

Available online at: <http://reactor.poltekatiptdg.ac.id/>

REACTOR
Journal of Research on Chemistry and Engineering

| ISSN Online 2746-0401 |



Fermentasi Kopi Robusta Dengan *Lactococcus lactis subsp.* Untuk Meningkatkan Kualitas Rasa Kopi

Enny Nurmalasari ^{1*}, Kusmiyati Kusmiyati ², Agung Kurnia Yahya ¹, Agnes Heratri ³, Sinju Kubikazari ³

¹ Program Studi Teknik Kimia Bahan Nabati, Politeknik ATI Padang, Jl. Bungo Pasang Tabing, Padang, 25171, Indonesia

² Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Jl. Imam Bonjol, Semarang, 50131, Indonesia

³ CV. Pradipta Paramita, Pulosari Kebakkramat, Karanganyar, 57762, Indonesia

ARTICLE INFORMATION

Received: October 20, 2024

Revised: December 06, 2024

Accepted: December 10, 2024

KEYWORDS

Fermented, *Lactococcus lactis subsp.*, Robusta Coffee

CORRESPONDENCE*

Name: Enny Nurmalasari

E-mail: ennynurmalasari@poltekatiptdg.ac.id

A B S T R A C T

Fermentation in coffee provides new modulation to the taste and sensory profile of coffee, thereby enhancing its flavor quality. Lactic Acid Bacteria (LAB) strains are used for fermentation in the wet process and have been proven to improve the overall flavor of the coffee. Therefore, in this study, coffee fermentation will be carried out using *Lactococcus lactis subsp.* to improve coffee flavor quality. The study begins with preparing the starter medium, starter culture, and fermentation. Subsequently, proximate analysis and a cupping test are conducted to assess the flavor profile of the coffee. The results of this study show that coffee fermentation can increase the number of LAB with longer fermentation times. Furthermore, proximate results indicate that fermented Robusta coffee contains 7.86% less fat compared to non-fermented Robusta coffee, which has 15.02% fat. The cupping test results for fermented Robusta coffee reveal a total score of 81, with the clean cup and uniformity aspects scoring 10. This total is higher than that of non-fermented Robusta coffee, thus proving that fermentation using *Lactococcus lactis subsp.* can improve coffee flavor quality.

PENDAHULUAN

Kopi merupakan minuman yang paling banyak dikonsumsi di seluruh dunia dan tanaman komersial utama yang ditanam lebih dari 50 negara terbanyak di Brazil, Vietnam, Indonesia, Kolombia, dan Meksiko [1]. Kopi mengandung berbagai macam senyawa antioksidan seperti fenolat (asam hidrosisinamik seperti asam kafeat, asam ferulat, asam kumarat, dan asam klorogenat), senyawa aromatik dan produk reaksi Maillard seperti melanoidin [2].

Buah kopi diproses dengan salah satu dari tiga metode utama, proses kering, basah, dan semi kering. Selama dekade terakhir, penelitian telah menunjukkan bahwa proses basah menggunakan ekologi mikroba dari fermentasi basah biji kopi melibatkan beragam kelompok

mikroba termasuk Bakteri Asam Laktat (BAL), Bakteri Asam Asetat (AAB), *Bacillus*, *Enterobacteriaceae*, ragi dan jamur berfilamen baik dalam meningkatkan rasa kopi. Proses fermentasi biji kopi melibatkan gula, protein, asam amino dan senyawa fenolik sebagai prekursor aroma [3].

Rasa dan aroma adalah faktor penentu kualitas maupun tingkat penerimaan konsumen untuk produk kopi [4]. Selama fermentasi basah aktivitas metabolisme BAL mengarah pada produksi asam organik, volatil, dan metabolit lainnya yang berkontribusi terhadap keasaman dan aroma yang diinginkan dari kopi [5]. Fermentasi mampu meningkatkan modulasi rasa dan aroma baru pada hasil akhir pengolahan kopi. BAL dan ragi diyakini memiliki kemampuan untuk mendegradasi makromolekul seperti polisakarida dan bertanggung jawab untuk menghilangkan lapisan lendir yang

mengelilingi biji selama fermentasi dan diubah menjadi suatu senyawa yang dapat meningkatkan rasa kopi [6].

Strain *Lactobacillus plantarum* yang termasuk BAL digunakan untuk fermentasi pada proses basah dan terbukti meningkatkan rasa keseluruhan akhir kopi [7]. Selain menambahkan kultur starter ke fermentasi kopi, peneliti telah melakukan biomodifikasi biji kopi yang lebih terkendali dan langsung dapat minuman. Studi terbaru yang melibatkan enzim jamur menunjukkan bahwa modifikasi green biji kopi dengan *Aspergillus oryzae carboxypeptidases* menghasilkan rasa kopi yang lebih meningkat [8] dan fermentasi kopi dengan *Hizoctonia solani* secara spesifik mereduksi asam klorogenat yang menyebabkan ketidaknyamanan pada perut [9].

Pada penelitian ini akan membahas tentang pengaruh fermentasi kopi Robusta dengan *Lactococcus lactis subsp.* yang termasuk dalam kelompok bakteri asam laktat terhadap *flavor* kopi yang dihasilkan. Fermentasi dilakukan selama 8, 24 dan 48 jam dengan menggunakan *Lactococcus lactis subsp.* Fermentasi ini diharapkan mampu menghasilkan kopi yang memiliki kualitas dan rasa seperti kopi luwak komersial.

METODOLOGI

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu Molase, *Lactococcus lactis subsp.* (Merk), De Man, Rogosa, dan Sharpe (MRS)-CaCO₃ yang merupakan media pertumbuhan yang dimodifikasi dari MRS agar khusus untuk kultur dan enumerasi bakteri asam laktat (BAL), 85% Natrium Klorida (NaCl), Plate Count Agar (PCA) Kopi Robusta (Banyuanayar, Boyolali), Kopi Luwak Lampung (Sebagai Pembanding). Sedangkan Peralatan yang digunakan yaitu desikator, oven, hotplate, incubator, autoclave.

Persiapan Inokulum Lactococcus lactis subsp. dan Persiapan Media dan Inokulum (Kultur Starter)

Persiapan inokulum diawali dengan pembuatan media. Pembuatan media fermentasi dibuat dengan 175 g tetes tebu atau molase diencerkan dengan aquadest sebanyak 1 L, kemudian dipanaskan hingga mendidih dan disterilkan dengan menggunakan autoclave pada 121°C selama ±20 menit [10]. Kemudian, dilakukan inokulasi dengan 5,2 g De Man, Rogosa, dan Sharpe (MRS)-CaCO₃ dilarutkan dengan 100 ml aquades, kemudian dipanaskan hingga mendidih dan disterilkan dengan menggunakan autoclave pada 121°C selama ±20 menit. Selanjutnya diinokulasikan kultur slunt *Lactococcus lactis subsp.* pada media cair yang telah steril dan dingin.

Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Kultur siap diinokulasikan pada media fermentasi. Kemudian, diinokulasikan *Lactococcus lactis subsp.* kultur cair yang telah disiapkan sebelumnya, pada media molase yang telah steril dan dingin. Media tersebut diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam sehingga kultur siap digunakan untuk fermentasi.

Perhitungan Jumlah Kultur Starter yang Akan Diinokulasikan Pada Kopi

Sebanyak 0,1 mL kultur starter diencerkan pada 10⁻¹ CFU/g dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL NaCl steril 0,85%. Kemudian mengambil 1 mL pada pengenceran 10⁻¹ CFU/g dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL NaCl steril 0,85% pada pengenceran 10⁻² CFU/g dan begitu seterusnya sampai pengenceran 10⁻⁷. Selanjutnya *plating* pada cawan petri sebanyak 0,1 ml pada pengenceran 10⁻¹-10⁻⁷ CFU/g kemudian dituangkan MRS agar dan digoyang-goyang. Diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C lalu dienumerasi.

Perhitungan Jumlah Kultur Starter yang Akan Diinokulasikan Pada Kopi

Sebanyak 0,1 mL kultur starter diencerkan pada pengenceran 10⁻¹ CFU/mL dengan cara dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL larutan NaCl steril 0,85%. Selanjutnya, sebanyak 1 mL larutan dari pengenceran 10⁻¹ CFU/mL diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lain yang berisi 9 mL larutan NaCl steril 0,85% untuk menghasilkan pengenceran 10⁻² CFU/mL. Proses ini dilanjutkan hingga mencapai pengenceran 10⁻⁷ CFU/mL. Sebanyak 0,1 mL dari masing-masing pengenceran 10⁻¹ hingga 10⁻⁷ CFU/mL kemudian dipipet dan diinokulasikan pada cawan petri steril. Setelah itu, dituangkan media MRS agar yang telah dilelehkan dan didinginkan, kemudian cawan digoyangkan perlahan untuk meratakan sampel. Cawan petri diinkubasi selama 48 jam pada suhu 37°C. Setelah inkubasi, jumlah koloni dihitung untuk keperluan enumerasi.

Fermentasi Biji Kopi

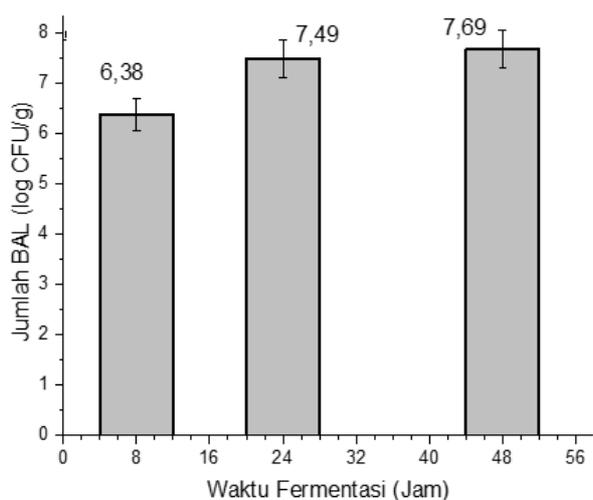
Sebanyak 500 g biji kopi Robusta diinokulasi dengan kultur starter 10⁵-10⁶ CFU/mL dan difermentasi selama 8; 24; dan 48 jam dalam wadah tertutup. Setelah itu, dicuci dan dikeringkan hingga kadar air 10-12%. Kemudian, biji kopi fermentasi di*hulling* untuk memisahkan biji kopi dari kulit ari. Kemudian penyangraian dan *grinding*.

Metoda Analisis

Analisis proksimat: (Analisis lemak: metode sokletasi, protein: Kjeldhal, karbohidrat: spectrophotometri, kafein: gravimetri, klorofom sebagai pelarut [1].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fermentasi yang dilakukan merupakan pengolahan kopi secara basah untuk meningkatkan rasa kopi sehingga didapatkan kualitas yang lebih baik dan hasil yang lebih seragam. Fermentasi adalah proses biokimia yang melibatkan konversi zat organik, seperti karbohidrat, menjadi produk-produk seperti alkohol atau asam, dengan bantuan mikroorganisme seperti bakteri, ragi, atau jamur [11]. Kopi yang digunakan pada penelitian ini adalah kopi Robusta yang sudah dikupas kulitnya namun masih ada kulit arinya. Kulit kopi yang terdiri dari 80% pektin dan 20% gula dijadikan substrat pada fermentasi kopi [12]. Dalam proses fermentasi kopi, peran Bakteri Asam Laktat (BAL) sangat penting dalam menentukan karakteristik akhir dari kopi tersebut, termasuk cita rasa, aroma, serta komponen kesehatan. Waktu fermentasi memainkan peran penting dalam memastikan jumlah BAL yang cukup untuk menghasilkan metabolit yang diinginkan, seperti asam organik, peptida bioaktif, dan senyawa volatil yang berkontribusi pada cita rasa kopi [13]. Jumlah Bakteri Asam Laktat (BAL) selama fermentasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jumlah BAL selama fermentasi

Gambar 1 menunjukkan hasil jumlah BAL selama proses fermentasi kopi Robusta berlangsung. Berdasarkan hasil tersebut bahwa semakin lama proses fermentasi maka jumlah BAL meningkat. Pada fermentasi 8 jam jumlah BAL yaitu $2,4 \times 10^6$ CFU/gr (6,36 log CFU/gr), 24 jam $3,1 \times 10^7$ CFU/gr (7,49 log CFU/gr), dan 48 jam $4,9 \times 10^7$ CFU/gr (7,69 log CFU/gr). Hasil tersebut sejalan dengan hasil penelitian Wilujeng & Wikandari, (2013) dengan jumlah BAL 1 hari, 2 hari, 3 hari berturut-turut sebagai berikut $2,7 \times 10^7$ CFU/g (7,431 log CFU/g), $4,3 \times 10^7$ CFU/g (7,633 log CFU/g), $2,6 \times 10^8$ CFU/g (8,414 log CFU/g). Hasil tersebut menunjukkan bahwa pertumbuhan BAL selama fermentasi kopi robusta sangat dipengaruhi oleh kandungan nutrisi dalam biji

kopi itu sendiri. Semakin lama proses fermentasi, jumlah Bakteri Asam Laktat (BAL) cenderung meningkat karena adanya ketersediaan sumber nutrisi yang semakin banyak untuk mendukung pertumbuhan mikroorganisme tersebut.

Kopi Robusta diketahui mengandung sumber nitrogen (N) yang cukup tinggi, yaitu sekitar 11-13%, serta kandungan karbon (C) sebesar 50-55% [14]. Sumber N dalam kopi dapat berasal dari protein, asam amino, dan senyawa nitrogen lainnya yang diserap oleh bakteri untuk sintesis protein dan enzim. Selama fermentasi, mikroorganisme seperti BAL mengonsumsi nutrisi ini, terutama dari sisa-sisa gula dan protein dalam biji kopi. Pada awal fermentasi, jumlah nutrisi yang mudah terurai terbatas, tetapi dengan berjalannya waktu, proses fermentasi akan menghasilkan lebih banyak senyawa yang dapat digunakan oleh mikroorganisme, sehingga mendukung pertumbuhannya lebih banyak lagi. Sementara itu, sumber karbon dalam bentuk karbohidrat, seperti gula sederhana (glukosa dan fruktosa), digunakan sebagai substrat utama untuk metabolisme energi melalui fermentasi asam laktat [15]. Hasil fermentasi tersebut sejalan dengan proksimat yang terdapat pada Robusta yang telah difermentasikan dengan *L. Lactis* dengan kandungan Karbohidrat meningkat yaitu 55,84% lebih tinggi daripada Robusta tanpa fermentasi yaitu 48,38%.

Analisis proksimat dilakukan untuk mengukur kandungan protein, total gula, karbohidrat, kadar air, lemak, dan kafein, yang merupakan indikator penting dalam penilaian kualitas kopi. Analisis ini penting dilakukan karena setiap komponen kimia tersebut berpengaruh pada karakteristik rasa, aroma, serta ketahanan produk terhadap proses penyimpanan. Analisis proksimat dilakukan terhadap tiga jenis kopi, yaitu kopi Robusta original (R0), kopi luwak Lampung (L. Lampung), dan kopi robusta yang telah difermentasi menggunakan *Lactococcus lactis subsp. (L. Lactis)* selama 48 jam. Protein tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi, tetapi juga mempengaruhi karakteristik fisik dan kimia makanan seperti pembentukan busa dan kestabilan aroma. Kadar gula total akan menentukan tingkat kemanisan alami yang dirasakan, sementara karbohidrat berperan dalam proses pembentukan tekstur dan stabilitas, serta gula yang memberikan kemanisan alami dan berfungsi sebagai sumber energi utama [13].

Pada Tabel 1 menjelaskan nilai proksimat dari kopi Robusta, kopi Robusta yang telah difermentasi, dan kopi luwak sebagai pembandingan. Hasil menunjukkan bahwa terdapat perbedaan nilai proksimat pada masing-masing kopi. Jumlah protein pada kopi yang telah difermentasi yaitu 17,47% hampir sama dengan kopi luwak Lampung, namun lebih tinggi dari pada kopi Robusta tanpa

fermentasi. Hasil serupa ditemui pada fermentasi kopi luwak Gayo dengan nilai protein meningkat menjadi 13.79% yang sebelum fermentasi hanya 12.68% [16]. Kandungan protein kasar dihitung dari protein, peptida dan asam amino. Semua senyawa N ini memiliki kontribusi penting terhadap rasa kopi selama pemanggangan melalui Reaksi Maillard dan degradasi Stecker [16]. Reaksi Maillard adalah reaksi non-enzimatik antara asam amino dan gula pereduksi yang menghasilkan senyawa volatil yang berkontribusi pada aroma dan rasa khas kopi panggang. Degradasi Strecker, di sisi lain, melibatkan penguraian asam amino menjadi aldehida yang juga berkontribusi pada aroma khas kopi [17]. Reaksi Maillard dan degradasi Strecker, yang berkontribusi pada pembentukan senyawa aroma seperti pirazin, furfural, dan alkohol. Senyawa-senyawa ini memberikan karakteristik aroma dan rasa khas pada kopi [18]. Hasil tersebut sejalan dengan nilai Flavor kopi Robusta yang difermentasi dengan *L. Lactis* yaitu 8 yang sama dengan kopi Luwak Lampung.

Selanjutnya perbedaan sangat jauh pada jumlah lemak, jumlah lemak pada kopi Robusta tanpa fermentasi yaitu

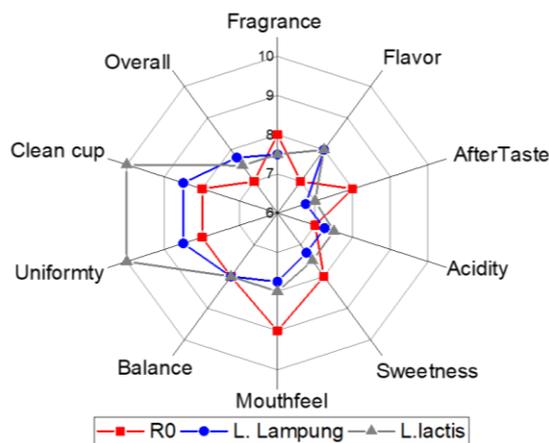
15,02% namun nilai tersebut menurun pada kopi Robusta yang telah difermentasi dengan jumlah hanya 7,86%. Perbedaan kandungan lemak yang signifikan tersebut karena saat fermentasi terjadi degradasi lipid menjadi fraksi lipid. Fraksi lipid pada biji kopi, seperti trigliserida, asam lemak bebas, dan sterol, sehingga mengurangi jumlah lemak secara keseluruhan [19].

Fraksi lipid dalam kopi, juga dikenal sebagai minyak kopi, terbagi menjadi minyak yang melapisi permukaan biji dan trigliserida, sebagai asam linoleat (40-45%) dan asam palmitat (25-35%) [20]. Fraksi lipid lainnya adalah asam lemak bebas, alkohol diterpen, sterol dan tokoferol, yang umumnya terdapat dalam minyak nabati yang dapat dimakan [10]. Berdasarkan data tersebut bahwa proses fermentasi belum merubah jumlah kafein yang terdapat pada kopi Robusta karena jumlahnya tidak memiliki perbedaan yang signifikan. Hal tersebut juga terjadi pada jumlah total gula. Kafein adalah senyawa alkaloid utama dalam biji kopi. Kafein dilaporkan memiliki kontribusi terhadap kepahitan minuman kopi dan dapat memberikan efek stimulasi fisiologis [1].

Tabel 1. Nilai Proksimat pada kopi Robusta

Sampel	Protein (%)	Gula Total (%)	Karbohidrat (%)	Kadar Air (%)	Lemak (%)	Kafein (%)
R0	16,41	5,44	48,38	4,44	15,02	2,82
L. Lactis	17,47	5,11	55,84	2,29	7,86	2,27
L. Lampung	17,56	5,52	69,20	2,26	5,54	2,41

Analisis selanjutnya yaitu analisis *cupping test* atau evaluasi sensori. Evaluasi sensori merupakan penilaian terhadap sifat-sifat sensori makanan dengan menggunakan panca indera manusia sebagai alat ukur. Evaluasi sensorik biasanya dilakukan oleh panelis terlatih untuk melakukannya mengidentifikasi kualitas produk makanan baru, untuk menentukan standar produk atau untuk bertindak sebagai kontrol kualitas rutinitas [21]. Dalam evaluasi sensori pada kopi menggunakan standar dari *Specialty Coffee Association of America* (SCAA). Hasil *cupping test* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai Cupping Test

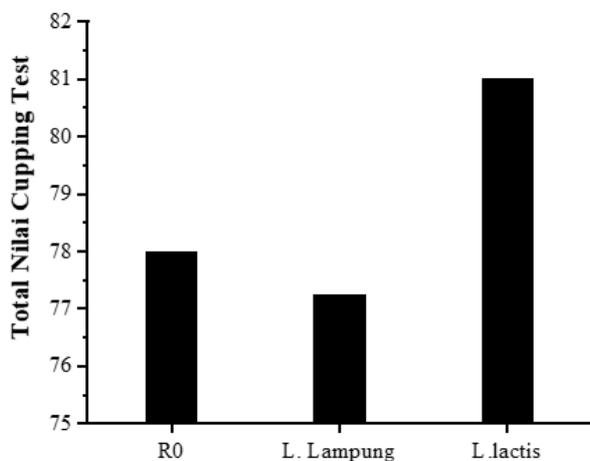
Gambar 2 menjelaskan tentang nilai *cupping test* dari kopi Robusta tanpa fermentasi, kopi Robusta dengan fermentasi dan kopi luwak lampung. Hasil menunjukkan bahwa nilai *Mouthfeel* pada kopi Robusta tanpa fermentasi memiliki nilai 9 lebih tinggi dibandingkan kopi Robusta dengan fermentasi yaitu 8. Nilai *Mouthfeel* yang lebih tinggi pada kopi Robusta tanpa fermentasi dapat dijelaskan oleh struktur dan komposisi kimia biji kopi yang tetap utuh tanpa adanya degradasi oleh aktivitas mikroorganisme selama fermentasi. Kandungan polisakarida dan protein yang tidak terpecah akan memberikan sensasi tubuh yang lebih penuh dan kekentalan yang lebih kuat pada kopi tanpa fermentasi, sehingga meningkatkan nilai *mouthfeel*. Sebaliknya, fermentasi dapat mengurangi kandungan komponen-komponen ini, yang pada akhirnya menurunkan persepsi tekstur di mulut [18].

Namun kopi dengan fermentasi memiliki nilai 10 pada *clean cup* dan *uniformity*. Nilai *clean cup* dan *uniformity* yang lebih tinggi pada kopi yang telah difermentasi menunjukkan bahwa proses fermentasi memiliki dampak positif terhadap kualitas sensori lainnya. Fermentasi dapat meningkatkan keseragaman rasa dan menghilangkan cacat-cacat yang mungkin ada pada kopi,

sehingga meningkatkan kejelasan profil rasa (*clean cup*) dan konsistensi antar cangkir (*uniformity*). Hal ini terjadi karena fermentasi membantu menguraikan senyawa-senyawa yang dapat menimbulkan rasa tidak diinginkan, seperti rasa pahit atau asam berlebih [22].

Kemudian nilai *flavor* pada kopi Robusta dengan fermentasi memiliki nilai yang sama dengan kopi luwak Lampung yaitu 8. Nilai tersebut lebih tinggi dari pada nilai *flavor* pada kopi Robusta yang hanya 7. Nilai *flavor* pada kopi Robusta yang difermentasi hingga setara dengan kopi luwak Lampung menunjukkan bahwa fermentasi mampu memodifikasi komposisi senyawa volatil dan non-volatil yang terlibat dalam pembentukan aroma dan rasa kopi. Proses ini mencakup produksi asam organik, ester, alkohol, dan senyawa aroma lainnya yang memberikan kompleksitas rasa yang lebih tinggi [23].

Hasil ini sesuai dengan penelitian sebelumnya yang melakukan Analisis *cupping test* pada fermentasi kopi Arabika dengan *Bacillus subtilis*. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa nilai atribut *flavor* dan *body* pada kopi arabika yang difermentasi lebih tinggi dibandingkan kopi hasil fermentasi alami dan tanpa fermentasi [10]. Total nilai hasil *cupping test* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Total nilai *cupping test* kopi Robusta

Gambar 3 menjelaskan total nilai *cupping test* pada kopi Robusta tanpa fermentasi, kopi Robusta dengan fermentasi, dan kopi luwak Lampung. Berdasarkan hasil *cupping test* yang dijelaskan pada Gambar 3, terlihat adanya peningkatan kualitas rasa pada kopi Robusta yang telah difermentasi dibandingkan dengan kopi Robusta tanpa fermentasi maupun kopi luwak Lampung. Kopi Robusta tanpa fermentasi memiliki total skor 78, sedangkan kopi luwak Lampung mendapatkan skor 77,25. Namun, kopi Robusta yang difermentasi menggunakan *Lactococcus lactis subsp.* mendapatkan skor tertinggi yaitu 81, yang menunjukkan peningkatan signifikan dalam aspek kualitas rasa dan aroma.

Fermentasi pada kopi Robusta ini mempengaruhi profil sensorik, menghasilkan aroma yang lebih kompleks seperti *cinnamon*, *sugar cane*, *sweet grape wine*, dan *aftertaste* yang panjang dan manis. Proses fermentasi menggunakan *Lactococcus lactis* membantu meningkatkan profil rasa kopi dengan memperkaya produksi metabolit yang mempengaruhi rasa, aroma, dan keseimbangan rasa manis serta keasaman. Mikroba seperti *Lactococcus lactis* mampu memfermentasi gula sederhana menjadi asam laktat, yang pada akhirnya meningkatkan kompleksitas aroma dan cita rasa kopi [24]. Fermentasi mikroba pada biji kopi tidak hanya berperan dalam meningkatkan jumlah mikroorganisme seperti Bakteri Asam Laktat (BAL), tetapi juga menghasilkan berbagai senyawa volatil yang secara signifikan mempengaruhi karakteristik organoleptik kopi. Senyawa-senyawa tersebut, seperti aldehyd, ester, dan alkohol, berkontribusi pada pengembangan aroma yang lebih kompleks, yang dapat mencakup catatan *fruity*, *floral*, atau *spicy*, tergantung pada jenis mikroorganisme yang terlibat dan kondisi fermentasi yang diterapkan [15]. Penggunaan mikroorganisme dalam fermentasi kopi dapat menghasilkan kopi dengan *body* dan *acidity* yang lebih seimbang serta menghasilkan aroma dan rasa yang lebih kompleks dan kaya. [24].

KESIMPULAN

Proses fermentasi kopi menggunakan *Lactococcus lactis subsp.* dapat meningkatkan jumlah kultur BAL yang sebanding dengan lamanya fermentasi. Jumlah lemak hasil analisis proksimat pada kopi Robusta fermentasi menurun menjadi 7,56 lebih rendah dari kopi Robusta tanpa fermentasi. Hasil *cupping test* menunjukkan bahwa kopi Robusta dengan fermentasi mendapatkan nilai 81 dengan *clean cup* dan *uniformity* mendapat nilai 10. Penelitian ini membuktikan bahwa fermentasi dengan *Lactococcus lactis subsp.* dapat meningkatkan kualitas rasa kopi dan memiliki aroma hampir sama dengan kopi luwak.

ACKNOWLEDGEMENT

Terimakasih kepada CV Pradipta Paramita yang membantu dalam proses penelitian ini serta semua yang terlibat dalam penelitian

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kusmiyati, K., Heratri and S. Kubikazari, "Pengaruh Waktu Fermentasi terhadap Komponen Flavor Kopi Bioluwak Robusta menggunakan Bakteri dari Usus Luwak," *CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, vol. 3, no. 1, pp. 35–42, 2020. doi: <https://doi.org/10.31960/caradde.v3i2.463>

- [2] S. Pastoriza and J. A. Rufián-Henares, "Contribution of melanoidins to the antioxidant capacity of the Spanish diet," *Food Chem*, vol. 164, 2014, doi: 10.1016/j.foodchem.2014.04.118.
- [3] L. M. Chng, K. T. Lee, and D. J. C. Chan, "Synergistic effect of pretreatment and fermentation process on carbohydrate-rich *Scenedesmus dimorphus* for bioethanol production," *Energy Convers Manag*, 2017, doi: 10.1016/j.enconman.2016.10.026.
- [4] D. Giacalone, T. K. Degen, N. Yang, C. Liu, I. Fisk, and M. Münchow, "Common roasting defects in coffee: Aroma composition, sensory characterization and consumer perception," *Food Qual Prefer*, vol. 71, no. July 2017, pp. 463–474, 2019, doi: 10.1016/j.foodqual.2018.03.009.
- [5] L. L. Pereira *et al.*, "Improvement of the Quality of Brazilian Conilon through Wet Processing: A Sensorial Perspective," *Agricultural Sciences*, vol. 10, no. 03, pp. 395–411, 2019, doi: 10.4236/as.2019.103032.
- [6] A. P. P. Bressani, S. J. Martinez, A. B. I. Sarmiento, F. M. Borém, and R. F. Schwan, "Organic acids produced during fermentation and sensory perception in specialty coffee using yeast starter culture," *Food Research International*, vol. 128, p. 108773, 2020, doi: 10.1016/j.foodres.2019.108773.
- [7] G. V. de M. Pereira *et al.*, "Potential of lactic acid bacteria to improve the fermentation and quality of coffee during on-farm processing," *Int J Food Sci Technol*, vol. 51, no. 7, pp. 1689–1695, 2016, doi: 10.1111/ijfs.13142.
- [8] L. W. Lee, M. W. Cheong, P. Curran, B. Yu, and S. Q. Liu, "Modulation of coffee aroma via the fermentation of green coffee beans with *Rhizopus oligosporus*: I. Green coffee," *Food Chem*, 2016, doi: 10.1016/j.foodchem.2016.05.076.
- [9] M. Siebert, T. Detering, and R. G. Berger, "An immobilized fungal chlorogenase rapidly degrades chlorogenic acid in a coffee beverage without altering its sensory properties," *LWT*, vol. 115, 2019, doi: 10.1016/j.lwt.2019.108426.
- [10] M. Muzaifa, D. Hasni, Febriani, A. Patria, and A. Abubakar, "Fermentation of coffee beans with inoculation of *Bacillus subtilis* and its impact on coffee sensory quality," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/364/1/012010.
- [11] H. Ulia, H. NH, J. Jerry, and E. Nurmalasari, "Ekstraksi minyak atsiri kayu gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lam.) dengan pretreatment fermentasi menggunakan *Rhizopus* sp.," *Jurnal Litbang Industri*, vol. 13, no. 2, 2023, doi: 10.24960/jli.v13i2.7919.129-135.
- [12] Z. A. Siregar, Z. ., Suthamihardja, R., & Susanty, D. (2020). Karakterisasi Kopi Arabika (*Coffea Arabica* L .) Hasil Fermentasi dengan Bakteri Asam Laktat (*Lactobacillus* Sp). *Jurnal Sains Natural Universitas Nusa Bangsa*, 19(2), 87–94.
- [13] D. M. Smith, "Protein Separation and Characterization Procedures," 2017. doi: 10.1007/978-3-319-45776-5_24.
- [14] A. A. T. Wilujeng and P. R. Wikandari, "Pengaruh lama fermentasi kopi arabika (*coffea arabica*) dengan bakteri asam laktat *lactobacillus plantarum* b1765 terhadap mutu produk," *UNESA Journal of Chemistry*, vol. 2, no. 3, pp. 1–10, 2013.
- [15] B. N. Abdul Hakim, N. J. Xuan, and S. N. H. Oslan, "A Comprehensive Review of Bioactive Compounds from Lactic Acid Bacteria: Potential Functions as Functional Food in Dietetics and the Food Industry," *Foods*, vol. 12, no. 15, 2023. doi: 10.3390/foods12152850.
- [16] M. Muzaifa, D. Hasni, Febriani, A. Patria, and A. Abubakar, "Chemical composition of green and roasted coffee bean of Gayo arabica civet coffee (kopi luwak)," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 425, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1755-1315/425/1/012001.
- [17] G. Rocchetti, G. P. Braceschi, L. Odello, T. Bertuzzi, M. Trevisan, and L. Lucini, "Identification of markers of sensory quality in ground coffee: an untargeted metabolomics approach," *Metabolomics*, vol. 16, no. 12, 2020, doi: 10.1007/s11306-020-01751-6.
- [18] L. L. Pereira *et al.*, "Relationship Between Coffee Processing and Fermentation," in *Food Engineering Series*, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-54437-9_6.
- [19] W. S. Cardoso, B. Z. Agnoletti, R. de Freitas, F. de Abreu Pinheiro, and L. L. Pereira, "Biochemical Aspects of Coffee Fermentation," in *Food Engineering Series*, 2021. doi: 10.1007/978-3-030-54437-9_4.
- [20] L. Poisson, N. Auzanneau, F. Mestdagh, I. Blank, and T. Davidek, "New Insight into the Role of Sucrose in the Generation of α -Diketones upon Coffee Roasting," *J Agric Food Chem*, vol. 66, no. 10, pp. 2422–2431, 2018, doi: 10.1021/acs.jafc.6b04849.
- [21] R. M. Muzaifa, "Isolation and characterization of yeast isolated from civet (*Paradoxurus hermaphroditus*)," *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 365, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/365/1/012038.
- [22] H. Elhalis, J. Cox, D. Frank, and J. Zhao, "The role of wet fermentation in enhancing coffee flavor, aroma and sensory quality," *European Food Research and Technology*, vol. 247, no. 2, 2021, doi: 10.1007/s00217-020-03641-6.
- [23] J. H. Da Silva Taveira *et al.*, "Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach," *Food*

Research International, vol. 61, pp. 75–82, 2014,
doi: 10.1016/j.foodres.2014.02.048.

- [24] L. G. Ruiz Rodríguez *et al.*, “Diversity and functional properties of lactic acid bacteria isolated from wild fruits and flowers present in northern Argentina,” *Front Microbiol*, vol. 10, May, 2019, doi: 10.3389/fmicb.2019.01091.