

Kajian Identifikasi Mikroorganisme pada Fermentasi Kopi Arabika *Study of the Identification Microorganism in Arabica Coffee Fermentation*

Jaya Mahar Maligan¹; and Jenita Nabila Nahda^{1*}

¹ Departemen Ilmu Pangan dan Bioteknologi, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia.

Abstrak

Pendahuluan: Kopi merupakan salah satu minuman paling diminati karena rasanya yang unik. Indonesia tercatat sebagai negara penghasil kopi terbesar ke-3 di dunia pada tahun 2022/2023 sebanyak 11,85 juta kantong. Ada dua jenis tanaman kopi yang sangat dikenal yaitu Arabica (*Coffea arabica* Linn) dan kopi Robusta (*Coffea canephora* Pierre). Untuk mendapatkan hasil pengolahan biji kopi yang baik erat sekali hubungannya dengan jenis kopi, tinggi tempat penanaman dan cara pengolahan yang dilakukan. Dalam proses pengolahannya tentu ada peranan mikroorganisme yang ikut merombak senyawa aktif di dalamnya baik itu berupa khamir, kapang dan bakteri. **Tujuan:** Mengetahui jenis Mikroorganisme yang tumbuh pada fermentasi kopi Arabika. **Metode:** Kajian pustaka melalui beberapa jurnal yang relevan dan yang pernah dilakukan uji serupa. **Hasil:** Ada beberapa jenis mikroorganisme yang tumbuh diantaranya kapang berupa *Aspergillus* sp. *Penicillium* sp. dan *Trichoderma* sp. Bakteri selulolitik, BAL dan khamir berupa *Saccharomyces* sp. Jenis mikroorganisme ini bergantung pada jenis proses, lama fermentasi dan jenis kopi. Selain itu selama proses fermentasi terjadi peningkatan kualitas kopi dimana menghasilkan alkohol dan asam organik sehingga memberikan aroma dan rasa untuk produksi kopi yang berkualitas.

Kata Kunci


Fermentasi, Kopi Arabika, Mikroorganisme

Abstract

Preview: Coffee is one of the most popular beverages because of its unique flavor. Indonesia was recorded as the 3rd largest coffee producer in the world by 2022/2023 with 11.85 million bags. There are two very well-known types of coffee plants: Arabica (*Coffea arabica* Linn) and Robusta coffee. (*Coffea canephora* Pierre). To get good coffee seed processing results is closely related to the type of coffee, the height of the site of planting and the way the processing is carried out. In the processing process there must be a role of microorganisms that are involved in ripping the active compounds in it whether it is khamer, clams and bacteria. **Objective:** To know the kind of microorganisms that grow on Arabica coffee fermentation. **Methods:** Study the library through several relevant journals and have done similar tests. **Results:** There are several kinds of microorganisms that grow, including *Aspergillus* sp. *Penicillium* sp. and *Trichoderma* sp. Cellulose bacteria, BAL and *Saccharomyces* sp. In addition, during the fermentation process, there is an improvement in the quality of coffee, which produces alcohol and organic acids, giving aroma and flavor to quality coffee production.

Keyword

Fermentation, Arabica Coffee, Microorganism

* Korespondensi : Jenita Nabila Nahda  jenitanabila15@student.ub.ac.id

1. Pendahuluan

Kopi merupakan salah satu hasil komoditi perkebunan di Indonesia yang memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi di antara tanaman perkebunan lainnya dan berperan penting sebagai sumber devisa negara. Menurut laporan Statistik Indonesia 2023 dari Badan Pusat Statistik (BPS), produksi kopi Indonesia mencapai 794,8 ribu ton pada tahun 2022 dan meningkat sekitar 1,1% dibandingkan sebelumnya. Jenis kopi yang dibudidayakan di Indonesia diantaranya adalah jenis arabika, robusta, liberika, dan ekselsa (Safrida and Lismandaria, 2022). Namun produksi kopi yang paling banyak dihasilkan yaitu jenis kopi Robusta dan Arabika (Kayaputri, Amalia and Khairunnisa, 2022). Kopi arabika (*Coffea arabica* L.) merupakan kopi dengan cita rasa yang paling baik dibanding jenis kopi lainnya. Biji kopi arabika berbentuk picak berukuran besar dengan bobot 18-22 g tiap 100 biji (Montenegro, Freitas-silva and Teodoro, 2022). Kopi Arabika yang dikenal sebagai kopi arab yang mana diyakini sebagai spesies kopi pertama yang dibudidayakan. Kopi Arabika memiliki ciri – ciri dan sifat diantaranya memiliki daun kecil, halus dan mengkilat, memiliki biji buah yang lebih besar, memiliki aroma yang lebih harum dan memiliki cita rasa yang khas (Nappu & Kresna, 2016). Kualitas kopi Arabika dipengaruhi oleh beberapa hal diantaranya proses pascapanen, proses pengolahan pada saat fermentasi, penjemuran hingga penggilingan. Salah satu tahapan yang sangat penting yaitu proses fermentasi. Fermentasi ini bertujuan untuk menghilangkan lapisan lendir yang tersisa di permukaan kulit tanduk biji kopi setelah proses pengupasan dan mengurangi rasa pahit (fermentasi kopi). Ada dua jenis teknik fermentasi yang umum dikenal yaitu fermentasi aerob dan anaerob (Kusmiah, Waris and Manggabarani, 2021).

Fermentasi anaerob merupakan jenis fermentasi dimana buah kopi dimasukkan kedalam wadah kedap udara dan diinjeksikan gas CO₂ dengan anggapan kadar oksigen didalam sedikit atau bahkan tidak ada (fermentasi anaerob) (Kayaputri, Amalia and Khairunnisa, 2022). Fermentasi ini melibatkan beberapa proses kimia diantaranya Hidrolisis (penambahan air), Acidogenesis (konversi gula dan asam lemak menjadi alkohol), Asetogenesis (menghasilkan gas hidrogen dan karbon dioksida) serta Metanogenesis (pembentukan gas yang dilakukan oleh mikroba (Febrianto and Zhu, 2023). Keragaman mikroba pulp/biji kopi pada fermentasi anaerob terutama terdiri dari bakteri ragi, mesofilik dan asam laktat. Kondisi kekurangan oksigen membatasi pertumbuhan mikroorganisme aerobik, dimana tidak menguntungkan untuk pertumbuhan jamur berfilamen seperti *Aspergillus* dan *Penicillium*. Di sisi lain, ragi dan bakteri dapat bertahan hidup dalam kondisi anaerob meskipun terjadi perubahan metabolisme (Saripah *et al.*, 2021).

Literature review ini bertujuan untuk mengetahui jenis jenis metode untuk mengetahui profil mikroorganisme yang tumbuh dalam kondisi fermentasi anaerob.

2. Bahan dan Metode

Penelusuran literatur dilakukan melalui *Google Scholar*, *ScienceDirect*, *Frontiers* dan *Academia* dengan menggunakan kata kunci ‘anaerob fermentation’, ‘arabica coffee’, ‘identification microbial’ dan ‘metode SIAF’ pada jurnal nasional maupun internasional. Literatur yang ditelusuri adalah artikel yang diterbitkan pada 5 tahun terakhir.

3. Hasil & Pembahasan

3.1. Fermentasi Anaerob

Fermentasi anaerobik (AF)/anaerobiosis mengacu pada fermentasi biji kopi perkamen basah (WPCB) atau ceri kopi dalam kondisi kekurangan oksigen (Saripah *et al.*, 2021). Fermentasi anaerob ini dapat menginduksi perubahan komposisi kimia melalui tiga mekanisme, yaitu perubahan konsorsium mikroorganisme, metabolisme mikroorganisme, dan metabolisme kopi. Metode Fermentasi anaerob ini mirip dengan DP dan WP hanya saja fermentasinya dilakukan dengan bioreaktor tertutup (De Paiva *et al.*, 2020). Salah satu metode yang sering digunakan yaitu metode SIAF, metode SIAF merupakan fermentasi anaerobik yang diinduksi sendiri, dimana terdiri dari produksi CO₂ secara bertahap yang didorong oleh metabolisme mikroba. Adapaun fermentasi anaerob yang sengaja diinjeksikan gas CO₂, metode ini sering disebut dengan Maserasi karbonik (Kusmiah, Waris and Manggabarani, 2021). Gas ini mengambil peran sebagai pengontrol dalam fermentasi karbonik maserasi untuk menjaga kondisi lingkungan fermentasi menjadi an aerobic. Memudahkan gas CO₂ untuk melunakkan kulit buah dan mendifusi ke dalam jaringan daging buah kopi, menggeser posisi gas oksigen untuk keluar dari buah. Proses respirasi terhenti, demikian juga aktifitas khamir dan bakteri (Noah *et al.*, 2022) Dimana buah kopi pertama-tama disimpan dalam bioreaktor atau kantong plastik, di mana udara di dalamnya dikeluarkan melalui penyedotan atau vakum. CO₂ kemudian disuntikkan ke dalam reaktor untuk memperoleh lingkungan CO₂ (Pereira *et al.*, 2022).

3.2. Mikroorganisme pada Kopi Arabika dengan Proses Fermentasi Anaerob

Keanekaragaman mikroorganisme sangat dipengaruhi oleh proses fermentasi yang dilakukan. Kondisi fermentasi anaerob menciptakan keadaan sedikit oksigen sehingga hanya mikroorganisme tertentu yang dapat tumbuh. Pada fermentasi anaerob mikroorganisme yang tumbuh sebagian besar yaitu ragi, bakteri mesofilik, dan asam laktat (Mynsen Machado Martins *et al.*, 2023). Mikroorganisme tersebut antara lain *Hanseniaspora opuntiae*, *S. cerevisiae*, *Lactiplantibacillus plantarum*, *Staphylococcus warneri*, *Levilactobacillus brevis*, *Weissella cibaria*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Candida glabrata*, dan *Bacillus subtilis*. Kondisi kekurangan oksigen pada AF tidak menguntungkan bagi pertumbuhan jamur berfilamen seperti *Aspergillus* dan *Penicillium*, sehingga mengoptimalkan metabolisme bakteri dan ragi (Brioschi Junior *et al.*, 2021).

3.3. Peranan Mikroorganisme terhadap fermentasi kopi

Ragi dan BAL adalah komunitas mikroba dominan di mana ragi dan BAL terlibat dalam fase fermentasi anaerobik; ragi mengubah gula menjadi alkohol, sedangkan BAL mengubah gula dan alkohol menjadi asam laktat. Enterobacteria, bakteri asam asetat, dan Bacillus adalah kelompok lain yang paling mungkin terlibat dalam fermentasi kopi (S R *et al.*, 2022). Jaringan aktivitas mikroba yang rumit menghasilkan beragam metabolit seperti ester, keton, alkohol, asam, dan aldehida yang meresap ke dalam biji kopi (Priantari and Firmanto, 2022). Bioaktivitas bakteri dan jamur menyebabkan perubahan kompleks pada fitur fisikokimia seperti Ph, Brix, transisi metabolisme dalam gula, alkohol, asam organik memodulasi prekursor rasa dan organoleptik dalam minuman akhir (de Oliveira Junqueira *et al.*, 2019).

Tabel 1. Perbandingan Hasil Penelitian Identifikasi Mikroorganisme Kopi Arabika pada Fermentasi Anaerob

Peneliti dan Tahun	Jenis Sampel	Jenis Identifikasi	Metode	Jenis Alat	Hasil dan kesimpulan
(Pereira <i>et al.</i> , 2022)	<i>Coffea arabica</i> L.	Bakteri Mesofilik, BAL dan khamir	Bakteri dan ragi yang diisolasi diidentifikasi oleh MALDI-TOF MS (Microflex LT spectrometer - Bruker Daltonics, Bremen, Jerman).	Jenis Alat: Dengan metode dimana fermentasi dilakukan dalam bioreaktor silinder polietilen densitas tinggi dengan kapasitas 50 L	Bakteri: <i>Acetobacter</i> (28,77%), <i>Methylobacterium</i> , <i>Sphingomonas</i> , <i>Gluconobacter</i> , <i>Rhizobium</i> dan <i>Novosphingobium</i> . Khamir: <i>Cystofilobasidium infirmominatum</i> (55,887%), <i>Wickerhamomyces anomalus</i> , <i>Vishniacozyma taibaiensis</i> , <i>Udeniomyces pyricola</i> , <i>Cladosporium sphaerospermum</i> dan <i>Candida quercitrusa</i> Kesimpulan: Kondisi fermentasi berdampak pada profil mikroba dan kualitas minuman akhir.
(Brioschi Junior <i>et al.</i> , 2021)	<i>Coffea arabica</i> varietas Catuaí Vermelho	Bakteri dan Jamur	Fragmen DNA yang diperoleh dengan menggunakan teknik nested-PCR dianalisis dengan Denaturing Gradient Gel Electrophoresis	Jenis alat: Penyegel vakum (model ROBOTIC 900/1200 PLATES) digunakan untuk menghilangkan udara atmosfer selama 20 detik dan CO ₂	Hasil: Kekayaan komunitas jamur memiliki variasi yang rendah dari waktu ke waktu. Namun, tidak seperti keragaman bakteri. Kesimpulan: Keanekaragaman bakteri dan

				(kemurnian 99,9%) disuntikkan dengan tekanan 20 kgf cm ⁻²	karakteristik sensorik memiliki korelasi positif dimana berbanding lurus dengan peningkatan aftertaste dan fragrance. Namun, karakteristik sensorik ini tidak berkorelasi langsung dengan keanekaragaman jamur.
(Braga <i>et al.</i> , 2023)	Arabika dari varietas icatú merah	Bakteri dan jamur	Sampel beku dikirim ke identifikasi genetik mikroorganisme (Neoprospecta Company, Av. Luiz Boiteux Piazza, 1302 – Canasvieiras, Florianópolis – SC, 88056-000). Dengan ekstraksi DNA menggunakan teknik magnetik manik-manik (beads magnetics technique), pengurutan DNA menggunakan diurutkan menggunakan MiSeq Sequencing System	Fermentasi anaerobik yang diinduksi sendiri (SIAF) dengan cara ember plastik (20L) dan wadah (20L) di tutup berfungsi sebagai bioreaktor hingga udara di dalam terkunci dan dilakukan selama 6 hari	<i>Enterobacter sp.</i> , <i>Lactobacillus sp.</i> , <i>Pantoea sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i> , dan <i>Candida sp.</i> adalah spesies dominan selama SIAF spontan. Namun teridentifikasi mikotoksin jamur yaitu <i>Fusarium sp.</i> Ini menunjukkan adanya risiko kontaminasi

(Martinez et al., 2022)	<i>Coffea arabica</i> varietas Catuaí Vermelho	Bakteri dan jamur	ekstraksi DNA dengan QIAamp Mini Kemurnian DNA yang diekstraksi diperiksa dengan spektrofotometer Nanodrop Lite (rasio 260/280 nm), dan diukur dengan fluorometer Qubit® 4.0 menggunakan dsDNA HS Assay kit (Invitrogen™) dan sampel diurutkan berpasangan (2x 250 bp) pada Illumina MiSeq	DNA Fermentasi berjalan di bioreaktor polipropilen 20 L bertutup terisi tanpa air dan ditutup untuk SIAF. Fermentasi dilakukan rangkap tiga dan berjalan selama 72 jam	Genera bakteri yang paling melimpah adalah <i>Gluconobacter</i> , <i>Weissella</i> dan <i>Leclercia</i> . Ragi mendominasi dalam spesies jamur, yaitu <i>Cystofilobasidium infirmominatum</i> , <i>Wickerhamomyces anomalus</i> , dan <i>Meyerozyma caribbica</i> dalam jumlah besar
(da Silva Vale et al., 2023)	Arabika varietas Catuaí Amarelo	BAL dan jamur	DNA diekstraksi menggunakan Power Soil Kit, DNA dikuantifikasi dengan spektrofotometer Nanodrop lalu DNA diurutkan dengan kit MiSeq Reagent 500 v2 (Illumina), Identifikasi taksonomi dilakukan dengan paket	Tangki fermentasi ini berbentuk silinder dengan tinggi 82 cm dan diameter 47 cm dan terdapat tiga keran untuk melakukan pengumpulan sampel di lapisan bawah, dan atas (masing-masing, 15, 44, dan 72 cm dari dasar tangki fermentasi),	BAL diwakili oleh <i>Lactobacillus</i> . Jamur berfilamen yang termasuk dalam famili <i>Nectriaceae</i> (misalnya <i>Fusarium</i>) dan genera <i>Cladosporium</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Didymella</i> , dan <i>Colletotrichum</i> . Ragi berupa <i>Torulaspora</i> , <i>Pichia</i> , <i>Candida</i> , <i>Saccharomyces</i> , <i>Wickerhamomyces</i> , <i>Kazachstania</i> , dan <i>Kluyveromyces</i>

			perangkat lunak QIIME2, versi 1.9.0. Indeks Shannon, Simpson, dan Chao dan digunakan untuk menentukan keragaman alfa dan beta komunitas mikroba	Bioreaktor ditutup untuk mencegah udara (O ₂) masuk. Lalu dilakukan fermentasi selama 24 jam.	
(Waling, Sritamin and Wijaya, 2021)	Arabika	Bakteri selulolitik	Identifikasi isolat bakteri yaitu dengan melakukan pengamatan morfologi secara makroskopis dan mikroskopis. (Makroskopis: mengamati morfologi koloni yang terbentuk dari bakteri yang terdapat pada media CMC berupa jumlah, bentuk, warna serta tepian koloni bakteri. Pengamatan morfologi secara mikroskopis dengan cara pewarnaan Gram)	Tidak ada	Secara mikroskopis berupa bentuk dan warna sel bakteri yaitu isolat K,M, dan N tergolong sebagai Gram negatif serta memiliki sel yang berbentuk batang dan bulat. Isolat bakteri L tergolong sebagai Gram positif serta memiliki sel berbentuk batang yang termasuk bakteri selulolitik dan hanya isolat L yang positif bakteri selulolitik dengan nilai indeks selulolitik 3

(Safitri and Arabika Zakiah, 2021)	Jamur rizofer	Isolasi jamur rizosfer tanaman kopi dilakukan menggunakan metode pengenceran dan menggunakan media PDA dengan metode pour plate	Tidak ada	Terdapat tiga strain jamur yaitu <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i> , dan <i>Trichoderma sp.</i>
------------------------------------	---------------	---	-----------	---

(Pereira *et al.*, 2022) mengidentifikasi bakteri mesofilik, BAL dan khamir menggunakan metode SIAF yang diidentifikasi menggunakan alat MALDI-TOF MS, sehingga diperoleh beberapa jenis bakteri yaitu *Acetobacter* (28,77%), *Methylobacterium*, *Sphingomonas*, *Gluconobacter*, *Rhizobium* dan *Novosphingobium*. Untuk khamir yang teridentifikasi yaitu *Cystofilobasidium infirmominiatum* (55,887%), *Wickerhamomyces anomalus*, *Vishniacozyma taibaiensis*, *Udeniomyces pyricola*, *Cladosporium sphaerospermum* dan *Candida quercitrusa*. Pada penelitian (Brioschi Junior *et al.*, 2021) mengidentifikasi bakteri dan jamur menggunakan alat vakum (model ROBOTIC 900/1200 PLATES). Identifikasi dilakukan menggunakan teknik nested-PCR, sehingga dihasilkan kesimpulan bahwa variasi jamur yang tumbuh lebih rendah dari bakteri dalam keadaan vakum. Pada penelitian Braga *et al.* (2023) mengidentifikasi bakteri dan jamur dengan metode SIAF. Identifikasi dilakukan dengan ekstraksi DNA dengan alat (beads magnetics technique) dan DNA diurutkan menggunakan MiSeq Sequencing System. Sehingga diperoleh hasil beberapa jenis bakteri yang teridentifikasi diantaranya *Enterobacter sp.*, *Lactobacillus sp.*, *Pantoea sp.*, *Cladosporium sp.*, dan *Candida sp.* adalah spesies dominan selama SIAF spontan. Namun teridentifikasi mikotoksin jamur yaitu *Fusarium sp.* Ini menunjukkan adanya risiko kontaminasi. Pada penelitian (Martinez *et al.*, 2022) mengidentifikasi bakteri dan jamur menggunakan alat bioreaktor polipropilen tertutup. Identifikasi dilakukan dengan ekstraksi DNA dengan QIAamp DNA Mini Kit dan sampel diurutkan berpasangan (2x 250 bp) pada Illumina MiSeq. Sehingga diperoleh hasil jenis bakteri yang teridentifikasi yaitu *Gluconobacter*, *Weissella* dan *Leclercia*. Untuk ragi dalam spesies jamur, yaitu *Cystofilobasidium infirmominiatum*, *Wickerhamomyces anomalus*, dan *Meyerozyma caribbica* dalam jumlah besar. Pada penelitian (da Silva Vale *et al.*, 2023) mengidentifikasi BAL dan jamur menggunakan bioreaktor tertutup. Identifikasi dilakukan dengan DNA diekstraksi menggunakan Power Soil Kit lalu DNA diurutkan dengan kit MiSeq Reagent 500 v2 (Illumina) dan Identifikasi taksonomi dilakukan dengan QIIME2. Sehingga diperoleh hasil BAL diwakili oleh *Lactobacillus*. Jamur berfilamen yang termasuk dalam famili *Nectriaceae* (misalnya *Fusarium*) dan genera *Cladosporium*, *Alternaria*, *Didymella*, dan *Colletotrichum*. Ragi berupa *Torulaspora*, *Pichia*, *Candida*, *Saccharomyces*, *Wickerhamomyces*, *Kazachstania*, dan *Kluyveromyces*. Pada penelitian (Waling, Sritamin and Wijaya, 2021) mengidentifikasi bakteri selulotik dengan cara pengamatan morfologi secara makroskopis dan mikroskopis. Sehingga diperoleh 1 jenis isolat yang positif bakteri selulotik dengan indeks selulotik 3. Pada penelitian (Safitri and Zakiah, 2021) mengidentifikasi jamur

rizofer dengan metode pourplate. Sehingga diperoleh hasil terdapat tiga strain jamur yaitu *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, dan *Trichoderma sp.*

4. Kesimpulan

Proses fermentasi kopi arabika sangat berpengaruh dalam keanekaragaman mikroorganisme yang dapat tumbuh didalamnya. Hal ini dipengaruhi oleh ketersediaan oksigen saat proses fermentasi. Sehingga hanya beberapa jenis mikroorganisme yang dapat tumbuh dalam keadaan sedikit oksigen atau tidak ada oksigen yang dapat tumbuh. Mikroorganisme yang dapat tumbuh dapat berupa bakteri, khamir dan kapang. Identifikasi mikroorganisme dapat dilakukan secara mikroskopis dan makroskopis melalui proses isolasi. Maupun identifikasi mikroorganisme secara langsung dengan ekstraksi DNA, dimana langsung menggunakan alat khusus, sehingga hasil yang didapat lebih akurat.

Daftar Pustaka

- Braga, A. V. U. *et al.* (2023) 'Study on coffee quality improvement by self-induced anaerobic fermentation: Microbial diversity and enzymatic activity', *Food Research International*, 165(August 2022). doi: 10.1016/j.foodres.2023.112528.
- Brioschi Junior, D. *et al.* (2021) 'Microbial fermentation affects sensorial, chemical, and microbial profile of coffee under carbonic maceration', *Food Chemistry*, 342(July 2020), p. 128296. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.128296.
- Febrianto, N. A. and Zhu, F. (2023) 'Coffee bean processing: Emerging methods and their effects on chemical, biological and sensory properties', *Food Chemistry*, 412(January), p. 135489. doi: 10.1016/j.foodchem.2023.135489.
- Kayaputri, I. L., Amalia, R. I. and Khairunnisa, F. (2022) 'Pemanfaatan Kopi Arabika (Coffea arabica) dalam Pembuatan Minuman Yoghurt sebagai Pangan Fungsional', *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 3(2), p. 49. doi: 10.24198/jthp.v3i2.40545.
- Kusmiah, N., Waris, A. and Manggabarani, I. (2021) 'Efektifitas Fermentor Fuzzy Digital Terhadap Kualitas Mutu Biji Kopi', *Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian Agrotechno*, 6(2), p. 80. doi: 10.24843/jitpa.2021.v06.i02.p05.
- Martinez, S. J. *et al.* (2022) 'Dominant microbial communities and biochemical profile of pulped natural fermented coffees growing in different altitudes', *Food Research International*, 159(June). doi: 10.1016/j.foodres.2022.111605.
- Montenegro, J., Freitas-silva, O. and Teodoro, A. J. (2022) 'Review Article Molecular Mechanisms of Coffee on Prostate Cancer Prevention', 2022.
- Mynsen Machado Martins, P. *et al.* (2023) 'Use of microencapsulated starter cultures by spray drying in coffee under self-induced anaerobiosis fermentation (SIAF)', *Food Research International*, 172(February), p. 113189. doi: 10.1016/j.foodres.2023.113189.
- Nappu, M. B. and Kresna, A. B. (2016) 'Karakter Agronomis Dan Hasil Tanaman Kopi Arabika Di Wilayah Sentra Pengembangan Di Sulawesi Selatan', *Jurnal Agrisistem*, 12(2), pp. 117–127.
- Noah *et al.* (2022) 'Rekayasa Fermentasi Kopi An Aerobik dengan Metode Karbonik dan Semi Karbonik Maserasi Methods', 1(2), pp. 79–85.
- de Oliveira Junqueira, A. C. *et al.* (2019) 'First description of bacterial and fungal communities in Colombian coffee beans fermentation analysed using Illumina-based amplicon sequencing', *Scientific Reports*, 9(1), pp. 1–10. doi: 10.1038/s41598-019-45002-8.

- De Paiva, E. *et al.* (2020) 'Effects of anaerobic fermentation on arabica coffee quality', *Issue 12 Ser. I*, 13(12), pp. 36–41. doi: 10.9790/2380-1312013641.
- Pereira, T. S. *et al.* (2022) 'Self-induced anaerobiosis coffee fermentation: Impact on microbial communities, chemical composition and sensory quality of coffee', *Food Microbiology*, 103(December 2021). doi: 10.1016/j.fm.2021.103962.
- Priantari, I. and Firmanto, H. (2022) 'Physical Quality Characteristics of Coffea arabica and Coffea canephora Coffee Beans', *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati (J-BEKH)*, 9(2), pp. 43–50. doi: 10.23960/jbekh.v9i2.267.
- S R, S. *et al.* (2022) 'Microbial ecology and functional coffee fermentation dynamics with Pichia kudriavzevii', *Food Microbiology*, 105(February), p. 104012. doi: 10.1016/j.fm.2022.104012.
- Safitri, A. L. and Zakiah, Z. (2021) 'KARAKTER ISOLAT JAMUR RIZOSFER TANAMAN KOPI (Coffea sp .) DAN JAMUR PENYEBAB BUSUK BUAH KOPI', *Jurnal Protobiont*, 10(2), pp. 48–54.
- Safrida, Y. D. and Lismandaria, N. (2022) 'KECAMATAN JOHAN PAHLAWAN KOTA MEULABOH SECARA TOTAL PLATE COUNT (TPC)', 2(2), pp. 43–48.
- Saripah *et al.* (2021) 'Pengaruh Suhu Lingkungan dan Waktu Fermentasi Biji Kopi Arabika Terhadap Kadar Kafein, Etanol, dan pH', *Prosiding The 12th Industrial Research Workshop and National Seminar*, pp. 4–5.
- da Silva Vale, A. *et al.* (2023) 'Understanding the Effects of Self-Induced Anaerobic Fermentation on Coffee Beans Quality: Microbiological, Metabolic, and Sensory Studies', *Foods*, 12(1). doi: 10.3390/foods12010037.
- Waling, N. A., Sritamin, M. and Wijaya, N. (2021) 'Isolasi dan Identifikasi Bakteri Selulolitik pada Buah Kopi Arabika (Coffea arabica L.)', *Nandur*, 1(3), pp. 130–8. Available at: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/nandur>.