

Sistem Agroforestri dan Penanganan Pascapanen Kopi Sebagai Strategi Pengembangan Kopi Berkelanjutan di Desa Sajang, Kabupaten Lombok Timur

Agroforestry Systems and Coffee Post-Harvest Handling as a Strategy for Sustainable Coffee Development in Sajang Village, East Lombok Regency

Ida Ayu Widhiantari^{1,2*}, Wahyu Astiko¹

AFILIASI

¹Program Doktor Pertanian
Berkelanjutan, Universitas
Mataram,, Mataram

²Fakultas Teknologi Pangan
dan Agroindustri, Universitas
Mataram, Mataram

*Korespondensi:

ida.ayuwidhiantari@unram.ac.id

Diterima: 17-06-2026

Disetujui: 06-10-2026

COPYRIGHT @ 2026 by
Agricola: Jurnal Pertanian.
This work is licensed under a
Creative Commons Attributions
4.0 International License

ABSTRACT

Coffee is a strategic plantation commodity with high economic value and the potential to support sustainable agricultural development. Sajang Village, East Lombok Regency, is one of the centers of smallholder coffee production that implements an agroforestry system and various post-harvest handling innovations. This study aims to examine the agroforestry system, coffee variety diversity, cultivation techniques, and post-harvest handling practices as a strategy for sustainable coffee development in Sajang Village. The study used a qualitative descriptive approach with a case study method. Data were collected through field observations, semi-structured interviews with farmer group leaders and coffee farmers, and documentation studies. Data were analyzed descriptively through the stages of data reduction, data presentation, and drawing conclusions using source and method triangulation techniques. The results show that coffee cultivation in Sajang Village implements a multi-strata agroforestry system with shade crops and intercrops such as banana, durian, vanilla, and cloves, which contributes to increasing agroecosystem stability and diversifying farmers' incomes. The coffee plantation boasts high genetic diversity, with three main coffee varieties: Arabica, Robusta, and Excelsa, as well as four local Robusta varieties: Unggul Sari, Malang Sari, Tugu Sari, and Kantim. Plant maintenance is carried out organically through an integrated coffee-livestock business that supports sustainable nutrient cycling. Post-harvest handling includes selective picking of ripe red fruit, processing using natural, honey, semi-wash, full wash, and carbonic methods, drying to 12% moisture content, storage using hermetic plastic and burlap sacks, and roasting using a roasting machine. An agroforestry cultivation system integrated with post-harvest technology has the potential to improve the quality, added value, and sustainability of smallholder coffee businesses in Sajang Village.

KEYWORDS: Agroforestry, Sajang Village, Coffee, Coffee post-harvest, Local varieties

ABSTRAK

Kopi merupakan komoditas perkebunan strategis yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berpotensi mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan. Desa Sajang, Kabupaten Lombok Timur, merupakan salah satu sentra produksi kopi rakyat yang menerapkan sistem agroforestri dan berbagai inovasi penanganan pascapanen. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji sistem agroforestri, keragaman varietas kopi, teknik budidaya, serta praktik penanganan pascapanen sebagai strategi pengembangan kopi berkelanjutan di Desa Sajang. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi kasus. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur terhadap pembina kelompok tani dan petani kopi, serta studi dokumentasi. Data dianalisis secara deskriptif melalui tahapan reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan dengan teknik triangulasi sumber dan metode. Hasil penelitian menunjukkan bahwa budidaya kopi di Desa Sajang menerapkan sistem agroforestri multistrata dengan tanaman penayang dan tanaman sela berupa pisang, durian, vanili, dan cengkeh yang berkontribusi terhadap peningkatan stabilitas agroekosistem dan diversifikasi pendapatan petani. Kebun kopi memiliki keragaman genetik yang tinggi dengan tiga jenis kopi utama, yaitu Arabika,

Robusta, dan Excelsa, serta empat klon lokal Robusta, yaitu Unggul Sari, Malang Sari, Tugu Sari, dan Kantim. Pemeliharaan tanaman dilakukan secara organik melalui integrasi usaha kopi–ternak yang mendukung siklus hara berkelanjutan. Penanganan pascapanen meliputi pemetikan selektif buah merah matang, pengolahan dengan metode natural, honey, semi wash, full wash, dan karbonik, pengeringan hingga kadar air 12%, penyimpanan menggunakan plastik hermetik dan karung goni, serta penyangraian menggunakan mesin roasting. Sistem budidaya agroforestri yang terintegrasi dengan teknologi pascapanen berpotensi meningkatkan kualitas, nilai tambah, dan keberlanjutan usaha kopi rakyat di Desa Sajang.

KATA KUNCI: Budidaya kopi; Pengolahan pascapanen; Pertanian sirkular; Klon kopi lokal

1. PENDAHULUAN

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan unggulan Indonesia yang memiliki peran strategis dalam perekonomian nasional (Sia *et al.*, 2025). Sebagai negara produsen kopi terbesar keempat di dunia, Indonesia tidak hanya mengandalkan volume produksi, tetapi juga keunikan cita rasa yang dipengaruhi oleh kondisi agroekologi dan praktik budidaya tradisional yang terus berkembang. Di tengah peningkatan permintaan kopi spesialti global, keberlanjutan produksi dan peningkatan nilai tambah menjadi tantangan utama yang harus dijawab melalui pendekatan inovatif di tingkat petani (Khairina *et al.*, 2026).

Kabupaten Lombok Timur, terutama Kecamatan Sajang, telah dikenal sebagai salah satu kantong produksi kopi penting di Nusa Tenggara Barat. Wilayah ini memiliki topografi berbukit (Pradita *et al.*, 2024) dengan ketinggian bervariasi, yang memberikan peluang untuk membudidayakan berbagai jenis kopi, mulai dari Arabika hingga Robusta. Di Desa Sajang, budidaya kopi telah dimulai sejak tahun 2017 dan dikelola secara berkelompok oleh 34 orang petani dengan luas lahan mencapai 48 hektar. Sistem budidaya yang diterapkan adalah tumpang sari dengan tanaman lain seperti pisang, durian, vanili, dan cengkeh. menyatakan, sistem budidaya tumpang sari mencerminkan praktik agroforestri yang tidak hanya meningkatkan pendapatan petani tetapi juga menjaga keseimbangan ekosistem (Erdi & Pratama, 2025; Mulu *et al.*, 2020; Yusuf & Astiko, 2025).

Keunikan lain dari kebun kopi Sajang adalah keberagaman jenis kopi yang dibudidayakan, yaitu Arabika, Robusta, dan Excelsa. Bahkan untuk jenis Robusta, petani setempat mengembangkan empat varietas lokal dengan karakteristik morfologi berbeda, seperti Robusta Unggul Sari (daun lebar), Robusta Malang Sari (daun agak kecil), Robusta Tugu Sari (ukuran daun paling kecil), dan Robusta Kantim (biji paling kecil dengan pohon mencapai tinggi 3–5 meter). Variasi genetik ini penting sebagai sumber daya plasma nutfah yang belum banyak didokumentasikan (Gebreselassie *et al.*, 2024). Selain itu, praktik pemupukan yang sepenuhnya menggunakan bahan organik (dedaunan dan kotoran hewan) menunjukkan kesadaran petani terhadap pertanian berkelanjutan, yang sejalan dengan upaya mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan menjaga kesehatan tanah (Apoorval *et al.*, 2025; Piato *et al.*, 2021).

Dari aspek mutu produk, petani kopi di Desa Sajang telah menerapkan penanganan pascapanen yang mengacu pada prinsip pengolahan kopi spesialti. Buah dipanen secara selektif pada tingkat kematangan optimum (buah merah), kemudian diolah menggunakan metode natural, semi-wash, full-wash, honey, dan fermentasi karbonik. Proses pengeringan dilakukan hingga kadar air sekitar 12% untuk menjaga stabilitas mutu selama penyimpanan. Selain penerapan teknologi pascapanen, kapasitas sumber daya manusia juga didukung oleh pembina kelompok tani yang memiliki kompetensi di bidang kopi spesialti.

Pengembangan kopi di Desa Sajang juga didukung oleh jejaring kemitraan dengan berbagai institusi, termasuk Temasek Polytechnic Singapura dalam bidang edukasi pertanian dan teknologi pascapanen, serta mitra dari Malaysia dalam pengembangan agrowisata kopi. Meskipun demikian, beberapa kendala masih dijumpai, antara lain belum optimalnya pemanfaatan limbah kulit kopi serta belum tersedianya inventarisasi dan dokumentasi ilmiah mengenai klon kopi lokal yang dibudidayakan.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat kesenjangan penelitian mengenai keterkaitan antara sistem agroforestri, keberagaman klon kopi lokal, teknik budidaya, dan praktik penanganan pascapanen sebagai satu kesatuan sistem pengembangan kopi berkelanjutan di Desa Sajang. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya membahas salah satu aspek secara terpisah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengkaji sistem agroforestri, mengidentifikasi klon kopi yang dibudidayakan, mendeskripsikan teknik budidaya dan penanganan pascapanen, serta menganalisis kontribusinya terhadap pengembangan kopi berkelanjutan di Desa Sajang, Kabupaten Lombok Timur.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2026 di kawasan perkebunan kopi Desa Sajang, Kecamatan Sembalun, Kabupaten Lombok Timur, Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi penelitian dipilih secara purposive dengan pertimbangan bahwa Desa Sajang merupakan salah satu sentra produksi kopi rakyat yang menerapkan sistem agroforestri, memiliki keragaman klon kopi lokal, serta telah mengembangkan berbagai metode pengolahan pascapanen kopi. Berdasarkan hasil wawancara dengan pengelola perkebunan kopi, kawasan perkebunan kopi yang diamati memiliki luas sekitar 48 ha dan dikelola oleh kelompok tani yang beranggotakan 34 petani.

2.2. Metode Pelaksanaan

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan metode studi kasus untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai sistem budidaya kopi, penerapan agroforestri, serta praktik penanganan pascapanen di Desa Sajang. Pendekatan ini dipilih karena mampu menggambarkan fenomena secara mendalam berdasarkan kondisi nyata di lapangan. Data primer dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur, dan studi dokumentasi. Informan dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan pengalaman dan keterlibatan dalam budidaya maupun pengolahan kopi. Informan terdiri atas pembina kelompok tani dan petani kopi yang telah memiliki pengalaman minimal lima tahun dalam budidaya kopi.

2.2.1. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung pada sistem budidaya kopi dan fasilitas pascapanen. Aspek yang diamati meliputi sistem agroforestri, jenis tanaman penayang dan tanaman sela, keragaman klon kopi, teknik pemeliharaan tanaman, metode panen, proses pengeringan, penyimpanan, penyangraian, serta pengemasan produk kopi.

2.2.2. Wawancara Mendalam

Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur terhadap informan terpilih secara sampling, yaitu pembina kelompok tani kopi dan petani yang terlibat langsung dalam kegiatan budidaya dan pengolahan pascapanen. Informasi yang digali meliputi sejarah pengembangan kopi, teknik budidaya, karakteristik klon lokal, metode pengolahan pascapanen, sistem pemasaran, kemitraan, serta kendala dan peluang pengembangan usaha kopi.

2.2.3. Studi Dokumentasi

Studi dokumentasi dilakukan untuk melengkapi data primer melalui pengumpulan dokumen terkait luas lahan, jumlah anggota kelompok tani, volume produksi, sarana pascapanen, dokumentasi kegiatan, serta data pendukung lainnya yang relevan dengan tujuan penelitian.

2.3. Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode analisis deskriptif kualitatif. Tahapan analisis meliputi reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Reduksi data dilakukan dengan memilih dan mengelompokkan informasi yang relevan dengan fokus penelitian. Data selanjutnya disajikan dalam bentuk uraian naratif, tabel, dan dokumentasi visual untuk memudahkan interpretasi. Penarikan kesimpulan dilakukan melalui proses sintesis antara hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi yang didukung oleh berbagai referensi ilmiah terkait sistem agroforestri, budidaya kopi, dan teknologi pascapanen. Validitas data diperkuat melalui teknik triangulasi sumber dan metode, yaitu membandingkan informasi yang diperoleh dari hasil observasi lapangan, wawancara informan, dan dokumen pendukung sehingga diperoleh data yang lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Sistem Agroforestri Kopi di Desa Sajang

Hasil observasi menunjukkan bahwa sistem budidaya kopi di Desa Sajang menerapkan pola agroforestri multistrata yang mengintegrasikan tanaman kopi dengan berbagai tanaman tahunan dan tanaman bernilai ekonomi lainnya. Dalam satu hamparan lahan seluas ± 48 hektar, selain kopi terdapat tanaman lain seperti pisang, durian, vanili, dan cengkeh. Sistem ini dikelola oleh 34 petani kopi. Pola agroforestri tersebut tidak hanya berfungsi sebagai sistem produksi kopi, tetapi juga sebagai strategi konservasi lahan dan diversifikasi sumber pendapatan petani.



Gambar 1. Budidaya Kopi Desa Sajang dengan Sistem Agroforestri

Keberadaan tanaman penayang dan tanaman sela menciptakan kondisi mikroklimat yang mendukung pertumbuhan tanaman kopi, terutama dalam menjaga kelembapan tanah, mengurangi erosi, serta menekan fluktuasi suhu di sekitar pertanaman kopi. Selain itu, keberagaman vegetasi meningkatkan stabilitas agroekosistem dan mengurangi risiko kegagalan panen akibat gangguan lingkungan. Penelitian Chiarawipa *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa naungan dengan intensitas cahaya antara 70–80% (transmisi cahaya 30–20%) merupakan kondisi optimal untuk pertumbuhan kopi Robusta, karena naungan yang terlalu berat (>50%) justru menurunkan efisiensi fotosintesis dan produktivitas. Pada lokasi penelitian, kombinasi tanaman pisang, durian, cengkeh, dan vanili menghasilkan distribusi naungan yang heterogen sehingga menciptakan variasi mikrohabitat di dalam kebun kopi. Variasi tersebut memungkinkan petani menyesuaikan strategi pengelolaan kebun sesuai kondisi pertumbuhan tanaman pada setiap lokasi, yang mencerminkan bentuk adaptasi lokal terhadap kondisi lingkungan. Hasil penelitian ini sesuai dengan temuan (Chiarawipa *et al.*, 2025) yang menunjukkan bahwa tingkat naungan sedang (sekitar 70–80%) memberikan kondisi optimum bagi pertumbuhan kopi Robusta karena mampu menjaga keseimbangan antara penerimaan cahaya dan perlindungan tanaman terhadap cekaman panas.

Budidaya dengan sistem agroforestri atau tumpang sari ini memiliki beberapa keuntungan diantaranya mampu meningkatkan keanekaragaman hayati dan stabilitas ekosistem, memberikan pendapatan tambahan bagi petani dari tanaman sela, menciptakan naungan yang sesuai untuk tanaman kopi, dan mampu mengurangi risiko gagal panen akibat dari timbulnya diversifikasi komoditas komoditas komoditas (Jezeer *et al.*, 2017; (Leijster *et al.*, 2021; (Rahn *et al.*, 2018; Ng'ombe *et al.*, 2024). Sistem budidaya tumpang sari mencerminkan praktik agroforestri yang tidak hanya meningkatkan pendapatan petani tetapi juga menjaga keseimbangan ekosistem (Erdi & Pratama, 2025; Mulu *et al.*, 2020; Yusuf & Astiko, 2025).

Pemilihan tanaman sela tidak dilakukan secara acak; pisang dan durian berfungsi sebagai pohon penayang sementara yang cepat tumbuh, sementara vanili dan cengkeh merupakan tanaman bernilai ekonomi tinggi. Penelitian yang dilakukan di Kabupaten Tanggamus menunjukkan bahwa tumpangsari kopi dengan lada dan pisang memberikan kontribusi signifikan terhadap pendapatan petani, yaitu 11-29% dari total pendapatan (Prasmatiwi *et al.*, 2023). Studi di Brazil mengonfirmasi bahwa tumpangsari kedelai dalam perkebunan kopi tidak mengganggu produktivitas kopi dan memberikan pendapatan tambahan yang berarti (Carvalho *et al.*, 2024). Oleh karena itu, sistem agroforestri di Desa Sajang merupakan strategi optimalisasi lahan yang baik secara ekologis maupun ekonomis. Sistem agroforestri yang diterapkan menunjukkan adanya integrasi antara fungsi ekologis dan ekonomi sehingga berpotensi menjadi model pengembangan kopi berkelanjutan di wilayah Lombok Timur.

Tabel 1. Komponen Agroforestri pada Kebun Kopi Desa Sajang

Komponen	Jenis Tanaman	Fungsi Utama
Tanaman utama	Kopi Arabika, Robusta, Excelsa	Produksi utama
Tanaman penayang	Pisang, Durian, Cengkeh	Pengatur intensitas cahaya dan kelembapan
Tanaman sela	Vanili, Pisang, Cengkeh	Diversifikasi pendapatan
Ternak	Sapi	Penyedia pupuk organik

Sistem agroforestri yang diterapkan menunjukkan adanya integrasi antara fungsi ekologis dan ekonomi sehingga berpotensi menjadi model pengembangan kopi berkelanjutan di wilayah Lombok Timur. Dari hasil wawancara diperoleh informasi bahwa vanili dan cengkeh dipilih terutama karena memiliki nilai jual yang relatif tinggi sehingga dapat menjadi sumber pendapatan tambahan di luar musim panen kopi. Diversifikasi ini membantu mengurangi ketergantungan pendapatan petani terhadap satu komoditas sekaligus menekan risiko akibat fluktuasi harga atau kegagalan produksi kopi. Pisang dipilih karena memberikan manfaat ekonomi dan ekologis secara bersamaan. Tanaman ini relatif cepat menghasilkan, mudah dipasarkan, dan dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan konsumsi rumah tangga. Secara ekologis, tajuk pisang membantu mengurangi intensitas cahaya matahari langsung, menjaga kelembapan mikro, serta menghasilkan biomassa dari daun dan batang yang dapat dikembalikan ke kebun sebagai bahan organik. Cengkeh juga mempunyai fungsi ganda, yaitu sebagai sumber pendapatan jangka menengah hingga panjang dan sebagai tanaman penabung bagi kopi. Sementara itu, vanili sesuai dikembangkan dalam sistem agroforestri karena membutuhkan kondisi yang relatif teduh serta dapat memanfaatkan tanaman lain sebagai penopang pertumbuhannya.

Di antara tanaman sela yang ada, pisang merupakan tanaman yang paling dominan secara fungsional karena tercatat sekaligus sebagai tanaman penabung dan tanaman sela. Keberadaan pisang menunjukkan bahwa tanaman tersebut memiliki peran penting dalam kebun kopi, baik untuk mengatur intensitas cahaya dan kelembapan maupun untuk menyediakan hasil yang dapat dipanen dalam waktu relatif singkat. Cengkeh juga memiliki peran cukup menonjol karena berfungsi sebagai penabung sekaligus komoditas tambahan bernilai ekonomi, sedangkan vanili lebih berperan sebagai tanaman sela bernilai jual tinggi.

3.2. Keragaman Klon Kopi yang Dibudidayakan

Desa Sajang membudidayakan tiga jenis kopi utama, yaitu Arabika (*Coffea arabica*), Robusta (*Coffea canephora*), dan Excelsa (*Coffea liberica* var. *dewevrei*). Keberadaan ketiga jenis kopi tersebut menunjukkan tingginya keragaman genetik yang dimiliki kawasan ini. Khusus pada kopi Robusta ditemukan empat varietas lokal yang dibedakan berdasarkan karakter morfologi daun dan ukuran biji, yaitu Unggul Sari, Malang Sari, Tugu Sari, dan Kantim. Keragaman tersebut menunjukkan adanya strategi petani dalam menyesuaikan jenis kopi dengan kondisi agroekologi kebun, tujuan produksi, kemampuan pemeliharaan, serta nilai ekonomi yang diharapkan. Wilayah pengembangan Kopi Arabika Sembalun, termasuk Desa Sajang, berada di lereng Gunung Rinjani dengan ketinggian kurang lebih 1000 m dpl (Sarjan *et al.*, 2020). Akan tetapi, perbedaan topografi menyebabkan kebun kopi di Desa Sajang dapat berada pada elevasi yang tidak seragam. Oleh karena itu, jenis kopi yang dibudidayakan tidak selalu ditanam pada ketinggian yang sama.

Tabel 2. Karakteristik Morfologi Klon Lokal Kopi Robusta di Desa Sajang

Klon	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)
Unggul Sari	28,6	12,9
Malang Sari	25,3	11,2
Tugu Sari	22,4	9,8
Kantim	24,5	10,7



Gambar 2. Ukuran Daun Tanaman Kopi Robusta (1) dan Arabika (2)

Pada Gambar 2 terlihat bahwa ukuran daun tanaman kopi Robusta memiliki ukuran yang lebih besar (lebar) dibandingkan ukuran daun tanaman kopi Arabika.



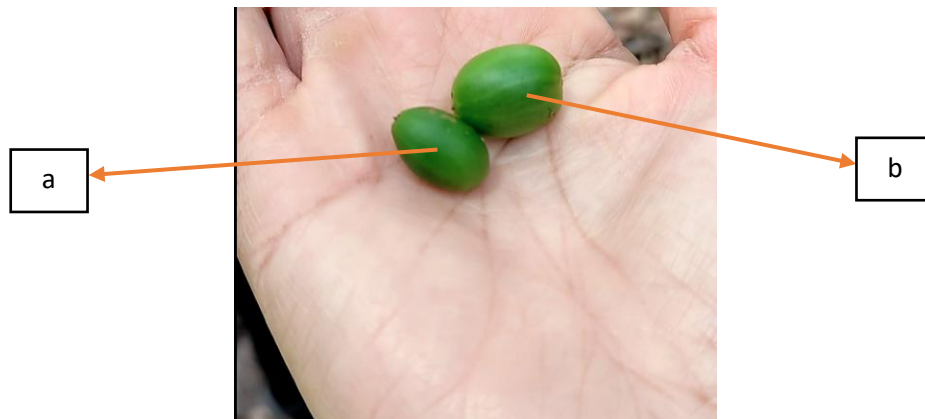
Gambar 3. Ukuran Daun Tanaman Kopi *Robusta Unggul Sari* (a), *Robusta Robusta* (b), dan *Robusta Tugu Sari* (c)

Pada Gambar 3 terlihat bahwa ukuran daun tanaman kopi jenis Robusta memiliki ukuran daun yang beragam, dimana ukuran daun *robusta unggul sari* (a) lebih besar (lebar) dibandingkan ukuran daun tanaman *robusta malang sari* (b) dan *robusta tugu sari* (c), sedangkan *robusta tugu sari* memiliki ukuran daun paling kecil.



Gambar 4. Ukuran Daun Kopi *Robusta Kantim*

Keanekaragaman klon kopi ini menunjukkan potensi plasma nutfah lokal yang perlu didokumentasikan dan dilestarikan. Penelitian karakterisasi morfologi di berbagai daerah Indonesia menunjukkan bahwa keragaman genetik kopi sangat tinggi, dengan tingkat kemiripan antar aksesori yang bervariasi (Unto *et al.*, 2025; Widayat *et al.*, 2023; dan Martono & Purwanto, 2021). Gambar 5 memperlihatkan klon robusta secara visual memiliki ukuran biji kopi yang lebih besar dibandingkan dengan biji kopi arabika pada usia yang sama. *Robusta kantim* memiliki ukuran biji paling kecil dan memiliki keunikan dalam hal cita rasa atau ketahanan terhadap hama, sehingga perlu dikaji lebih lanjut. Perbedaan ukuran daun dan biji secara visual antar klon juga sejalan dengan literatur bahwa karakter morfologi seperti bentuk daun dan ukuran buah merupakan penanda yang stabil untuk membedakan jenis kopi (Vidal-Tejeda *et al.*, 2023).



Gambar 5. Ukuran Biji Kopi Arabika (a) dan Robusta (b)



(a)

(b)

Gambar 6. Tanaman Kopi Robusta (a), Arabika (b)

3.3. Teknik Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman kopi dilakukan secara organik dengan memanfaatkan bahan-bahan lokal yang tersedia di sekitar kebun. Pemupukan dilakukan menggunakan campuran dedaunan dan kotoran ternak, terutama kotoran sapi dan kambing.

Tabel 3. Praktik Pemeliharaan Tanaman Kopi di Desa Sajang

Komponen	Praktik yang Dilakukan
Pemupukan	Organik (dedaunan dan kotoran ternak)
Pengendalian OPT	Secara alami melalui agroforestri
Pengelolaan tanah	Pemanfaatan seresah tanaman
Integrasi usaha	Kopi–sapi

Keunikan sistem budidaya di Desa Sajang adalah adanya integrasi antara tanaman kopi dengan pemeliharaan ternak sapi sehingga terbentuk sistem pertanian sirkular. Kotoran sapi dimanfaatkan sebagai bahan baku pupuk organik yang diaplikasikan kembali ke lahan kopi. Praktik ini sesuai dengan prinsip pertanian berkelanjutan dan telah terbukti dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah dalam jangka panjang (Ramadhani *et al.*, 2024). Selain itu, penggunaan pupuk organik pada pembibitan kopi juga terbukti meningkatkan pertumbuhan tanaman, seperti yang ditunjukkan pada bibit kopi Robusta yang diberi pupuk organik cair *Azolla pinnata* (Mitra, 2020).



Gambar 7. Integrasi Tanaman Kopi dengan Peternakan Sapi

Keberadaan sapi dalam sistem agroforestri kopi ini merupakan bagian dari strategi pengelolaan siklus hara terpadu. Kotoran sapi yang dikumpulkan dari kandang dicampur dengan dedaunan kering untuk dijadikan pupuk organik yang kemudian diaplikasikan kembali ke tanaman kopi dan tanaman sela. Sistem ini menciptakan rantai siklus nutrisi tertutup (*closed-loop nutrient cycle*) dimana limbah ternak tidak menjadi masalah lingkungan tetapi justru menjadi input berharga bagi kesuburan tanah. Penelitian Widyastuti & Supriyadi (2025) menunjukkan bahwa kombinasi pupuk kandang sapi dengan pupuk hijau dari seresah tanaman dapat meningkatkan kadar bahan organik tanah, kapasitas tukar kation, dan ketersediaan unsur hara makro seperti nitrogen, fosfor, dan kalium secara signifikan dibandingkan dengan pemupukan tunggal serta mampu meningkatkan kelembapan tanah melalui peningkatan struktur tanah, agregasi, ketahanan terhadap penguapan, dan kapasitas retensi air (Lawolo, 2025).

Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) pada sistem agroforestri dengan beragam tanaman membantu menekan serangan hama dan penyakit secara alami (Venzon, 2021). Hal ini didukung oleh penelitian di Pasuruan yang menunjukkan bahwa agroforestri kopi meningkatkan keanekaragaman serangga dan mengendalikan OPT secara alami (Mardyandari *et al.*, 2025). Dengan demikian, petani tidak perlu menggunakan pestisida kimia.

3.4. Metode Panen dan Penanganan Pascapanen

Panen dilakukan secara selektif dengan memetik buah kopi yang telah mencapai tingkat kematangan optimal (berwarna merah penuh/cherry merah). Penelitian oleh Velásquez *et al.*, (2019) menegaskan bahwa pemetikan buah merah matang secara signifikan meningkatkan skor kualitas kopi. Sistem panen ini diterapkan untuk menjaga mutu bahan baku dan meningkatkan kualitas cita rasa kopi. Periode panen Arabika berlangsung pada bulan April–Juni, sedangkan Robusta dipanen pada bulan Juli–Oktober. Produktivitas kebun mencapai sekitar 100 ton per tahun dari total jenis kopi Robusta dan Arabika.



Gambar 8. Penampakan Perbedaan Tingkat Kematangan Biji Kopi dari Segi Warna dalam Satu Tangkai Tanaman

Buah kopi yang matang sempurna (cherry merah) mengandung konsentrasi gula reduksi, asam organik, dan senyawa prekursor aroma yang optimal untuk pembentukan cita rasa selama proses pengolahan dan penyangraian. Sebaliknya, buah yang masih hijau (belum matang) mengandung kadar asam klorogenat yang

sangat tinggi dan senyawa seperti *trigonelline* dalam bentuk yang belum terkonversi, yang dapat menghasilkan rasa *grassy*, *greeny*, atau *astringent* yang tidak disukai dalam cangkir kopi spesialti (G. Hu *et al.*, 2020; Li *et al.*, 2023); Baptistella *et al.*, 2024; dan Kitzberger *et al.*, 2020).

Pengaruh ketinggian tempat terhadap densitas biji kopi memiliki implikasi penting terhadap strategi panen (Worku *et al.*, 2018). Di dataran tinggi dengan suhu rata-rata lebih rendah, proses metabolisme tanaman kopi berlangsung lebih lambat, sehingga buah memerlukan waktu lebih lama untuk mencapai kematangan penuh. Waktu panen yang lebih panjang ini justru menguntungkan karena memungkinkan akumulasi senyawa prekursor aroma dan gula yang lebih tinggi, yang berkontribusi pada peningkatan densitas biji dan kompleksitas cita rasa (Worku *et al.*, 2018; (R. Hu *et al.*, 2024). Penelitian Kopi Arabika yang ditanam pada ketinggian 1.600 m dpl mempunyai kandungan protein, kafein, lemak, dan abu serta total skor citarasa paling tinggi dengan karakter spicy, strong fragrance, dan chocolaty (Towaha *et al.*, 2015).

Di Desa Sajang yang memiliki variasi ketinggian, petani secara empiris telah memahami bahwa biji kopi dari kebun yang berada di bagian atas (lebih tinggi) lebih berat dan menghasilkan rasa yang lebih kuat dibandingkan dari kebun di bagian bawah. Pengetahuan ini menjadi dasar bagi petani untuk melakukan pemisahan hasil panen berdasarkan blok ketinggian, sehingga kopi dari dataran tinggi dapat dipasarkan dengan harga premium terpisah.

3.5. Pengolahan Pascapanen

Petani kopi Desa Sajang telah menerapkan berbagai metode pengolahan pascapanen yang memungkinkan dihasilkannya profil cita rasa yang beragam.

Tabel 4. Metode Pengolahan Pascapanen Kopi

Metode	Deskripsi
Semi wash	Biji dikupas, dicuci sebagian, lalu dikeringkan
Full wash	Biji dikupas dan dicuci penuh dengan air
Honey	Biji dikupas tanpa dicuci dan langsung dikeringkan
Natural	Biji dicuci dan dijemur tanpa dikupas
Karbonik	Fermentasi dalam kondisi anaerob (karbonik)

Sumber : Wawancara Pembina Petani Kopi Desa Sajang, 2026

Keragaman metode ini memungkinkan petani menghasilkan kopi dengan profil rasa yang berbeda, sehingga dapat memenuhi berbagai segmen pasar. Berdasarkan hasil wawancara dengan pembina dan petani kopi Desa Sajang, metode *semi-wash* merupakan metode pengolahan pascapanen yang paling banyak digunakan, sedangkan fermentasi karbonik merupakan metode yang paling sedikit diterapkan. Pemilihan metode tersebut tidak hanya berkaitan dengan mutu kopi yang dihasilkan, tetapi juga dipengaruhi oleh ketersediaan peralatan, air, tenaga kerja, kondisi cuaca, pengalaman petani, waktu pengolahan, dan permintaan pasar. Metode pengolahan pascapanen diketahui berpengaruh terhadap karakteristik fisik, kimia, dan sensoris kopi karena menentukan jumlah lapisan buah yang dipertahankan, aktivitas fermentasi, serta laju pengeringan biji (Váradý *et al.*, 2024). Metode *semi-wash* berkaitan dengan kemudahan penerapannya pada tingkat petani. Berdasarkan pengetahuan dan pengalaman lokal, petani telah memahami tahapan pengupasan, pencucian sebagian, penjemuran, serta penentuan tingkat kekeringan biji melalui pengamatan warna, tekstur, dan kondisi kulit tanduk. Metode ini juga tidak memerlukan wadah fermentasi kedap udara maupun pengendalian proses yang rumit. Waktu pengolahannya relatif lebih singkat dibandingkan metode natural karena sebagian besar kulit buah telah dihilangkan sebelum pengeringan. Kondisi tersebut membantu petani mengurangi risiko kerusakan biji ketika cuaca tidak menentu dan mempercepat penanganan hasil panen dalam jumlah besar.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pembina dan petani kopi Desa Sajang, fermentasi karbonik merupakan metode yang paling sedikit digunakan karena teknik tersebut relatif baru dan belum dikuasai secara luas oleh petani setempat (Pembina dan Petani Kopi Desa Sajang, komunikasi pribadi, 2026). Dalam proses maserasi karbonik, buah kopi yang utuh ditempatkan di dalam tangki kedap udara, kemudian oksigen dikeluarkan atau digantikan dengan karbon dioksida untuk menciptakan kondisi fermentasi anaerob. Proses tersebut mendorong berlangsungnya fermentasi intraseluler di dalam buah dan dapat menghasilkan karakteristik kimia serta sensoris yang berbeda dari metode pengolahan konvensional (Azmi *et al.*, 2024). Keberhasilan fermentasi kopi dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah, kondisi sanitasi bahan dan wadah,

suhu, waktu fermentasi, ketersediaan air, serta kondisi lingkungan di dalam tangki. Karena faktor-faktor tersebut memengaruhi aktivitas mikroorganisme, pembentukan metabolit, dan profil sensoris kopi, proses fermentasi perlu dipantau dan dikendalikan untuk menghasilkan mutu yang konsisten (Cortés *et al.*, 2024). Fermentasi karbonik merupakan metode yang paling sedikit digunakan karena teknik tersebut relatif baru dan belum dikuasai secara luas oleh petani setempat (Pembina dan Petani Kopi Desa Sajang, komunikasi pribadi, 2026). Dalam proses maserasi karbonik, buah kopi yang utuh ditempatkan di dalam tangki kedap udara, kemudian oksigen dikeluarkan atau digantikan dengan karbon dioksida untuk menciptakan kondisi fermentasi anaerob. Proses tersebut mendorong berlangsungnya fermentasi intraseluler di dalam buah dan dapat menghasilkan karakteristik kimia serta sensoris yang berbeda dari metode pengolahan konvensional (Azmi *et al.*, 2024). Keberhasilan fermentasi kopi dipengaruhi oleh tingkat kematangan buah, kondisi sanitasi bahan dan wadah, suhu, waktu fermentasi, ketersediaan air, serta kondisi lingkungan di dalam tangki. Karena faktor-faktor tersebut memengaruhi aktivitas mikroorganisme, pembentukan metabolit, dan profil sensoris kopi, proses fermentasi perlu dipantau dan dikendalikan untuk menghasilkan mutu yang konsisten (Cortés *et al.*, 2024).

Penelitian pada kopi Robusta Jawa Bogor menunjukkan bahwa metode *natural* dan *honey* menghasilkan komposisi senyawa volatil yang berbeda, dimana etil sinamat menjadi penanda untuk proses *honey* dan 1-isopropil-3-metilbenzena menjadi penanda untuk proses *natural* (Suaib *et al.*, 2024). Hal ini mengkonfirmasi bahwa variasi metode pengolahan memang menghasilkan karakteristik sensorik yang khas. Proses pengeringan biji kopi dilakukan di *green house* dengan beralaskan terpal, dan biji dibalik secara berkala hingga kadar air mencapai 12% yang diukur dengan menggunakan sensor kadar air. Pada saat kunjungan lapangan, *green house* yang biasa digunakan belum diperbaharui, dimana tidak nampak plastik penutup nya yang disebabkan oleh rusak dan terbang terbawa angin.

Escobar *et al.*, (2020) menyebutkan bahwa kadar air kopi berkulit (parchment) yaitu 10–12% wb diperlukan untuk penyimpanan jangka panjang yang aman. Setelah kering, proses selanjutnya yaitu biji kopi *green beans* ditangani dalam dua bentuk yaitu disimpan langsung dalam kemasan dan atau diolah ke tahap *roasting* menyesuaikan dengan permintaan konsumen.



Gambar 9. *Green Beans*

Kemasan yang digunakan untuk *green beans* yaitu menggunakan kemasan sekunder dimana pertama *green beans* dikemas dalam plastik hermetik dan dimasukkan kembali ke dalam karung goni untuk tujuan pengiriman lokal hingga luar negeri seperti Korea. Karung goni diyakini oleh petani kopi Desa Sajang berguna sebagai pelindung mekanis/luar dan untuk penanganan logistik.

Selain *green beans* dikemas langsung untuk tujuan pengiriman sesuai permintaan konsumen, sebagian *green beans* masuk pada tahap *roasting*. Proses *roasting* dilakukan menggunakan mesin *roasting* dengan kapasitas 5 kg per *batch* dengan lama waktu yang dibutuhkan yaitu 20-25 menit. Setelah *roasting*, biji kopi didiamkan selama 38 jam (*degassing*) yang bertujuan untuk melepaskan gas CO₂ sebelum biji kopi dikemas. *Degassing* optimal diperlukan untuk menghindari ekstraksi yang tidak merata saat penyeduhan. Anderson *et al.*, (2003) melaporkan bahwa kopi yang baru disangrai dapat menghasilkan 10 mg CO₂ per gram. CO₂ adalah gas utama dari hasil *roasting* (lebih dari 80% gas yang terbentuk) (Wang & Lim, 2014) yang dapat memengaruhi rasa kopi yang dihasilkan.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan kopi di Desa Sajang didukung oleh integrasi antara sistem agroforestri multistrata, keragaman klon kopi lokal (Unggul Sari, Malang Sari, Tugu Sari, dan Kantim), teknik budidaya organik, dan penerapan penanganan pascapanen yang saling melengkapi dalam membentuk sistem produksi kopi yang berkelanjutan. Sistem agroforestri yang memadukan kopi dengan tanaman penayang dan tanaman sela, seperti pisang, durian, vanili, dan cengkeh, berkontribusi terhadap terciptanya mikroklimat yang lebih sesuai bagi pertumbuhan tanaman, konservasi tanah, diversifikasi pendapatan petani, serta peningkatan ketahanan agroekosistem terhadap perubahan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, B. A., Shimoni, E., Liardon, R., & Labuza, T. P. (2003). The diffusion kinetics of carbon dioxide in fresh roasted and ground coffee. *Journal of Food Engineering*, 59(1), 71–78. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00432-6](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00432-6)
- Apoorval, A. V. M., Krishna Murthy, R., Govinda, K., Bhavya, N., Uday Kumar, S. N., Manjunatha, M. H., Raghu, H. B., Veeranagappa, P., Sathish, B. N., & Hareesh, T. S. (2025). Soil quality and microbial diversity across organic and conventional coffee in central Western Ghats India. *Scientific Reports*, 15(1), 34184.
- Azmi, N., Abubakar, Y., Widayat, H. P., Nilda, C., Yunika, M., Andini, S., Rahmi, F., & Muzaifa, M. (2024). What is carbonic maceration coffee? A mini review on production and quality. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1356(1), 12007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1356/1/012007>
- Baptistella, J. L. C., Assoni, G., da Silva, M. S., & Mazzafera, P. (2024). Variation in soluble sugars in Arabica coffee cherry fruits. *Plants*, 13(13), 1853. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants13131853>
- Carvalho, E. de, de Assis, G. A., Martins, G. D., Marques, D. J., dos Santos, E. A., Xavier, L. C. M., Malta, L. M. R., & Zampiroli, R. (2024). Intercropped soybean plant population in a coffee plantation and its effects on agronomic parameters and geospatial information. *Agronomy*, 14(2), 343. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/agronomy14020343>
- Chiarawipa, R., Kulasin, B., & Rueangkhanab, M. (2025). Leaf Acclimation of Robusta Coffee Trees to Photosynthetic Efficiency of Shade-Grown Conditions in Rubber-Coffee Intercropping Systems. *JAPS: Journal of Animal & Plant Sciences*, 35(2). <https://doi.org/10.36899/japs.2025.2.0033>
- Cortés, V. H., Bahamón Monje, A. F., Bustos Vanegas, J. D., & Guzmán, N. G. (2024). Challenges in coffee fermentation technologies: bibliometric analysis and critical review. *Journal of Food Science and Technology*, 61(12), 2223–2234. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13197-024-06054-5>
- Erdi, P., & Pratama, L. (2025). Efektivitas Tumpang Sari Tanaman Kopi Di Kebun Karet Dengan Metode Sambung Pucuk. *SIMBIOSIS: Jurnal Sains Pertanian*, 2(2), 109–113.
- Escobar, G. A. C., Guzmán, Nelson, G., Herrera, Henry, A. ., & Cruz, Claudia, M. A. (2020). Moisture dynamic sorption isotherms and thermodynamic properties of parchment specialty coffee (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.25186/v15i.1684>
- Gebreselassie, H., Tesfaye, B., & Gedebo, A. (2024). Genetic diversity of Arabica coffee genotypes in south Ethiopia using quantitative agro-morphological traits. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 71(7), 3485–3506.
- Hu, G., Peng, X., Wang, X., Li, X., Li, X., & Qiu, M. (2020). Excavation of coffee maturity markers and further research on their changes in coffee cherries of different maturity. *Food Research International*, 132, 109121. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109121>
- Hu, R., Xu, F., Chen, X., Kuang, Q., Xiao, X., & Dong, W. (2024). The growing altitude influences the flavor precursors, sensory characteristics and cupping quality of the Pu'er coffee bean. *Foods*, 13(23), 3842. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods13233842>
- Jezeer, R. E., Verweij, P. A., Santos, M. J., & Boot, R. G. A. (2017). Shaded coffee and cocoa--double dividend for biodiversity and small-scale farmers. *Ecological Economics*, 140, 136–145. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.04.019>
- Khairina, I., Rusdi, M., & Herman, B. (2026). Agribusiness Performance through Innovation: The Case of Arabica Bemba Coffee in Enrekang. *Hasanuddin Economics and Business Review*, 202–212.

- Kitzberger, G., Sorane, C., Protasio Pereira, L. F., Dos Santos Scholz, M. B., & others. (2020). *Flavor precursors and sensory attributes of coffee submitted to different post-harvest processing*. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2020.4.700>
- Lawolo, T. Y. (2025). Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang dan Organik Pada Kelembapan Tanah. *Jurnal Ilmu Pertanian Dan Perikanan*, 2(1), 86–91.
- Leijster, V. De, Santos, M. J., Wassen, M. W., García, J. C. C., Fernandez, I. L., Verkuil, L., Scheper, A., Steenhuis, M., & Verweij, P. A. (2021). Ecosystem services trajectories in coffee agroforestry in Colombia over 40 years. *Ecosystem Services*, 48, 101246. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101246>
- Li, Z., Zhou, B., Zheng, T., Zhao, C., Shen, X., Wang, X., Qiu, M., & Fan, J. (2023). Integrating metabolomics and proteomics technologies provides insights into the flavor precursor changes at different maturity stages of arabica coffee cherries. *Foods*, 12(7), 1432. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods12071432>
- Mardiyandari, I. N., Fadillah, N., Amelia, A. C., Azzahra, M. L., & Apriliani, S. I. (2025). Fungsi Agroforestri Terhadap Pengelolaan OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) di Desa Tambaksari, Purwodadi, Pasuruan. *JURNAL HUTAN LESTARI*.
- Martono, B., & Purwanto, E. H. (2021). The Characterization and Quality of 14 Accessions of Robusta Coffee. *E3S Web of Conferences*, 316, 3021. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202131603021>
- Mitra, T. (2020). *PENGARUH PUPUK ORGANIK CAIR Azolla pinnata TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KOPI ROBUSTA (Coffea canephora)*. Universitas Andalas.
- Mulu, M., Ngalu, R., & Lazar, F. L. (2020). Pola Tanam Tumpang Sari di Desa Satar Punda Barat, Kabupaten Manggarai Timur, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 72–78.
- Ng'ombe, A., Sithole, M., Musafiri, C. M., Kiboi, M., Sales, T., Kayira, M., & Ngetich, F. K. (2024). Uptake determinants of climate-smart agricultural practice for greening smallholder groundnut value chain: Evidence from Malawi. *Cleaner and Circular Bioeconomy*, 9, 100123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.clcb.2024.100123>
- Piato, K., Sub  ia, C., Pico, J., Calder  n, D., Norgrove, L., & Lefort, F. (2021). Organic farming practices and shade trees reduce pest infestations in robusta coffee systems in Amazonia. *Life*, 11(5), 413.
- Pradita, N., Sukardi, L., & others. (2024). Evaluation of the Sustainability Status of Arabica Coffee-based Eco-farming on Sembalun's Drylands, East Lombok Regency. *Asian Journal of Research in Agriculture and Forestry*, 10(4), 338–345.
- Prasmatiwi, F. E., Evizal, R., Nawansih, O., Rosanti, N., Qurniati, R., & Sanjaya, P. (2023). Keragaman tanaman dan sumbangan penerimaan tumpang-sari kopi dan lada di Kabupaten Tanggamus Provinsi Lampung. *Jurnal Agrotek Tropika*, 11(1), 45–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.23960/jat.v11i1.6476>
- Rahn, E., Liebig, T., Ghazoul, J., van Asten, P., L  derach, P., Vaast, P., Sarmiento, A., Garcia, C., & Jassogne, L. (2018). Opportunities for sustainable intensification of coffee agro-ecosystems along an altitudinal gradient on Mt. Elgon, Uganda. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 263, 31–40. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.019>
- Ramadhani, W. S., Rahmat, A., Mutolib, A., Rahman, N. A., Sutrisno, E., Amilia, E., & Indriyani, I. (2024). Soil chemical status under natural Forest, coffee agroforestry and coffee monoculture at air Hitam subdistrict, West Lampung, Indonesia. *E3S Web of Conferences*, 482, 1007. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448201007>
- Sarjan, M., Na  , B. J., Wati, R., & others. (2020). Kopi sajang menuju dunia melalui promosi dan pembaharuan kemasan produk. *Jurnal Warta Desa (JWD)*, 2(1), 135–140. <https://doi.org/10.29303/jwd.v2i1.106>
- Sia, R., Darma, R., Salman, D., & Riwu, M. (2025). Sustainability assessment of the arabica coffee agribusiness in north Toraja: insight from a multidimensional approach. *Sustainability*, 17(5), 2167.
- Suaib, N. F., Faridah, D. N., Adawiyah, D. R., & Andarwulan, N. (2024). Authentication of volatile and non-volatile compounds in Robusta Java Bogor as a differentiator in post-harvest processes. *BIO Web of Conferences*, 123, 1002. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/bioconf/202412301002>

- Towaha, J., Purwanto, E. H., & Supriadi, H. (2015). Quality attributes of Arabica coffee grown at three different altitudes in Garut. *Journal of Industrial and Beverage Crops*, 2(1), 29–34.
- Unto, M. E., Kesaulya, H., & Rahardjo, S. H. T. (2025). *Karakterisasi Morfologi dan Analisis Kluster Aksesori Kopi (Coffea sp.) Asal Seram Bagian Selatan, Indonesia*. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2025.21.1.111>
- Várady, M., Boržňíková, J., & Popelka, P. (2024). Effect of processing method (natural, washed, honey, fermentation, maceration) on the availability of heavy metals in specialty coffee. *Heliyon*, 10(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e25563>
- Velásquez, S., Peña, N., Bohórquez, J. C., Gutierrez, N., & Sacks, G. L. (2019). Volatile and sensory characterization of roast coffees--Effects of cherry maturity. *Food Chemistry*, 274, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.127>
- Venzon, M. (2021). Agro-ecological management of coffee pests in Brazil. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 721117.
- Vidal-Tejeda, C. A., Julca-Otiniano, A., Castro-Cepero, V., Alvarado-Huaman, L., & Borjas-Ventura, R. R. (2023). Physical and physiological attributes of coffee seeds (*Coffea arabica* L.). *Siembra*, 10(2). <https://doi.org/10.29166/siembra.v10i2.4523>
- Wang, X., & Lim, L.-T. (2014). Effect of roasting conditions on carbon dioxide degassing behavior in coffee. *Food Research International*, 61, 144–151. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.027>
- Widayat, H. P., Andini, R., Zaelani, A., Sulaiman, M. I., Sembiring, E. R., Jaya, R., & Muzaifa, M. (2023). *Genetic Diversity of Cultivated Gayo Arabica Coffee (Coffea arabica L.) Revealed via Simple Sequence Repeat (SSR) Marker and Their Morphological Characteristics*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-3101765/v1>
- Worku, M., De Meulenaer, B., Duchateau, L., & Boeckx, P. (2018). Effect of altitude on biochemical composition and quality of green arabica coffee beans can be affected by shade and postharvest processing method. *Food Research International*, 105, 278–285. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.11.016>
- Yusuf, M., & Astiko, W. (2025). Agroforestry As an Ecological Approach to Support the Sustainability of Dryland Agroecosystems in Pringgabaya District, East Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4), 5309–5324.