemudian hari kedua 35°C. Pada awal hari ketiga, biji kakao dipindahkan ke dalam kotak plastik berlubang untuk aerasi dan diatur suhunya menjadi 40°C, hari keempat 45°C, hari kelima dan keenam 50°C. Suhu dan pH pulp biji kakao diukur setiap hari dengan memasukkan probe termometer dan elektroda pH meter ke dalam massa fermentasi kakao. Sampel biji kakao ± 100 g diambil setiap hari untuk diuji pulpnya dan biji dikeringkan menggunakan *cabinet dryer* (50°C; 3 hari).

Enumerasi Populasi Mikrob

Pulp biji kakao (1 g) dipisahkan secara manual menggunakan spatula dari sampel biji kakao kemudian dicampur dengan 9 ml larutan NaCl 0,85%. Satu ml suspensi diencerkan dalam 9 ml larutan NaCl 0,85% untuk 3 seri pengenceran. Enumerasi *yeast* dilakukan pada media agar PGY (pepton 0,75%, ekstrak *yeast* 0,45%, glukosa 2%, 1 ml asam laktat 20%, dan agar 1,5%) dengan inkubasi pada suhu 30°C selama 2 hari. Sebanyak 0,1 ml sampel dari tiap seri pengenceran, berturut-turut diinokulasi ke media agar yang berbeda dengan cara *spread plate* sebanyak 2 ulangan. BAL dienumerasi pada media agar MRS yang mengandung MRS broth 5,22% dan agar 1% ditambah natrium azida 100 mg/l yang diinkubasikan pada suhu 37°C selama 2 hari. BAA dienumerasi dengan media agar YGC (ekstrak *yeast* 1%, glukosa 1%, pepton 0,4%, kalsium karbonat 0,5%, 2 ml etanol 96%, dan agar 1,5%) yang diinkubasi pada suhu 30°C selama 2 hari. Enumerasi BAL dan BAA dilakukan dengan cara *pour plate*, sebanyak 1 ml sampel dari tiap seri pengenceran berturut-turut diinokulasi ke media agar yang berbeda

dengan 2 ulangan (Lisdiyanti *et al.*, 2003; Pereira, Miguel, Ramos, & Schwan, 2012).

Analisis Substrat dan Metabolit Primer

Sampel biji kakao (100 g) tiap hari fermentasi dipisahkan pulpnya secara manual menggunakan spatula. Pulp kakao yang diperoleh (3 g) diekstrak menggunakan akuades (30 ml) di dalam *incubator shaker* (120 rpm; suhu ruang; 24 jam). Sampel pulp kemudian dihomogenisasi menggunakan *sonicator* selama 4 menit sebelum disentrifugasi (14.000 rpm; 28°C; 15 menit).

Supernatan yang diperoleh digunakan untuk analisis konsentrasi substrat pulp dan metabolit primer (sukrosa, glukosa, fruktosa, asam sitrat, etanol, asam laktat, dan asam asetat). Analisis *high performance liquid chromatography* (HPLC) dengan fase gerak 5 mM H₂SO₄ laju alir 0,6 ml/min, kolom Aminex HPX-87H suhu 30°C dan *refractive index detector* (RID) digunakan untuk analisis senyawa gula substrat pulp. Detektor *photodiode array* (PDA) panjang gelombang 210 nm pada sistem HPLC yang sama digunakan untuk analisis asam organik (Cempaka, Aliwarga, Purwo, & Kresnowati, 2014; De Sa, De Oliveira, Cammarota, Matos, & Ferreira-Leitao, 2011; Pereira *et al.*, 2012). Kadar etanol dianalisis menggunakan *gas chromatography* (GC) dengan kolom HP-5 dan *flame ionization detector* (FID) secara isokratik (Ho, Zhao, & Fleet, 2015; Lefeber, Gobert, Vrancken, Camu, & De Vuyst, 2011).

Pengukuran pH Biji Kakao Fermentasi

Pengukuran pH biji fermentasi dilakukan menurut AOAC (2006), sampel biji kakao per hari fermentasi yang sudah dihancurkan ditimbang sebanyak 5 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambah 45 ml aquades panas $\pm 90^\circ\text{C}$ dan diaduk dengan magnetik stirer. Suspensi disaring untuk mendapatkan filtratnya (*aliquot*), kemudian didinginkan sampai suhu $27^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ dan ditentukan pH-nya menggunakan pH meter.

Analisis Indeks Fermentasi Biji Kakao

Penentuan indeks fermentasi dilakukan menurut Gourieva & Tserevitinov (1979), dengan menghancurkan sampel nib kakao kering kemudian ditimbang 0,5 g sampel bubuk kakao yang diperoleh dan diekstraksi menggunakan 50 ml larutan campuran dari metanol dan asam klorida dengan perbandingan 97:3 (v/v). Ekstrak didinginkan pada suhu 8°C selama 16–19 jam kemudian disaring dengan kertas saring. Ekstrak jernih diukur absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 460 nm dan 530 nm. Indeks fermentasi diperoleh dari perbandingan absorbansi pada panjang gelombang 460 nm dan absorbansi pada panjang gelombang 530 nm.

Fermentasi dinilai telah berhasil jika nilai indeks fermentasi sudah mencapai nilai 1 atau lebih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perubahan Suhu dan pH Pulp Selama Fermentasi

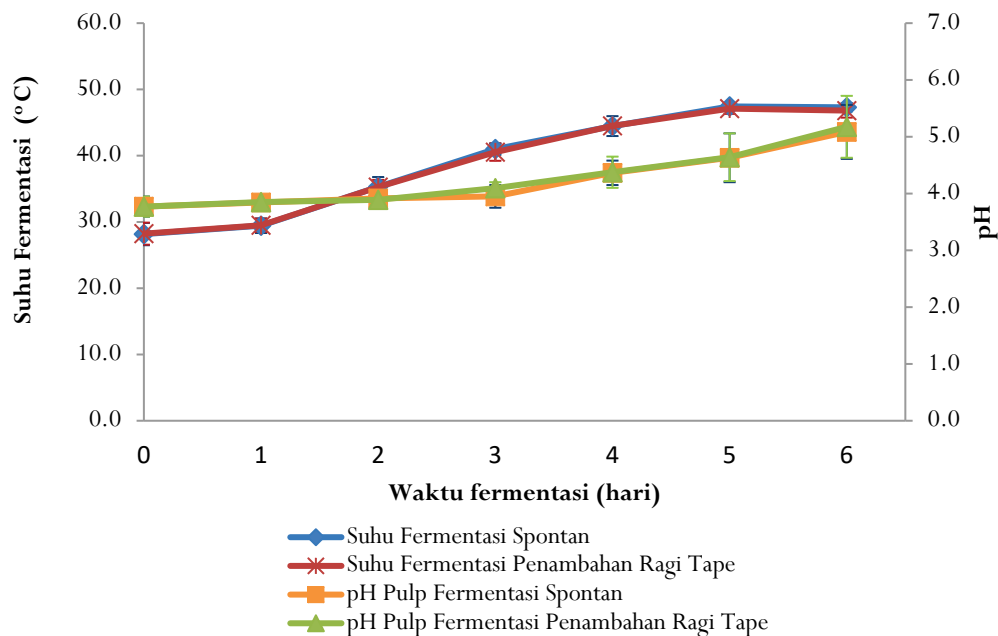
Gambar 1 memperlihatkan suhu pada fermentasi biji kakao spontan dan fermentasi dengan penambahan ragi tape tidak menunjukkan perbedaan yang besar. Suhu massa fermentasi pada hari pertama sampai ketiga terukur sedikit lebih tinggi dari suhu inkubator. Hal ini menunjukkan adanya aktivitas mikrob di dalam pulp yang menghasilkan panas sehingga dapat mempertahankan suhu lingkungan. Pada hari keempat sampai keenam suhu massa fermentasi terukur sedikit lebih rendah diduga karena aktivitas mikrob sudah jauh berkurang. Pulp sebagai substrat fermentasi untuk sumber energi mikrob sudah hampir habis sehingga tidak bisa menaikkan suhu di dalam masa fermentasi.

pH pulp biji kakao pada awal fermentasi $3,77 \pm 0,18$ naik per hari fermentasi sampai $5,09 \pm 0,48$ pada fermentasi spontan dan $5,18 \pm 0,54$ pada fermentasi dengan penambahan ragi tape (Gambar 1). pH pulp sebelum fermentasi rendah karena kandungan asam sitratnya, kenaikan pH pulp seiring dengan

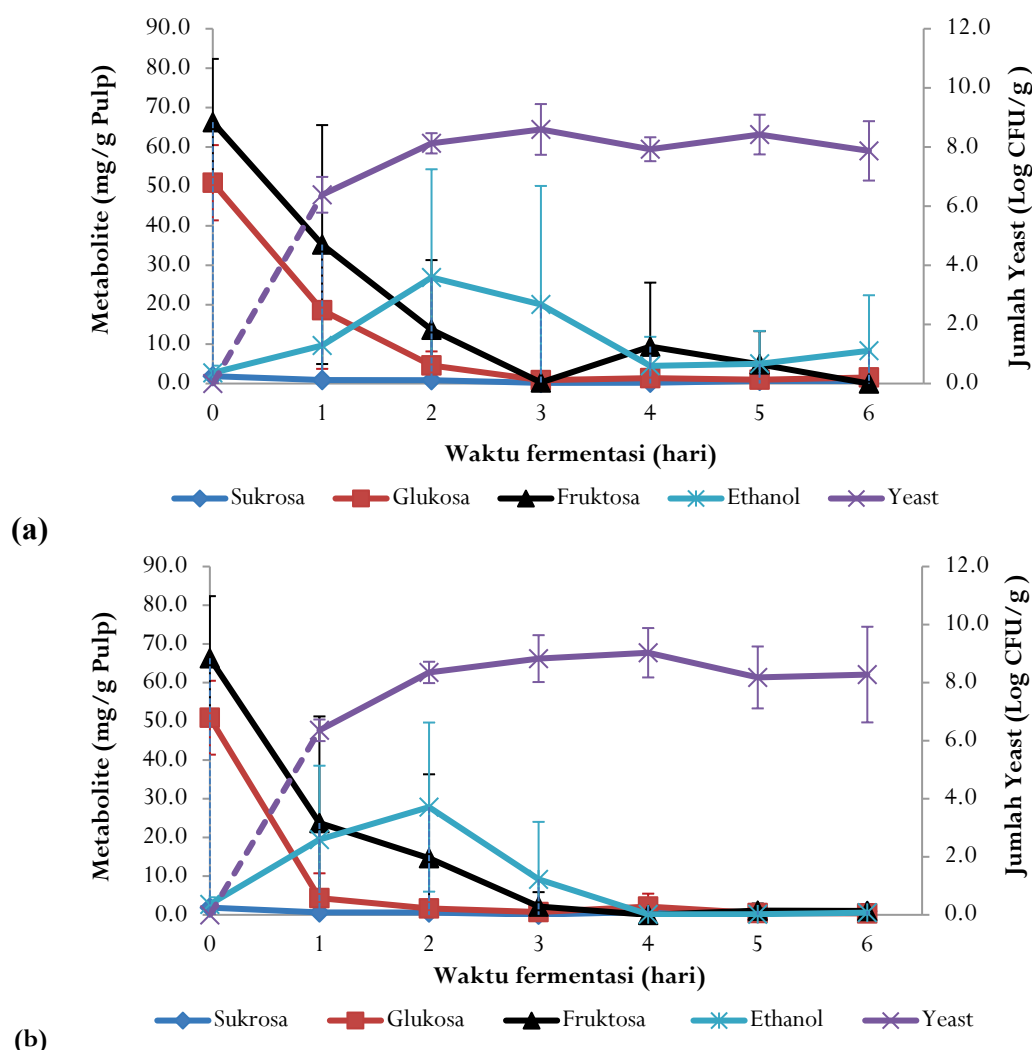
degradasi asam sitrat di dalam pulp selama fermentasi akibat aktivitas mikrob (Luc De Vuyst *et al.*, 2010).

Populasi *Yeast* serta Degradasi Substrat Gula dan Etanol yang Dihasilkan

Jumlah *yeast* pada pulp biji kakao sebelum fermentasi kurang dari 1 log cfu/g pulp (di bawah batas perhitungan). Biji kakao masih steril dari dalam pod kakao, kontaminasi mikrob terjadi setelah beberapa saat pod kakao dibuka dan berasal dari lingkungan sekitar, kulit buah, alat pemecah buah, tangan, atau kotak fermentasi. Dari Gambar 2 terlihat jumlah *yeast* meningkat tajam setelah satu hari fermentasi menjadi $6,38 \pm 0,60$ log cfu/g pulp untuk fermentasi biji kakao spontan (tanpa penambahan ragi tape) maupun fermentasi biji kakao dengan penambahan ragi tape ($6,36 \pm 0,37$ log cfu/g pulp) dan mencapai puncaknya pada hari ketiga dan keempat sebesar $8,59 \pm 0,86$ log cfu/g pulp pada fermentasi spontan dan $9,03 \pm 0,85$ log cfu/g pulp pada fermentasi dengan penambahan ragi tape, setelah itu konstan dan cenderung menurun. Jumlah *yeast* ini sudah cukup untuk proses fermentasi kakao yang optimal. Menurut Luc De Vuyst *et al.* (2010), *yeast* mulai tumbuh pada awal fermentasi dengan jumlah 2–7 log cfu/g pulp dan mencapai maksimum sebesar 7–9 log cfu/g pulp.



Gambar 1. Perubahan suhu dan pH pulp selama fermentasi biji kakao skala laboratorium
Figure 1. Changes in pulp temperature and pH during lab scale cocoa beans fermentation



Gambar 2. Hubungan antara populasi *yeast*, degradasi gula, dan produksi etanol di dalam pulp kakao (a. Fermentasi spontan, b. Fermentasi dengan penambahan ragi tape)

Figure 2. Relationship between yeast population, sugar degradation and ethanol production in cocoa pulp (a. Spontaneous fermentation, b. Fermentation with the addition of ragi tape)

Yeast terlihat masih bertahan pada fase aerobik dan suhu $>40^{\circ}\text{C}$ sampai akhir fermentasi. Hal ini diduga karena jenis *yeast* yang terkandung di dalam ragi tape NKL yang digunakan adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Raharjanti, 2006). Jenis *yeast* dapat bertahan sampai akhir fermentasi karena karakternya yang toleran terhadap asam, etanol, dan panas adalah *Saccharomyces cerevisiae* (Fahrurrozi, 2015).

Produk degradasi pulp berupa cairan 'sweat' pada penelitian ini untuk fermentasi dengan penambahan ragi tape dihasilkan lebih banyak 2 kali lipat pada 3 hari pertama fermentasi biji kakao. Semakin banyak cairan luruhan pulp akan menghasilkan aerasi yang lebih banyak pula pada fermentasi dengan penambahan ragi tape, sehingga bakteri asam asetat sudah menunjukkan aktivitas cukup tinggi di awal

fermentasi. Beberapa jenis *yeast* (seperti *Kluyveromyces marxianus* dan *S. cerevisiae*) memproduksi enzim pektinolitik yang cukup penting pada awal fermentasi biji kakao. Enzim pektinolitik dapat mendegradasi pulp dan meningkatkan aerasi di dalam massa fermentasi kakao sehingga memungkinkan bakteri aerob seperti bakteri asam asetat untuk tumbuh (Schwan & Wheals, 2004).

Sukrosa, glukosa, dan fruktosa sebelum fermentasi masing-masing sebesar $1,87 \pm 1,37$; $50,94 \pm 9,54$; dan $66,31 \pm 16,04$ mg/g pulp, kemudian menurun sampai mendekati nol pada hari ketiga fermentasi biji kakao. Penurunan konsentrasi sukrosa pada fermentasi kakao dengan penambahan ragi tape lebih cepat (berkurang 66% pada hari pertama dan tersisa 3% pada hari ketiga) dibanding fermentasi kakao

spontan (berkurang 53% pada hari pertama dan tersisa 9% pada hari ketiga). Konsentrasi sukrosa pada awal fermentasi tergantung dari tingkat kematangan buah kakao dan berkurang karena konversi oleh enzim inverstase dari *yeast* menjadi glukosa dan fruktosa.

Penurunan konsentrasi glukosa pada fermentasi kakao dengan penambahan ragi tape lebih cepat (berkurang 92% pada hari pertama dan tersisa 1,4% pada hari ketiga) dibanding fermentasi kakao spontan (berkurang 63% pada hari pertama dan tersisa 1,7% pada hari ketiga). Penurunan konsentrasi fruktosa pada fermentasi kakao dengan penambahan ragi tape juga lebih cepat (berkurang 64% pada hari pertama dan tersisa 3,2% pada hari ketiga) dibanding fermentasi kakao spontan (berkurang 47% pada hari pertama dan tersisa 0,4% pada hari ketiga). Konsentrasi glukosa lebih cepat berkurang daripada fruktosa karena glukosa lebih banyak dikonversi menjadi etanol oleh *yeast* pada fase fermentasi anaerob.

Pola penurunan gula sebagai substrat pulp yang cepat dan hampir habis pada hari ketiga juga ditunjukkan oleh penelitian-penelitian sebelumnya (Fahrurrozi, 2015; Febriami & Kresnowati, 2015; Ho et al., 2015; Lefeber, Gobert, et al., 2011; Papalexandratou et al., 2013; Pereira et al., 2012). Pola penurunan sukrosa, glukosa, dan fruktosa ini seiring dengan pertumbuhan jumlah *yeast* dan BAL serta produksi etanol dan asam laktat pada 3 hari pertama fermentasi. *Yeast* mengonversi gula pada pulp kakao menjadi etanol dan karbondioksida (Ardhana & Fleet, 2003).

Konversi substrat fermentasi berupa gula menjadi produk metabolit adalah proses eksotermis (menghasilkan panas) yang berperan dalam menaikkan suhu fermentasi (Schwan & Wheals, 2004). Panas yang dihasilkan dari proses eksotermis ini akan terdifusi ke dalam biji kakao dan berperan pada kematian biji kakao.

Pola peningkatan jumlah etanol pada fermentasi dengan penambahan ragi tape 2 kali lebih besar dibanding fermentasi kakao spontan pada hari pertama fermentasi tetapi puncaknya sama (meningkat 10 kali) pada hari kedua. Sebelum fermentasi konsentrasi etanol sebesar $2,71 \pm 1,83$ mg/g pulp dan mencapai puncaknya sebesar $26,91 \pm 27,45$ mg/g pulp pada fermentasi spontan dan $27,84 \pm 21,85$ mg/g pulp pada fermentasi dengan penambahan ragi tape. Konsentrasi etanol di dalam pulp meningkat seiring pertumbuhan *yeast* dan degradasi gula (Ho, Zhao, & Fleet, 2014; Pereira et al., 2012). Produksi etanol selama pertumbuhan *yeast* menurunkan kemampuan biji untuk tumbuh dan berhubungan erat dengan kematian

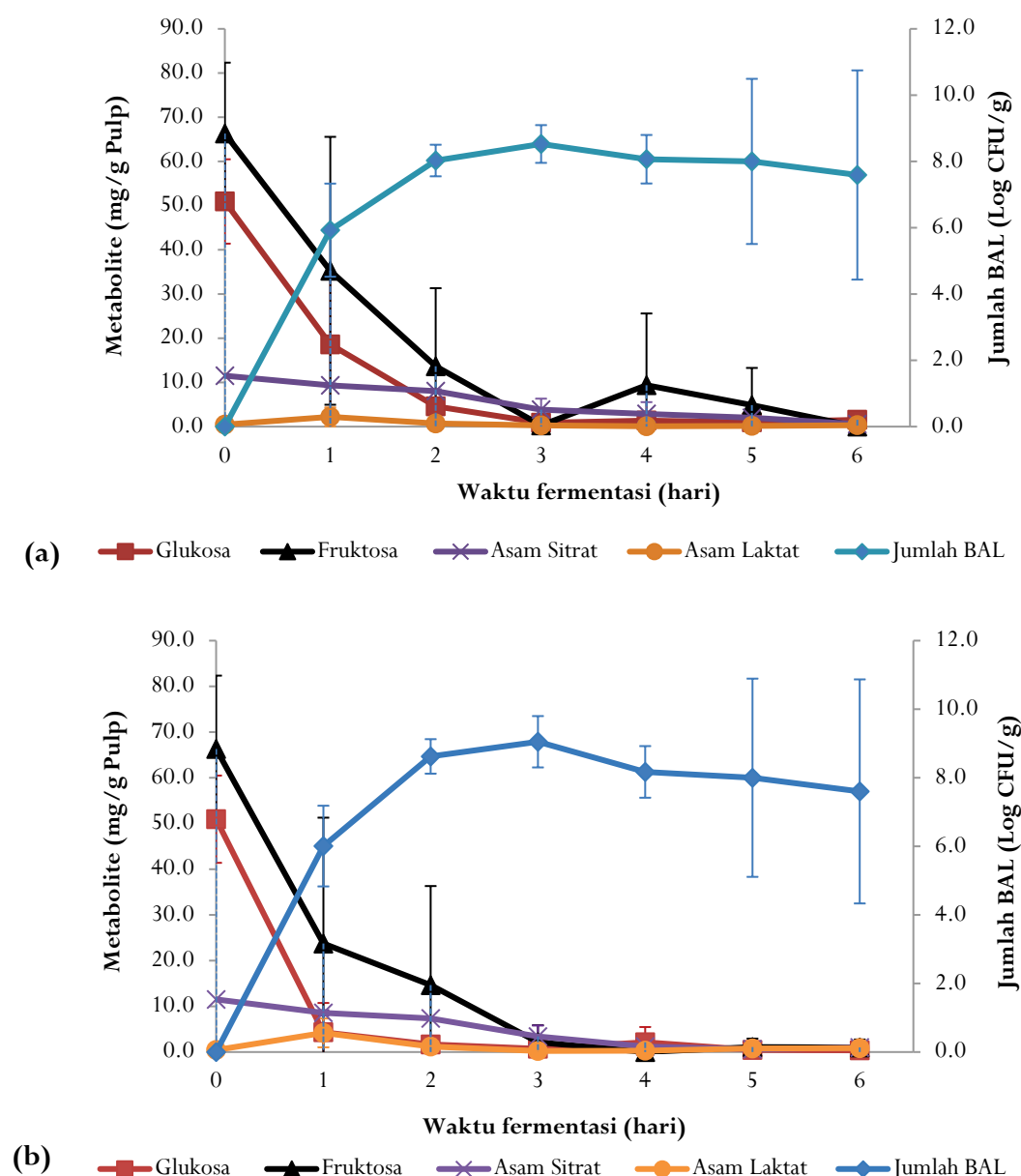
embrio biji yang terjadi sekitar 24 jam setelah konsentrasi etanol maximum tercapai di dalam kotiledon (Thompson, Miller, & Lopez, 2007).

Selain menghasilkan enzim pektinolitik dan alkohol, *yeast* juga berperan dalam menghasilkan senyawa-senyawa aroma volatil selama fermentasi biji kakao yang dapat meningkatkan citarasa produk cokelat. Di antara jenis *yeast* yang mempunyai kemampuan tinggi untuk menghasilkan senyawa aroma volatil dalam jumlah banyak adalah *S. cerevisiae* var. *chevalieri* (Ho et al., 2014; Schwan & Wheals, 2004).

Populasi Bakteri Asam Laktat serta Degradasi Substrat Gula, Asam Sitrat, dan Asam Laktat yang Dihasilkan

BAL mulai tumbuh dengan cepat dari awal fermentasi dan mencapai puncaknya pada hari ke 2–3 fermentasi. Jumlah BAL maksimal $8,53 \pm 0,57$ log cfu/g pulp untuk fermentasi spontan dan $9,05 \pm 0,17$ log cfu/g pulp untuk fermentasi dengan penambahan ragi tape seperti terlihat pada Gambar 3. Pola ini sesuai dengan pernyataan (Luc De Vuyst et al., 2010), bahwa pertumbuhan BAL berada pada fase kedua suksesi mikrob fermentasi kakao, yaitu 24–72 jam fermentasi dari jumlah awal 3–4 log cfu/g pulp dan mencapai maximum pada 7–9 log cfu/g pulp.

BAL dan *yeast* bersama-sama mendegradasi gula pada pulp kakao menghasilkan penurunan konsentrasi glukosa dan fruktosa yang sangat cepat pada awal fermentasi dan hampir habis pada hari ketiga fermentasi. Aktivitas utama BAL adalah mengonversi gula pulp kakao (glukosa dan fruktosa) dan asam organik (asam sitrat) dengan metabolisme homofermentatif dan heterofermentatif. Sebagian besar BAL selama fermentasi kakao mengonversi glukosa melalui jalur metabolisme Embden-Meyerhof dan menghasilkan asam laktat >85%, sedangkan BAL heterofermentatif memanfaatkan glukosa melalui jalur heksosa monophosphate menghasilkan 50% asam laktat, etanol, asam asetat, glycerol, dan CO₂ (Schwan & Wheals, 2004). Dalam konsumsi gula, BAL lebih menyukai glukosa daripada fruktosa. Glukosa digunakan untuk metabolisme BAL sedangkan fruktosa direduksi oleh BAL menjadi mannitol (Lefeber, Janssens, Moens, Gobert, & De Vuyst, 2011). Produk akhir dari aktivitas BAL ini berupa asam laktat, asam asetat, etanol, mannitol, dan karbondioksida yang berpengaruh terhadap keasaman dan kualitas biji kakao (Thompson et al., 2007).



Gambar 3. Hubungan antara populasi BAL, degradasi gula, asam sitrat, dan produksi asam laktat di dalam pulp kakao (a. Fermentasi spontan, b. Fermentasi dengan penambahan ragi tape)

Figure 3. Relationship between LAB population, degradation of sugar, citric acid, and lactic acid production in cocoa pulp (a. Spontaneous fermentation, b. Fermentation with the addition of ragi tape)

Selama fermentasi konsentrasi asam sitrat menurun sebagai hasil dari aktivitas BAL pada fase awal proses fermentasi. Konsentrasi asam sitrat pada pulp kakao sebelum fermentasi sebesar $11,51 \pm 0,14$ mg/g pulp kemudian menurun seiring dengan peningkatan pH pulp kakao. Konsumsi asam sitrat menghasilkan produksi asam organik dengan nilai pKa yang lebih tinggi, meningkatkan pH lingkungan, dan memungkinkan pertumbuhan bakteri yang lebih baik dan kontrol mikrobiologis terhadap lingkungan (Ardhana & Fleet, 2003; Camu *et al.*, 2007; Schwan & Wheals, 2004). BAL menggunakan asam sitrat di dalam pulp untuk memproduksi asam laktat, acetaldehyde,

diacetyl, acetoin, dan 2,3 butanediol (Luc De Vuyst *et al.*, 2010).

Konsentrasi asam laktat mencapai puncak pada hari pertama fermentasi biji kakao sebesar $2,21 \pm 2,13$ mg/g pulp pada fermentasi spontan dan $4,18 \pm 3,16$ mg/g pulp pada fermentasi dengan penambahan ragi tape. Hal ini menunjukkan aktivitas BAL pada fermentasi dengan penambahan ragi tape lebih tinggi 2 kali lipat daripada fermentasi spontan dan aktivitas BAL pada penelitian ini sangat tinggi di awal fermentasi biji kakao. Sukresi antara *yeast* dan BAL diduga terjadi pada 24 jam pertama fermentasi karena aktivitas pektinolitik dari *yeast* yang tinggi memberikan cukup ruang untuk

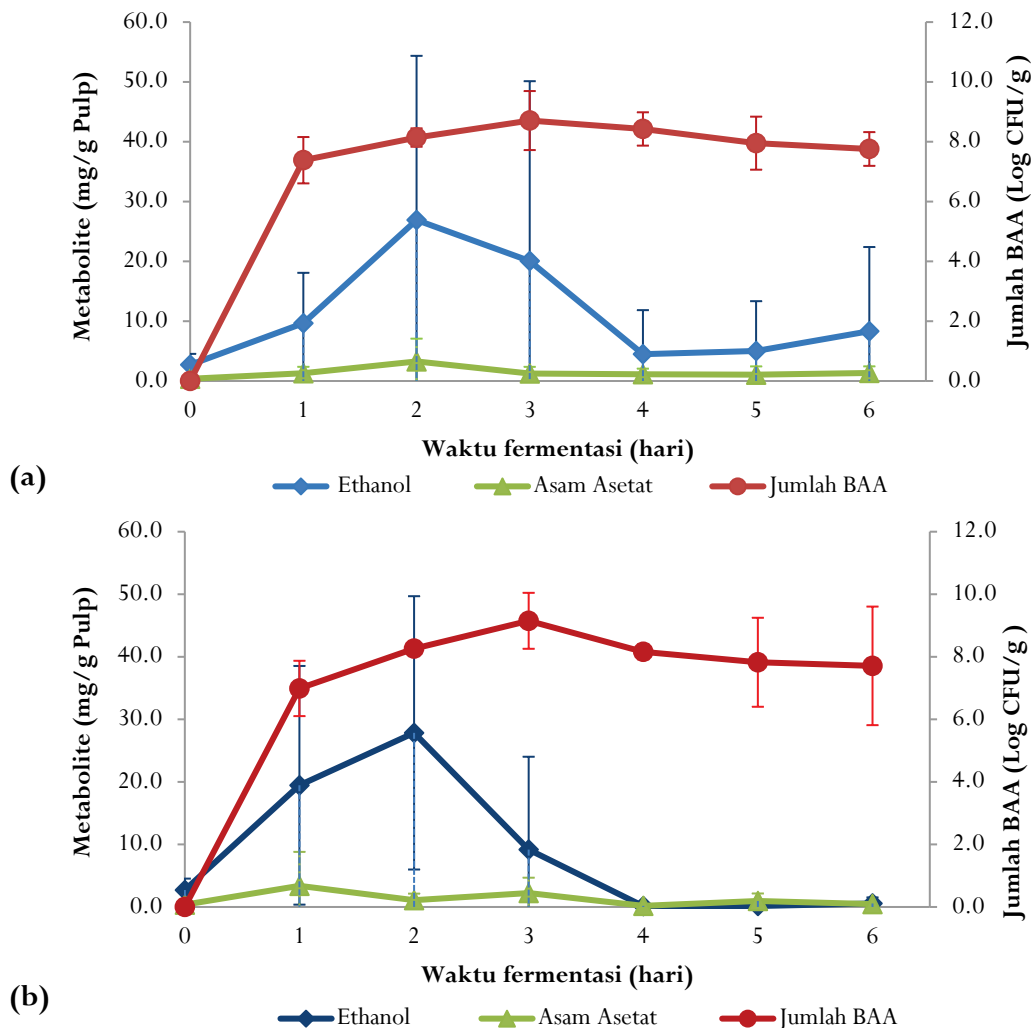
aerasi dan pertumbuhan BAL yang bersifat *mikroaerophilic* dan *aciduric*. Asam laktat dan mannitol yang diproduksi BAL terdifusi ke dalam biji kakao yang dapat memengaruhi pH biji. Selain itu, asam laktat dan mannitol dapat digunakan sebagai sumber energi ekstra bagi BAA sehingga dapat mendorong pertumbuhan BAA dan secara tidak langsung memengaruhi produksi asam asetat dan pH biji kakao (Camu *et al.*, 2007; Luc De Vuyst *et al.*, 2010).

BAL merupakan komponen penting dari kultur starter dalam mengontrol proses fermentasi biji kakao untuk memperoleh biji kakao kering terfermentasi sempurna dan mengembangkan rasa produk-produk coklat (Lefeber, Janssens, *et al.*, 2011). BAL sangat penting untuk keberhasilan suksesi mikrob selama fermentasi biji kakao. BAL membentuk hubungan antara fermentasi *yeast* yang menghasilkan etanol serta

flavor dan fermentasi BAA yang menghasilkan asam asetat (Luc De Vuyst *et al.*, 2010; Lefeber, Janssens, Camu, & De Vuyst, 2010).

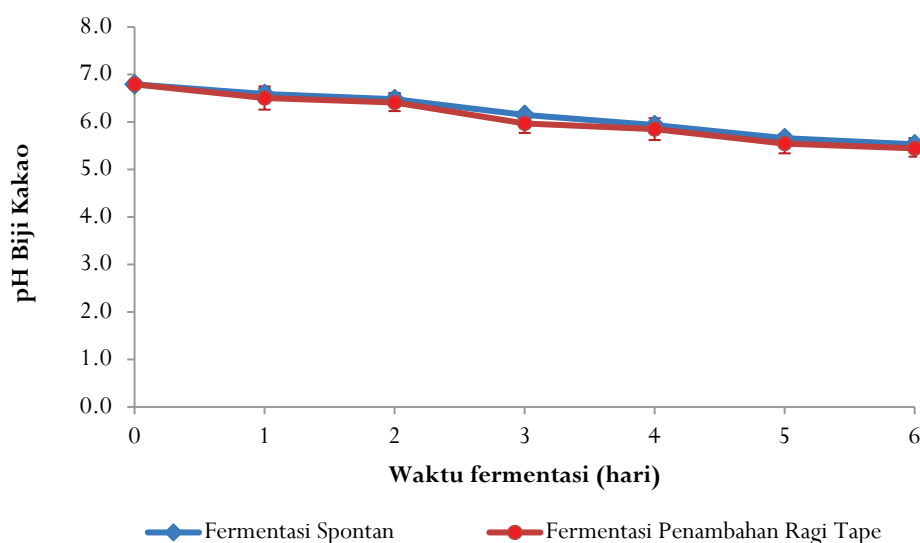
Populasi Bakteri Asam Asetat serta Konsentrasi Etanol dan Asam Asetat

Pertumbuhan BAA di dalam pulp biji kakao sudah terlihat pada awal fermentasi sebesar $7,38 \pm 0,77$ log cfu/g pulp untuk fermentasi spontan dan meningkat maximum pada hari ketiga fermentasi menjadi $8,71 \pm 0,99$ log cfu/g pulp. Jumlah BAA untuk fermentasi biji kakao dengan penambahan ragi tape sebesar $6,99 \pm 0,88$ log cfu/g pulp pada hari pertama fermentasi dan mencapai maximum pada hari ketiga fermentasi sebesar $9,15 \pm 0,89$ log cfu/g pulp (Gambar 4).



Gambar 4. Hubungan antara populasi BAA, etanol dan produksi asam asetat di dalam pulp kakao (a. Fermentasi spontan, b. Fermentasi dengan penambahan ragi tape).

Figure 4. Relationship between AAB population, ethanol and acetic acid production in cocoa pulp (a. Spontaneous fermentation, b. Fermentation with the addition of ragi tape).



Gambar 5. pH biji kakao selama fermentasi
Figure 5. pH of cocoa beans during fermentation

Konsentrasi asam asetat meningkat seiring pertumbuhan BAA dan peningkatan etanol. Pada fermentasi spontan tanpa penambahan ragi tape, asam asetat sudah terdeteksi pada hari pertama fermentasi dan konsentrasinya meningkat sampai maksimum pada hari kedua yaitu $3,27 \pm 3,81$ mg/g pulp, kemudian menurun pada hari selanjutnya. Pola produksi asam asetat pada fermentasi dengan penambahan ragi tape sedikit berbeda, konsentrasi asam asetat maksimum diperoleh lebih cepat, pada hari pertama fermentasi $3,38 \pm 5,43$ mg/g pulp kemudian menurun dan naik lagi pada hari ketiga sampai $2,23 \pm 2,45$ mg/g pulp dan menurun lagi pada hari berikutnya. Kematian biji kakao biasanya terjadi pada hari kedua fermentasi dan penyebab utamanya adalah peningkatan konsentrasi asam asetat di dalam biji kakao (Camu *et al.*, 2007). Produksi asam asetat pada fermentasi biji kakao sebagian besar berasal dari aktivitas bakteri asam asetat mengoksidasi etanol yang dihasilkan oleh yeast (Luc De Vuyst *et al.*, 2010; Lima *et al.*, 2011; Schwan & Wheals, 2004).

Selama fermentasi, sebagian asam asetat menguap (volatil) dan sebagian yang lain masuk ke dalam kotiledon biji. Etanol dan asam asetat yang masuk ke dalam biji serta panas yang dihasilkan berperan terhadap perubahan-perubahan di dalam struktur subseluler biji, yaitu kematian biji dan penurunan pH. Perubahan ini merupakan faktor yang dibutuhkan pada berbagai reaksi biokimia endogenous untuk menghasilkan prekursor-prekursor citarasa dan warna coklat yang khas (L. De Vuyst & Weckx, 2016; Thompson *et al.*, 2007).

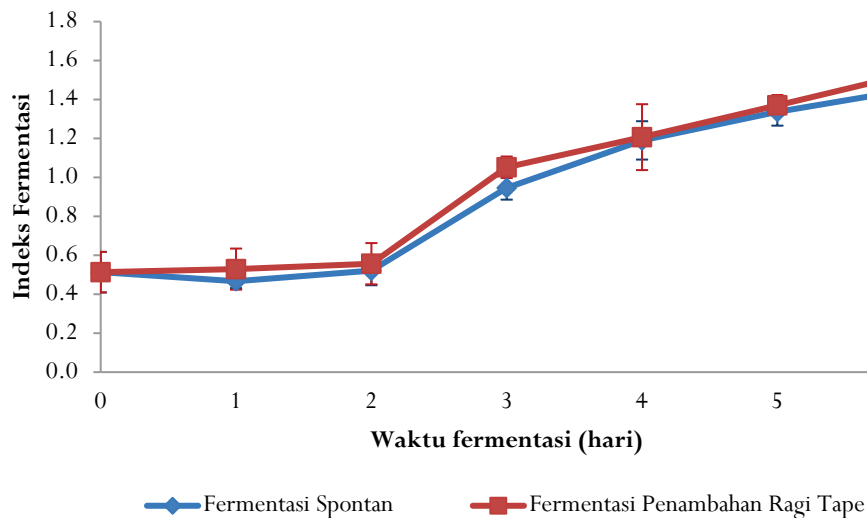
Dari Gambar 4 terlihat bahwa etanol dan asam asetat konsentrasinya menurun setelah hari ketiga dan habis pada hari keempat. Ketika semua etanol dioksidasi menjadi asam asetat lalu menjadi karbon dioksida dan air, fermentasi berhenti karena sumber energi untuk pertumbuhan mikrob tidak lagi tersedia, dan suhu fermentasi mulai menurun (dibanding suhu inkubator/lingkungan).

pH Biji Kakao

Derajat keasaman (pH) biji kakao menurun selama fermentasi dari pH biji sebelum fermentasi $6,79 \pm 0,08$ menjadi 5,5 pada hari keenam fermentasi biji kakao (Gambar 5). Hal ini menunjukkan adanya peningkatan asam yang disebabkan difusi asam laktat dan asam asetat dari pulp ke dalam biji kakao. Penurunan pH biji kakao disertai dengan peningkatan suhu dan kerusakan struktur biji-bijian akan memfasilitasi pengembangan prekursor citarasa dan degradasi pigmen oleh enzim endogen, seperti invertase, glikosidase, protease, dan polifenol oksidase (Camu *et al.*, 2008).

Indeks Fermentasi Biji Kakao

Keberhasilan fermentasi biji kakao dapat diukur menggunakan indeks fermentasi. Pada penelitian ini indeks fermentasi dianalisis perhari untuk mengetahui kemajuan proses fermentasi. Gambar 6 menunjukkan indeks fermentasi untuk kedua perlakuan fermentasi. Indeks fermentasi meningkat dari $0,51 \pm 0,10$ saat biji belum difermentasi menjadi $1,45 \pm 0,07$ pada hari keenam untuk fermentasi spontan dan $1,54 \pm 0,01$ pada hari keenam untuk fermentasi dengan penambahan ragi tape.



Gambar 6. Indeks fermentasi biji kakao

Figure 6. Cocoa beans fermentation index

Proses fermentasi dengan penambahan ragi tape lebih cepat dibandingkan fermentasi spontan. Pada hari ketiga indeks fermentasi dengan penambahan ragi tape sudah lebih dari 1 ($1,05 \pm 0,06$), sedangkan fermentasi spontan masih di bawah 1 ($0,95 \pm 0,06$). Hal ini menunjukkan fermentasi dengan penambahan ragi tape lebih baik dari fermentasi spontan. (Voigt, Voigt, Heinrichs, Wrann, & Biehl, 1994) mengemukakan bahwa biji kakao fermentasi dengan nilai indeks fermentasi di bawah 1 menunjukkan fermentasi belum sempurna, sedangkan biji kakao fermentasi dengan indeks fermentasi ≥ 1 dapat dikatakan sudah terfermentasi sempurna.

KESIMPULAN

Pola pertumbuhan jumlah mikrob fermentasi dengan penambahan ragi tape menunjukkan jumlah *yeast*, BAL, dan BAA yang optimal pada awal proses fermentasi dengan suksesi mikrob fermentasi yang berlangsung lebih cepat, degradasi substrat pulp kakao habis pada hari ketiga dan produk metabolit primer lebih banyak daripada fermentasi spontan. Uji indeks fermentasi menunjukkan fermentasi dengan penambahan ragi tape sudah sempurna pada hari ketiga fermentasi dengan nilai indeks fermentasi $1,05 \pm 0,06$ dengan pH biji $5,97 \pm 0,20$ sehingga proses fermentasi biji kakao dengan penambahan ragi tape dapat mempercepat proses fermentasi.

Pada penelitian ini fermentasi biji kakao sudah selesai pada hari ketiga, tetapi belum dilakukan pengujian kualitas dari fermentasi yang dihasilkan. Untuk penelitian selanjutnya, perlu dilakukan konfirmasi kualitas biji kakao yang dihasilkan berupa

metabolit primer yang terdifusi, prekursor citarasa yang dihasilkan dan aktivitas enzim di dalam biji kakao selama fermentasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang telah memberikan bantuan biaya untuk kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- AOAC. (2006). *Official methods of analysis* (18th ed). Association of Official Analytical Chemists (AOAC).
- Ardhana, M. M., & Fleet, G. H. (2003). The microbial ecology of cocoa bean fermentations in Indonesia. *International Journal of Food Microbiology*, 86(1–2), 87–99. [http://doi.org/10.1016/S0168-1605\(03\)00081-3](http://doi.org/10.1016/S0168-1605(03)00081-3)
- Camu, N., De Winter, T., Addo, S. K., Takrama, J. S., Bernaert, H., & De Vuyst, L. (2008). Fermentation of cocoa beans: Influence of microbial activities and polyphenol concentrations on the flavour of chocolate. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88, 2288–2297.
- Camu, N., De Winter, T., Verbrugghe, K., Cleenwerck, I., Vandamme, P., Takrama, J. S., ... De Vuyst, L. (2007). Dynamics and biodiversity of populations of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria involved in spontaneous heap fermentation of cocoa beans in Ghana. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(6), 1809–1824. <http://doi.org/10.1128/AEM.02189-06>

- Cempaka, L., Aliwarga, L., Purwo, S., & Kresnowati, M. T. A. P. (2014). Dynamics of cocoa bean pulp degradation during cocoa bean fermentation: Effects of yeast starter culture addition. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 46(1), 14–25. <http://doi.org/10.5614/j.math.fund.sci.2014.46.1.2>
- De Sa, L. R. V., De Oliveira, M. A. L., Cammarota, M. C., Matos, A., & Ferreira-Leitao, V. S. (2011). Simultaneous analysis of carbohydrates and volatile fatty acids by HPLC for monitoring fermentative biohydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36(1), 1–10. <http://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.08.056>
- De Vuyst, L., Lefeber, T., Papalexandratou, Z., & Camu, N. (2010). The Functional role of lactic acid bacteria in cocoa bean fermentation. In F. Mozzi, R. R. Raya, & G. M. Vignolo (Eds.), *Biotechnology of lactic acid bacteria: novel applications* (pp. 301–325). Blackwell Publishing. <http://doi.org/10.1002/9780813820866.ch17>
- De Vuyst, L., & Weckx, S. (2016). The cocoa bean fermentation process: From ecosystem analysis to starter culture development. *Journal of Applied Microbiology*, 121(1), 5–17. <http://doi.org/10.1111/jam.13045>
- Di Mattia, C. D., Sacchetti, G., Mastrocola, D., & Serafini, M. (2017). From cocoa to chocolate: The impact of processing on in vitro antioxidant activity and the effects of chocolate on antioxidant markers in vivo. *Frontiers in Immunology*, 8(SEP), 1–7. <http://doi.org/10.3389/fimmu.2017.01207>
- Fahrurrozi. (2015). *Microbiological and biochemical investigations of cocoa bean fermentation*. University of Hamburg.
- Febriami, H., & Kresnowati, M. T. A. P. (2015). Mapping the effects of starter culture addition on cocoa bean fermentation. *ASEAN Engineering Journal*, 5(1), 25–37.
- Gourieva, K., & Tserevitinov, O. (1979). Method of evaluating the degree of fermentation of cocoa bean. USSR. Patent.
- Ho, V. T. T., Zhao, J., & Fleet, G. (2014). Yeasts are essential for cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 174, 72–87. <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.014>
- Ho, V. T. T., Zhao, J., & Fleet, G. (2015). The effect of lactic acid bacteria on cocoa bean fermentation. *International Journal of Food Microbiology*, 205, 54–67. <http://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.031>
- Lefeber, T., Gobert, W., Vrancken, G., Camu, N., & De Vuyst, L. (2011). Dynamics and species diversity of communities of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria during spontaneous cocoa bean fermentation in vessels. *Food Microbiology*, 28(3), 457–464. <http://doi.org/10.1016/j.fm.2010.10.010>
- Lefeber, T., Janssens, M., Camu, N., & De Vuyst, L. (2010). Kinetic analysis of strains of lactic acid bacteria and acetic acid bacteria in cocoa pulp simulation media toward development of a starter culture for cocoa bean fermentation. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(23), 7708–7716. <http://doi.org/10.1128/AEM.01206-10>
- Lefeber, T., Janssens, M., Moens, F., Gobert, W., & De Vuyst, L. (2011). Interesting starter culture strains for controlled cocoa bean fermentation revealed by simulated cocoa pulp fermentations of cocoa-specific lactic acid bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(18), 6694–6698. <http://doi.org/10.1128/AEM.00594-11>
- Lima, L. J. R., Almeida, M. H., Rob Nout, M. J., & Zwietering, M. H. (2011). *Theobroma cacao* L., “the food of the gods”: Quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51(8), 731–761. <http://doi.org/10.1080/10408391003799913>
- Lisdiyanti, P., Katsura, K., Potacharoen, W., Navarro, R. R., Yamada, Y., Uchimura, T., & Komagata, K. (2003). Diversity of acetic acid bacteria in Indonesia, Thailand, and the Philippines. *Microbiol. Cult. Coll.*, 19(2), 91–99.
- Motamayor, J. C., Lachenaud, P., da Silva e Mota, J. W., Loo, R., Kuhn, D. N., Brown, J. S., & Schnell, R. J. (2008). Geographic and genetic population differentiation of the Amazonian chocolate tree (*Theobroma cacao* L.). *PLoS ONE*, 3(10). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0003311>

- Papalexandratou, Z., Lefeber, T., Bahrim, B., Lee, O. S., Daniel, H. M., & De Vuyst, L. (2013). *Hanseniaspora opuntiae*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacillus fermentum*, and *Acetobacter pasteurianus* predominate during well-performed Malaysian cocoa bean box fermentations, underlining the importance of these microbial species for a successful cocoa . *Food Microbiology*, 35(2), 73–85. <http://doi.org/10.1016/j.fm.2013.02.015>
- Pereira, G. V. de M., Miguel, M. G. da C. P., Ramos, Cí. L., & Schwan, R. F. (2012). Microbiological and physicochemical characterization of small-scale cocoa fermentations and screening of yeast and bacterial strains to develop a defined starter culture. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(15), 5395–5405. <http://doi.org/10.1128/AEM.01144-12>
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. (2016). *Statistik pertanian 2016*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia.
- Raharjanti, D. S. (2006). *Penghambatan pertumbuhan Aspergillus parasiticus dan reduksi aflatoksin oleh kapang dan khamir ragi tape*. Institut Pertanian Bogor.
- Schwan, R. F., & Wheals, A. E. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 205–221. <http://doi.org/10.1080/10408690490464104>
- Stoll, L. (2010). *Biochemische indikatoren für keimung und fermentation in samen von kakao (Theobroma cacao L.)*. Universität Hamburg.
- Thompson, S. S., Miller, K. B., & Lopez, A. S. (2007). Cocoa and coffee. In M. Doyle & L. Beuchat (Eds.), *Food microbiology: Fundamentals and frontiers*, 3rd edition (pp. 837–850). Whashington DC. <http://doi.org/10.1128/9781555815912.ch39>
- Voigt, J., Voigt, G., Heinrichs, H., Wrann, D., & Biehl, B. (1994). In vitro studies on the proteolytic formation of the characteristic aroma precursors of fermented cocoa seeds: The significance of endoprotease specificity. *Food Chemistry*, 51, 7–14.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 6, Nomor 1, Maret 2019

**PENGARUH LAMA PERENDAMAN BUAH DAN FERMENTASI TERHADAP
WARNA KULIT TANDUK DAN CITARASA KOPI ROBUSTA**

***THE EFFECT OF CHERRY SOAKING DURATION AND FERMENTATION ON HULL SKIN COLOR
AND CUP QUALITY OF ROBUSTA COFFEE***

* Khalimatus Sa'diyah¹⁾, Usman Ahmad²⁾, Sukrisno Widyotomo³⁾, dan Yusianto³⁾

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

Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16002 Indonesia

*khalimatussadiyah713@gmail.com

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

Jalan Lingkar Akademik, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16002 Indonesia

Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia³⁾

Jalan Kebun Renteng Jenggawah, Nogosari Rambipuji, Jember 68175 Indonesia

(Tanggal diterima: 1 Maret 2019, direvisi: 15 Maret 2019, disetujui terbit: 30 Maret 2019)

ABSTRAK

Pengupasan kulit buah (*pulping*) dan fermentasi sangat menentukan mutu biji dan citarasa kopi. Keterlambatan *pulping* akan menyebabkan lapisan lendir buah menempel pada kulit tanduk sehingga dapat menurunkan mutu biji dan citarasanya. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh waktu perendaman buah sebelum *pulping* dan fermentasi terhadap warna kulit tanduk dan mutu citarasa seduhan. Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Pusat Penelitian Kopi dan Kakao (Puslitkoka), Malang dan Laboratorium Puslitkoka, Jember, mulai bulan Juli 2018 sampai Januari 2019. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial. Faktor pertama adalah waktu perendaman buah (0, 24, 48, dan 72 jam) dan faktor kedua adalah waktu fermentasi (0, 24, dan 48 jam) yang dikombinasi menjadi 12 perlakuan, dengan 3 ulangan. Perendaman dilakukan terhadap 10 kg buah kopi merah sebelum *pulping* dan fermentasi biji kopi di dalam wadah plastik volume 25 l dengan menambahkan starter *Lactobacillus casei* $2,5 \times 10^7$ cfu/ml. Parameter yang diamati meliputi warna kulit tanduk (nilai L, a* dan b*) dan citarasa seduhan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perendaman buah menurunkan kualitas biji kopi yang ditandai dengan menurunnya nilai kecerahan (L), tingginya nilai a*, dan menurunnya nilai b* dari warna kulit tanduk. Sedangkan perlakuan fermentasi dapat meningkatkan nilai L, menurunkan nilai a*, dan meningkatkan nilai b*. Interaksi perlakuan waktu perendaman dan fermentasi berpengaruh nyata terhadap nilai L, a*, dan b*. Perlakuan perendaman dan fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap *flavor*, *salt/acid*, *balance*, dan *total score* (skor total) citarasa kopi. Perlakuan perendaman tidak disarankan lebih dari 48 jam dan fermentasi sebaiknya dilakukan selama 48 jam.

Kata kunci: Citarasa, fermentasi, perendaman, warna kulit tanduk

ABSTRACT

Pulping and fermentation of coffee cherry determine the quality of green beans and coffee flavors. Delay in pulping will cause the slime stick to the hull skin hence decreasing the bean quality and flavor. The objective of this study was to examine the effect of soaking before pulping and fermentation time to the color of coffee hull skin and the cup quality. The research was carried out at the experimental station of Indonesian Coffee

and Cocoa Research Institute in Malang Regency (ICCRI) and ICCRI laboratory in Jember Regency from July 2018 to January 2019. Experiments used factorial completely randomized design. The first factor was cherry soaking duration (0, 24, 48, and 72 hours) and the second factor was fermentation duration (0, 24, and 48 hours) and then combined into 12 treatments, with three replications. Ten kilograms of coffee cherries were soaked prior to pulping then fermented in a plastic bag and added with *Lactobacillus casei* $2,5 \times 10^7$ cfu/ml as starter. Parameters observed were color of hull skin (L value, a^* , dan b^*) and the cup quality. The results showed that soaking the cherry decreased the green beans quality which is indicated by less brightness (L), high a^* value, and decreasing b^* value of hull skin color. While the fermentation treatment can increase the value of L, decrease the a^* value, and increase the b^* value. The interaction of treatment of soaking and fermentation time significantly affected the lightness L , a^* and b^* value. Soaking and fermentation treatments did not significantly affect to the flavor, salt/acid, balance, and total score of coffee flavor. Soaking is not recommended for more than 48 hours and fermentation should be carried out 48 hours.

Keywords: Cup quality, fermentation, hull skin color, soaking

PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting terhadap perekonomian Indonesia karena sebagai komoditas ekspor dan penghasil devisa negara. Volume ekspor kopi Indonesia mengalami peningkatan dari 414.650 ton pada tahun 2016 menjadi 467.800 ton pada tahun 2017 dengan total nilai sebesar US\$1.187,16 juta. Saat ini terdapat 3 jenis kopi yang dibudidayakan di Indonesia, yaitu Arabika, Robusta, dan Liberika. Kopi Robusta merupakan jenis kopi yang paling luas dibudidayakan oleh petani karena memiliki produktivitas tertinggi. Produksi kopi Robusta nasional pada tahun 2017 yang diusahakan oleh perkebunan rakyat mencapai 438.823 ton (Badan Pusat Statistik, 2017).

Besarnya produksi kopi Robusta belum diikuti dengan proses penanganan pascapanen yang baik. Menurut Wahyudi *et al.* (2016), pengolahan kopi yang kurang tepat dapat menyebabkan cacat citarasa. Salah satu proses pascapanen yang dianjurkan adalah pengolahan basah. Proses pengolahan basah dimulai dari pemanenan buah kopi, sortasi buah, pengupasan kulit luar (*pulping*), fermentasi, pencucian, penjemuran, penggilingan kopi berkulit tanduk, sortasi kopi beras, dan pengemasan. Permasalahan yang sering muncul selama pengolahan kopi perkebunan rakyat adalah proses pengupasan kulit luar (*pulping*) sulit dilakukan pada hari yang sama. Apabila buah kopi tidak segera dikupas, maka buah akan mengering sehingga sebagian lapisan lendirnya akan menempel pada kulit tanduk. Salah satu penanganan yang dilakukan oleh petani untuk menunda proses *pulping* adalah menyimpan atau merendam buah kopi di dalam air.

Proses fermentasi merupakan salah satu tahapan penanganan pascapanen yang dilakukan untuk menghilangkan lendir (*mucilage*) yang masih menempel pada biji dan membantu meningkatkan citarasa seduhan kopi (Solange *et al.*, 2011; Pereira *et al.*, 2016). Yusianto & Widoyotomo (2013) telah melakukan penelitian fermentasi pada kopi Arabika dengan memanfaatkan bakteri *Lactobacillus casei*. Mutu kopi

Arabika yang dihasilkan adalah *very good specialty*. Fermentasi kopi Robusta membutuhkan waktu lebih lama dibandingkan fermentasi kopi Arabika, yaitu 48–72 jam. Hal ini terjadi karena kopi Robusta mempunyai lapisan lendir yang lebih tebal dan liat dibandingkan Arabika (Doyle & Buchanan, 2013; Chakraverty, Mujumdar, Raghavan, & Ramaswamy, 2003; Huch & Franz, 2015). Penelitian bertujuan menganalisis pengaruh waktu perendaman buah sebelum *pulping* dan fermentasi terhadap warna kulit tanduk dan mutu citarasa seduhan kopi Robusta.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan Puslitkoka Dusun Sumber Asin, Desa Harjokuncaran, Kecamatan Sumber Manjing Wetan, Kabupaten Malang dan Laboratorium Pascapanen Puslitkoka, Jember, mulai bulan Juli 2018 sampai Januari 2019. Bahan yang digunakan adalah starter *Lactobacillus casei* $2,5 \times 10^7$ cfu/ml dan buah kopi Robusta.

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) faktorial. Faktor yang diuji adalah waktu perendaman sebelum proses *pulping* dan waktu fermentasi. Waktu perendaman (P) dilakukan 0, 24, 48, 72 jam dan fermentasi (F) 0, 24, 48 jam. Kombinasi waktu perendaman dan waktu fermentasi menghasilkan 12 perlakuan, yaitu P0F0 (0:0 jam), P0F1 (0:24 jam), P0F2 (0:48 jam), P1F0 (24:0 jam), P1F1 (24:24 jam), P1F2 (24:48 jam), P2F0 (48:0 jam), P2F1 (48:24 jam), P2F2 (48:48 jam), P3F0 (72:0 jam), P3F1 (72:24 jam), dan P3F2 (72:48 jam), setiap perlakuan diulang 3 kali.

Penelitian diawali dengan sortasi buah kopi berdasarkan warna buah, yaitu kuning kemerahan sampai merah penuh (*superior*). Selanjutnya 10 kg buah kopi terpilih direndam dalam air sesuai dengan perlakuan perendaman. Buah kopi kemudian ditiriskan dan dilakukan *pulping*. Biji kopi hasil *pulping* difermentasi dalam wadah toples plastik volume 25 l dengan menambahkan starter *Lactobacillus casei* $2,5 \times 10^7$ cfu/ml. Campuran biji kopi dan starter diaduk dan

ditutup. Fermentasi dilakukan pada suhu lingkungan dengan waktu sesuai perlakuan. Biji kopi hasil fermentasi dicuci dengan air mengalir sampai biji kesat, kemudian ditiriskan di atas para-para. Biji kopi yang sudah ditiriskan lalu dikeringkan di bawah sinar matahari dan dilanjutkan dengan mesin pengering mekanis sampai kadar air biji $\pm 12\%$. Proses selanjutnya adalah pemisahan kulit tanduk dengan mesin *huller*, penyangraian (tingkat medium), *grinding* (penggilingan biji sangrai) dengan skala yang menghasilkan ukuran bubuk partikel 1–3 mm.

Parameter yang diamati meliputi warna kulit tanduk dan citarasa seduhan. Pengamatan warna kulit tanduk meliputi nilai *lightness* (L), *a**, dan *b** menggunakan CR-410 *minolta colorimeter* (Nollet, 2004), dimana nilai L 0–100, *a** menunjukkan warna merah-hijau, dan *b** menunjukkan warna kuning-biru. Nilai L yang semakin tinggi menunjukkan warna dengan nilai kecerahan lebih tinggi. Sedangkan pengujian mutu citarasa dilakukan oleh tiga panelis terlatih. Metode pengujian mengacu pada (Specialty Coffee Association of America, 2015). Mutu citarasa meliputi *fragrance/aroma*, *flavor*, *aftertaste*, *salt/acidity*, *bitterness*, *sweetness*, *balance*, *clean cup*, *uniform cup*, *body*, *overall*, dan *total score*. Skala atribut citarasa sebagai berikut: $6,00 \leq 7,00$ = bagus; $7,00 \leq 8,00$ = sangat bagus; $8,00 \leq 9,00$ = unggul; $9,00 \leq 10,00$ = luar biasa; 10 = sempurna.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *analysis of varians* pada taraf 5%. Apabila menunjukkan beda nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan

Duncan Multiple Range Test (Agresti, Christine, Bernhard, & Michael, 2017). *Software* yang digunakan adalah SAS 9.4.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Warna Kulit Tanduk

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu perendaman buah dan fermentasi berpengaruh nyata terhadap tingkat *lightness* (kecerahan) kulit tanduk biji kopi kering. Kedua perlakuan tersebut memiliki interaksi yang berpengaruh nyata pada taraf signifikansi 5%. Nilai kecerahan kulit tanduk (L) dari seluruh perlakuan adalah 25,91–45,21 (Tabel 1). Semakin lama proses perendaman buah kopi sebelum *pulping* semakin menurunkan tingkat kecerahan kulit tanduk. Hal ini disebabkan karena semakin lama proses perendaman semakin banyak lendir yang menempel pada kulit tanduk. Lendir mengandung komponen larut air sebanyak 35,3%, lemak 6%, pektin 47%, holoselulosa 9,4%, dan senyawa polifenol seperti *flavan-3-ols*, *hydroxycinnamic acids*, flavonol, antosianidin, asam klorogenat, *gallic acid*, *protocatechuic acid*, dan *rutin* (Cantergiani, Andlauer, Heeger, & Kosin, 2016). Senyawa polifenol ini akan memicu terjadinya oksidasi oleh enzim polifenol oksidase yang akan menghasilkan kuinon berwarna coklat (Queiroz, Lopes, Fialho, & Valente-mesquita, 2008), sehingga menyebabkan kulit tanduk berwarna gelap atau tingkat kecerahan lebih rendah.

Tabel 1. Pengaruh waktu perendaman dan lama fermentasi terhadap warna kulit tanduk kering kopi Robusta
Table 1. Effect of cherry soaking and fermentation duration to the colour of dried hull skin of Robusta coffee

Perlakuan ^a	Warna		
	L	a*	b*
Perendaman 0 jam, fermentasi 0 jam	28,98 $\pm$ 5,53 ^{bc}	7,22 $\pm$ 0,63 ^a	15,51 $\pm$ 5,35 ^{cd}
Perendaman 0 jam, fermentasi 24 jam	44,59 $\pm$ 2,51 ^a	4,09 $\pm$ 0,75 ^b	21,79 $\pm$ 0,38 ^a
Perendaman 0 jam, fermentasi 48 jam	45,21 $\pm$ 0,91 ^a	3,63 $\pm$ 0,76 ^b	21,61 $\pm$ 0,70 ^{ab}
Perendaman 24 jam, fermentasi 0 jam	27,64 $\pm$ 1,32 ^{bc}	9,64 $\pm$ 0,67 ^a	16,47 $\pm$ 5,70 ^{abcd}
Perendaman 24 jam, fermentasi 24 jam	29,02 $\pm$ 1,29 ^{bc}	8,15 $\pm$ 0,60 ^a	17,22 $\pm$ 1,42 ^{abc}
Perendaman 24 jam, fermentasi 48 jam	32,35 $\pm$ 5,51 ^b	9,24 $\pm$ 1,34 ^a	18,37 $\pm$ 0,76 ^{abc}
Perendaman 48 jam, fermentasi 0 jam	25,91 $\pm$ 1,09 ^c	8,95 $\pm$ 1,90 ^a	13,08 $\pm$ 1,35 ^{cd}
Perendaman 48 jam, fermentasi 24 jam	29,76 $\pm$ 1,66 ^{bc}	8,93 $\pm$ 0,48 ^a	16,22 $\pm$ 1,24 ^{bcd}
Perendaman 48 jam, fermentasi 48 jam	30,35 $\pm$ 1,80 ^{bc}	8,08 $\pm$ 0,37 ^a	16,70 $\pm$ 0,62 ^{abc}
Perendaman 72 jam, fermentasi 0 jam	27,64 $\pm$ 4,40 ^{bc}	8,43 $\pm$ 3,64 ^a	11,06 $\pm$ 4,23 ^d
Perendaman 72 jam, fermentasi 24 jam	30,25 $\pm$ 0,46 ^{bc}	7,42 $\pm$ 1,12 ^a	15,06 $\pm$ 1,91 ^{cd}
Perendaman 72 jam, Fermentasi 48 jam	28,84 $\pm$ 4,68 ^{bc}	8,56 $\pm$ 1,92 ^a	14,99 $\pm$ 1,70 ^{cd}

Keterangan : Angka di belakang tanda $\pm$ adalah standar deviasi. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%. L = kecerahan, *a** = menunjukkan warna merah-hijau, dan *b** = menunjukkan warna kuning-biru.

Notes : Numbers before the $\pm$ sign is the standard deviation. Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan test at 5% level. L=brightness, *a**=indicating red-green, and *b**=indicating yellow-blue.



Gambar 1. Pengaruh waktu perendaman dan lama fermentasi terhadap penampakan visual kulit tanduk biji kopi kering
Figure 1. The effect of soaking time and fermentation duration on the visual appearance of hull skin of dried coffee

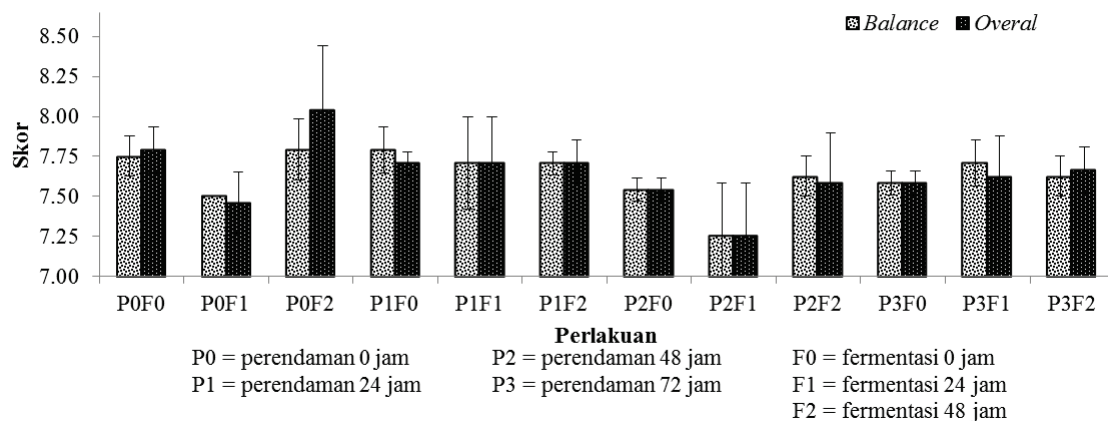
Proses fermentasi akan meningkatkan kecerahan kulit tanduk biji kopi kering. Hal ini ditunjukkan dengan nilai L pada perlakuan fermentasi 24 dan 48 jam berbeda nyata dengan yang tidak dilakukan fermentasi pada perlakuan tanpa perendaman (P0F0). Setelah proses fermentasi dan pencucian, biji yang terasa kesat menunjukkan proses fermentasi sudah selesai karena lendir terurai sempurna. Komponen dan senyawa polifenol yang terdapat pada lendir selama fermentasi didegradasi oleh bakteri *L. casei*. Beberapa gula yang membentuk struktur lendir seperti arabinosa, xylosa, galaktosa, fruktosa, glukosa, dan bagian lendir yang tidak larut air (arabinosa, xylosa, dan galaktosa) dipecah menjadi molekul yang lebih sederhana (Nigam & Singh, 2014), sehingga biji yang difermentasi memiliki nilai L kulit tanduk lebih tinggi. Kenampakan kulit tanduk dapat dilihat pada Gambar 1.

Nilai a^* kulit tanduk kopi kering pada semua perlakuan adalah 3,63–9,64 (Tabel 1). Semakin tinggi nilai a^* warna kulit tanduk semakin mendekati warna merah, dan semakin rendah nilai a^* maka warna kulit tanduk semakin mendekati warna hijau. Perlakuan waktu perendaman buah kopi berpengaruh nyata terhadap nilai a^* . Warna kulit tanduk biji kopi kering yang tidak direndam sebelum *pulping* dan difermentasi selama 24 dan 48 jam (P0F1 dan P0F2) menghasilkan nilai a^* paling rendah dan berbeda nyata dengan perlakuan lainnya. Secara visual tampak warna kulit tanduk pada perlakuan perendaman (P1, P2, dan P3) menunjukkan warna merah kecoklatan (Gambar 1). Warna merah kecoklatan ini adalah lendir yang tidak terfermentasi sempurna sehingga pada saat pengeringan mengalami aktivitas oksidasi karena adanya kontak langsung dengan udara. Menurut Queiroz *et al.* (2008), aktivitas oksidasi yang disebabkan oleh enzim polifenol oksidase merupakan penyebab utama pembentukan

warna coklat pada buah-buahan dan sayuran. Reaksi oksidasi ini menghasilkan kuinon yang memproduksi pigmen coklat pada jaringan yang terluka. Sedangkan menurut Cantergiani *et al.* (2016) dan Prata & Oliveira (2007), aktivitas polifenol oksidase disebabkan oleh kerusakan sel pada kulit luar dan lendir selama proses *pulping*, atau bahan lain yang dapat mengoksidasi seperti oksigen.

Selama perendaman, buah kopi akan mengalami fermentasi dan beberapa komponen akan terdegradasi di dalam air. Hal ini dibuktikan dengan terjadi peningkatan suhu air, warna air menjadi lebih keruh, dan muncul gelembung-gelembung gas pada permukaan air (Wahyudi *et al.*, 2016). Proses fermentasi pada saat perendaman buah ini akan berakibat pada berkurangnya cadangan nutrisi untuk pertumbuhan dan perkembangan *L. casei*. Ketika proses fermentasi, lendir tidak terurai sempurna karena *L. casei* tidak tumbuh maksimal. Menurut Nigam & Singh (2014), lendir mengandung komponen air 84,2%, protein 8,9%, gula reduksi 4,1%, pektat 0,91%, dan abu 0,7%. Komponen tersebut sebagai nutrisi yang dibutuhkan *L. casei* selama fermentasi.

Nilai b^* dari semua perlakuan adalah 11,06–21,79 (Tabel 1). Waktu perendaman buah dan fermentasi berpengaruh nyata terhadap nilai b^* kulit tanduk biji kopi kering. Semakin tinggi nilai b^* warna kulit tanduk semakin mendekati warna kuning, semakin kecil nilai b^* maka warna kulit tanduk semakin mendekati warna biru. Perendaman buah sebelum *pulping* akan menurunkan nilai b^* warna kulit tanduk biji kopi Robusta. Secara visual Gambar 1 terlihat bahwa kulit tanduk pada perlakuan P0F1 dan P0F2 memiliki warna kuning cerah. Semakin tinggi nilai b^* atau mengarah ke warna kuning menunjukkan lendir terurai sempurna selama fermentasi.



Gambar 4. Pengaruh waktu perendaman dan lama fermentasi terhadap skor *balance* dan *overall* kopi Robusta
Figure 4. The effect of soaking and fermentation duration on balance and overall score of Robusta coffee

Hasil pengujian terhadap parameter *salt/acid*, *bitter/sweet*, dan *mouthfeel* dari semua perlakuan menunjukkan nilai skor dalam kategori sangat baik, yaitu *salt/acid* 7,17–7,83; *bitter/sweet* 7,21–7,88; dan *mouthfeel* 7,63–8,00 (Gambar 3). Pengaruh perendaman dan fermentasi terhadap *salt/acid*, *bitter/sweet*, dan *mouthfeel* dalam penelitian ini tidak berbeda nyata dengan standar deviasi yang cukup besar. Parameter *salt/acid* pada seduhan dipengaruhi oleh senyawa asam klorogenat. Sedangkan senyawa penghasil rasa *bitter* adalah kafein, trigonelin, asam kuinat, asam klorogenat, dan kompleks fenolat. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ikumi, Koskei, Njoroge, & Kathurima (2017) menunjukkan buah yang direndam memiliki kandungan asam klorogenat lebih rendah dibandingkan buah tanpa direndam, namun tidak memberikan nilai yang berbeda nyata.

Nilai skor *balance* dan *overall* dari semua perlakuan terkategori sangat bagus dengan nilai masing-masing 7,25–7,79 dan 7,25–8,04 (Gambar 4). Nilai *balance* dan *overall* tertinggi terjadi pada perlakuan tanpa perendaman dengan fermentasi selama 48 jam (P0F2). Nilai *balance* merupakan kombinasi antara aspek-aspek *flavor*, *aftertaste*, *acidity*, dan *body* yang saling menguatkan atau saling bertentangan satu sama lain. Sedangkan nilai *overall* menggambarkan tingkat kesukaan holistik dari contoh oleh panelis secara individual (Specialty Coffee Association of America, 2015).

Nilai *uniform cups* dan *clean cups* dari semua perlakuan adalah 10, termasuk dalam kategori sempurna. *Defect* pada semua perlakuan tidak ditemukan. Hal ini menunjukkan bahwa perendaman dan fermentasi tidak berpengaruh nyata terhadap *uniform cup* dan *cleans cup*. Total skor dari semua

perlakuan adalah 78,46–82,88 (sangat bagus–unggul). Nilai total skor tertinggi terjadi pada perlakuan tanpa perendaman dengan fermentasi 24 jam (P0F2) adalah 82,88 dan terendah pada perlakuan perendaman 48 jam dengan fermentasi selama 24 jam (P2F1) adalah 78,46 (Tabel 2). Hal ini mengindikasikan perendaman buah dapat menurunkan total skor citarasa. Penelitian Ikumi *et al.* (2017) menunjukkan perendaman dapat menurunkan total skor citarasa.

Berdasarkan deskripsi dari panelis terlatih (Tabel 3) terlihat semua biji kopi Robusta yang diuji menghasilkan flavor *caramelly*, *chocolaty*, dan *nutty*. Menurut Buffo & Cardelli-freire (2004), flavor *caramell*, *chocolaty*, dan *nutty* terbentuk selama reaksi Maillard pada saat penyangraian. Reaksi Maillard adalah reaksi antara nitrogen yang mengandung protein, peptida, asam amino, serotonin atau trigonelin, gula reduksi, *hydroxyl-acid*, serta *phenol* atau lainnya membentuk *aminoaldose* dan *aminoketone* melalui kondensasi. Getachew & Chun (2018) menyatakan komponen senyawa pembentuk aroma *caramell* diantaranya golongan *pyrazine*, *thiol*, dan *furanone*.

Aroma *caramelly/sweet* berasal dari senyawa *methylpropanal*, *2-methylbutanal*, *3-methylbutanal*, *2,3-butadione*, *2,3-pentadione*, *4-hydroxy-2,5-dimethyl-3(2H)-furanone* (HD3F), *5-ethyl-4-2-methyl-3(2H)-furanone* (EHM3F), dan *valin*. Sedangkan aroma *spicy* (pedas rempah) berasal dari senyawa *3-hydroxy-4.5-dimethyl-3(5H)-furanone* (HD2F), *5-ethyl-3-hydroxy-4-methyl-2(5H)-furanone* (EHM2F) atau golongan senyawa asetal, alkohol, dan aldehid. *Caramelly*, *chocolaty*, dan *nutty* (kacang-kacangan) merupakan produk hasil *sugar browning*. *Chocolaty* berasal dari kelompok senyawa pirazin (Wang & Lim, 2015).

Tabel 2. Pengaruh waktu perendaman dan lama fermentasi terhadap nilai *uniform cups*, *clean cups*, *defect*, dan *total score* (skor total) kopi Robusta

Table 2. The effect of soaking and fermentation duration on *uniform cups*, *clean cups*, *defect*, dan *total score* of Robusta coffee

Perlakuan	Mutu citarasa			
	<i>Uniform cup</i>	<i>Clean cups</i>	<i>Defect</i>	<i>Total score</i>
P0F0	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	82,38±0,88 ^{ab}
P0F1	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	80,13±1,13 ^{bc}
P0F2	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	82,88±1,32 ^a
P1F0	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	81,71±0,07 ^{ab}
P1F1	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	81,79±2,11 ^{ab}
P1F2	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	81,50±0,75 ^{ab}
P2F0	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	80,67±0,62 ^{abc}
P2F1	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	78,46±2,20 ^c
P2F2	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	80,79±1,46 ^{abc}
P3F0	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	81,04±0,56 ^{ab}
P3F1	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	81,33±1,58 ^{ab}
P3F2	10,00±0,00 ^a	10,00±0,00 ^a	-	81,42±0,92 ^{ab}

Keterangan : Angka di belakang tanda $\pm$ adalah standar deviasi. Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%.

Notes : Numbers before the $\pm$ sign is the standard deviation. Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Duncan test at 5% level.

Tabel 3. Deskripsi citarasa kopi Robusta pengaruh waktu perendaman dan lama fermentasi

Table 3. The effect of soaking and fermentation duration on sensory description of Robusta coffee

Perlakuan	Deskripsi citarasa
P0F0	<i>Spicy</i> (4), <i>caramelly</i> (3), <i>chocolaty</i> (2), <i>nutty</i> (2), <i>flowery</i> , <i>fruity</i> (<i>dried fruit</i>), dan <i>rubbery</i>
P0F1	<i>Astringent</i> (3), <i>caramelly</i> (3), <i>chocolaty</i> (2), <i>earthy</i> (2), <i>nutty</i> (2), <i>spicy</i> (2), <i>low fragrance</i> , <i>medium-dark roast</i> , <i>rubbery</i> , <i>smoky</i> , dan <i>woody</i>
P0F2	<i>Caramelly</i> (2), <i>chocolaty</i> (2), <i>nutty</i> (2), <i>spicy</i> (2), <i>sweet aftertaste</i> (2), <i>asam jawa</i> , <i>excellent</i> , <i>greenish</i> , dan <i>medium-dark roast</i>
P1F0	<i>Caramelly</i> (2), <i>chocolaty</i> (2), dan <i>black tea</i> ,
P1F1	<i>Caramelly</i> (3), <i>spicy</i> (3), <i>chocolaty</i> (2), <i>nutty</i> (2), <i>rubbery</i> (2), <i>acidic</i> , <i>brown sugar</i> , <i>over roasted</i> , <i>smoky</i> , dan <i>stale</i>
P1F2	<i>Chocolaty</i> (5), <i>spicy</i> (4), <i>caramelly</i> (2), <i>astringent</i> , <i>black tea</i> , <i>dried fruit</i> , <i>nutty</i> , dan <i>rubbery</i>
P2F0	<i>Caramelly</i> (2), <i>chocolaty</i> (2), <i>brown sugar</i> , <i>earthy</i> , <i>spicy</i> ,
P2F1	<i>Chocolaty</i> (4), <i>caramelly</i> (3), <i>earthy</i> (2), <i>flat</i> (2), <i>rancid</i> (2), <i>bitter</i> , <i>low body</i> , <i>medium-dark roast</i> , dan <i>spicy</i>
P2F2	<i>Chocolaty</i> (3), <i>astringent</i> (2), <i>caramelly</i> (2), <i>aftertaste</i> , <i>nutty</i> , <i>rancid</i> , <i>smoky</i> , dan <i>spicy</i>
P3F0	<i>Chocolaty</i> (3), <i>astringent</i> (2), <i>caramelly</i> (2), <i>nutty</i> (3), <i>spicy</i> (2), <i>brown fruit</i> , <i>dried fruit</i> , <i>fermented</i> (<i>tape ketan</i>), <i>sweet</i> , dan <i>wet wood</i>
P3F1	<i>Caramelly</i> (3), <i>spicy</i> (3), <i>chocolaty</i> (2), <i>dark chocolaty</i> , <i>over roasted</i> , <i>rancid</i> , dan <i>sweet</i>
P3F2	<i>Caramelly</i> (3), <i>chocolaty</i> (3), <i>spicy</i> (3), <i>nutty</i> (2), <i>banana</i> , <i>flowery</i> , <i>fruity</i> , <i>low fragrance</i> , dan <i>sweet aftertaste</i>

Keterangan : Angka di dalam kurung ‘()’ menunjukkan intensitas

Notes : Numbers in parentheses ‘()’ indicate intensity

KESIMPULAN

Waktu perendaman dan fermentasi berpengaruh nyata terhadap warna kulit tanduk. Terjadi interaksi pengaruh perlakuan waktu perendaman buah sebelum *pulping* dengan fermentasi terhadap nilai L, a*, dan b*. Proses *pulping* buah sebaiknya dilakukan langsung setelah panen, kemudian difermentasi selama 48 jam. Perendaman buah sebelum *pulping* dilakukan tidak lebih dari 48 jam karena akan menurunkan kualitas biji dan menyebabkan kulit tanduk berwarna cokelat gelap. Perlakuan perendaman dan fermentasi buah

berpengaruh terhadap nilai citarasa seduhan kopi Robusta.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan segenap pihak Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian atau pendanaan. Terima kasih diucapkan kepada Firstyoryza C. Syahriar dan Nofrian Prihandoko yang telah mendampingi dan membantu dalam pelaksanaan penelitian di lapangan dan laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

- Agresti, A., Christine, F., Bernhard, K., & Michael, P. (2017). *Statistics* (4th ed.). England: Pearson Education Limited.
- Badan Pusat Statistik. (2017). *Statistik kopi Indonesia tahun 2017*. Jakarta Pusat: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Buffo, R. A., & Cardelli-freire, C. (2004). Coffee flavour : an overview. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(February), 99–104. <http://doi.org/10.1002/ffj.1325>
- Cantergiani, E., Andlauer, W., Heeger, A., & Kosin, A. (2016). Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of cascara beverage. *Food Chemistry*. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.11.067>
- Chakraverty, A., Mujumdar, A. S., Raghavan, G. S. V., & Ramaswamy, H. S. (2003). *Handbook of postharvest technology*. New York: Marccel Dekker, Inc.
- Doyle, M. P., & Buchanan, R. L. (2013). *Food microbiology: Fundamentals and frontiers*. USA: ASM Press.
- Getachew, A. T., & Chun, B. (2018). *Coffee flavor. Encyclopedia of food chemistry*. Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21658-2>
- Huch, M., & Franz, C. M. A. P. (2015). 21 - Coffee: fermentation and microbiota. In *Advances in fermented foods and beverages* (pp. 501–513). Germany: Elsevier Ltd. <http://doi.org/10.1016/B978-1-78242-015-6.00021-9>
- Ikumi, P. W., Koskei, R. K., Njoroge, D. M., & Kathurima, C. W. (2017). Effect of soaking coffee (*Coffea arabica*) cherries on biochemical composition and cup quality of coffee brew. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 11(6), 14–18. <http://doi.org/10.9790/2402-1106021418>
- Nigam, P. S., & Singh, A. (2014). Cocoa and coffee fermentations. In C. A. Batt & M. Lou Tortorello (Eds.), *Encyclopedia of food microbiology* (Second Edition, Vol. 1, pp. 485–492). Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00074-4>
- Nollet, L. M. . (2004). *Handbook of food analysis* (2nd ed.). USA: Marcel Dekker, Inc.
- Partelli, F. L., Borem, F. M., & Taveira, J. H. (2014). Quality of conilon coffee dried on a concrete terrace in a greenhouse with early hulling. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, 35(February 2017), 2367–2372. <http://doi.org/10.5433/semina.v35n1.p2367>
- Pereira, G. V. de M., de Carvalho Neto, D. P., Medeiros, A. B. P., Soccol, V. T., Neto, E., Woiciechowski, A. L., & Soccol, C. R. (2016). Potential of lactic acid bacteria to improve the fermentation and quality of coffee during on-farm processing. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(7), 1689–1695. <http://doi.org/10.1111/ijfs.13142>
- Prata, E. R. B. A., & Oliveira, L. S. (2007). Fresh coffee husks as potential sources of anthocyanins. *Swiss Society of Food Science and Technology*, 40, 1555–1560. <http://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.10.003>
- Queiroz, C., Lopes, M. L. M., Fialho, E., & Valente-mesquita, V. L. (2008). Polyphenol oxidase: Characteristics and mechanisms of browning control. *Food Reviews International*, 24(789287775), 361–375. <http://doi.org/10.1080/87559120802089332>
- Solange, I., Mussatto, Ercília, M. S., Machado, Martins, S., José, A., & Teixeira. (2011). Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food Bioprocess Technol*, 4, 661–672. <http://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
- Specialty Coffee Association of America. (2015). *SCAA protocols: Cupping specialty coffee*. Retrieved from www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf.
- Wahyudi, T., Pujiyanto, & Misnawi. (2016). *Kopi: Sejarah, proses produksi, pengolahan, produk hilir, dan sistem kemitraan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Wang, X., & Lim, L. (2015). Physicochemical characteristics of roasted coffee. In *coffee in health and disease prevention* (pp. 247–254). Elsevier Inc. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00027-9>
- Yusianto, & Widyotomo, S. (2013). Mutu dan citarasa kopi Arabika hasil beberapa perlakuan fermentasi : Suhu, jenis wadah, dan penambahan agens. *Pelita Perkebunan*, 29(3), 220–239.
- Widyotomo, S. (2013). Potensi dan teknologi diversifikasi limbah kopi menjadi produk bermutu dan bernilai tambah. *Penelitian Kopi dan Kakao*, 1(1), 63–80.
- Winarso, B., & Basuno, E. (2013). Pengembangan pola integrasi tanaman-ternak merupakan bagian upaya mendukung usaha pembibitan sapi potong dalam negeri. *Forum Penelitian Agro Ekonomi*, 31(2), 151–169.

Jurnal
**TANAMAN INDUSTRI
DAN PENYEGAR**
Journal of Industrial and Beverage Crops
Volume 6, Nomor 1, Maret 2019

**RADIOSENSITIVITAS KALUS EMBRIOGENIK KOPI ROBUSTA BP 436
TERHADAP IRADIASI SINAR GAMMA**

***RADIOSENSITIVITY OF EMBRYOGENIC CALLUS OF ROBUSTA COFFEE BP 436 AGAINST
IRRADIATION OF GAMMA RAYS***

* Meynarti Sari Dewi Ibrahim¹⁾, Enny Randriani¹⁾, Laela Sari²⁾, dan Anne Nuraini³⁾

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar¹⁾

Jalan Raya Pakuwon Km 2, Parungkuda, Sukabumi, 43357, Jawa Barat, Indonesia

* meynartisaya@yahoo.com

Pusat Penelitian Bioteknologi-LIPI²⁾

Jalan Raya Bogor Km 46, Cibinong, 16911, Jawa Barat, Indonesia

Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran³⁾

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

(Tanggal diterima: 7 Februari 2019, direvisi: 22 Februari 2019, disetujui terbit: 30 Maret 2019)

ABSTRAK

Keragaman genetik tinggi merupakan salah satu faktor yang menentukan keberhasilan pemuliaan tanaman, termasuk pada tanaman kopi. Induksi mutasi dengan iradiasi sinar gamma merupakan salah satu cara untuk meningkatkan keragaman genetik tanaman. Tujuan penelitian adalah: 1) memperoleh komposisi zat pengatur tumbuh yang sesuai untuk menginduksi kalus embriogenik, 2) mengetahui pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dan perkembangan embrio somatik, 3) mendapatkan nilai lethal dose (LD)₂₀ dan ₅₀ pada kopi Robusta klon BP 436. Penelitian dilakukan di Laboratorium Kultur Jaringan, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, mulai bulan Mei 2017 sampai Desember 2018. Eksplan yang digunakan adalah daun muda kopi Robusta klon BP 436. Induksi kalus menggunakan media ½ MS dengan perlakuan pemberian 2,4-D (4,52 µM) dan 2-iP (0,00; 4,93; 9,86; 14,79; dan 19,72 µM). Induksi mutasi menggunakan sinar gamma dengan perlakuan 0, 10, 20, 30, 40, dan 50 Gy. Media ½ MS ditambah GA₃ (0 dan 1 mg/l) digunakan pada media regenerasi. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan 10 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan kombinasi zat pengatur tumbuh terbaik untuk menginduksi kalus kopi Robusta BP 436 adalah 2,4-D 4,52 µM + 2-iP 19,72 µM. Iradiasi sinar gamma di atas 30 Gy dapat menghambat penambahan bobot basah kultur, sementara jumlah embrio somatik menurun pada dosis di atas 10 Gy. Penambahan GA₃ 1 mg/l pada media regenerasi dapat meningkatkan jumlah embrio somatik fase torpedo, namun tidak pada kalus yang dimutasi sinar gamma. Nilai radiosensitivitas LD₂₀ dan LD₅₀ kopi Robusta BP 436 adalah 16,81 dan 28,52 Gy.

Kata kunci: *Coffea canephora*, dosis letal (LD₂₀ dan ₅₀), embrio somatik, induksi kalus, mutasi

ABSTRACT

High genetic diversity is one factor that determines the success of plant breeding. Mutation induction by gamma ray irradiation is one method to improve plant genetic diversity. This study aimed to 1) obtain growth regulators composition suitable in inducing embryogenic callus, 2) determine the effect of gamma ray irradiation on the growth and development of somatic embryos, and 3) obtain lethal dose (LD)₂₀ and ₅₀ values in Robusta coffee BP 436. The study was conducted at the Tissue Culture Laboratory, Industrial and Beverage Crops Research Institute, from May 2017 to Desember 2018. Explants used were young leaves of Robusta coffee BP 436. Callus induction used ½ MS media with 2,4-D (4.52 µM) and 2-iP (0.00; 4.93; 9.86; 14.79; and 19.72 µM) treatment. Mutation induction was performed using gamma radiation dosed at 0, 10, 20, 30, 40, and 50 Gy treatments. The regeneration media was ½ MS containing GA₃ (0 and 1 mg/l). The study used a complete randomized design with 10 replications. The results showed the best combination of plant growth regulator to induce the callus was 2,4-D 4.52 µM + 2-iP 19.72 µM. The fresh weight of cultures was inhibited above 30 Gy, whereas the number of somatic embryos decreased at doses above 10 Gy. Addition of GA₃ 1 mg/l in regeneration media increased the number of somatic embryos in torpedo phase, but not in gamma irradiation exposed calluses. The LD₂₀ and LD₅₀ of Robusta coffee BP 436 are 16.81 and 28.52 Gy, respectively.

Keywords: *Coffea canephora*, callus induction, lethal dose (LD₂₀ dan LD₅₀), mutation, somatic embryo

PENDAHULUAN

Kopi Robusta (*Coffea canephora*) merupakan jenis kopi yang paling banyak ditanam di Indonesia, hal ini ditunjukkan dengan nilai ekspor kopi 80%–90% didominasi oleh kopi Robusta (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Indonesia merupakan pengekspor kopi Robusta terbesar ketiga di dunia setelah Brazil dan Vietnam (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2017). Kelebihan kopi Robusta asal Indonesia memiliki cita rasa yang tidak dimiliki oleh negara lain, sehingga menjadi kebanggaan tersendiri untuk Indonesia (Puslitkoka, 2016).

Kopi Robusta sebagian besar (>70%) diusahakan oleh rakyat. Oleh karena itu pengembangan kopi Robusta merupakan salah satu alternatif untuk meningkatkan pendapatan petani dan penerimaan devisa negara (Puslitkoka, 2016). Namun keberadaan dan pengembangan tanaman kopi terutama kopi Robusta saat ini masih terkendala produktivitas dan ketahanan terhadap hama dan penyakit. Untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan adanya varietas unggul baru kopi Robusta. Kopi Robusta BP 436 merupakan salah satu varietas yang mempunyai produktivitas tinggi ($\pm 2,1$ ton/ha/tahun), namun rentan terhadap penggerek buah kopi dan nematoda (Puslitkoka, 2016). Untuk memperbaiki ketahanan terhadap hama dan penyakit, maka keragaman genetik dari kopi Robusta BP 436 perlu ditingkatkan. Perakitan varietas baru tanaman tahunan seperti kopi secara konvensional membutuhkan waktu yang lama. Untuk mempercepat proses perakitan diperlukan metode non konvensional, salah satunya dengan memanfaatkan induksi mutasi dan seleksi *in vitro*. Pemanfaatan mutasi telah terbukti dapat meningkatkan terjadinya keragaman genetik pada beberapa tanaman tahunan (Jain, 2010; Penna & Jain, 2017).

Penggunaan teknik induksi mutasi sangat baik digunakan untuk tanaman yang tidak tersedia sumber tetua (*land race*) (Sari, Purwito, Sopandie, Purnamaningsih, & Sudarmanowati, 2015), seperti ketahanan terhadap penggerek buah kopi. Sedangkan ketahanan terhadap nematoda sudah diperoleh klon yang tahan (BP 308), tetapi terkendala oleh lamanya proses persilangan. Dengan demikian, penggunaan teknik pemuliaan mutasi diharapkan dapat mempersingkat waktu untuk mempercepat ditemukannya varietas unggul baru.

Mutasi terjadi akibat perubahan secara tiba-tiba dan acak pada materi genetik (genom, kromosom, gen) (Penna & Jain, 2017). Pada tanaman kultur *in vitro*, mutasi dapat diinduksi secara fisik menggunakan iradiasi, maupun secara kimia dengan menggunakan senyawa yang bersifat mutagen. Mutagen fisik menggunakan radiasi ion seperti sinar x, sinar gamma, neutron, partikel beta, partikel alfa, dan proton. Sinar gamma sangat luas digunakan pada kegiatan pemuliaan tanaman (U.S. Environmental Protection Agency, 2010; Asadi, 2013; Lestari, 2012). Tanaman yang pernah diinduksi keragaman genetiknya menggunakan iradiasi sinar gamma adalah anyelir (Aisyah, Aswidinnoor, Saefuddin, Marwoto, & Sastrosumarjo, 2009), krisan (Yamaguchi, Shimizu, Degi, & Morishita, 2008), kumis kucing (Kiong, Lai, Hussein, & Harun, 2008), tebu (Suhesti *et al.*, 2015), padi (Bibi *et al.*, 2009; Yunita, Khumaida, Sopandie, & Mariska, 2014), gandum (Singh & Balyan, 2009), rimpang jahe (Bermawie, Meilawati, Purwiyanti, & Melati, 2015), dan kacang-kacangan (Tah & Saxena, 2009).

Keberhasilan pemuliaan mutasi menggunakan sinar gamma tergantung pada tingkat iradiasi dan genotipe tanaman (Roslim, Herman, & Fiatin, 2015). Tingkat mutasi tergantung pada fase pertumbuhan tanaman, ukuran, dan ketebalan material (Yalindua, Sudarsono, Setiawan, & Bintoro, 2014). Sementara itu,

tingkat sensitivitas tanaman terhadap iradiasi sinar gamma dipengaruhi oleh jenis tanaman, fase tumbuh, ukuran dan kondisi fisiologis eksplan, bahan yang dimutasi, serta sangat bervariasi antar jenis tanaman dan antar genotipe (Yunita, Khumaida, Sopandie, & Mariska, 2014). Pemakaian teknik mutasi pada kalus embriogenik dan diregenerasikan melalui embriogenesis somatik merupakan cara yang paling besar peluangnya untuk mendapatkan banyak varian. Mutasi yang dihasilkan bersifat solid (tidak khimera) karena proses mutasi dapat dilakukan pada tingkat sel (Mba, 2013). Selain itu, tanaman yang dihasilkan melalui embriogenesis somatik mempunyai akar tunggang sehingga lebih toleran terhadap cekaman kekeringan dibandingkan dengan organogenesis yang menghasilkan akar serabut.

Salah satu cara untuk mengetahui tingkat radiosensitivitas tanaman terhadap pengaruh iradiasi sinar gamma adalah dengan mengetahui nilai *lethal dosis* (LD) atau *lethal concentration* (LC) untuk mutagen kimia. Dosis optimum untuk menghasilkan mutan terbanyak umumnya berada di sekitar dosis lethal 50 (LD₅₀) (Datta, 2000). Penggunaan dosis LD₅₀ dilaporkan dapat menghasilkan varietas baru tanpa merusak sifat agronomis yang baik. Sementara, variabilitas mutan tertinggi terdapat pada mutan hasil iradiasi sinar gamma dengan nilai antara LD₂₀ dan LD₅₀ (Soeranto, 2012). Oleh karena itu, dalam perlakuan mutasi nilai LD₂₀ dan LD₅₀ biasanya ditentukan terlebih dahulu.

Penelitian mengenai nilai LD₂₀ dan LD₅₀ pada kalus kopi belum pernah dilaporkan, demikian juga dengan pengaruh penggunaan iradiasi sinar gamma pada pertumbuhan dan perkembangan embrio somatik kopi. Penelitian bertujuan: 1) memperoleh komposisi zat pengatur tumbuh (ZPT) yang sesuai untuk menginduksi kalus embriogenik, 2) mengetahui pengaruh iradiasi sinar gamma terhadap pertumbuhan dan perkembangan embrio somatik, dan 3) mendapatkan nilai LD₂₀ dan LD₅₀ pada kopi Robusta klon BP 436.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri), Parungkuda, Sukabumi, mulai bulan Mei 2017 sampai Desember 2018. Iradiasi sinar gamma dilakukan di Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi (PATIR), Badan Tenaga Nuklir Nasional (Batan), Jakarta. Penelitian terdiri dari dua rangkaian kegiatan, yaitu: 1) induksi kalus kopi Robusta BP 436, 2) induksi mutasi dan regenerasi embrio somatik hasil mutasi iradiasi sinar gamma.

Induksi Kalus Kopi Robusta BP 436

Daun muda kopi Robusta BP 436 diambil dari koleksi plasma nutfah Balittri yang terdapat di Kebun Percobaan (KP) Pakuwon. Daun yang telah membuka sempurna dipetik, dibungkus plastik bening, kemudian dibawa ke laboratorium. Daun dibersihkan menggunakan air mengalir lalu direndam dengan fungisida (berbahan dasar mankozeb 0,2%) dan bakterisida (berbahan dasar streptomisin sulfat 15% dan oksitetrasiklin 1,5%) dengan konsentrasi 0,1% selama 1 jam. Setelah dibilas dengan air, daun disterilisasi menggunakan alkohol (50%), diikuti dengan *sodium hypochlorite* dengan konsentrasi 0,25% dan 0,35%, masing-masing selama 15 menit. Selanjutnya, daun dibilas menggunakan aquades steril sebanyak 3 kali. Proses tersebut dilakukan di dalam *laminar air flow*.

Daun tanpa *midrib* dipotong dengan ukuran 10 mm x 10 mm. Lima potongan daun dikulturkan ke dalam satu botol kultur menggunakan media *Murashige and Skoog* (MS) 1962 dengan konsentrasi hara makro dan mikro setengahnya. Media ditambahkan sukrosa 30 g/l, *polyvinylpyrrolidone* (PVPP) 250 mg/l, dan *phytagel* 2,5 g/l. Perlakuan yang diuji adalah kombinasi ZPT auksin (2,4-D) dengan konsentrasi 4,52 µM dan sitokinin (2-iP) dengan konsentrasi 0 (tanpa 2-iP); 4,93; 9,86; 14,79; dan 19,72 µM. Media disterilkan menggunakan autoklaf (121°C; 20 menit; 1,5 atm). Botol yang telah berisi potongan daun diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu 23±1°C.

Eksplan yang mulai membentuk kalus (satu bulan setelah berada di media induksi kalus awal), selanjutnya disubkultur ke media induksi kalus lanjutan. Media yang digunakan adalah konsentrasi ½ MS, ditambah dengan *casein hydrolysate* 200 mg/l; *malt extract* 800 mg/l; 2,4-D 4,52 µM; BAP 17,76 µM; sukrosa 30 g/l; dan *phytagel* 2,5 g/l. Kultur diinkubasi dalam kondisi gelap pada suhu 23±1°C.

Kegiatan penelitian dirancang secara acak lengkap dengan 10 ulangan. Peubah yang diamati adalah persentase eksplan yang membentuk kalus, bobot basah kalus, pertambahan bobot basah kultur, dan visualisasi kalus (warna dan kekompakan kalus) yang dihasilkan.

Induksi Mutasi dan Regenerasi Embrio Somatik Hasil Mutasi Iradiasi Sinar Gamma

Induksi mutasi menggunakan sinar gamma dilakukan pada kalus embriogenik kopi Robusta BP 436. Peralatan iradiasi menggunakan *gamma chamber* dengan sumber radiasi berasal dari *cobalt 60*. Botol kultur berisi 3 klam kalus embriogenik diiradiasi sinar gamma pada dosis 0 (kontrol), 10, 20, 30, 40, dan 50 Gy. Kalus hasil iradiasi dan tanpa iradiasi kemudian disubkultur ke media regenerasi. Media regenerasi menggunakan

media MS dengan konsentrasi $\frac{1}{2}$ dari normal (Ibrahim *et al.*, 2015). Perlakuan media yang diuji adalah penambahan ZPT kinetin 2 mg/l tanpa GA₃ dan menggunakan GA₃ 1 mg/l. Sebelum disubkultur, kumpulan kalus embriogenik ditimbang dengan berat $\pm 0,2$ gr. Kultur kemudian diinkubasi dalam ruang kultur gelap bersuhu $23 \pm 1^\circ\text{C}$. Embrio somatik fase torpedo yang terbentuk disubkultur ke media perkecambahan menggunakan media MS yang diberi BAP 0,3 mg/l.

Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak lengkap 2 faktor. Faktor pertama konsentrasi sinar gamma (0, 10, 20, 30, 40, dan 50 Gy) dan faktor kedua adalah taraf GA₃ (0 dan 1 mg/l). Perlakuan diulang 10 kali, satu ulangan terdiri dari 3 kumpulan kalus embriogenik. Peubah yang diamati adalah jumlah embrio somatik fase torpedo yang berhasil terbentuk per klam kalus.

Selanjutnya, nilai radiosensitivitas (LD₂₀ dan LD₅₀) dihitung berdasarkan kemampuan kalus hasil iradiasi yang dapat beregenerasi. Kalus yang mampu beregenerasi mencerminkan embrio somatik yang mampu tumbuh dan berkembang (hidup). Respons regenerasi setelah perlakuan radiasi sinar gamma dianalisis menggunakan program *curve expert 1.3* untuk menentukan nilai LD₂₀ dan LD₅₀.

Analisis Data

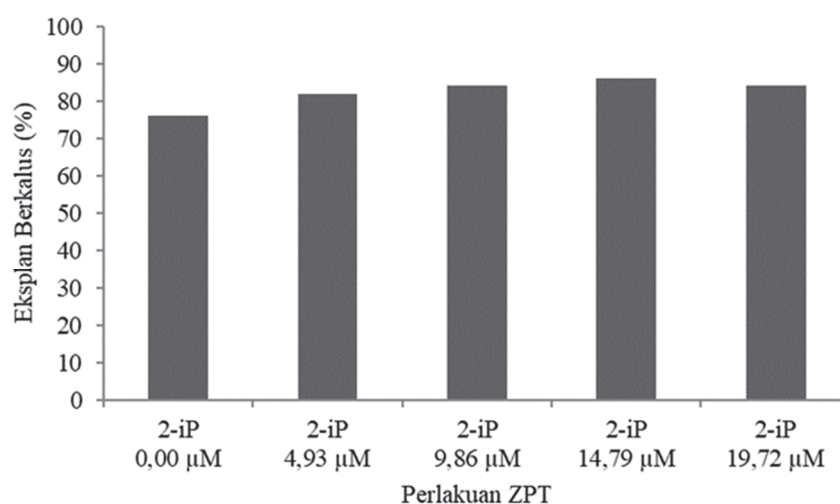
Data yang diperoleh dianalisis ragam, apabila hasilnya berbeda nyata dilanjutkan dengan uji beda rata-rata menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT)

pada taraf 5%. Analisis data dilakukan dengan program SAS 9.1.

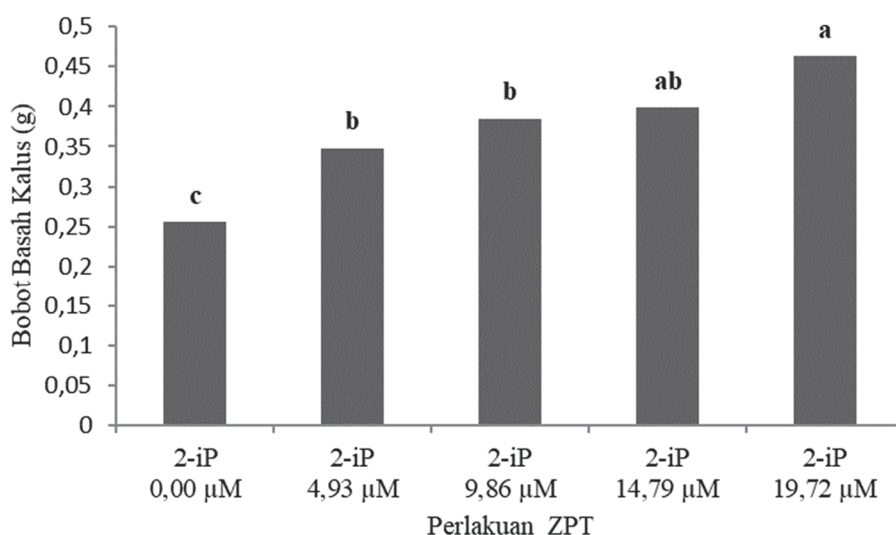
HASIL DAN PEMBAHASAN

Induksi Kalus Kopi Robusta BP 436

Persentase terbentuknya kalus kopi Robusta BP 436 memperlihatkan tidak ada perbedaan yang nyata antar perlakuan yang diuji (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan yang diuji dapat menginduksi pembentukan kalus. Kalus mulai terbentuk di bekas potongan daun 4 minggu setelah dikulturkan pada media induksi tahap awal. Pembentukan kalus awal pada media induksi ini lebih lama satu minggu dibandingkan dengan hasil penelitian Ibrahim, Hartati, Rubiyo, Purwito, & Sudarsono (2015) pada kopi Arabika, serta hasil penelitian Ibrahim & Hartati (2017) pada kopi Robusta yang menggunakan media dengan kombinasi ZPT 2,4-D 9,04 μM ditambah thidiazuron 13,62 μM atau 22,70 μM , namun sama dengan perlakuan kombinasi lainnya. Hal yang sama juga dilaporkan oleh Etienne *et al.* (2018) yang menyatakan bahwa pembentukan kalus awal pada kopi Arabika memerlukan waktu tiga minggu, lebih cepat dibandingkan dengan penelitian Landey *et al.* (2013) yang mendapatkan kalus awal 1 bulan setelah induksi. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan kombinasi dan konsentrasi ZPT, serta varietas kopi yang digunakan.



Gambar 1. Persentasi terbentuknya kalus kopi Robusta BP 436 pada beberapa perlakuan zat pengatur tumbuh 2-iP
Figure 1. Percentage of Robusta coffee BP 436 callus formation in several 2-iP growth regulator treatments



Gambar 2. Rataan bobot basah kalus kopi Robusta BP 436 pada beberapa perlakuan zat pengatur tumbuh 2-iP
Figure 2. The average fresh weight of Robusta coffee BP 436 callus in several 2-iP growth regulator treatments

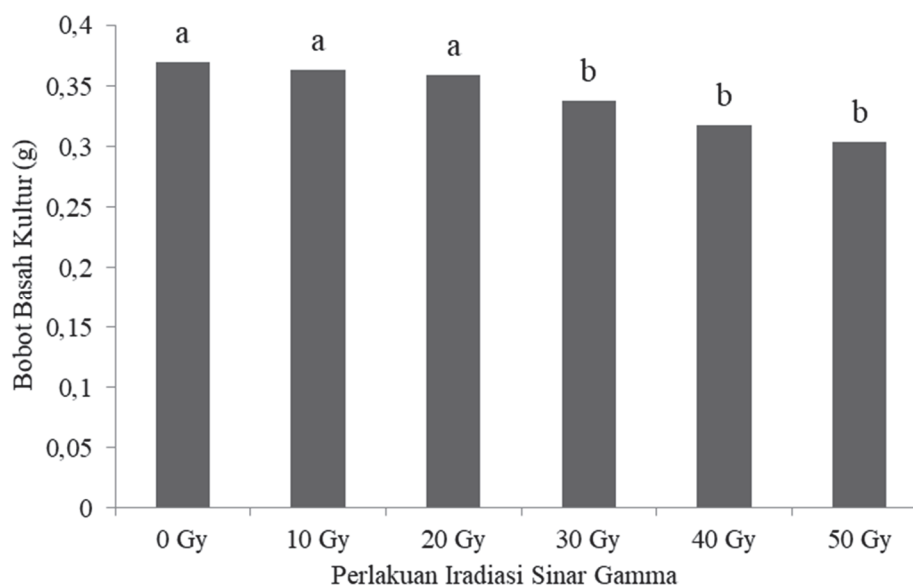
Berdasarkan bobot basah kalus, bobot terbesar ditemukan pada perlakuan kombinasi 2,4-D 4,52 µM ditambah 2-iP 19,72 µM, dan terendah pada 2,4-D 4,52 µM ditambah 2-iP 0,00 µM. Pada Gambar 2 terlihat bahwa semakin tinggi konsentrasi 2-iP yang diberikan, penambahan bobot basah semakin meningkat. Hal ini memperlihatkan bahwa penambahan konsentrasi 2-iP lebih dari 19,72 µM dapat menghasilkan kalus yang lebih banyak. Bertambah banyaknya kalus yang terbentuk menjadikan bobot basah semakin meningkat. Pemberian ZPT 2,4-D tanpa penambahan 2-iP memperlihatkan hasil kurang baik jika dibandingkan dengan yang dikombinasikan dengan 2-iP. Berat kalus tanpa pemberian 2-iP terlihat lebih rendah dibandingkan dengan kombinasi antara 2,4-D dan 2-iP. Hal ini dimungkinkan karena sifat morfogenesis pada kultur jaringan sangat tergantung pada rasio antara auksin dan sitokinin yang diberikan. Auksin berperan dalam menstimulasi pertumbuhan sel, sedangkan sitokinin dapat meningkatkan pembelahan, pertumbuhan, dan perkembangan kultur sel tanaman. Kombinasi antar keduanya akan menghasilkan pertumbuhan dan perkembangan sel yang cepat, sehingga dapat terbentuk kalus. Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Arimarsetiowati (2011) dan Ibrahim *et al.* (2015) menunjukkan bahwa pembentukan kalus kopi juga memerlukan kombinasi sitokinin dan auksin.

Kalus kopi Robusta BP 436 yang dihasilkan berwarna putih kekuningan, cokelat, dan sebagian kecil putih seperti kapas. Kalus yang putih kekuningan

merupakan kalus embriogenik, sementara kalus yang cokelat atau putih seperti kapas bukan kalus embriogenik. Kalus yang tidak embriogenik tidak dapat beregenerasi, sehingga tidak dapat digunakan. Warna kalus yang terbentuk pada penelitian ini hampir sama dengan penelitian Wang *et al.* (2018) yang menggunakan ZPT NAA dan thidiazuron. Namun berbeda dengan hasil penelitian Ibrahim & Hartati (2017) pada kopi Robusta klon BP 308 yang menghasilkan kalus berwarna putih kekuningan saja. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan jenis kopi dan komposisi ZPT yang digunakan.

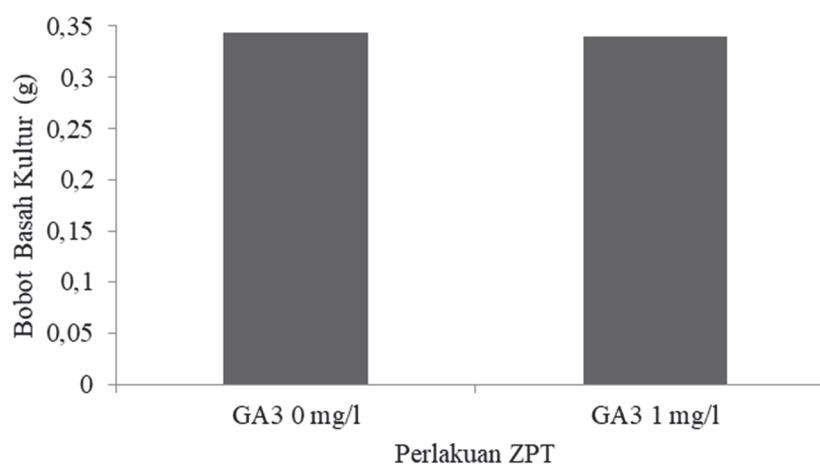
Induksi Mutasi dan Regenerasi Kalus Embriogenik Hasil Mutasi Iradiasi Sinar Gamma

Hasil analisis statistik menunjukkan tidak terdapat interaksi yang nyata antar perlakuan dosis iradiasi sinar gamma dan perlakuan GA₃. Namun, secara tunggal perlakuan dosis iradiasi pada kalus kopi Robusta BP 436 menunjukkan interaksi yang nyata 3 bulan setelah iradiasi, sementara pemberian GA₃ tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Gambar 3 menunjukkan bahwa peningkatan dosis iradiasi dapat menurunkan bobot basah kultur. Hal ini mengindikasikan bahwa dosis iradiasi sinar gamma yang tinggi dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan kalus embriogenik kopi Robusta BP 436. Penurunan bobot basah kultur juga terlihat pada kalus embriogenik gandum (Setiawan, Khumaida, & Dinarti, 2015) dan kalus tebu (Yasmin *et al.*, 2011) setelah diiradiasi sinar gamma.



Gambar 3. Pengaruh beberapa dosis iradiasi sinar gamma terhadap bobot basah kultur kopi Robusta BP 436 setelah 3 bulan di media regenerasi

Figure 3. Effect of several doses of gamma irradiation on the fresh weight of Robusta coffee BP 436 callus culture after 3 months in regeneration media



Gambar 4. Pengaruh penambahan GA₃ pada bobot basah kultur kopi Robusta BP 436 setelah 3 bulan di media regenerasi

Figure 4. Effect of GA₃ addition on the fresh weight of Robusta coffee BP 436 culture after 3 months in regeneration media

Penambahan GA₃ 1 mg/l pada media kultur selama 3 bulan memperlihatkan hasil yang tidak nyata (Gambar 4). Hal ini diduga proses regenerasi kalus membentuk embrio somatik kopi Robusta BP 436 membutuhkan waktu lebih dari 3 bulan, sehingga pemberian GA₃ yang berperan dalam proses pemecahan dormansi dan perkecambahan belum terlihat pengaruhnya.

Regenerasi kalus hasil perlakuan iradiasi sinar gamma (10, 20, 30, 40, dan 50 Gy), dan kalus yang tidak diiradiasi (kontrol) memperlihatkan adanya perbedaan yang nyata pada perlakuan media yang diuji. Pada kontrol, penambahan GA₃ 1 mg/l dapat

meningkatkan jumlah embrio somatik fase torpedo yang terbentuk secara signifikan, namun tidak pada mutan putatif hasil iradiasi sinar gamma. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, yaitu penambahan GA₃ 1 mg/l di media regenerasi pada kopi Robusta klon BP 308 dapat meningkatkan jumlah embrio somatik fase torpedo yang terbentuk (Ibrahim & Hartati, 2017).

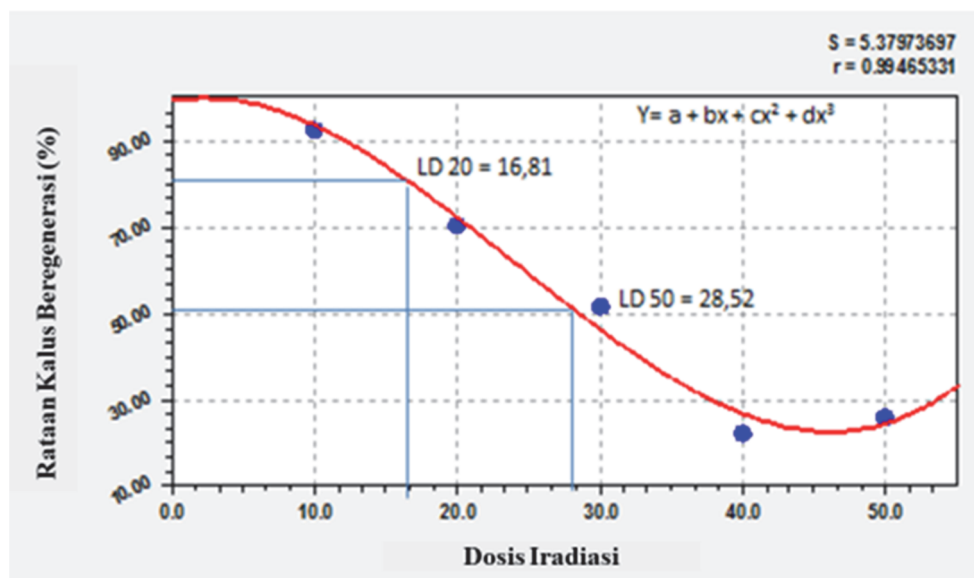
Pada Tabel 1 dapat dilihat, jumlah embrio somatik fase torpedo yang terbentuk menurun seiring dengan meningkatnya dosis iradiasi sinar gamma. Hal ini diduga akibat terjadinya kerusakan organel di dalam sel, sehingga proses aktifitas dan metabolisme sel menjadi terganggu. Kerusakan sel akibat dosis tinggi iradiasi

Tabel 1. Jumlah embrio somatik fase torpedo yang beregenerasi dari kalus embriogenik setelah perlakuan dosis iradiasi sinar gamma
Table 1. The number of somatic embryos of torpedo phase regenerating from the embryogenic callus of Robusta coffee BP 436 after gamma ray irradiation doses treatment

Dosis iradiasi sinar gamma	Jumlah embrio somatik fase torpedo yang terbentuk	
	Kinetine 2 mg/l + GA ₃ 0 m/l	Kinetine 2 mg/l + GA ₃ 1 m/l
0 Gy	42,80 a B	49,70 a A
10 Gy	41,30 a A	44,50 ab A
20 Gy	34,50 b A	39,50 b A
30 Gy	20,70 c A	25,30 c A
40 Gy	17,20 cd A	18,20 c A
50 Gy	9,9 d A	8,90 d A

Keterangan : Angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada kolom yang sama dan huruf besar yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Duncan pada taraf 5%

Note : Numbers followed by the same lower case letters on the same row and the same uppercase letters on the same column were not significantly different at DMRT 5%



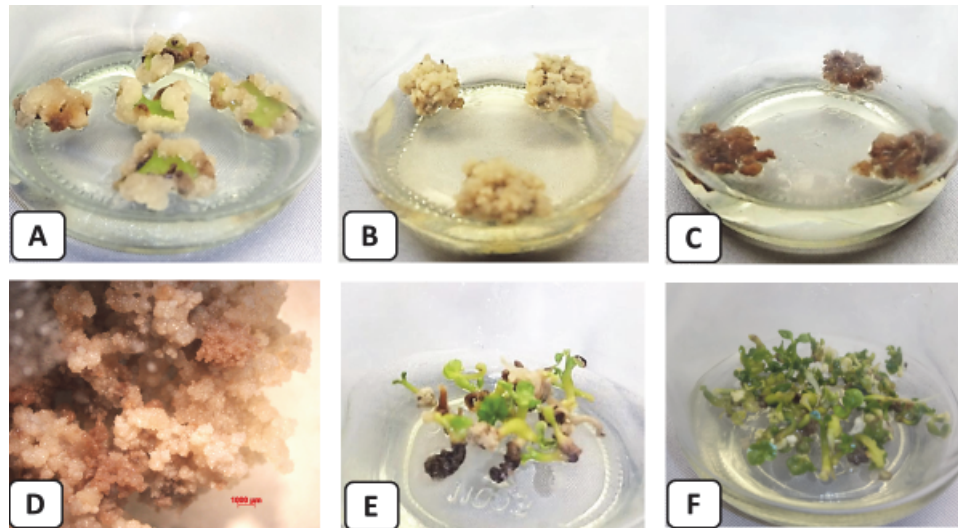
Gambar 5. Persentase kalus kopi Robusta BP 436 yang mampu beregenerasi pada beberapa konsentrasi iradiasi sinar gamma.
Figure 5. Percentage of Robusta coffee BP 436 callus that is regenerating at several concentrations of gamma ray irradiation

diduga dapat mengakibatkan pertumbuhan dan perkembangan kopi Robusta BP 436 menjadi terhambat. Terhambatnya pertumbuhan dan perkembangan ditunjukkan oleh warna kalus yang menghitam menandakan terjadinya nekrosis (kematian sel). Dosis tinggi iradiasi sinar gamma menghasilkan radikal bebas dalam bentuk hidroksil. Radikal hidroksil/ hidrogen peroksida akan menyebabkan kerusakan fisiologis berupa terhambatnya proses pembelahan dan diferensiasi sel dan kerusakan gen jika radikal hidroksil tersebut menempel pada rantai nukleotida yang menyebabkan rusaknya DNA (Suharsono, Muhammad, & Purwito, 2009).

Nilai LD₂₀ dan LD₅₀ dari persentase kalus kopi Robusta BP 436 yang mampu beregenerasi didapatkan dalam bentuk kurva polinomial dengan persamaan

$Y = a + bx + cx^2 + dx^3$. Dari persamaan tersebut didapatkan nilai LD₂₀ berada pada iradiasi sinar gamma 16,81 Gy, sementara LD₅₀ pada dosis 28,52 Gy (Gambar 5).

Nilai LD₂₀ dan LD₅₀ pada penelitian ini tidak jauh berbeda dengan hasil yang diperoleh Suhesti *et al.* (2015) pada kalus tebu, yaitu 12,57 Gy dan 28,88 Gy. Penurunan proliferasi kalus tebu juga dilaporkan oleh Yasmin *et al.* (2011) pada iradiasi sinar gamma 20 Gy. Nilai LD₅₀ kopi Robusta BP 436 berada pada dosis iradiasi sinar gamma 28,52 Gy. Pada penelitian ini dosis iradiasi yang sangat mendekati nilai LD₅₀ adalah dosis 30 Gy. Keragaan kalus embrio somatik yang mampu beregenerasi dan berkecambah dari populasi mutan putatif pada perlakuan dosis iradiasi 30 Gy dapat dilihat pada Gambar 6 D. Kalus berwarna hitam adalah kalus



Gambar 6. Keragaan pertumbuhan dan perkembangan embrio somatik kopi Robusta BP 436 hasil iradiasi sinar gamma: (A) kalus dari eksplan daun kopi, (B) kalus embriogenik berhasil tumbuh dan berkembang dari perlakuan iradiasi 10 Gy, (C) kalus tidak berhasil tumbuh dan berkembang dari perlakuan iradiasi 50 Gy, (D) kalus yang diiradiasi 30 Gy di bawah mikroskop (kalus berwarna hitam adalah kalus yang mengalami nekrosis), (E) embrio somatik kopi perlakuan iradiasi 30 Gy fase kecambah, (F) embrio somatik kopi perlakuan kontrol (tidak diiradiasi) fase kecambah

Figure 6. Performance of growth and development of somatic embryos of Robusta coffee BP 436 generated from gamma ray irradiation: (A) calli from explants of coffee leaves, (B) embryogenic calli successfully grew and developed from 10 Gy irradiation treatment, (C) calli did not grow and develop from 50 Gy irradiation treatment, (D) calli irradiated 30 Gy under a microscope (black calli are calli with necrosis), (E) somatic embryo of coffee clone with irradiation treatment of 30 Gy at germination phase, (F) coffee somatic embryo of coffee clone in control treatment (not irradiated) at germination phase

yang mengalami nekrosis, sementara kalus yang berwarna putih kekuningan merupakan kalus yang mampu bertahan. Sel-sel kalus yang mengalami kerusakan disebabkan oleh paparan dari sinar gamma. Keragaan kecambah kopi Robusta BP 436 yang diberi perlakuan iradiasi sinar gamma 30 Gy dan kontrol (tanpa iradiasi) dapat dilihat pada Gambar 6 E dan 6 F.

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Mahadevamma, Sahijram, Kumari, & Shankarappa (2012) pada kalus papaya, juga mendapatkan nilai LD₅₀ di sekitar 30 Gy. Pada tanaman sagu pembentukan embrio somatik terendah diperoleh pada kontrol dan 25 Gy (Riyadi & Sumaryono, 2016). Sementara Rohani, Kamal, Rajinder, & Mohd-Nazir (2012) mendapatkan nilai LD₅₀ pada 40 Gy pada kalus embriogenik kelapa sawit yang berasal dari eksplan embrio zygotik.

Nilai LD₅₀ dari kalus kopi Robusta BP 436 yang diperoleh belum tentu sama jika iradiasi sinar gamma dilakukan pada genotipe kopi Robusta yang berbeda. Perbedaan nilai LD₅₀ telah dilaporkan oleh Setiawan *et al.* (2015) pada kalus gandum varietas dewata, nias, dan selayar, dengan nilai LD₅₀ secara berurutan adalah 33,63; 33,05; dan 24,29. Selain itu, perbedaan sumber eksplan juga dilaporkan dapat memengaruhi nilai LD₅₀. Perbedaan ini terlihat pada kalus embriogenik jeruk yang diiradiasi oleh Ling, Chia, Hussein, & Harun (2008) berada di angka 27 Gy, sementara Agisimanto,

Noor, Ibrahim, & Mohamad (2016) meradiasi kalus jeruk dari eksplan nucellus menunjukkan penurunan pertumbuhan kalus pada 40 Gy.

Selain nilai LD₅₀, radiosensitivitas juga dapat diamati dari adanya hambatan pertumbuhan, terjadinya mutasi somatik, patahan kromosom, serta perubahan jumlah dan ukuran kromosom (Herison, Sutjahjo, & Aisyah, 2008). Hasil penelitian terdahulu menyatakan bahwa perbedaan tingkat radiosensitivitas suatu eksplan terhadap iradiasi dipengaruhi oleh bentuk fisik (besar kecil) dan morfologi (Roux, Brunner, Morpurgo, & Van Duren, 1994), kondisi fisiologis, genetik, serta faktor lingkungan, seperti kadar air eksplan, penyimpanan pasca iradiasi, dan suhu saat inkubasi (Soeranto, 2003). Selain itu, faktor yang mengakibatkan perbedaan nilai LD₅₀ adalah kandungan kadar oksigen dan molekul air (H₂O) dalam materi yang diiradiasi. Semakin banyak oksigen dan H₂O, maka akan semakin banyak pula radikal bebas yang terbentuk, sehingga tanaman menjadi lebih peka terhadap iradiasi sinar gamma.

KESIMPULAN

Media terbaik untuk menginduksi kalus kopi Robusta BP 436 adalah media ½ MS yang diberi 2,4-D 4,52 µM + 2-iP 19,72 µM. Penambahan GA₃ 1 mg/l

pada media regenerasi dapat meningkatkan jumlah embrio somatik yang mampu beregenerasi, namun tidak pada kalus yang dimutasi sinar gamma. Penggunaan iradiasi sinar gamma di atas 30 Gy dapat menghambat penambahan bobot basah kultur. Embrio somatik paling banyak dihasilkan pada perlakuan tanpa iradiasi (0 Gy) dan menurun pada dosis di atas 10 Gy. Nilai LD₂₀ dan LD₅₀ dari kopi Robusta BP 436 adalah 16,81 dan 28,52 Gy.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kepala Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian RI yang telah mendanai penelitian ini melalui program KP4S tahun anggaran 2017–2018.

DAFTAR PUSTAKA

- Agisimanto, D., Noor, N. M., Ibrahim, R., & Mohamad, A. (2016). Gamma irradiation effect on embryogenic callus growth of *Citrus reticulata* cv. *limau madu*. *Sains Malaysiana*, 45(3), 329–337.
- Aisyah, S. I., Aswidinnor, H., Saefuddin, A., Marwoto, B., & Sastrosumarjo, D. S. (2009). Induksi mutasi pada stek pucuk anyelir (*Dianthus caryophyllus* Linn.) melalui iradiasi sinar gamma. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 37(1), 62–70.
- Arimarsetiowati, R. (2011). Pengaruh auksin 2,4-D dan sitokinin 2-ip terhadap pembentukan embriogenesis somatik langsung pada eksplan daun *Coffea arabica* L. *Pelita Perkebunan*, 27(2), 68–76.
- Asadi. (2013). Pemuliaan mutasi untuk perbaikan terhadap umur dan produktivitas pada kedelai. *Jurnal AgroBiogen*, 9(3), 135–142. <https://doi.org/10.1128/JB.01278-12>
- Bermawie, N., Meilawati, N., Purwiyanti, S., & Melati. (2015). Pengaruh iradiasi sinar gamma (60Co) terhadap pertumbuhan dan produksi jahe putih kecil (*Zingiber officinale* var. *amarum*). *Jurnal Littri*, 21(2), 47–56.
- Bibi, S., Khan, I. A., Bughio, H. U. R., Odhano, I. A., Asad, M. A., & Khatri, A. (2009). Genetic differentiation of rice mutants based on morphological traits and molecular marker (RAPD). *Pakistan Journal of Botany*, 41(2), 737–743.
- Datta, S. (2000). Mutation studies on garden Chrysanthemum. *Scientific Horticulture*, 7, 159–199.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2017). *Statistik perkebunan Indonesia 2015-2017: Kopi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian.
- Etienne, H., Breton, D., Breitler, J.-C., Bertrand, B., Déchamp, E., Awada, R., ... Ducos, J.-P. (2018). Coffee somatic embryogenesis: How did research, experience gained and innovations promote the commercial propagation of elite clones from the two cultivated species? *Frontiers in Plant Science*, 9, 1–21. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01630>
- Herison, C., Sutjahjo, S. H., & Aisyah, S. I. (2008). Induksi mutasi melalui iradiasi sinar gamma terhadap benih untuk meningkatkan keragaman populasi dasar jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Akta Agrosia*, 11(1), 57–62.
- Ibrahim, M. S. D., Hartati, R. R. S., Rubiyo, Purwito, A., & Sudarsono. (2015). The Induction of Primary and Secondary Somatic Embryogenesis for Arabica Coffee Propagation. *Journal of Tropical Crop Science*, 2(3), 6–13.
- Ibrahim, M. S., & Hartati, S. (2017). Peningkatan induksi kalus embriogenik dan konversi embrio somatik kopi Robusta klon BP 308. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 4(3), 121–132.
- Jain, S. M. (2010). Mutagenesis in crop improvement under the climate change. *Romanian Biotechnological Letters*, 15(2), 88–106.
- Kiong, A. L. P., Lai, A. G., Hussein, S., & Harun, A. R. (2008). Physiological responses of *Orthosiphon stamineus* plantlets to gamma irradiation. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture*, Vol. 2, pp. 135–149.
- Landey, R. B., Cenci, A., Georget, F., Bertrand, B., Camayo, G., Dechamp, E., ... Etienne, H. (2013). High genetic and epigenetic stability in coffee Arabica plants derived from embryogenesis as revealed by AFLP, MSAP and the phenotypic variation rate. *PLOS ONE*, 8(2), 1–15.
- Lestari, E. G. (2012). Combination of somaclonal variation and mutagenesis for crop improvement. *Jurnal AgroBiogen*, 8(1), 38–44. <https://doi.org/10.21082/jbio.v8n1.2012.p38-44>
- Ling, A. P., Chia, J. Y., Hussein, S., & Harun, A. R. (2008). Physiological responses of *Citrus sinensis* to gamma irradiation. *World Applied Sciences Journal*, 5(1), 12–19.
- Mahadevamma, M., Sahijram, L., Kumari, V., & Shankarappa, T. H. (2012). In vitro mutation studies in papaya (*Carica papaya* L.). *CIBTech Journal of Biotechnology*, 1(1), 49–55.

- Mba, C. (2013). Induced mutation unleash the potentials of plant genetic resources for food and agriculture. *Agronomy*, 3, 200–231.
- Penna, S., & Jain, S. M. (2017). Mutant resources and mutagenomics in crop plants. *Journal of Food and Agriculture*, 29(9), 651–657. <https://doi.org/10.9755/efja.2017.v29.i9.86>
- Puslittoka. (2016). *Kopi: Sejarah, Botani, Proses, Produksi, Pengolahan, Produk Hilir, dan Sistem Kemitraan* (T. Wahyudi, Ed.). Yogyakarta: Gadjah Mada University.
- Riyadi, I., & Sumaryono. (2016). Effect of gamma irradiation on the growth and development of sago palm (*Metroxylon sagu* Rottb.) Calli. *Indones. J. Agric. Sci.*, 17(1), 35–40.
- Rohani, O., Kamal, S. R., Rajinder, S., & Mohd-Nazir, B. (2012). Mutation induction using gamma irradiation on oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) cultures. *Journal of Oil Palm Research*, 24(AUGUST), 1448–1458.
- Roslim, D. I., Herman, & Fiatin, I. (2015). Lethal dose 50 (LD50) of mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek) cultivar kampar. *Sabrao Journal of Breeding and Genetics*, 47(4), 510–516.
- Roux, N., Brunner, H., Morpurgo, R., & Van Duren, M. (1994). The Improvement and Testing of Musa: A global Partnership. In D. Jones (Ed.), *First global Conference of the International Musa Testing Program*. Montpellier: Parc Scientifique Agropolis.
- Sari, L., Purwito, A., Sopandie, D., Purnamaningsih, R., & Sudarmanowati, E. (2015). Pengaruh iradiasi sinar gamma pada pertumbuhan kalus dan tunas tanaman gandum (*Triticum aestivum* L.). *Ilmu Pertanian*, 18(1), 44–50.
- Setiawan, R. B., Khumaida, N., & Dinarti, D. (2015). Induksi mutasi kalus embriogenik gandum (*Triticum aestivum* L.) melalui iradiasi sinar gamma untuk toleransi suhu tinggi. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 43(1), 36–44. cek penulisan
- Singh, N., & Balyan, H. (2009). Induced mutations in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) CV. 'Kharchia 65' for reduced plant height and improve grain quality traits. *Advances in Biological Research*, 3(5–6), 215–221.
- Soeranto, H. (2003). Peran iptek nuklir dalam pemuliaan tanaman untuk mendukung industri pertanian. In *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir* (pp. 308–316). Yogyakarta. lihat cara penulisan prosiding
- Soeranto, H. (2012). Pemanfaatan Teknologi Nuklir untuk Pemuliaan Sorghum. In *Workshop on the Current Status and Challenges in Sorghum Development in Indonesia* (p. 120p.). Bogor: Seameo Biotrop.
- Suharsono, Muhammad, A., & Purwito, A. (2009). Pembentukan tanaman cabai haploid melalui induksi ginogenesis dengan menggunakan serbuk sari yang diradiasi sinar gamma. *J.Agron.Indonesia*, 37(2), 123–129.
- Suhesti, S., Khumaida, N., Wattimena, G. A., Syukur, M., Husni, A., & Hadipoentyanti, E. (2015). Gamma irradiation and in vitro selection could increase drought tolerance in sugarcane. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 23(2), 370–380.
- Tah, P. R., & Saxena, S. (2009). Induced synchrony in pod maturity in mungbean (*Vigna radiata*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 11(3), 321–324.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2010). Gamma radiation scanning sampling and analysis plan area IV radiological study Santa Susana Field Laboratory Ventura County, California. San Francisco.
- Wang, Y.C., Lin, M.Z., Huang, B., Chung, H. & Chen, J.C. 2018. Thidiazuron enhanced somatic embryogenesis from callus lines of Arabica coffee and subsequent plant regeneration. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 60(2), 35–44. <https://doi.org/10.24425/118053>
- Yalindua, A., Sudarsono, Setiawan, A., & Bintoro, H. M. H. (2014). The application of mutation induction by gamma irradiation on cultivars yam (*Dioscorea alata* L.) from Banggai Island, Indonesia. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 5(2), 46–54.
- Yamaguchi, H., Shimizu, A., Degi, K., & Morishita, T. (2008). Effects of dose and dose rate of gamma ray irradiation on mutation induction and nuclear DNA content in chrysanthemum. *Breeding Science*, 58, 331–335. <https://doi.org/10.1270/Jsbs.58.331>
- Yasmin, S., Khan, I. A., Khatri, A., Seema, N., Siddiqui, M. A., & Bibi, S. (2011). Plant regeneration from irradiated embryogenic callus of sugarcane. *Pakistan Journal of Botany*, 43, 2423–2426.
- Yunita, R., Khumaida, N., Sopandie, D., & Mariska, I. (2016). Pengaruh iradiasi sinar gama terhadap pertumbuhan dan regenerasi kalus padi varietas ciherang dan inpari 13. *Jurnal Agro Biogen*, 10(3), 101–108.

MITRA BESTARI
JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR
VOLUME 6 NOMOR 1 2019

Dr. Ir. I Ketut Ardana, M.Si

Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan - Sosial Ekonomi Pertanian

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

Institut Pertanian Bogor - Agribisnis

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

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pasca Panen Pertanian
Teknologi Pascapanen

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

Institut Pertanian Bogor - Pascapanen Pertanian

Prof (R). Dr. Ika Mariska Soedharma

Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia - Bioteknologi Pertanian

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

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik
Bioteknologi Pertanian

KETENTUAN PENULISAN NASKAH

JURNAL TANAMAN INDUSTRI DAN PENYEGAR

CAKUPAN

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

PENGAJUAN NASKAH

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

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

PENYIAPAN NASKAH

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Contoh penulisan sitasi:

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

Contoh penulisan daftar pustaka:

Artikel Jurnal

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

Buku

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

Artikel dalam buku

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

Disertasi/Tesis/Skripsi

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

Naskah Prosiding

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

Naskah Online

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

Contoh penampilan tabel:

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

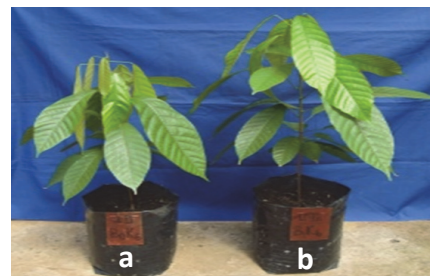
Table 1. Effect of various shading trees on percentage of fruit set of coffee at 9 months old

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

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

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

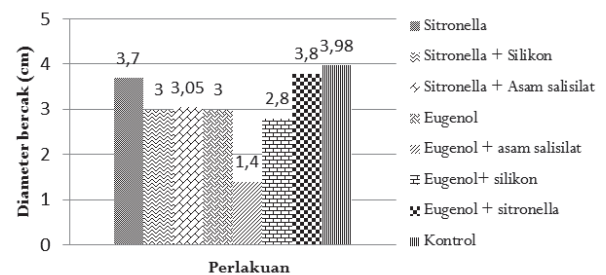
Contoh penampilan gambar/foto:



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

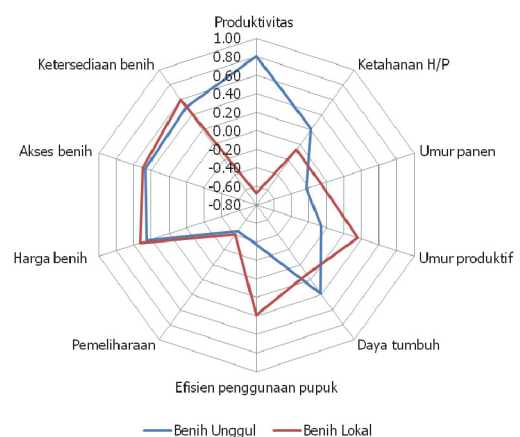
Figure 1. Growth of hybrid cacao seedlings: (a) without treatment and (b) with seed treatment and planting medium

Contoh penampilan grafik/diagram:



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

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



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

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



9 772356 129070