

**EFEKTIVITAS *Lactobacillus fermentum* PADA FERMENTASI KOPI ARABIKA (*Coffea arabica*) DENGAN MEDIA RONGGA BATANG BAMBU TERHADAP KADAR KAFEIN DAN ANTIOKSIDAN**

*The Effectiveness of *Lactobacillus fermentum* in the Fermentation of Arabica Coffee (*Coffea arabica*) with Bamboo Stem Cavity Media on Caffeine and Antioxidant Content*

**St. Chadijah<sup>1</sup>, Fatimah<sup>2\*</sup>, Darmawan<sup>3</sup>**

<sup>1,2)</sup> Program Studi Pengelolaan Perkebunan Kopi, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan

<sup>3)</sup> Program Studi Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan, Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene Kepulauan,

Jalan Poros Makassar Pare-Pare, Km. 83, Pangkep, Sulawesi Selatan, 90652, Indonesia

<sup>2\*)</sup>fatimah@polipangkep.ac.id

**ABSTRAK**

Fermentasi merupakan tahap krusial dalam proses pascapanen kopi yang menentukan mutu kimia dan sensorik biji kopi. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas *Lactobacillus fermentum* pada fermentasi kopi Arabika menggunakan media rongga batang bambu terhadap perubahan kadar kafein, dan aktivitas antioksidan. Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap dengan empat perlakuan fermentasi, yaitu P0 (kontrol tanpa inokulasi), P1 (24 jam), P2 (48 jam), dan P3 (72 jam) dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi pH fermentasi, kadar kafein, aktivitas antioksidan metode DPPH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fermentasi dengan *Lactobacillus fermentum* menurunkan pH hingga 4,2, memodifikasi kadar kafein, dan menurunkan aktivitas antioksidan seiring bertambahnya lama fermentasi yang ditunjukkan pada perlakuan P3 72 jam. Media rongga batang bambu sebagai wadah fermentasi berperan sebagai mikrohabitat alami yang mendukung fermentasi terkendali dan pembentukan kompleksitas cita rasa. Kombinasi *Lactobacillus fermentum* dan bambu berpotensi menjadi inovasi ramah lingkungan untuk peningkatan mutu kopi specialty Indonesia.

**Kata kunci:** kopi Arabika, fermentasi, *Lactobacillus fermentum*, bambu, kafein, antioksidan

**ABSTRACT**

Fermentation is a crucial stage in the post-harvest process of coffee that determines the chemical and sensory quality of coffee beans. This study aims to evaluate the effectiveness of *Lactobacillus fermentum* in Arabica coffee fermentation using bamboo stem cavity media on changes in caffeine levels and antioxidant activity. The study used a completely randomized design with four fermentation treatments, namely P0 (control without inoculation), P1 (24 hours), P2 (48 hours), and P3 (72 hours) with three replications. The parameters observed included fermentation pH, caffeine levels, and antioxidant activity using the DPPH method. The results showed that fermentation with *Lactobacillus fermentum* reduced the pH to 4.2, modified caffeine levels, and decreased antioxidant activity as the fermentation time increased, as shown in the P3 72-hour treatment. The bamboo stem cavity media as a fermentation container acts as a natural microhabitat that supports controlled fermentation and the formation of flavor complexity. The combination of *Lactobacillus fermentum* and bamboo has the potential to be an environmentally friendly innovation for improving the quality of Indonesian specialty coffee.

**Keywords:** Arabica coffee, fermentation, *Lactobacillus fermentum*, bamboo, caffeine, antioxidants

**PENDAHULUAN**

Kopi Arabika (*Coffea arabica*) merupakan komoditas unggulan perkebunan Indonesia dengan nilai ekonomi tinggi dan pasar specialty yang terus berkembang (Kansrini *et al.*, 2020). Mutu kopi tidak hanya ditentukan oleh faktor budidaya, tetapi sangat dipengaruhi oleh proses pascapanen, khususnya

fermentasi, pada proses fermentasi terjadi degradasi lendir (*mucilage*) serta pembentukan senyawa volatil, asam organik, dan metabolit sekunder yang menentukan karakter rasa dan aroma kopi (Gokulakrishnan *et al.*, 2005).

Fermentasi konvensional umumnya mengandalkan mikroflora alami, sehingga hasilnya sering tidak konsisten. Avallone *et*

*al.*, (2021). Penggunaan starter mikroba terkontrol seperti bakteri asam laktat (*Lactobacillus fermentum*) menjadi pendekatan inovatif untuk menghasilkan mutu kopi yang lebih beragam. *L. fermentum* diketahui mampu menghasilkan asam laktat, enzim hidrolitik, serta metabolit yang dapat memodifikasi senyawa kimia kopi, termasuk kafein dan senyawa fenolik (Hatiningsih, 2022). Avallone *et al.*, (2001) menjelaskan bahwa kafein merupakan alkaloid utama dalam kopi yang berkontribusi terhadap rasa pahit dan efek stimulan. Selain itu, kopi juga kaya akan senyawa fenolik seperti asam klorogenat yang berperan sebagai antioksidan dan pada proses fermentasi tersebut dapat berpotensi memengaruhi kedua komponen tersebut baik melalui degradasi enzimatik maupun perubahan lingkungan kimia selama fermentasi. Pemanfaatan rongga batang bambu sebagai media fermentasi merupakan inovasi berbasis kearifan lokal. Struktur bambu yang berongga mampu menciptakan mikroklimat relatif stabil, bersifat mikroaerob hingga anaerob, serta berpotensi mengandung senyawa antimikroba alami. Sugitha (2018) melaporkan bahwa, media bambu dapat mendukung fermentasi kopi secara alami dan berkontribusi terhadap pembentukan cita rasa khas.

Penelitian ini mengintegrasikan parameter kimia (kadar kafein dan aktivitas antioksidan) untuk mengevaluasi efektivitas *L. fermentum* pada fermentasi kopi Arabika menggunakan media rongga batang bambu. Pendekatan terpadu ini diharapkan memberikan gambaran komprehensif mengenai pengaruh fermentasi terhadap mutu kopi specialty.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Tempat dan Waktu**

Penelitian dilaksanakan di Topidi, Malino, Kabupaten Gowa, Sulawesi Selatan, pada bulan Juni–Oktober 2025. Kemudian dilakukan analisis kimia di Laboratorium Pengujian Kimia Politeknik Pertanian Negeri Pangkajene dan Kepulauan.

### **Bahan dan Alat**

Bahan utama meliputi buah kopi Arabika matang merah, kultur murni *Lactobacillus fermentum*, dan batang bambu segar sebagai media fermentasi. Bahan kimia meliputi reagen DPPH (0,1 mM), etanol 96%, dan reagen analisis kafein. Alat yang digunakan antara lain pH meter, timbangan analitik, oven pengering, grinder, spektrofotometer UV-Vis, serta peralatan cupping test standar SCA.

### **Rancangan Penelitian**

Penelitian menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan empat perlakuan waktu fermentasi:

P0: Kontrol (tanpa inokulasi *L. fermentum*)

P1: Fermentasi 24 jam dengan *L. fermentum*  
P2: Fermentasi 48 jam dengan *L. fermentum*  
P3: Fermentasi 72 jam dengan *L. fermentum*  
Setiap perlakuan dilakukan dengan tiga ulangan dan dianalisis menggunakan sidik ragam (ANOVA)  $P < 0,05$  untuk melihat pengaruh perlakuan terhadap variabel (fisik/kimia)

### Prosedur Penelitian

Buah kopi dipulping untuk memisahkan kulit, kemudian biji berlendir dimasukkan ke dalam rongga batang bambu yang telah disanitasi. Kultur *L. fermentum* ditambahkan sebanyak 2–5% (v/b). Rongga bambu ditutup untuk menciptakan kondisi anaerob relatif. Setelah fermentasi selesai, biji kopi dicuci, dikeringkan pada suhu 40–45 °C, disangrai pada tingkat medium roast ( $\pm 198$  °C selama 12 menit), dan digiling untuk dianalisis.

- a. pH Fermentasi: diukur menggunakan pH meter.
  1. Menyiapkan pH meter: sebelum menggunakan alat, terlebih dahulu dikalibrasi. Kalibrasi biasanya memerlukan penggunaan larutan buffer standar dengan pH yang diketahui (misalnya pH 4, 7, dan 10).
  2. Mencelupkan elektroda ke dalam sampel kopi
  3. Mengaduk sampel kopi secara perlahan atau goyangkan pH meter sedikit untuk memastikan pembacaan yang stabil

hingga angka pada layar pH meter terlihat.

- b. Kadar Kafein: dianalisis secara gravimetri berdasarkan metode AOAC.
  1. Ekstraksi: Kafein diekstraksi dari sampel padat menggunakan pelarut, dengan penambahan magnesium oksida (MgO) untuk membantu pemisahan dan mencegah interferensi asam-asam lain.
  2. Pemisahan: Ekstrak kemudian disaring dan kemudian dimurnikan lebih lanjut, menggunakan pelarut organik seperti kloroform untuk memisahkan kafein dari komponen larut air lainnya.
  3. Pengeringan: Pelarut organik diuapkan, hingga menyisakan kafein mentah. Kafein ini kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C atau melalui sublimasi.
  4. Penimbangan: Kafein ditimbang setelah mencapai berat konstan (berat tetap setelah beberapa siklus pengeringan dan pendinginan dalam desikator).
  5. Perhitungan: Kadar kafein dihitung berdasarkan perbandingan berat kafein dengan berat sampel awal.

### c. Antioksidan

Pengujian dengan metode DPPH (*1,1-difenil-2-pikrilhidrazil*) yakni teknik analisis untuk mengukur kapasitas senyawa antioksidan dalam menangkap radikal bebas stabil, ditandai dengan perubahan warna larutan dari ungu tua menjadi kuning

yang diukur menggunakan spektrofotometer.

### Parameter Pengamatan

1. pH Fermentasi: diukur menggunakan pH meter.
2. Kadar Kafein: dianalisis secara gravimetri berdasarkan metode AOAC.
3. Uji antioksidan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perubahan pH Selama Fermentasi

Fermentasi dengan *L. fermentum* menyebabkan penurunan pH dari kisaran 6,3 pada kontrol hingga 4,2 pada tiap perlakuan. Penurunan pH ini menunjukkan aktivitas metabolik bakteri asam laktat dalam menghasilkan asam organik, asam laktat berperan dalam stabilisasi proses fermentasi dan pembentukan karakter rasa kopi sehingga menghasilkan enzim pektinolitik selama fermentasi Farah (2012).

*Lactobacillus fermentum* memetabolisme karbohidrat sederhana yang terdapat pada lapisan lendir biji kopi menjadi asam organik, terutama pada asam laktat. Akumulasi asam laktat dan asam organik ini menyebabkan penurunan pH fermentasi (Gokulakrishnan *et al.*, 2005). Kondisi asam ini berperan penting dalam mempercepat degradasi lendir serta menghambat pertumbuhan mikroorganisme kontaminan, sehingga fermentasi berlangsung lebih terkendali (De Bruyn *et al.*, 2017). Penurunan pH juga berimplikasi

terhadap perubahan komponen kimia kopi, termasuk stabilitas senyawa alkaloid dan fenolik. Lee *et al.*, (2015) melaporkan bahwa kondisi asam selama fermentasi berkontribusi terhadap pembentukan senyawa volatil yang berperan dalam aroma *fruity* dan *acidity* yang lebih tajam pada kopi Arabika. Dengan demikian, perubahan pH tidak hanya mencerminkan aktivitas mikroba, tetapi juga berkaitan erat dengan peningkatan mutu sensorik kopi hasil fermentasi.

Media rongga batang bambu turut mendukung stabilitas penurunan pH dengan menciptakan lingkungan mikroaerob yang relatif konstan. Struktur bambu mampu mempertahankan kelembapan dan suhu, sehingga aktivitas *L. fermentum* dalam menghasilkan asam organik dapat berlangsung optimal. Kondisi ini sejalan dengan laporan Usman *et al.*, (2015) yang menyatakan bahwa bambu sebagai wadah fermentasi alami mampu menjaga konsistensi lingkungan fermentasi kopi.

### Kadar Kafein

Hasil analisis kadar kafein menunjukkan bahwa proses fermentasi kopi Arabika menggunakan *Lactobacillus fermentum* dalam media rongga batang bambu memberikan pengaruh nyata terhadap perubahan kadar kafein biji kopi. Pada perlakuan kontrol (P0), kadar kafein tercatat sebesar 0,06%, sedangkan pada perlakuan fermentasi terjadi variasi kadar

kafein, dengan nilai terendah pada perlakuan P1 (24 Jam) (0,02%) dan nilai tertinggi pada perlakuan P3 (72 Jam) (0,08%). Perlakuan P1 (24 Jam) menunjukkan penurunan kadar kafein dibandingkan P0 (kontrol), hal ini mengindikasikan bahwa aktivitas metabolik *L. fermentum* pada tahap awal fermentasi mampu memengaruhi keberadaan senyawa kafein. Bakteri asam laktat diketahui menghasilkan asam organik, terutama asam laktat, yang menyebabkan penurunan pH lingkungan fermentasi. Kondisi asam ini dapat meningkatkan kelarutan kafein ke dalam medium fermentasi atau memicu terjadinya degradasi parsial kafein akibat perubahan stabilitas struktur alkaloid. Farah (2012) menyatakan bahwa kafein bersifat relatif stabil, namun dapat mengalami perubahan distribusi selama proses pascapanen yang melibatkan air dan aktivitas mikroba. Beberapa galur *Lactobacillus* diketahui memiliki kemampuan untuk memetabolisme senyawa alkaloid seperti kafein sebagai sumber karbon dan nitrogen melalui aktivitas enzim kafein demetilase (Gokulakrishnan *et al.*, 2005). Penurunan ini menunjukkan bahwa pada 24 jam pertama, laju degradasi kafein oleh *L. fermentum* lebih dominan dibandingkan laju ekstraksi senyawa dari dalam matriks biji kopi ke medium fermentasi.

Namun, kenaikan kadar kafein yang teramati pada P2 (48 jam) dan P3 (72 jam) memberikan fenomena yang menarik dalam proses biotransformasi ini. Hal ini diduga berkaitan dengan degradasi struktur dinding sel dan jaringan lendir biji kopi yang semakin intensif akibat aktivitas enzimatik bakteri rumen yang kuat. Seiring bertambahnya waktu fermentasi, struktur sel biji kopi menjadi lebih permeabel, sehingga memudahkan senyawa kafein yang terikat di dalam jaringan seluler untuk terekstraksi keluar (Lee *et al.*, 2015).

Peningkatan kadar kafein pada P3 (72 Jam) (0,08%) menunjukkan bahwa akumulasi kafein yang terlepas dari matriks biji melampaui kemampuan bakteri untuk mendegradasinya pada fase akhir fermentasi. Pada fermentasi lebih lama (P3) terjadi variasi yang diduga akibat pelepasan kafein dari matriks sel biji kopi akibat degradasi dinding sel. Hal ini menunjukkan bahwa lama fermentasi dan aktivitas mikroba berperan penting dalam dinamika kafein. Fenomena ini diduga berkaitan dengan pelepasan kafein dari jaringan sel biji kopi akibat degradasi dinding sel yang lebih intensif selama fermentasi lanjutan. Avallone *et al.*, (2001) melaporkan bahwa fermentasi yang berlangsung lebih lama dapat meningkatkan ekstraktabilitas senyawa alkaloid karena kerusakan struktur sel yang lebih luas, sehingga kafein yang

sebelumnya terikat menjadi lebih terdeteksi pada analisis kimia.

Kenaikan kadar kafein ini juga berkorelasi dengan peningkatan mutu sensorik dan pembentukan aroma. Meskipun kafein memberikan kontribusi pada rasa pahit (*bitterness*), keberadaannya dalam jumlah yang proporsional pada kopi hasil biotransformasi ini berperan dalam menjaga keseimbangan antara rasa pahit dan aroma ester yang terbentuk (Sunarharum *et al.*, 2014). Dinamika ini menunjukkan bahwa durasi fermentasi tidak hanya mengubah profil volatil (ester), tetapi juga merekayasa ketersediaan senyawa alkaloid yang memengaruhi karakteristik akhir seduhan kopi.

#### Aktivitas Antioksidan

Hasil pengujian aktivitas antioksidan dengan metode DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) menunjukkan bahwa proses biotransformasi kopi Arabika menggunakan inokulum *Lactobacillus fermentum* berpengaruh nyata terhadap kapasitas penangkalan radikal bebas.

**Tabel 1.** Kadar kafein

| Perlakuan    | Berat Sampel (g) | Gelas Piala Kosong (g) | Gelas Piala + Kafein (g) | Berat Kafein (g) | Kadar Kafein (%) |
|--------------|------------------|------------------------|--------------------------|------------------|------------------|
| P0 (kontrol) | 1,02             | 62,68                  | 62,69                    | 0,01             | 0,06             |
| P1 (24 jam)  | 1,00             | 63,84                  | 63,84                    | 0,00             | 0,02             |
| P2 (48 jam)  | 1,00             | 61,50                  | 61,51                    | 0,01             | 0,06             |
| P3 (72 jam)  | 1,00             | 62,44                  | 62,45                    | 0,01             | 0,08             |

Sumber: Data primer, (2025)

**Tabel 2.** Uji antioksidan

| Perlakuan    | Rata-rata Absorpsi  | Antioksidan |
|--------------|---------------------|-------------|
| P0 (kontrol) | 0,951 <sub>a</sub>  | 89.86%      |
| P1 (24 jam)  | 0,6363 <sub>a</sub> | 85.20%      |
| P2 (48 jam)  | 0,4717 <sub>b</sub> | 82.10%      |
| P3 (72 jam)  | 0,321 <sub>c</sub>  | 79.40%      |

Sumber: Data primer setelah diolah, (2025)

Keterangan: Nilai rata-rata dengan huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan sangat nyata pada Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) 5%.

Berdasarkan Tabel 2, nilai absorbansi mengalami peningkatan yang berbanding terbalik dengan nilai persentase aktivitas antioksidan. Pada sampel kontrol (P0), aktivitas antioksidan tercatat sebesar 89,86%, namun nilai ini mengalami penurunan secara gradual seiring bertambahnya durasi fermentasi, hingga mencapai 79,40% pada perlakuan 72 jam (P3).

Penurunan aktivitas antioksidan ini secara biokimiawi berkaitan dengan degradasi senyawa fenolik utama dalam kopi, terutama asam klorogenat (*Chlorogenic Acids/CGA*). Selama masa fermentasi, aktivitas enzimatis dari *Lactobacillus* seperti enzim esterase dan dekarboksilase fenolik bekerja memutus

klorogenat yang dikenal sebagai pendorong terbentuknya hidrogen yang kuat dalam menetralkan radikal DPPH, proses biotransformasi ini menyebabkan ikatan ester pada asam klorogenat menjadi senyawa yang lebih sederhana, seperti asam kafeat dan asam kuanat (Sunarharum, *et al.* (2014). Meskipun asam konsentrasi senyawa fenolik berkurang karena dikonversi menjadi senyawa (*intermediate*) yang diperlukan dalam pembentukan aroma (Lee *et al.*, 2015).

Dinamika penurunan ini memberikan gambaran mengenai adanya trade-off atau pertukaran nilai antara aspek fungsional dan aspek organoleptik. Namun, hal yang menarik adalah penurunan nilai antioksidan ini diimbangi dengan peningkatan mutu sensorik secara signifikan. Degradasi asam-asam organik dan senyawa fenolik selama 24 hingga 72 jam justru menyediakan prekursor bagi pembentukan senyawa volatil golongan ester, yang merangsang pembentukan aroma buah (*fruity*) dan bunga (*floral*) (Haile & Kang, 2019).

Secara spesifik, perlakuan P1 (24 jam) dapat dianggap sebagai titik yang optimal, di mana aktivitas antioksidan masih terjaga pada level yang relatif tinggi (85,20%), sementara proses modifikasi profil rasa sudah mulai terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa biotransformasi oleh bakteri asam laktat asal rumen mampu

mereduksi sifat sepat (*astringency*) yang berlebihan dari senyawa polifenol, mengubahnya menjadi kompleksitas aroma yang lebih diinginkan pada kopi kelas specialty tanpa menghilangkan nilai fungsionalnya secara drastis.

### **Peran Media Rongga Batang Bambu**

Media rongga batang bambu berperan penting dalam mendukung keberhasilan proses fermentasi kopi Arabika dengan *Lactobacillus fermentum*. Struktur bambu yang berongga memungkinkan terciptanya kondisi mikroaerob hingga anaerob yang relatif stabil, sehingga mendukung aktivitas bakteri asam laktat selama fermentasi. Kondisi ini berkontribusi terhadap fermentasi yang lebih terkendali dan konsisten dibandingkan fermentasi terbuka. Selain itu, bambu memiliki kemampuan alami dalam mempertahankan kelembapan dan suhu lingkungan selama proses fermentasi. Stabilitas iklim mikro tersebut memungkinkan *L. fermentum* beraktivitas optimal dalam menghasilkan asam organik dan metabolit sekunder yang berperan dalam pembentukan karakter kimia dan sensorik kopi. Beberapa penelitian melaporkan bahwa media bambu juga berpotensi mengandung senyawa fenolik dan komponen antimikroba alami, seperti lignin dan silika, yang dapat menekan pertumbuhan mikroorganisme kontaminan selama fermentasi.

Lebih lanjut, penggunaan media bambu memberikan efek mekanis dan biokimiawi terhadap pori-pori biji kopi. Interaksi antara tekanan gas CO<sub>2</sub> yang dihasilkan selama fermentasi di dalam ruang tertutup rongga bambu dengan struktur dinding bambu membantu penetrasi inokulum *L. fermentum* ke dalam lapisan mukilase biji kopi secara lebih merata. Hal ini tidak hanya mempercepat degradasi senyawa antigizi seperti kafein pada fase awal, tetapi juga memfasilitasi difusi metabolit sekunder ke dalam pusat biji kopi, sehingga profil sensori yang dihasilkan menjadi lebih konsisten dan mendalam. Pemanfaatan kearifan lokal melalui media bambu ini, dapat menjadi strategi bioproses yang efisien untuk menghasilkan kopi specialty dengan karakteristik metabolomik yang unggul (Elhalis *et al.*, 2020).

Peran media rongga batang bambu tidak hanya terbatas sebagai wadah fermentasi, tetapi juga sebagai teknologi pascapanen berbasis kearifan lokal yang ramah lingkungan. Pemanfaatan bambu sebagai media fermentasi memberikan nilai tambah pada proses pengolahan kopi, sekaligus berpotensi menghasilkan profil cita rasa khas yang membedakan kopi hasil fermentasi bambu dari metode konvensional.

## KESIMPULAN

Fermentasi kopi Arabika menggunakan *Lactobacillus fermentum* dengan media rongga batang bambu efektif memodifikasi karakter kimia kopi. Perlakuan P3 (72 Jam) mampu menekan kadar kafein hingga 0,08%. Namun, pada Perlakuan P0 (kontrol) proses fermentasi ini memengaruhi aktivitas antioksidan tertinggi sebesar 89,86%, namun nilai ini mengalami penurunan secara gradual seiring bertambahnya durasi fermentasi, hingga mencapai 79,40% pada perlakuan 72 jam (P3) penurunan aktivitas antioksidan terjadi seiring lamanya fermentasi. dengan demikian metode ini berpotensi menjadi teknologi fermentasi ramah lingkungan berbasis kearifan lokal untuk pengembangan kopi specialty Indonesia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Avallone, S., Guyot, B., Brillouet, J. M., Olguin, E., & Guiraud, J. P. (2001). Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Journal of Food Science*, 66, 147–154.
- De Bruyn, F., Zhang, S. J., Pothakos, V., Torres, J., Lambot, C., Moroni, A. V., Callanan, M., Sybesma, W., Weckx, S., & De Vuyst, L. (2017). Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production. *Appl Environ Microbiol*, 83, e02398-16. <https://doi.org/10.1128/AEM.02398-16>
- Elhalis H., Cox, J., & Zhao, J. (2020). Ecological diversity, evolution and metabolism of microbial communities in the wet fermentation of Australian coffee beans. *International Journal of Food Microbiology*, 321, 108544. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108544>

- Farah, A. (2012). *Coffee constituents*. In: *Coffee: Emerging Health Effects and Disease Prevention*. Wiley-Blackwell.
- Gokulakrishnan, S., Chandraraj, K., & Gummadi, S. N. (2005). Microbial and enzymatic changes during coffee fermentation. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 45(1), 1–10.
- Haile, M., & Kang, W. H. (2019). The role of microbes in coffee fermentation and their impact on coffee quality. *Hindawai: Journal of Food Quality*, 2019, 1-6.
- Hatiningsih, S., Permana, I. D. G. M., Harsojuwono, B. A., & Adi, I. B. W. G. N. W. (2022). Pengaruh penambahan *Lactobacillus fermentum* CK165 dan lama fermentasi terhadap karakteristik fisik kopi arabika (*Coffea arabica*) asal Kintamani, Bangli. *Itepa: Jurnal Ilmu dan Teknologi Pangan*, 11(3), 506-522.
- Kansrini, Y., Febrimeli, D., & Mulyani, P. W. (2020). Tingkat adopsi budidaya yang baik (Good Agriculture Practices) tanaman kopi arabika oleh petani di Kabupaten Tapanuli Selatan. *Jurnal Paradigma Agribisnis*, 3(1), 36–49.
- Lee, L. W., Cheong, M. W., Curran, P., Yu, B., & Liu, S. Q. (2015). Coffee fermentation and flavor. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63, 4614–4625.
- Sugitha I. M., & Puspawati, N. N. (2018). Cows milk dadih made in dried petung bamboo bali. *Scientific Journal of Food Technology*, 5(2), 80 - 84
- Sunarharum, W., Davit J., W., & Heather S. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62, 315-325.
- Usman, H., Rahardjo, M., & Wahyudi, A. (2015). Kajian penggunaan bambu sebagai wadah fermentasi kopi Arabika secara alami. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*, 21(2), 75–82.