

Pengaruh Metode Fermentasi dengan Kultur Mikroba Asam Laktat (*Lactobacillus sp.*) dan Teknik Roasting terhadap Kopi Arabika (*Coffea arabica*)

Lenny Amelia HK¹, Tanty Sulistiani Widodo²

^{1,2}Teknologi Pangan, Universitas Ma'soem, Indonesia

lenny.amelia@masoemuniversity.ac.id

Info Artikel

Sejarah artikel :

Diterima November 2025

Direvisi Desember 2025

Disetujui Januari 2026

Diterbitkan Januari 2026

ABSTRACT

Arabica coffee is celebrated for its unique flavor profile, yet enhancing its global market competitiveness requires innovation in post-harvest processing. Fermentation using lactic acid bacteria (LAB) specifically *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus brevis* holds promise for modifying the coffee's flavor, boosting acidity, and enriching its aroma and flavor complexity. However, the use of this technique in Arabica coffee processing remains limited. This study therefore aims to examine how LAB fermentation and roasting techniques influence the quality of Arabica coffee. The key controlled variables were fermentation duration (0, 12, 48, and 72 hours) and roasting method, which included light roast (160°C), medium roast (180°C), and dark roast (200°C). The experiment followed a Factorial Randomized Complete Block Design (RCBD) with a 4×3 factorial arrangement and three replications, yielding a total of 36 experimental units. Data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) as part of a quantitative descriptive analysis. Based on the research findings, it can be concluded that fermentation time, roasting technique, and their interaction significantly affect the pH and moisture content of Arabica coffee beans. Meanwhile, roasting technique alone significantly influences caffeine content. The optimal treatment identified in this study was Arabica coffee beans fermented with *Lactobacillus plantarum* for 24 hours followed by medium roasting (180°C), which yielded a pH of 5.18, moisture content of 3.77%, caffeine content of 1.20%, a cupping score of 78.35, and a chlorogenic acid (CGA) content of 18.16 mg/g of roasted coffee beans.

Keywords : Arabica Coffee; Fermentation; *Lactobacillus Brevis*; *Lactobacillus Plantarum*; Roasting Technique.

ABSTRAK

Kopi Arabika dikenal karena profil rasanya yang khas, namun peningkatan daya saingnya di pasar global memerlukan inovasi dalam proses pascapanen. Fermentasi menggunakan bakteri asam laktat (BAL), khususnya *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus brevis*, berpotensi memodifikasi cita rasa kopi, meningkatkan keasaman, serta memperkaya kompleksitas aroma dan rasa. Namun demikian, penerapan teknik ini dalam pengolahan kopi Arabika masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh fermentasi BAL dan teknik penyangraian terhadap mutu kopi Arabika. Variabel yang dikontrol meliputi lama fermentasi (0, 12, 48, dan 72 jam) serta metode penyangraian, yang terdiri atas *light roast* (160°C), *medium roast* (180°C), dan *dark roast* (200°C). Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola faktorial 4×3 dan tiga ulangan, sehingga diperoleh total 36 satuan percobaan. Data dianalisis menggunakan Analisis Sidik Ragam (ANOVA) sebagai bagian dari analisis deskriptif kuantitatif. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa lama fermentasi, teknik penyangraian, serta interaksinya berpengaruh nyata terhadap pH dan kadar air biji kopi Arabika. Sementara itu, teknik

penyangraian secara tunggal berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein. Perlakuan terbaik dalam penelitian ini diperoleh pada biji kopi Arabika yang difermentasi dengan *Lactobacillus plantarum* selama 24 jam dan disangrai pada suhu sedang (180°C), dengan hasil pH 5,18; kadar air 3,77%; kadar kafein 1,20%; skor *cupping* 78,35; serta kandungan asam klorogenat (CGA) sebesar 18,16 mg/g biji kopi sangrai.

Kata Kunci : *Arabica Coffee; Fermentation; Lactobacillus Brevis; Lactobacillus Plantarum; Roasting Technique.*

PENDAHULUAN

Kopi Arabika merupakan salah satu komoditas unggulan dalam industri kopi global yang dikenal dengan profil rasanya yang khas, ditandai oleh keasaman yang cerah, cita rasa yang kaya, serta aroma yang kompleks. Secara global, konsumsi kopi terdiri atas sekitar 70% kopi Arabika dan 26% kopi Robusta. Namun demikian, produksi kopi Arabika masih lebih rendah dibandingkan dengan produksi kopi Robusta. Perbedaan volume produksi antara kedua jenis kopi tersebut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tumbuhnya masing-masing. Kopi Arabika tumbuh optimal pada ketinggian lebih dari 1.000 meter di atas permukaan laut (mdpl), sedangkan kopi Robusta berkembang baik pada ketinggian antara 400 hingga 900 mdpl [1]. Pada tahun 2012, produksi kopi Indonesia mencapai 748.000 ton, yang menyumbang sekitar 6,6% dari total produksi kopi dunia. Dari jumlah tersebut, produksi Robusta mencapai 601.000 ton, sedangkan produksi Arabika sebesar 147.000 ton [2].

Kultur LAB juga dapat memproduksi senyawa volatil yang dapat berpengaruh terhadap aroma kopi. Selain itu, kultur LAB berperan dalam meningkatkan kadar asam laktat serta penurunan pH sehingga dapat meningkatkan keseimbangan rasa kopi. Senyawa volatil yang dihasilkan selama fermentasi tidak akan rusak selama proses roasting tetapi akan memberikan dampak yang baik terhadap aroma dan cita rasa dari kopi yang dihasilkan. Interaksi antara fermentasi LAB dan teknik roasting, khususnya pada kopi Arabika, masih jarang dilakukan. Sebagian besar penelitian tentang pemanggangan kopi lebih berfokus pada efek suhu dan waktu pemanggangan terhadap rasa, tanpa mempertimbangkan pengaruh fermentasi pada biji kopi sebelum dipanggang. Oleh karena itu, penelitian ini akan memberikan kontribusi baru dalam mengintegrasikan dua aspek penting dalam pengolahan kopi, yaitu fermentasi mikroba dan teknik roasting, untuk meningkatkan kualitas rasa kopi Arabika.

Indonesia, sebagai salah satu produsen kopi terbesar di dunia, memiliki potensi yang sangat besar dalam pengembangan kopi Arabika, khususnya di daerah penghasil kopi terkenal seperti Aceh, Bali, dan Jawa. Namun demikian, meskipun kopi Arabika Indonesia dikenal memiliki kualitas yang baik, daya saingnya di pasar domestik maupun internasional masih menghadapi berbagai tantangan, terutama terkait konsistensi cita rasa dan diferensiasi produk. Salah satu faktor penting yang menentukan mutu cita rasa kopi adalah metode pengolahan biji kopi. Proses pengolahan yang tepat dapat meningkatkan atau justru menurunkan potensi cita rasa alami dari biji kopi tersebut. Fermentasi merupakan salah satu metode pengolahan yang dapat secara signifikan memengaruhi profil rasa kopi. Proses ini dilakukan untuk menguraikan lapisan lendir (*mucilage*) yang

menyelimuti biji setelah daging buah dipisahkan. Menurut Puji (2017), fermentasi yang melibatkan aktivitas mikroorganisme dapat menghasilkan kopi dengan karakteristik rasa dan aroma yang khas. Dengan demikian, mikroorganisme memegang peranan penting dalam proses fermentasi kopi [3].

Bakteri asam laktat (BAL) mampu memetabolisme gula yang terdapat pada *pulp* kopi menjadi asam laktat, asam asetat, serta berbagai asam organik lainnya. Aplikasi BAL dapat menekan pertumbuhan *Aspergillus* dan *Penicillium* yang diisolasi dari biji kopi, mikroorganisme yang diketahui dapat menurunkan kualitas fisik maupun cita rasa kopi. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kultur *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus brevis* mampu meningkatkan keasaman serta kompleksitas cita rasa pada beberapa varietas kopi Robusta. *Strain* BAL tersebut juga menghasilkan senyawa volatil yang berperan dalam pembentukan aroma kopi, meningkatkan kadar asam laktat, serta menurunkan pH sehingga memperbaiki keseimbangan cita rasa secara keseluruhan. Menurut Sukmawati dkk (2024) bahwa senyawa volatil yang terbentuk selama fermentasi tetap stabil selama proses *roasting* dan memberikan pengaruh positif terhadap aroma serta rasa akhir kopi. *Lactobacillus plantarum* dan *Lactobacillus brevis* diketahui mampu memodifikasi sifat kimia biji kopi, misalnya dengan meningkatkan keasaman, mengurangi kepahitan, serta memperkaya kompleksitas [3].

Konsentrasi senyawa volatil pada kopi dipengaruhi oleh tingkat *roasting*, sedangkan komposisi kopi hijau ditentukan oleh faktor-faktor seperti spesies kopi, asal geografis, tingkat kematangan buah, serta metode pengolahan pra dan pascapanen. Menurut Aung Moon *et al.* (2025)[4], tingkat *roasting* memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap komposisi senyawa volatil dibandingkan dengan asal geografis kopi. Teknik *roasting* yang meliputi *light roast*, *medium roast*, dan *dark roast* dapat menghasilkan profil cita rasa yang berbeda secara signifikan. *Roasting* (penyangraian) merupakan salah satu tahap paling krusial dalam pembentukan aroma kopi dan sangat memengaruhi profil senyawa bioaktif pada produk akhir. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa metode *roasting* tidak hanya memengaruhi mutu sensori dan pH kopi, tetapi juga kadar senyawa bioaktif seperti trigonelin, asam klorogenat, akrilamida, komponen nutrisi, kapasitas antioksidan, fitokimia, total fenolik, kafein, serta senyawa volatil (Rahmawati & Gustiani, 2023). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan bakteri asam laktat (BAL) sebagai kultur fermentasi pada kopi Arabika. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh lama fermentasi, berbagai teknik *roasting*, serta interaksi keduanya terhadap mutu kopi Arabika, dengan fokus pada sifat kimia, keasaman, kompleksitas cita rasa, *body*, *aftertaste*, dan karakteristik aromanya.

METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium pengolahan Teknologi Pangan Universitas Ma'soem, Universitas Pasundan dan Universitas Padjajaran selama kurang lebih 8 bulan terhitung dari bulan Januari 2025-Agustus 2025. Penelitian dilakukan secara kuantitatif yang terbagi menjadi dua tahap, yaitu penelitian pendahuluan dan utama. Tahap penelitian pendahuluan dimulai dengan pemilihan *strain* bakteri asam laktat (BAL) yang sesuai untuk proses fermentasi

kopi Arabika. Penelitian ini mengidentifikasi spesies BAL yang paling tepat untuk fermentasi biji kopi dengan menggunakan *Lactobacillus plantarum* (s1), *Lactobacillus brevis* (s2), serta kombinasi keduanya (s3). Fokus penelitian diarahkan pada pengaruhnya terhadap komposisi kimia, yang meliputi analisis pH, kadar air, kadar kafein, serta terhadap karakteristik organoleptik kopi yang dievaluasi melalui uji hedonik (aroma, rasa, dan *aftertaste*).

Selanjutnya, hasil terbaik dari penelitian pendahuluan dijadikan dasar untuk pelaksanaan penelitian utama. Variabel utama yang dikontrol meliputi lama fermentasi (L) (0, 12, 48, dan 72 jam) serta teknik *roasting* (T). Teknik *roasting* dibedakan menjadi tiga, yaitu *light roast* pada suhu 160°C (t1), *medium roast* pada suhu 180°C (t2), dan *dark roast* pada suhu 200°C (t3). Pendekatan kuantitatif digunakan untuk mengukur pengaruh lama fermentasi dan teknik *roasting* melalui analisis fisik (pH) dan analisis kimia (kadar air dan kadar kafein). Evaluasi sensori dilakukan menggunakan metode *cupping* standar SCAA (*Specialty Coffee Association of America*) oleh panelis ahli terhadap tiga perlakuan terbaik. Kandungan asam klorogenat dianalisis menggunakan HPLC pada sampel dengan hasil terbaik dari percobaan utama.

Teknik analisis yang digunakan dalam penelitian utama adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan pola faktorial 4×3 dan tiga ulangan, sehingga diperoleh total 36 satuan percobaan. Analisis deskriptif kuantitatif dilakukan menggunakan Analisis Sidik Ragam (ANOVA) untuk mengetahui pengaruh lama fermentasi dengan kultur *Lactobacillus* sp., teknik *roasting*, serta interaksi keduanya terhadap karakteristik menyeluruh kopi Arabika. Pemilihan sampel terbaik dilakukan dengan metode penilaian statistik dengan uji skoring. Data yang digunakan merupakan data hasil pengolahan, yaitu nilai rata-rata dari data yang telah ditransformasi untuk setiap variabel respon. Perlakuan dengan total skor tertinggi ditetapkan sebagai perlakuan terbaik dan selanjutnya digunakan untuk analisis lanjutan.

Perhitungan Volume Kultur Starter yang akan diinokulasikan pada Kopi Arabika

Kultur starter *Lactobacillus plantarum* (0,1 mL) diencerkan hingga konsentrasi 10^{-1} dengan cara memindahkannya ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL larutan NaCl steril 0,85%. Selanjutnya, sebanyak 1 mL dari pengenceran 10^{-1} diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi lain yang juga berisi 9 mL larutan NaCl steril 0,85% untuk memperoleh pengenceran 10^{-2} . Prosedur pengenceran berseri ini dilakukan secara berurutan hingga mencapai pengenceran 10^{-8} . Kemudian, sebanyak 1 mL dari masing-masing tingkat pengenceran (10^{-1} hingga 10^{-8}) diinokulasikan pada medium MRS agar yang mengandung CaCO_3 . Cawan diinkubasi pada suhu 37°C selama 48 jam, kemudian dilakukan perhitungan jumlah koloni. Kultur dinyatakan layak untuk digunakan sebagai inokulum apabila jumlah koloni BAL yang tumbuh pada media mencapai 10^7 CFU/g [5].

Tahap Fermentasi Kopi Arabika

Buah kopi Arabika (*cherry coffee*) terlebih dahulu dicuci hingga bersih untuk menghilangkan kotoran dan kemudian ditiriskan hingga kering. Selanjutnya,

sebanyak ± 100 g biji kopi Arabika diinokulasikan dengan kultur starter *Lactobacillus plantarum* pada konsentrasi 10^7 CFU/g dan difermentasi selama 24, 48, dan 72 jam dalam kondisi tertutup [5]. Prosedur yang sama diterapkan pada biji kopi Arabika yang difermentasi menggunakan *Lactobacillus brevis* serta kombinasi *L. plantarum* dan *L. brevis* dengan perbandingan 1:1.

Tahap Roasting Kopi Arabika

Proses *roasting* dilakukan menggunakan *coffee roaster*. Suhu *roasting* yang digunakan adalah $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk *light roast*, $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk *medium roast*, dan $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ untuk *dark roast*. Waktu *roasting* masing-masing selama 2, 6, dan 10 menit (dengan laju pemanasan sebesar $20\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ dan pengaturan aliran udara otomatis). Setelah proses *roasting* selesai, biji kopi digiling, kemudian dikemas dalam kantong plastik tertutup rapat, dan disimpan pada kondisi pendingin hingga dilakukan analisis selanjutnya [6].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi pendahuluan yang dilakukan dalam penelitian ini berfokus pada penentuan jenis kultur mikroba yang akan digunakan dalam proses fermentasi kopi Arabika. Kultur mikroba yang diuji meliputi *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus brevis*, serta kombinasi keduanya. Berdasarkan hasil percobaan pendahuluan, diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Percobaan Pendahuluan pada Fermentasi Biji Kopi Arabika

Jenis Kultur Mikroba	pH	Kadar Air (%)	Kadar Kafein (%)	Uji Hedonik		
				Aroma	Rasa	Aftertaste
<i>L. plantarum</i> (s1)	5.21 \pm 0.10 ^a	3.88 \pm 0.28 ^a	1.08 \pm 0.11 ^a	4.18 \pm 0.13 _b	4.15 \pm 0.16 _c	3.20 \pm 0.19 _b
<i>L. brevis</i> (s2)	6.13 \pm 0.14 ^c	4.00 \pm 0.40 ^a	1.33 \pm 0.07 ^b	3.42 \pm 0.20 _a	3.48 \pm 0.11 _a	2.68 \pm 0.14 _a
Kombinasi keduanya (s3)	5.60 \pm 0.16 ^b	4.01 \pm 0.27 ^a	1.27 \pm 0.12 ^b	3.69 \pm 0.23 _a	3.90 \pm 0.09 _b	3.14 \pm 0.12 _b

Keterangan: huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$).

Pada tabel 1 dapat disimpulkan bahwa jenis bakteri asam laktat (BAL) yang digunakan dalam proses fermentasi biji kopi Arabika berpengaruh nyata terhadap pH, kadar kafein, aroma, rasa, dan *aftertaste* ($p\text{-value } 0,00 < 0,05$), namun tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar air ($p\text{-value } 0,74 > 0,05$). *Lactobacillus plantarum* memberikan hasil terbaik dengan skor tertinggi (14) berdasarkan uji penilaian, dibandingkan dengan *Lactobacillus brevis* (11) dan kombinasi keduanya (12). Selama proses fermentasi, mikroorganisme menghidrolisis glukosa menjadi asam organik. Secara spesifik, *Lactobacillus plantarum* mengubah glukosa menjadi asam laktat. Oleh karena itu, total keasaman dapat digunakan sebagai indikator aktivitas fermentasi. Nilai total keasaman yang lebih tinggi setelah fermentasi menunjukkan bahwa proses fermentasi berlangsung secara optimal. Fermentasi dengan penambahan mikroorganisme juga diketahui dapat menurunkan kadar kafein dalam biji kopi [7]. Menurut penelitian Afriyanti (2020) [8], evaluasi sensori

terhadap kopi Arabika yang difermentasi menggunakan Isolat 1 (*Lactobacillus plantarum*) menghasilkan nilai rata-rata 6,646, sedangkan Isolat 2 (*Lactobacillus brevis*) menghasilkan nilai rata-rata 6,4815. Kedua nilai tersebut termasuk dalam kategori mutu “baik” (6,00–6,75) berdasarkan parameter sensori SCAA. Berdasarkan hasil tersebut, *L. plantarum* menunjukkan kinerja sensori yang lebih baik dibandingkan dengan *L. brevis*, meskipun perbedaannya tidak signifikan secara statistik.

Berdasarkan hasil penelitian utama yaitu lama fermentasi dan teknik *roasting* pada kopi Arabika yang difermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum*, diperoleh hasil uji pH sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Penelitian Utama terhadap pH Kopi Arabika

Lama Fermentasi	Teknik <i>Roasting</i>					
	<i>Light Roast</i> 160°C		<i>Medium Roast</i> 180°C		<i>Dark Roast</i> 200°C	
0 Jam	5.16 ± 0.04	a	5.24 ± 0.05	a	5.28 ± 0.03	a
	C		B		B	
24 Jam	5.06 ± 0.07	a	5.18 ± 0.09	a	5.11 ± 0.06	a
	C		B		AB	
48 Jam	4.68 ± 0.15	a	4.86 ± 0.12	ab	5.03 ± 0.10	b
	B		A		A	
72 Jam	4.38 ± 0.13	a	4.85 ± 0.23	b	4.90 ± 0.20	b
	A		A		A	

Keterangan: huruf berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$), huruf kecil dibaca secara horizontal dan huruf kapital dibaca secara vertikal.

Berdasarkan Tabel 2, dapat diketahui bahwa lama fermentasi (p -value 0,000 < 0,05), teknik *roasting* (p -value 0,000 < 0,05), serta interaksi keduanya (p -value 0,017 < 0,05) berpengaruh signifikan terhadap nilai pH seduhan kopi Arabika. Lama fermentasi dan suhu *roasting* memberikan pengaruh yang berlawanan terhadap pH kopi: semakin lama waktu fermentasi, pH kopi cenderung menurun (meningkatkan keasaman), sedangkan peningkatan suhu *roasting* menyebabkan pH meningkat (menurunkan keasaman atau mendekati kondisi netral/basa). Dengan demikian, interaksi antara lama fermentasi dan teknik *roasting* berperan penting dalam menentukan pH akhir seduhan kopi Arabika. Kopi Arabika mengandung kadar asam yang lebih tinggi dibandingkan dengan kopi Robusta. Asam organik yang terdapat dalam kopi meliputi asam propanoat, butanoat, heksanoat, asetat, dekenoat, sitrat, malat, asam klorogenat, serta asam karboksilat lainnya [2].

Semakin besar jumlah bakteri asam laktat (BAL) yang ditambahkan, maka pH yang dihasilkan akan semakin rendah. Aktivitas amilolitik meningkatkan degradasi pati menjadi glukosa, yang selanjutnya dimetabolisme menjadi asam laktat ketika populasi bakteri meningkat. Akumulasi asam laktat tersebut menyebabkan penurunan pH. Selain itu, beberapa senyawa volatil alami yang terdapat dalam kopi, seperti asam asetat, asam format, ester, dan aldehid, juga dapat memengaruhi tingkat keasaman. Perubahan nilai pH menjadi indikator adanya transformasi kimia yang terjadi dalam biji kopi selama proses pengolahan. Konsentrasi senyawa asam dalam kopi secara langsung memengaruhi tingkat keasaman yang dirasakan pada hasil seduhan [9].

Kadar Air

Berdasarkan hasil penelitian utama yaitu lama fermentasi dan teknik *roasting* pada kopi Arabika yang difermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum*, diperoleh hasil kadar air sebagai berikut:

Tabel 3. Hasil Penelitian Utama terhadap Kadar Air Kopi Arabika

Lama Fermentasi	Teknik <i>Roasting</i>		
	<i>Light Roast</i> 160°C	<i>Medium Roast</i> 180°C	<i>Light Roast</i> 160°C
0 Jam	5.74 ± 0.17 A	3.90 ± 0.34 A	2.81 ± 0.14 A
24 Jam	5.08 ± 0.08 A	3.77 ± 0.23 AB	3.22 ± 0.19 A
48 Jam	5.10 ± 0.07 B	3.59 ± 0.38 AB	2.97 ± 0.22 A
72 Jam	5.82 ± 0.45 B	4.17 ± 0.42 B	2.97 ± 0.20 A

Keterangan: huruf berbeda pada baris dan kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$), huruf kecil dibaca secara horizontal dan huruf kapital dibaca secara vertikal.

Berdasarkan Tabel 3, diketahui bahwa lama fermentasi (p -value 0,024 < 0,05), teknik *roasting* (p -value 0,000 < 0,05), serta interaksi keduanya (p -value 0,027 < 0,05) berpengaruh signifikan terhadap kadar air kopi Arabika. Lama fermentasi dan teknik *roasting* memiliki pengaruh yang berlawanan terhadap kadar air. Semakin lama waktu fermentasi, kadar air cenderung meningkat, sedangkan peningkatan suhu *roasting* menyebabkan kadar air menurun. Dengan demikian, interaksi antara lama fermentasi dan teknik *roasting* berperan penting dalam menentukan kadar air akhir pada kopi Arabika. Waktu dan suhu *roasting* berperan dalam menurunkan nilai Aw (aktivitas air), yang merupakan faktor penting dalam memperpanjang masa simpan kopi sangrai. Nilai Aw yang rendah dapat menghambat pertumbuhan mikroba serta memperlambat proses oksidasi lipid, sehingga pengendalian parameter ini secara ketat sangat diperlukan selama proses pengolahan kopi [6].

Kadar air terendah pada kopi Arabika Gayo diperoleh pada suhu *roasting* 210°C. Hal ini disebabkan oleh meningkatnya suhu yang memicu kehilangan air lebih besar. Pada suhu 190°C, air bebas dan sebagian air terikat mulai menguap; pada 200°C, air terikat dan sebagian air yang lebih kuat ikatannya dilepaskan, sedangkan pada 210°C, air dengan ikatan kuat serta sebagian air yang terikat secara ionik ikut menguap [10]. Penguapan kadar air ini berkaitan dengan penurunan massa, volume, dan densitas, serta pembentukan gas CO₂ dan senyawa volatil hasil reaksi Maillard dan pirolisis yang berkontribusi terhadap terjadinya *first crack* dan tahap karamelisasi [4].

Kadar Kafein

Berdasarkan hasil penelitian utama yaitu lama fermentasi dan teknik *roasting* pada kopi Arabika yang difermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum*, diperoleh hasil kadar kafein sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Penelitian Utama terhadap Kadar Kafein Kopi Arabika

Teknik Roasting	Kadar Kafein (%)
<i>Light Roast</i> 160°C	1.40 ± 0.13 ^c
<i>Medium Roast</i> 180°C	1.19 ± 0.10 ^b
<i>Dark Roast</i> 200°C	1.04 ± 0.10 ^a

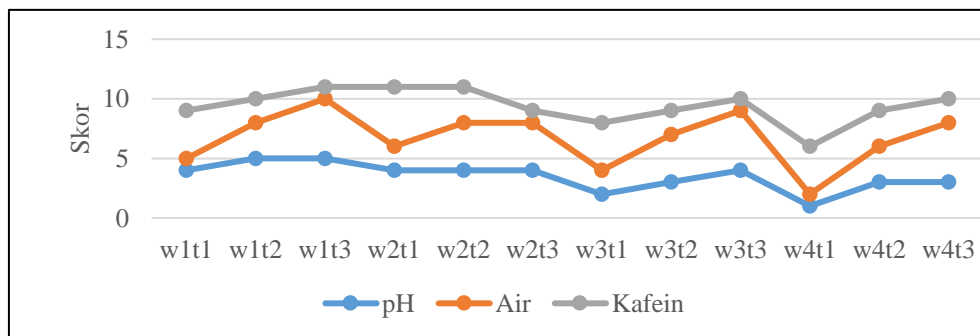
Keterangan: huruf berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan signifikan ($p < 0,05$)

Berdasarkan Tabel 4, diketahui bahwa teknik *roasting* berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein kopi Arabika (p -value $0,000 < 0,05$). Namun, lama fermentasi (p -value $0,093 > 0,05$) dan interaksi keduanya (p -value $0,549 > 0,05$) tidak berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein kopi Arabika. Suhu *roasting* yang lebih tinggi dan durasi *roasting* yang lebih lama cenderung menurunkan kadar kafein. Lama fermentasi juga berpotensi memengaruhi kadar kafein, meskipun pengaruhnya lebih kecil dibandingkan dengan proses *roasting*. Penurunan kadar kafein seiring bertambahnya waktu fermentasi juga dikaitkan dengan degradasi protein yang menghasilkan peningkatan asam amino bebas [9].

Hasil penelitian ini menegaskan bahwa kondisi *roasting* berpengaruh terhadap kadar kafein, di mana sampel dengan tingkat *medium roasting* (180°C, 4,47 mg/g) memiliki kadar kafein lebih tinggi dibandingkan dengan kopi yang disangrai pada suhu tinggi (*dark roast*), sejalan dengan temuan Várady et al., (2021). Stabilitas kafein mencerminkan volatilitasnya yang rendah dan ketahanan termalnya yang tinggi, berbeda dengan alkaloid lainnya. Peningkatan moderat kadar kafein pada *roasting* sedang kemungkinan disebabkan oleh pelepasan kafein yang sebelumnya terperangkap dalam matriks sel biji kopi. Pemahaman terhadap efek termal ini penting untuk mengoptimalkan profil *roasting* dalam rangka menyeimbangkan atribut sensori dan manfaat fungsional kopi. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 01-7152-2006), batas maksimum asupan kafein yang diperbolehkan adalah 150 mg per hari dan 50 mg per porsi. Seseorang umumnya mengonsumsi sekitar 3 g bubuk kopi per sajian (per cangkir) [11].

Cupping Method (SCAA Standard)

Pemilihan sampel terbaik dilakukan dengan menggunakan metode penilaian statistik berdasarkan hasil analisis pH, kadar air, dan kadar kafein pada kopi Arabika. Tiga sampel dengan skor tertinggi kemudian diuji secara organoleptik menggunakan metode *cupping* oleh panelis yang terdiri atas lima orang profesional *barista* dan *roaster*. Uji *cupping* dilaksanakan sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh *Specialty Coffee Association of America* (SCAA). Protokol *cupping* terstandar ini memungkinkan pengumpulan data deskriptif mengenai profil cita rasa sensori [12]. Sampel yang memperoleh skor *cupping* tertinggi selanjutnya dianalisis kandungan asam klorogenatnya. Hasil pemilihan sampel terbaik ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Penentuan Sampel Terbaik dengan Uji Scoring pada Kopi Arabika

Berdasarkan hasil pemilihan sampel terbaik, diperoleh tiga sampel dengan skor tertinggi, yaitu w1t3, w2t1, dan w2t2. Ketiga sampel tersebut kemudian diuji secara organoleptik menggunakan metode *cupping*. Sampel kopi Arabika tanpa fermentasi dengan *dark roast* (w1t3) memiliki nilai pH 5,28, kadar air 2,81%, dan kadar kafein 0,96%. Sementara itu, sampel kopi Arabika yang difermentasi selama 24 jam dengan *light roast* (w2t1) menunjukkan nilai pH 5,06, kadar air 5,08%, dan kadar kafein 1,46%. Adapun sampel biji kopi Arabika yang difermentasi selama 48 jam dengan *medium roast* (w2t2) memiliki nilai pH 5,18, kadar air 3,77%, dan kadar kafein 1,20%. Sampel terbaik kemudian dilakukan uji organoleptik menggunakan metode *cupping* oleh lima panelis, dengan hasil pengujian sebagai berikut:

Sampel	Aroma	Flavor	Aftertaste	Acidity	Body	Balance	Uniformity	Clean Cup	Sweetness	Overall	Defect	Skor
w1t3	6,15	7	6,15	6,35	7,2	7	6,85	7,85	8	7,4	2	69,95
w2t1	7,5	7,75	7,2	6,85	7,05	7,05	6,95	7,85	8,3	8	2	74,5
w2t2	8	8,2	7,85	7,4	7,4	7,7	7,4	7,85	8,25	8,3	0,8	78,35

Keterangan: hasil merupakan rata-rata skor dari lima panelis berdasarkan standar SCAA; skor tertinggi menunjukkan sampel dengan kualitas terbaik.

Gambar 2. Skor Komponen Kualitas *Cupping* (dalam satuan poin) pada Seduhan Kopi Arabika

Berdasarkan hasil *cupping test*, skor kualitas seduhan kopi berkisar antara 69,95 hingga 78,35 poin. Menurut standar SCAA, skor *cupping* antara 60–70 menunjukkan kualitas kopi dengan kategori *exchange grade*, skor antara 70–74 termasuk dalam kategori *average quality*, sedangkan skor dalam kisaran 75–79 tergolong *Usual Good Quality (UGQ)*. Skor *cupping* tertinggi diperoleh pada sampel biji kopi Arabika yang difermentasi selama 24 jam dengan *medium roast*, termasuk dalam kategori UGQ. Atribut sensori dari sampel kopi tersebut meliputi aroma 8,0; *flavor* 8,20; *aftertaste* 7,85; *acidity* 7,40; *body* 7,40; *balance* 7,70; *uniformity* 7,40; *clean cup* 7,85; *sweetness* 8,25; *overall* 8,30; dan *defects* 0,8.

Berdasarkan data pada gambar 2, semakin lama waktu fermentasi, maka semakin tinggi pula skor *cupping* yang diperoleh. Hal ini sejalan dengan pernyataan bahwa secara umum, fermentasi dengan inokulasi mikroba menghasilkan minuman dengan skor sensori yang lebih tinggi dibandingkan dengan fermentasi tanpa inokulasi. Peningkatan kualitas *cupping* kopi selama fermentasi diduga disebabkan oleh aktivitas mikroba dalam mendegradasi berbagai polisakarida pada lapisan *mucilago* kopi seperti pektin, selulosa, dan pati, yang menghasilkan

metabolit berupa alkohol, asam, ester, dan keton di dalam biji kopi. Senyawa volatil tersebut berkontribusi terhadap peningkatan kualitas sensori yang terdeteksi pada seduhan kopi hasil fermentasi [13].

Proses pascapanen memiliki pengaruh yang signifikan terhadap cita rasa kopi. Misalnya, fermentasi dapat menurunkan tingkat kepahitan dan meningkatkan cita rasa melalui pembentukan senyawa ester. Namun, fermentasi yang tidak terkontrol dengan baik dapat menimbulkan cacat cita rasa seperti aroma fermentasi yang berlebihan (*stinker off notes*). Sementara itu, proses *roasting* juga berperan penting dalam pembentukan senyawa kompleks yang memengaruhi profil cita rasa akhir kopi.

Kadar Asam Klorogenat / *Clorogenic Acid (CGA) Content*

Berdasarkan hasil *cupping method*, perlakuan dengan lama fermentasi 24 jam dengan *medium roast* teridentifikasi sebagai sampel terbaik. Selanjutnya, dilakukan analisis CGA menggunakan HPLC. Analisis dilakukan pada dua sampel, yaitu biji kopi Arabika tanpa fermentasi dan yang difermentasi selama 24 jam kemudian disangrai dengan *medium roast*. Ekstraksi dilakukan menggunakan pelarut metanol:air (80:20 v/v), dilanjutkan dengan proses sonikasi selama 30 menit dan penyaringan menggunakan membran filter berukuran 0,45 μm . Kondisi HPLC yang digunakan meliputi kolom C-18, laju alir 1,0 mL/menit, detektor UV pada panjang gelombang 325 nm, volume injeksi 20 μL , dan waktu retensi untuk standar murni CGA antara 8–10 menit. Kalibrasi dilakukan menggunakan larutan standar asam klorogenat murni dengan konsentrasi 5–200 $\mu\text{g/mL}$ ($R^2 = 0,999$). Fase gerak terdiri atas pelarut A (air dengan 0,1% asam format) dan pelarut B (asetonitril). Hasil analisis HPLC terhadap konsentrasi asam klorogenat disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Analisis HPLC terhadap Kandungan Asam Klorogenat (CGA) (mg/g) pada Kopi Arabika

Sample	R1	R2	R3	R4	R5	Rata-rata
<i>Unfermented</i>	24.8	25.6	26.1	24.9	25.2	25.32
Fermentasi 24 Jam dengan <i>Medium Roast</i>	17.5	18.3	18.9	17.9	18.2	18.16

Berdasarkan data pada Tabel 6, konsentrasi asam klorogenat (CGA) pada biji kopi Arabika yang difermentasi selama 24 jam dengan *medium roast* sebesar 18,16 mg/g biji kopi sangrai. Rata-rata penurunan kadar CGA setelah fermentasi 24 jam yang diikuti dengan *medium roast* mencapai 28,3%. Hasil uji *independent t-test* menunjukkan nilai t sebesar 21,49, derajat kebebasan (df) sebesar 7,99, dan *p-value* $2,35 \times 10^{-8}$, yang menunjukkan adanya perbedaan yang sangat signifikan ($p < 0,001$). Asam klorogenat, setelah terlepas dari ikatannya dengan kafein, akan terdegradasi menjadi senyawa organik lain dan larut ke dalam medium fermentasi. Semakin lama proses fermentasi berlangsung, semakin banyak asam klorogenat yang terlarut dalam medium tersebut [14].

Kafein dalam kopi terdapat dalam dua bentuk, yaitu sebagai basa bebas dan sebagai kompleks *potassium caffeoyl chlorogenate*. Kafein basa bebas bersifat larut dalam kloroform, dan semakin besar jumlah kafein bebas yang terdapat dalam biji kopi, semakin banyak pula yang dapat diekstraksi oleh pelarut. Kafein termasuk

dalam golongan senyawa alkaloid yang dapat terurai menjadi ester, yaitu asam klorogenat, melalui proses esterifikasi, sehingga menurunkan kadar kafein dalam kopi. Fenomena ini dikenal sebagai *decaffeination*. Proses esterifikasi menyebabkan pemecahan molekul kompleks kafein menjadi asam klorogenat. Akibatnya, kafein terlepas dalam bentuk bebas dengan ukuran dan berat molekul yang lebih kecil, sehingga lebih mudah berdifusi melalui dinding sel dan larut dalam air. Setelah asam klorogenat terpisah dari kafein, senyawa ini selanjutnya mengalami dekomposisi menjadi senyawa organik lain yang akhirnya larut ke dalam medium fermentasi [15].

PENUTUP

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa lama fermentasi, teknik *roasting*, serta interaksi antara keduanya berpengaruh signifikan terhadap pH dan kadar air biji kopi Arabika. Sementara itu, teknik *roasting* secara tunggal berpengaruh signifikan terhadap kadar kafein. Perlakuan terbaik dalam penelitian ini adalah biji kopi Arabika yang difermentasi menggunakan *Lactobacillus plantarum* selama 24 jam dan disangrai pada suhu 180°C (*medium roast*), yang menghasilkan pH sebesar 5,18; kadar air 3,77%; kadar kafein 1,20%; skor *cupping* 78,35; serta kadar CGA sebesar 18,16 mg/g biji kopi sangrai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Ilmu Pengetahuan, dan Teknologi (Kemendikristek) Republik Indonesia atas dukungan pendanaan yang memungkinkan penelitian ini terlaksana. Penghargaan yang setinggi-tingginya juga disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) serta para dosen Universitas Ma'soem atas dukungan, bimbingan, dan fasilitas yang diberikan selama pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Fiqhry, A. T., Santoso, T. N. B., & Ardiani, F. Kajian Produksi Kopi Arabika (*Coffea arabica*) pada Berbagai Ketinggian Tempat di Kabupaten Temanggung. (2023). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 12(2), 81–90. <https://doi.org/10.25181/jaip.v12i2.3497>
- [2] Mahardhika, D. A., Antonius, A. H., & Dwiloka, B. Perbedaan Sifat Fisikokimia dan Organoleptik Produk Kopi Rempah dari Kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan Kopi Robusta (*Coffea robusta*). (2022). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 11(4), 179–184. <https://doi.org/10.17728/jatp.13827>
- [3] Sukmawati, S., Patang, P., & Sukainah, A. Pemanfaatan Bakteri Asam Laktat Indigenous Kopi Robusta sebagai Starter pada Fermentasi Kopi Arabika Asal Toraja. (2024). *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 10(1), 11–18.
- [4] Aung Moon, S., Wongsakul, S., Kitazawa, H., & Saengrayap, R. Comparative analysis of post-harvest processing and drying techniques on the cupping quality of Thai Arabica coffee. (2025). *Journal of Agriculture and Food Research*,

- 21(February), 101991. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2025.101991>
- [5] Wilujeng, A. A. T., & Wikandari, P. R. Pengaruh Fermentasi Menggunakan Bakteri Asam Laktat Yoghurt Terhadap Citarasa Kopi Robusta (*Coffea Robusta*). (2014). *Pengaruh Fermentasi Menggunakan Bakteri Asam Laktat Yoghurt Terhadap Citarasa Kopi Robusta (Coffea Robusta)*, 2(3), 1–10.
- [6] Balcázar-Zumaeta, C. R., Reyna-Gonzales, K., Diaz, D. I., Pajuelo-Muñoz, A. J., Iliquin-Chavez, A. F., Yoplac, I., Medina-Mendoza, M., Mori-Mestanza, D., Cayo-Colca, I. S., & Castro-Alayo, E. M. Optimizing roasting time and temperature to enhance the physicochemical properties, and retention of bioactive compounds of three coffee arabica subvarieties.(2025). *Applied Food Research*, 5(1). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100987>
- [7] Winanti, A. A., & Yoga, A. H. The Adding Effect of *Lactobacillus plantarum* and *Saccharomyces cerevisiae* Cultures on the Bean Quality of Arabica Coffee (*Coffea arabica* L.). (2024). *Agroteknika*, 7(2), 124–137.
- [8] Afriyanti, D. *Fermentasi in Vitro Dengan Menggunakan Isolat Bal (Bakteri Asam Laktat) Dari Kotoran Luwak Pada Kopi Lokal Jember in Vitro Fermentation Using Lab Isolate (Lactic Acid Bacteria) From Luwak Stools in Jember Local Coffee*. (2020). 1–15. <https://repository.unmuhjember.ac.id/4974/>
- [9] Siregar, Z. A., Susanty, D., & Suthamihardja, R. Fermentasi biji kopi arabika (*coffea arabica* l.) Dengan penambahan bakteri asam laktat (*lactobacillus* sp). (2020). *Sains Natural: Journal of Biology and Chemistry*, 10(2), 87–94. <https://doi.org/10.31938/jsn.v10i2.285>
- [10] Pamungkas, M. T., Masrukan, M., & SAR, K. Pengaruh suhu dan lama penyangraian (roasting) terhadap sifat fisik dan kimia pada seduhan kopi arabika (*coffea arabica* l.) Dari kabupaten gayo, provinsi aceh.(2021). *Agrotech : Jurnal Ilmiah Teknologi Pertanian*, 3(2), 1–10. <https://doi.org/10.37631/agrotech.v3i2.278>
- [11] Rahmawati, I., & Gustiani, L. T. Analisis Kafein pada Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) Gununghalu Teknik Light Roasting, Medium Roasting, dan Dark Roasting. (2023). *Jurnal Kimia Padjajaran*, 1(2), 66–73.
- [12] Maligan, J. M., Wibowo, A. T. E., Anggono, N. Z., Kosasih, S. U., & Putra, Y. K. Pengujian Karakteristik Sensori Kopi Robusta Tirtoyudo Natural. (2022). *Prosiding Seminar Nasional Instiper*, 1(1), 299–305. <https://doi.org/10.55180/pro.v1i1.266>
- [13] Nakyinsige, K., Mugerwa, F., Tabula, A., Mugampoza, D., Matovu, M., & Bamuwamye, M. The influence of spontaneous microbial fermentation isolates on physicochemical properties and cup quality of wet processed arabica coffee (*Coffea arabica*). (2025). *Lwt*, 216 (December 2024), 117343. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2025.117343>
- [14] Adrianto, R., Wiraputra, D., Agrippina, F. D., & Andaningrum, A. Z. Penurunan Kadar Kafein pada Biji Kopi Robusta menggunakan Fermentasi dengan Bakteri Asam Laktat *Leuconostoc Mesenteroides* (B-155) Dan *Lactobacillus Plantarum* (B-76). (2020). *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 31(2), 163–169.
- [15] Tawali, A. B., Abdullah, N., & Wiranata, D. B. S. The Influence of Fermentation Using Bacteria Lactic Acid Yoghurt to the Flavor of Coffe Robusta (*Coffea*

robusta). (2018). *Canrea Journal: Food Technology, Nutritions, and Culinary Journal*, 1(1), 90–97. <https://doi.org/10.20956/canrea.v1i1.26>