

PERAN TEKNOLOGI PENYIMPANAN BIJI KOPI DALAM MENINGKATKAN KETAHANAN INDUSTRI KOPI PASCA PANDEMI COVID-19

THE ROLE OF COFFEE STORAGE TECHNOLOGY FOR IMPROVING THE RESILIENCE OF COFFEE INDUSTRY POST COVID-19 PANDEMIC

A.P. Pane, A.N.S.A. Simarsoit, C. Ashidiqi, D. Carissa, M.F. Pernanda, M. Wulandari, N.A.R. Lindy

Balai Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Palembang
Jl. Kol. H. Burlian No. 9, Sukarami, Kecamatan Sukarami, Kota Palembang, Sumatera Selatan
30152

**E-mail: paisan@kemenperin.go.id*

ABSTRAK

Kopi merupakan komoditi sektor perkebunan yang penting di Indonesia dengan nilai total produksi terbesar ke-empat dunia. Saat ini produsen kopi di Indonesia didominasi oleh perkebunan rakyat yang umumnya masih menggunakan teknologi rendah dan rentan terhadap terjadinya disrupsi. Hal ini tampak pada saat terjadinya disrupsi rantai distribusi yang terjadi pada saat pandemi Covid-19 melanda. Akibatnya biji kopi yang masa simpannya relatif pendek berisiko terbuang karena kualitasnya berkurang. Oleh karena itu, kajian ini bertujuan untuk mencari metode penyimpanan biji kopi sebagai salah satu cara meminimalisir kerugian yang dapat dialami oleh pelaku produksi kopi. Metode yang efektif adalah penggunaan bahan polimer HDPE dan PVC untuk penyimpanan ditambah dengan injeksi gas CO₂ yang berperan menghalangi kontak biji kopi dengan udara. Metode ini dapat mengurangi jumlah serangan serangga terhadap biji kopi dan mempertahankan kadar air biji kopi pada rentang 10-12% selama 12 bulan, sehingga metode ini mengurangi risiko penurunan kualitas biji kopi tersimpan imbas disrupsi industri.

Kata kunci: biji kopi, *hermetic packaging*, metode penyimpanan, mutu biji kopi.

ABSTRACT

Coffee is an important farming commodity in Indonesia which is known as the 4th largest producer of coffee in the world. However, most of the coffee produced in Indonesia comes from smallholders which have low application of technology in their production process and make them susceptible to industrial disruption. This condition was particularly apparent when Covid-19 pandemic hits and disrupts coffee distribution chain. Coffee bean which has short shelf life would decrease in quality because of the extended period of storage time due to the disruption. Thus, this study aims to find an alternative storing method of coffee beans to minimize the risk in its quality decreases. One of such method is hermetic packaging which use HDPE and PVC bag for storage and is injected with CO₂ which prevent contact between the stored coffee beans and surrounding air. This method could also decrease pests' invasion risk and maintain humidity level on 10-12% for up to 12 months, thus reduce the risk in decrease of quality of stored coffee beans due to the disruption.

Keywords: coffee bean, coffee quality, hermetic packaging, storing method.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris, dimana sektor pertanian dan perkebunan memiliki peran yang penting dalam perekonomiannya. Hal tersebut dibuktikan dengan besarnya kontribusi Sektor pertanian, kehutanan, dan pertanian terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) sebesar 13,7% pada tahun 2020. Sementara itu, subsektor perkebunan sendiri memegang kontribusi terhadap PDB sebesar 3.63% [1]. Oleh karena itu, subsektor ini merupakan subsektor yang penting karena menjadi penyedia bahan baku industri, penyerapan tenaga kerja, dan penghasil devisa.

Salah satu komoditi yang berperan penting dalam subsektor perkebunan adalah kopi. Indonesia merupakan produsen kopi terbesar ke-empat terbesar di dunia dengan total produksi mencapai 762.000 ton pada tahun 2020 [2]. Sekitar 757.300 ton produksi tersebut berasal dari perkebunan rakyat, yakni perkebunan yang dikelola oleh usaha kecil atau usaha

rumah tangga [1]. Dominasi perkebunan rakyat ini menjadikan sektor kopi mampu menyerap banyak tenaga kerja. Akan tetapi, dominasi tersebut juga membuat sektor kopi Indonesia rentan terhadap perubahan pasar [3], [4], [5] karena perkebunan rakyat masih memiliki sistem pengelolaan dan sistem pertanian yang sederhana [6], serta pemanfaatan teknologi yang masih rendah [7].

Hal ini terlihat saat pandemi Covid-19 melanda Indonesia pada awal tahun 2020, walaupun produksi kopi secara agregat tetap meningkat sebesar 1.31% dari tahun sebelumnya [1], namun pendapatan perkebunan rakyat menurun cukup signifikan [8], [9]. Salah satu penyebab penurunan ini karena terjadinya disrupsi rantai pasokan kopi serta terhambatnya lajur perdagangan internasional [9], [10]. Disrupsi ini membuat pasokan kopi disimpan lebih lama di sisi produsen sementara produsen yang didominasi perkebunan rakyat kurang memiliki teknologi penyimpanan kopi yang baik. Sehingga disrupsi ini dapat mengakibatkan penurunan kualitas kopi dan menurunnya nilai jual kopi [8]. Penurunan kualitas ini dapat terjadi pada aspek yang telah distandarkan pada SNI, seperti keberadaan serangga hidup, adanya bau busuk, kapang, dan tingkat kadar air [11].

Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknologi untuk mencegah terjadinya penurunan kualitas dan memperpanjang masa simpan biji kopi. Hal ini dapat dicapai dengan metode penyimpanan menggunakan kemasan karung plastik kedap udara yang diinjeksi dengan CO₂ (*hermetic packaging*). Metode penyimpanan ini dapat memerangkap uap air dan mencegah infiltrasi serangga sehingga dapat menjaga mutu biji kopi dengan lebih lama dari pada metode penyimpanan tradisional yang menggunakan karung goni [12].

Kajian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh metode penyimpanan biji kopi terhadap mutu dan masa simpan biji kopi. Selain itu, kajian ini juga mengenalkan teknologi alternatif untuk menjaga mutu dan meningkatkan masa simpan biji kopi guna mendorong pemulihan industri kopi pasca pandemi serta mempersiapkan industri kopi terhadap disrupsi lain di masa depan.

METODE PENELITIAN

Data yang digunakan dalam kajian ini merupakan data sekunder yang bersifat kualitatif maupun kuantitatif. Data tersebut diambil dari beberapa jurnal terkait dan sumber informasi resmi dari pemerintah. Kajian ini dianalisis dengan metode analisis deskriptif dengan menggunakan data sekunder sebagai data utamanya dan ditinjau juga dari teori yang didapatkan dari penelitian terdahulu. Penulis melakukan studi literatur mengenai penyimpanan biji kopi dari berbagai teknologi seperti metode menggunakan *hermetic packaging* sehingga kekurangan dari metode tradisional dapat diatasi oleh petani kopi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengolahan Kopi Pasca Panen

Kegiatan pasca panen hasil pertanian dibagi dalam dua tahapan, yaitu pasca panen primer dan pasca panen sekunder. Tahap pasca panen primer bertujuan menjaga mutu serta menjamin komoditas siap dipasarkan. Tahap sekunder bertujuan meningkatkan nilai jual, termasuk usaha penambahan variasi produk, serta optimalisasi pemanfaatan hasil pertanian. Teknologi pasca panen primer dan sekunder berperan penting dalam peningkatan nilai tambah komoditas pertanian. Penerapan teknologi pasca panen berkaitan dengan kondisi setempat, sehingga harus mampu mengakomodasi misi nasional yaitu peningkatan produksi dan mutu hasil produksi [13].

Berdasarkan prosesnya, pengolahan kopi dapat dilakukan menggunakan tiga cara yaitu basah (*wet processing*), semi kering (*semidry processing*), dan kering (*dry processing*). Pemrosesan basah (*wet*) merupakan pemrosesan yang melibatkan penggunaan air, dimana buah kopi hasil pemetikan kemudian dikupas dan difermentasi dengan cara direndam dalam wadah berisi air dengan lama waktu tertentu selanjutnya dicuci dan dikeringkan. Pengolahan

semi kering (*semidry*) merupakan proses peralihan antara pengolahan *dry* dan *wet* dimana biji kopi yang telah dikupas kemudian dikeringkan. Pengolahan kering (*dry*) juga dikenal sebagai pengolahan natural, dimana buah kopi hasil pemetikan kemudian dikeringkan tanpa melalui proses fermentasi pada kondisi di bawah air [14].

Pengolahan kopi pasca panen merupakan tahap ke dua setelah proses budidaya kopi. Tahapan pengolahan kopi secara umum meliputi tahap panen, pengupasan kulit buah, fermentasi, pengeringan, pencucian, pengupasan kulit kopi, pengayakan, sortasi manual, pergudangan, pengemasan, dan pengepakan [15]. Pengolahan kopi pasca panen merupakan serangkaian proses yang panjang dan berpengaruh terhadap kualitas kopi bubuk yang dihasilkan. Salah satu perlakuan pasca panen yang dilakukan adalah pengolahan cara kering biasanya dilakukan oleh petani kopi karena dapat dilakukan dengan peralatan sederhana [16].

Masa Simpan Biji Kopi dan Faktor Yang Mempengaruhinya

Ada beberapa parameter yang berubah selama masa simpan biji kopi yang dapat mempengaruhi mutu dari biji kopi sebagai berikut.

a. Kelembaban dan Temperatur Udara

Kelembaban dan temperatur udara merupakan variabel yang sangat penting pada proses penyimpanan biji kopi. Biji kopi yang keluar dari proses *huller* (tahap pemecahan biji kopi) mempunyai kadar air sekitar 12%. Untuk mencapai profil *flavor* yang maksimum maka kadar air dalam kopi yang dimasukkan ke *roaster* harus tetap sekitar 12%. Biji kopi yang dikemas di dalam karung goni, kadar airnya dapat turun pada kelembaban udara rendah, sebaliknya akan naik pada kelembaban yang tinggi [17].

Penyimpanan di tingkat kelembaban terlalu rendah mengakibatkan masa simpan kopi menjadi pendek karena kadar air menurun dengan cepat. Rendahnya kadar air menyebabkan perubahan tampak dan rasa kopi. Warna biji kopi akan berpenambalan lebih gelap ketika disimpan pada tempat yang kelembaban udaranya terlalu tinggi karena menyerap banyak uap air. Kadar air akan cepat naik jauh di atas 12%, kadang-kadang sampai di atas 13%. Uap air dalam gudang dapat mengembun kembali sehingga menyebabkan pertumbuhan bakteri atau jamur. Hasil penelitian sebelumnya menyarankan temperatur dijaga pada 50–70 °F (10–21.11 °C), penelitian lain menyarankan 60 °F (15.56 °C) sebagai temperatur simpan ideal, tetapi kemungkinan temperatur *cold storage*, 40–50 °F (4.44–10 °C) adalah yang paling ideal [18], [19].

Kadar air merupakan salah satu komponen penentu kualitas kopi yang penting. Pada kondisi baru dipanen kadar air biji kopi bisa diatas 60% sementara untuk penyimpanan jangka panjang kadar air harus diturunkan di kisaran 12% [20]. Kadar air yang aman untuk menyimpan kopi arabika dan robusta adalah 11.56% dan 11.62% pada temperatur 30 °C atau 11.15% dan 11.24% pada temperatur 35 °C [21]. Dalam hal penyimpanan ini, hal yang paling penting dan sulit adalah menjaga temperatur dan kelembaban tetap stabil. Perubahan temperatur yang cepat berdampak pada kelembaban udara, bahkan dapat menyebabkan kondensasi [17].

Penyimpanan kopi lebih baik jika dilakukan ketika masih berkulit tanduk (kopi HS kering). Kulit kopi HS berperan menghambat proses difusi dan osmosis air dalam biji kopi [18]. Penyimpanan kopi dengan wadah terbuka menyebabkan kadar air rata-rata kopi sebesar 12.5%, dengan rentang variasi antara 8.5% sampai 18.32% [22]. Namun, penyimpanan biji kopi dengan nilai kadar air terlalu tinggi dapat mengakomodir pertumbuhan jamur *Aspergillus Niger*, *Aspergillus Flavus*, dan *Aspergillus Ochraceus*. *Aspergillus Ochraceus* berpotensi menghasilkan racun *ochratoxin A* [23].

b. Warna Biji Kopi

Lamanya penyimpanan menyebabkan warna biji kopi berubah dari hijau, biru menjadi kekuningan kemudian cokelat dan semakin memucat [24]. Tempat penyimpanan kopi yang memiliki kelembaban yang tinggi akan menyebabkan warna biji kopi menjadi lebih gelap

karena menyerap uap air. Jika kadar air meningkat sampai di atas 13%, warnanya berubah menjadi pucat (*faded*). Hal yang sebaliknya adalah kopi yang kehilangan kadar air (dehidrasi) juga akan kehilangan warna aslinya. Kopi yang disimpan di dalam ruang terbuka tanpa kendali temperatur dan kelembaban udara, maka warna biji berubah menjadi pucat setelah enam (6) bulan penyimpanan [18].

c. **Pengaruh Serangan Serangga**

Mutu kopi yang dihasilkan petani umumnya masih rendah karena pengolahan pascapanen masih menghasilkan kadar air relatif tinggi dan masih tercampur dengan kontaminan [25]. Salah satu faktor yang mengurangi kualitas biji kopi pada saat penyimpanan adalah kerusakan akibat serangan hama. Hal ini dapat melalui penurunan berat dan kualitas kopi, akibatnya harga biji kopi mengalami penurunan. Keberadaan habitat serangan di dalam biji kopi dapat diketahui dari biji kopi yang berlubang, terdapat alur gerakan, dan adanya fungi di sekitar lubang gerakan. Serangga hama yang terdapat di dalam biji kopi mendorong pertumbuhan fungi, menambah kandungan asam lemak yang mengakibatkan biji kopi berbau tengik dan menghasilkan racun *ochratoxin A*. Serangga hama akan membuat biji kopi berlubang, kemudian keropos yang akan mengurangi aliran udara melalui biji dan mencegah aerasi. Kerusakan akibat serangan hama berhubungan erat dengan kadar air. Peningkatan kadar air dapat meningkatkan pertumbuhan jamur cendawan yang dapat merusak biji kopi. Kadar air dibawah 13% dianggap aman dari serangan jamur cendawan karena timbulnya mikotoksin (racun cendawan) [26].

Metode Penyimpanan Biji Kopi

Penyimpanan biji kopi dianggap sebagai salah satu faktor terpenting untuk mempertahankan kualitas produk akhir agar dapat memenuhi permintaan pasar dan menstabilkan harga pasar. Biji kopi yang telah melewati proses pengolahan pasca panen disimpan dalam gudang sebelum dipasarkan ke konsumen. Pergudangan bertujuan untuk menyimpan biji kopi yang telah disortasi dalam kondisi aman sebelum dipasarkan ke konsumen. Beberapa faktor penting pada penyimpanan biji kopi adalah kadar air, kelembaban relatif udara dan kebersihan gudang [15]. Oleh karena itu, kondisi dan metode penyimpanan biji kopi perlu diperhatikan.

a. **Metode Penyimpanan Biji Kopi Secara Tradisional**

Secara konvensional biji kopi disimpan dalam karung goni. Metode ini adalah yang paling umum digunakan karena dapat diadopsi oleh industri skala kecil, mudah dalam pengambilan sampel, biaya yang murah dan dapat digunakan kembali. Namun sifat karung goni yang memiliki permeabilitas lebih besar terhadap kondisi lingkungan berpotensi mengalami fluktuasi temperatur dan kelembaban. Hal ini karena adanya transmisi uap air dari udara ke dalam biji kopi, akibatnya kadar air meningkat, sehingga biji kopi yang disimpan dalam karung goni untuk waktu lama menunjukkan penurunan kualitas dari segi warna dan organoleptik, perubahan komposisi kimia dan juga hilangnya viabilitas [12].

b. **Metode Penyimpanan Biji Kopi dengan *Hermetic Packaging***

Selain itu juga biji kopi dapat disimpan dalam karung plastik seperti HDPE yang lebih kedap udara, sehingga memiliki permeabilitas yang rendah terhadap uap air, memiliki kekuatan tinggi dan biaya yang rendah. Penyimpanan dengan karung plastik cocok untuk penyimpanan dalam jangka waktu 10 bulan dengan perubahan kadar air dan warna yang lebih sedikit. Sementara untuk penyimpanan dengan karung goni, setelah 6 bulan menunjukkan penjamuran dan perubahan warna biji kopi menjadi kekuningan. Perubahan warna ini berhubungan dengan kadar air yang terkandung dalam biji kopi, semakin tinggi kadar air maka semakin banyak perubahan warna biji kopi [12]. Semakin tinggi kadar air maka semakin pendek pula umur simpan biji kopi [27].

Metode penyimpanan dengan karung plastik dikembangkan lebih lanjut dengan sifat kedap udara dan bantuan gas CO₂ disebut *hermetic packaging*. Jenis plastik yang digunakan

terdiri dari 2 lapisan HDPE dan PVC yang kedap oleh air dan gas termasuk karbon dioksida (CO_2), oksigen (O_2) dan nitrogen (N_2). CO_2 diinjeksikan ke dalam karung plastik dari bagian bawah. Gas tersebut memindahkan udara intergranular sampai kadar CO_2 di dalam karung mencapai 60%. Kadar CO_2 diukur dan dipantau secara berkala selama 150-270 hari, serta temperatur dan kelembaban dalam gudang dipertahankan pada kondisi 22-30 °C dengan *Relative Humidity* (RH) 60-85% [28].

Metode ini dinilai efektif untuk menjaga kadar air lebih stabil dibandingkan dengan penyimpanan tanpa injeksi CO_2 . Keberadaan CO_2 mampu menghambat kontak biji kopi dengan udara luar, sehingga dapat mempertahankan kelembaban pada penyimpanan biji kopi. Kadar air dengan metode ini tetap stabil sekitar 10% selama periode penyimpanan. Jika dibandingkan dengan penyimpanan dengan karung goni, kadar air dapat meningkat hingga 11.4% dalam waktu 6 bulan [28].

Umur simpan biji kopi juga dapat menyebabkan perubahan warna. Semakin lama umur simpan mengakibatkan warna biji menjadi pucat [29]. Secara analisis warna, metode ini juga menghasilkan reduksi warna yang lebih sedikit, yaitu tetap bertahan dengan warna hijau dan kebiruan hingga 12 bulan. Biji kopi yang disimpan tanpa injeksi CO_2 menunjukkan variasi warna yang beragam, sedangkan dengan injeksi CO_2 perbedaan warna antara awal penyimpanan dengan akhir penyimpanan tidak signifikan berubah [28].

Penggunaan teknologi preservasi pada pengolahan biji kopi (*green bean*) pasca panen menggunakan teknik injeksi CO_2 memiliki potensi untuk menghambat gangguan serangga pada saat masa penyimpanan. Selain itu, penambahan CO_2 pada kemasan penyimpanan dapat mengikat kadar air berlebih pada biji kopi. Dengan begitu, potensi pertumbuhan serangga dapat diturunkan dan tingkat kadar air tetap stabil, sehingga kualitas biji kopi dapat terjaga dan bertahan lebih lama. Penambahan CO_2 mempengaruhi kesetimbangan yang diperlukan antara oksigen (O_2), karbon dioksida (CO_2), dan air dalam *spiracle* di sistem pernapasan serangga, dimana laju keluar CO_2 pada *spiracle* lebih lambat daripada masuknya O_2 pada kondisi normal, maka peningkatan CO_2 di udara menjadikan laju masuk O_2 lebih lambat lagi mengikuti prinsip kesetimbangan yang disebutkan sebelumnya. Serangga yang merupakan makhluk aerob akan mati jika kekurangan O_2 [30].

KESIMPULAN

Teknologi penyimpanan biji kopi dalam meningkatkan ketahanan industri pasca pandemi Covid-19 adalah teknologi penyimpanan menggunakan karung plastik dengan injeksi CO_2 (*hermetic packaging*). Metode ini dapat mengurangi risiko serangan serangga yang masuk ke biji kopi yang disimpan. Ditambah dengan teknologi injeksi CO_2 yang mampu mempertahankan kadar air biji kopi sekitar 10% selama 12 bulan. Berdasarkan hasil kajian ini, terdapat beberapa rekomendasi antara lain: pertama pemerintah perlu mendukung perkebunan rakyat kopi dengan mengembangkan kebijakan pengembangan teknologi pengolahan kopi, terutama pada sektor perkebunan rakyat / Industri Kecil Menengah (IKM), kedua Kementerian Perindustrian melalui unit kerja yang terkait dapat berinisiatif untuk membantu optimalisasi teknologi industri kopi, mengingat dominasi perkebunan rakyat di industri kopi yang masih menggunakan teknologi rendah, dan terakhir kajian lebih lanjut dapat dilakukan dengan metode penyimpanan kopi selain metode yang disarankan dalam tulisan ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji dan syukur Tim Penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena berkat izin-Nya kami dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dra. Chasri Nurhayati, M.Si. dan Bapak Bambang Sugiyono, S.T., M.Si. yang telah membimbing penulisan karya tulis ilmiah ini. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. P. Statistik, "Statistik Kopi Indonesia," 2020.
- [2] A. Asrol and H. Heriyanto, "Daya Saing Ekspor Pala Indonesia Di Pasar Internasional," *Din. Pertan.*, vol. 33, no. 2, pp. 179–188, 2019, doi: 10.25299/dp.2017.vol33(2).3831.
- [3] S. Wulandari, F. Djufry, and R. Villano, "Coping Strategies of Smallholder Coffee Farmers under the COVID-19 Impact in Indonesia," *Agriculture*, vol. 12, no. 5, p. 690, 2022, doi: 10.3390/agriculture12050690.
- [4] Z. Guido, C. Knudson, and K. Rhiney, "Will COVID-19 be one shock too many for smallholder coffee livelihoods?," *World Dev.*, vol. 136, p. 105172, 2020, doi: 10.1016/j.worlddev.2020.105172.
- [5] S. Lopez-Ridaura *et al.*, "Immediate impact of COVID-19 pandemic on farming systems in Central America and Mexico," *Agric. Syst.*, vol. 192, p. 103178, 2021, doi: 10.1016/j.agsy.2021.103178.
- [6] V. Byrareddy, L. Kouadio, S. Mushtaq, and R. Stone, "Sustainable production of robusta coffee under a changing climate: A 10-year monitoring of fertilizer management in coffee farms in Vietnam and Indonesia," *Agronomy*, vol. 9, no. 9, 2019, doi: 10.3390/agronomy9090499.
- [7] I. Fromm, "Building Resilient Value Chains After the Impact of the COVID-19 Disruption: Challenges for the Coffee Sector in Central America," *Front. Sustain. Food Syst.*, vol. 5, no. January, pp. 1–9, 2022, doi: 10.3389/fsufs.2021.775716.
- [8] E. M. Fambudi and M. S. Wahyudi, "Analisis Dampak Pandemi Covid-19 Terhadap Pendapatan Petani Kopi Di Desa Baturetno Kecamatan Dampit," *J. Ilmu Ekon. (JIE)*, vol. 6, no. 1, pp. 134–144, 2022.
- [9] N. Farahdila, Fajri, and A. Nugroho, "Pengaruh Gangguan Pandemi Covid-19 Terhadap Risiko Rantai Pasok Pada Sub-Sistem Pemasok Kopi Arabika Gayo Dengan Pendekatan Model Sistem Dinamik Di Kabupaten Aceh Tengah," *J. Ilm. Mhs. Pertan.*, vol. 6, no. November, pp. 108–116, 2021.
- [10] C. S. and R. V. Manuel A. Hernandez, Rebecca Pandolph, "Volatile Coffee Prices: Covid-19 and Market Fundamentals," 2020.
- [11] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 01-2907-2008: Biji Kopi," *Badan Standarisasi Nas.*, pp. 1–16, 2008.
- [12] P. Triptech and C. Borompichaichartkul, "Effect of packaging materials and storage time on changes of colour, phenolic content, chlorogenic acid and antioxidant activity in arabica green coffee beans (*Coffea arabica* L. cv. Catimor)," *J. Stored Prod. Res.*, vol. 84, p. 101510, 2019, doi: 10.1016/j.jspr.2019.101510.
- [13] H. Mayrowani, "Policies on Coffee Post-Harvest Technology Development and Its Development Issues," *Forum Penelit. Agro Ekon.*, vol. 31, no. 1, pp. 31–50, 2013.
- [14] W. N. Nusaly and K. Penturyr, "Dinamika Komunitas Bakteri dan Ragi Pada Proses Pengolahan Kopi Robusta dengan Pemrosesan Basah (Wet): Penapis Isolat Dominan," *Rumphius Pattimura Biol. J.*, vol. 2, no. 2, pp. 8–15, 2020.
- [15] E. T. Kembaren and Muchsin, "Pengelolaan Pasca Panen Kopi Arabika Gayo Aceh," *J. Visioner dan Strateg.*, vol. 10, no. 1, pp. 29–36, 2021.
- [16] A. Sulistyaningtyas, "Pentingnya Pengolahan basah (Wet Processing) Buah kopi Robusta (*Coffea var. robusta*) untuk menurunkan resiko kecacatan biji hijau saat coffee grading," *Pros. Semin. Nas. Publ. Has. Penelit. Dan Pengabd. Masy.*, vol. 9, no. 06, pp. 90–94, 2017.
- [17] . Y., R. Hulupi, . S., S. Mawardi, and C. Ismayadi, "Physical and Flavor Quality of Some Potential Varieties of Arabica Coffee in Several Interval Storage Periods," *Pelita Perkeb. (a Coffee Cocoa Res. Journal)*, vol. 23, no. 3, pp. 205–230, 2006, doi: 10.22302/icri.jur.pelitaperkebunan.v23i3.40.
- [18] L. C, "Green coffee storage: A factor that ought not to be overlooked from tea & coffee

- trade," 2002.
- [19] T. Owen, "Green coffee Freshness: How old is too old?," *Sweet Maria's Coffee*, 2002.
 - [20] R. A. Winarno, M. I. B. Perangin-Angin, and N. . Sembiring, "Karakteristik Sifat Kimia Biji Kopi Arabika Dengan Beberapa Metode Pengolahan Di Kabupaten Simalungun Provinsi Sumatera Utara," *J. Ilmu Pertan. Dan Peternak.*, vol. 09, pp. 237–243, 2021.
 - [21] O. Atmawinata, "Kadar air yang aman bagi penyimpanan biji kopi," *Pelita Perkeb.*, vol. 11, pp. 38–44, 1995.
 - [22] Yusianto, Sri-Mulato, and Martadinata, "Cita rasa kopi biji dan bubuk di pasaran pada beberapa kabupaten di wilayah Jawa Timur," *Pelita Perkeb.*, vol. 19, pp. 39–54, 2003.
 - [23] C. Ismayadi, B. Sumartono, A. Marsh, and R. Clarke, "Influence of storage of wet Arabica parchment prior to wet hulling on moulds development, ochratoxins A contamination, and cup quality of Mandheling Coffee," *Pelita Perkeb.*, vol. 21, pp. 131–146, 2005.
 - [24] G. C. Vincent, *Green coffee processing*, II. London and New York.
 - [25] I. Fathoni, "Analisis Daya Tarik Budidaya dan Pengolahan Kopi untuk Pengembangan Agrowisata di Desa Babadan Banjarnegara," *J. Kawistara*, vol. 10, no. 3, p. 310, 2020, doi: 10.22146/kawistara.42975.
 - [26] S. Rahayu, Hayata, and A. Meilin, "Identifikasi Kondisi Kerusakan Biji Kopi Liberika Tungkal Komposit (LIBTUKOM) dan Penyebabnya di Simpanan," *J. Media Pertan.*, vol. 7, no. April, pp. 23–30, 2022, doi: 10.33087/jagro.v7i1.143.
 - [27] Saolan, A. Sukainah, and M. Wijaya, "Pengaruh Jenis Kemasan dan Lama Waktu Penyimpanan Terhadap Mutu Bubuk Kopi Robusta (*Coffea robusta*)," *J. Pendidik. Teknol. Pertan.*, vol. 6, no. 2, pp. 337–338, 2009.
 - [28] F. C. Ribeiro, F. M. Borém, G. S. Giomo, R. R. De Lima, M. R. Malta, and L. P. Figueiredo, "Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂," *J. Stored Prod. Res.*, vol. 47, no. 4, pp. 341–348, 2011, doi: 10.1016/j.jspr.2011.05.007.
 - [29] A. Maksum, G. Wijonarko, and I. S. M. Purbowati, "Optimasi Kadar Air Green Bean Kopi Robusta dengan Fermentasi Basah Menggunakan Response Surface Methodology (RSM)," *Pros. Semin. Nas. dan Call Pap.*, pp. 190–197, 2020.
 - [30] S. M. Simelane, S. Abelman, and F. D. Duncan, "Dynamics of the oxygen, carbon dioxide, and water interaction across the insect spiracle," *Abstr. Appl. Anal.*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/157573.