



THE COMPARATIVE ANALYSIS OF CAFFEINE IN FERMENTED AND NON-FERMENTED ARABICA COFFEE BEANS

Romsiah*, Intan Pebyanti, Ensiwi Munarsih

Program Studi S1 Farmasi, Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi Bhakti Pertiwi Palembang

Jl. Ariodilla III No.22A Palembang 30128

ARTICLE INFO

Article history:

Received xx Dec 2024,

Revised xx Apr 2025,

Accepted xx Apr 2025,

Available online xx July 2025

Keywords:

- ✓ Arabica coffee,
- ✓ caffeine,
- ✓ fermentation,
- ✓ *Rhizopus oryzae*,
- ✓ sensory quality

*corresponding author:

romsiahchan@gmail.com

Phone : [+6285871577929](tel:+6285871577929)

<https://doi.org/10.31938/jsn.v15i3.879>

ABSTRACT

*Arabica coffee is recognized as a high-value plantation commodity, favored for its distinctive flavor profile. However, its relatively high caffeine content can cause certain side effects in some individuals, such as sleep disturbances or increased blood pressure. One approach to reducing caffeine content without compromising flavor quality is fermentation using microorganisms. *Rhizopus oryzae* is known to produce enzymes capable of altering the chemical composition of coffee, making it a potential method for lowering caffeine levels while enhancing sensory quality. This study aimed to examine changes in physical properties and caffeine content of Arabica coffee powder subjected to fermentation with *Rhizopus oryzae* at concentrations of 1%, 2%, 3%, and 4% w/w, compared to a non-fermented control sample. The fermentation process was carried out for 24 hours at room temperature. Analyses included organoleptic evaluation, moisture content measurement, and caffeine determination using UV-Vis spectrophotometry. Results indicated that fermentation with *Rhizopus oryzae* at a 4% concentration yielded the most optimal outcome, with caffeine reduced to 0.95%, moisture content at 0.94%, and a final pH of 4.8. The brewed coffee from this treatment also exhibited a distinctive aroma, light brown color, and a balanced bitterness. Overall, fermentation with *Rhizopus oryzae* proved effective in reducing caffeine levels while maintaining and improving the sensory quality of Arabica coffee.*

ABSTRAK

Kopi arabika dikenal sebagai salah satu komoditas perkebunan bernilai tinggi yang digemari karena cita rasanya yang khas. Namun, kadar kafein yang cukup tinggi pada kopi dapat memicu efek samping tertentu bagi sebagian orang, seperti kesulitan tidur atau peningkatan tekanan darah. Salah satu teknik yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar kafein tanpa mengubah kualitas rasa adalah fermentasi dengan bantuan mikroorganisme. Jamur *Rhizopus oryzae* memiliki kemampuan menghasilkan enzim yang dapat mengubah komposisi kimia pada kopi, sehingga berpotensi menurunkan kadar kafein sekaligus memperbaiki kualitas sensori. Penelitian ini dilakukan untuk menelaah perubahan sifat fisik dan kandungan kafein pada bubuk kopi arabika yang difermentasi menggunakan *Rhizopus oryzae* dengan konsentrasi 1%, 2%, 3%, dan 4% b/b, serta dibandingkan dengan sampel kontrol tanpa proses fermentasi. Fermentasi dilaksanakan selama 24 jam pada suhu ruang. Pengujian mencakup analisis organoleptik, pengukuran kadar air, dan penentuan kadar kafein menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis. Berdasarkan hasil yang diperoleh, perlakuan fermentasi dengan *Rhizopus oryzae* pada konsentrasi 4% memberikan performa terbaik, ditandai dengan penurunan kadar kafein hingga 0,95%, kadar air sebesar 0,94%, serta pH akhir 4,8. Seduhan kopi dari perlakuan ini juga menampilkan aroma khas, warna coklat muda, dan rasa pahit yang lebih seimbang. Secara keseluruhan, metode fermentasi dengan *Rhizopus oryzae* terbukti efektif untuk mengurangi kadar kafein sekaligus mempertahankan dan meningkatkan mutu sensori kopi arabika.

Kata kunci: kopi arabika, kafein, fermentasi, *Rhizopus oryzae*, kualitas sensori

PENDAHULUAN

Kopi merupakan komoditas dengan profil rasa yang kompleks, dipengaruhi oleh tingkat keasaman (*acidity*), volatilitas senyawa aromatik, dan komponen flavor yang khas. Evaluasi mutu kopi secara umum mencakup tiga aspek utama:

karakteristik fisik, kimia, dan biologis. Karakteristik fisik meliputi parameter organoleptik seperti aroma, warna, dan cita rasa, serta morfologi biji termasuk ukuran, massa, dan densitas. Pada aspek kimia, penilaian melibatkan analisis komposisi proksimat (kadar air, abu, lemak, protein, dan karbohidrat), kandungan



kafein, keberadaan logam berat, serta senyawa kimia lainnya yang berkontribusi terhadap kualitas sensori maupun keamanan pangan. Sementara itu, aspek biologis mencakup potensi kontaminasi mikrobiologis seperti mikroorganisme patogen, infestasi serangga, serta kolonisasi jamur yang dapat memengaruhi mutu dan keamanan produk akhir (Sulistyaningtyas, 2017).

Biji kopi yang bermutu tinggi umumnya memiliki kadar air maksimum sebesar 12%, bebas dari aroma yang tidak diinginkan, dan tidak terkontaminasi oleh jamur (Huch, 2015; Barbosa et al., 2019). Salah satu jenis kopi yang paling digemari oleh para penikmat kopi di seluruh dunia adalah kopi Arabika (*Coffea arabica*), yang telah dikenal luas karena kualitas rasanya yang lebih unggul dibandingkan dengan kopi Robusta (*Coffea canephora*). Kopi Arabika dikategorikan sebagai jenis kopi tradisional dengan profil cita rasa kompleks dan lebih halus, sehingga sering dianggap memiliki mutu sensori terbaik.

Keunggulan kopi tidak hanya terletak pada rasanya, tetapi juga pada kandungan senyawa bioaktifnya, salah satunya adalah kafein. Kafein merupakan senyawa alkaloid dari golongan xantin yang secara fisiologis dikenal mampu menstimulasi sistem saraf pusat, sehingga membantu mengurangi rasa kantuk (Zarwinda et al., 2018). Di dalam tubuh, kafein dapat memberikan berbagai manfaat, seperti meningkatkan kewaspadaan, mengurangi kelelahan otot, memperlancar peredaran darah, menurunkan risiko penyakit Parkinson, serta berperan sebagai antioksidan alami. Selain itu, kafein juga diketahui berpotensi meningkatkan tekanan darah dan meredakan gejala migrain. Berdasarkan pernyataan dari *Food and Drug Administration* (FDA), asupan kafein yang dianggap aman bagi individu dewasa berkisar antara 100 hingga 200 mg per hari. Sementara itu, menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-7152-2006, batas maksimum kafein yang diizinkan dalam produk makanan dan minuman ditetapkan sebesar 150 mg per hari dan 50 mg per sajian (Holuša et al., 2021).

Kopi merupakan salah satu minuman yang paling banyak dikonsumsi di dunia dan berperan penting dalam budaya serta gaya hidup masyarakat global (Gardjito & Rahadian, 2011). Salah satu komponen utama dalam kopi adalah kafein yang bersifat stimulan, namun dapat menimbulkan dampak negatif bila dikonsumsi secara berlebihan. Konsumsi kafein yang berlebihan telah dikaitkan dengan sejumlah efek

samping fisiologis, seperti peningkatan denyut jantung, gangguan lambung, tremor, kecemasan, gangguan tidur, serta penurunan konsentrasi dan daya ingat (Tjay & Rahardja, 2015). Untuk mengurangi potensi risiko kesehatan akibat konsumsi kafein berlebih, salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah menurunkan kadar kafein dalam kopi bubuk. Upaya ini dapat dilakukan melalui berbagai teknik, salah satunya adalah proses fermentasi menggunakan mikroorganisme tertentu, yang terbukti mampu menurunkan kadar kafein secara alami (Wamuyu et al., 2017)

Fermentasi merupakan salah satu proses krusial dalam tahap pascapanen biji kopi, karena dapat memengaruhi secara langsung kualitas sensori maupun komposisi kimia dari produk akhir. Proses ini bertujuan untuk menghilangkan lapisan *mucilage* (lendir) yang melekat pada permukaan biji kopi, sehingga dapat meningkatkan kualitas keseluruhan biji sebelum tahap selanjutnya seperti pengeringan dan penyangraian, sehingga memungkinkan proses pengeringan berlangsung lebih optimal. Selain itu, fermentasi juga berperan dalam pembentukan profil rasa yang lebih kompleks, dengan mengurangi rasa pahit serta menghasilkan karakter rasa yang lebih halus dan seimbang saat diseduh. Proses ini juga dilaporkan mampu menurunkan kadar kafein dalam biji kopi. Durasi fermentasi sangat bergantung pada jenis kopi, suhu lingkungan, dan mikroorganisme yang terlibat, dengan rentang waktu umum antara 12 hingga 36 jam. Namun, fermentasi yang berlangsung terlalu lama dapat menyebabkan akumulasi asam organik hasil aktivitas mikroba pembusuk, yang berdampak negatif terhadap cita rasa kopi. Di samping itu, kondisi lingkungan yang lembap juga dapat memicu pertumbuhan mikroorganisme kontaminan, yang dapat menghambat proses fermentasi secara optimal dan menurunkan mutu akhir dari biji kopi yang dihasilkan (Yuningtyas & Pratama Al-Wali, 2016).

Penelitian yang dilakukan oleh (Sani et al., 2023) mengeksplorasi proses fermentasi pada biji kopi robusta menggunakan jamur *Aspergillus niger* dengan variasi konsentrasi 0% hingga 5%. Evaluasi dilakukan terhadap uji jumlah mikroba, total asam tertitrasi, serta nilai pH dari cairan fermentasi. Setelah pengeringan, biji kopi dianalisis untuk mengetahui kadar air dan kandungan kafein. Hasil studi menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi *Aspergillus niger* berdampak nyata terhadap uji jumlah mikroba,

nilai pH, dan kadar kafein. Di sisi lain, (Azizah et al., 2019) meneliti fermentasi kopi arabika dengan jamur *Saccharomyces cerevisiae* selama 24 jam pada konsentrasi 0%–4%, dan menemukan penurunan pH, kadar air, kafein, gula pereduksi, serta peningkatan etanol.

Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini menggunakan *Rhizopus oryzae* sebagai agen fermentasi karena jamur ini mampu menghasilkan berbagai enzim hidrolitik seperti amilase, pektinase, dan protease yang efektif dalam mendegradasi *mucilage*, sehingga berpotensi memodifikasi komposisi kimia dan karakteristik sensori kopi. Selain itu, *Rhizopus oryzae* tergolong mikroorganisme GRAS (*Generally Recognized As Safe*), sehingga aman digunakan dalam produk pangan. Jamur *Rhizopus oryzae* diperoleh melalui isolasi dari inokulum tempe komersial. Isolasi dilakukan dengan cara menumbuhkan inokulum pada media PDA (Potato Dextrose Agar) steril, diinkubasi pada suhu ruang hingga terbentuk koloni murni, kemudian dipindahkan ke media baru untuk perbanyak. Penelitian ini mengkaji karakteristik fisik dan kadar kafein bubuk kopi arabika yang difermentasi menggunakan *Rhizopus oryzae* pada konsentrasi 1%, 2%, 3%, dan 4% selama 24 jam pada suhu ruang.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah biji kopi arabika (*Coffea arabica*), aquadest, baku standar kafein (Emprove), kloroform, kertas saring, kalsium karbonat (CaCO_3), etanol 96% (Emsure) dan Jamur *Rhizopus oryzae*/ragi tempe.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ayakan 60 mesh, blender, mangkuk plastik beserta penutup, gelas piala (Pyrex), corong pisah (Pyrex), corong biasa (Pyrex), water bath, cawan porselen, labu ukur (Pyrex), pipet volumetrik (Pyrex), erlenmeyer (Pyrex), neraca analitik, oven, kertas saring, serta spektrofotometer UV-Vis (Genesys 150).

Metode

Pembuatan Kopi Bubuk Arabika

Fermentasi kopi arabika dilakukan dengan cara buah kopi arabika disortir dan dilakukan pengelupasan kulit luarnya. Kemudian bilas dengan air berulang-ulang sampai biji kopi bersih dari lendirnya. Setelah itu, dilakukan penirisan pada biji kopi, kemudian ragi ditaburkan sesuai

dengan konsentrasi yang ditetapkan untuk masing-masing perlakuan (Jamur *Rhizopus oryzae* 1%, 2%, 3%, dan 4% b/b) terhadap masa sampel (100g), kemudian dimasukkan ke dalam mangkuk, lalu diamkan selama 24 jam. Tahap berikutnya biji kopi yang difermentasi dijemur hingga kering dengan tujuan untuk mengurangi kadar air. Sedangkan untuk biji kopi arabika yang tidak terfermentasi perlakuannya sama seperti biji kopi yang terfermentasi hanya saja tidak ditaburkan ragi *Rhizopus oryzae*. Kemudian biji tersebut di jemur sampai kering. Tahap selanjutnya adalah Biji kopi yang tidak difermentasi dan yang difermentasi selama 24 jam menggunakan *Rhizopus oryzae* dikupas kulit tanduknya hingga diperoleh kopi beras (*green bean coffee*), kemudian kopi beras tersebut dilakukan proses penyangraian dengan menggunakan oven pada suhu 120°C selama 2 jam untuk mempertahankan aroma khas kopi tetap terjaga. Selanjutnya, dilakukan proses penggilingan menggunakan blender dan disaring dengan ayakan 60 mesh untuk memperoleh kopi bubuk yang seragam (Putu Agus Saputra et al., 2020).

Karakteristik kopi bubuk arabika yang terfermentasi dan tidak terfermentasi Jamur *Rhizopus oryzae*

1. Organoleptik

Uji organoleptik dilakukan untuk mengevaluasi karakteristik rasa dari produk kopi yang dihasilkan, dengan fokus pada rasa, aroma, dan tekstur. Penilaian ini bertujuan untuk mengetahui persepsi panelis terhadap mutu seduhan kopi berdasarkan perlakuan fermentasi yang diberikan. Pada penelitian ini, kopi bubuk arabika yang tidak difermentasi dan yang difermentasi menggunakan jamur *Rhizopus oryzae* terlebih dahulu dipreparasi melalui proses penyeduhan dengan air panas. Setelah proses penyeduhan, sampel diuji oleh panelis (konsumen umum dengan kriteria tidak memiliki alergi terhadap kopi, mampu mencicipi dan membedakan rasa) untuk menilai perubahan sensori akibat perlakuan fermentasi (Yuningtyas & Pratama Al-Wali, 2016).

2. Uji sifat fisik

a. pH kopi bubuk arabika

Kopi bubuk arabika diseduh dengan menggunakan air panas untuk semua perlakuan kemudian setelah dingin lakukan pengukuran pH sampel menggunakan pH meter (Azizah et al., 2019).

b. Kadar air

Sebanyak 1 g sampel kopi bubuk dari masing-masing perlakuan ditimbang dan dimasukkan ke dalam vial kering yang sebelumnya telah diketahui bobot kosongnya. Sampel kemudian dipanaskan dalam oven pada suhu 150°C selama 3 jam. Setelah proses pemanasan selesai, sampel didinginkan dalam desikator, lalu dilakukan penimbangan ulang untuk memperoleh bobot akhir. Penghitungan kadar air dilakukan dengan menggunakan rumus berikut:

$$\text{Kadar air (\% b/b)} = \frac{W - W_1}{W} \times 100\% \text{ (Azizah et al., 2019).}$$

Keterangan :

w_1 : bobot akhir sampel + wadah (setelah oven)

w : bobot awal sampel + wadah (sebelum oven)

Pembuatan Larutan Standar Kafein 100 mg/L

Serbuk kafein standar sebanyak 10 mg dilarutkan dengan sedikit etanol 96% dalam labu ukur 100 mL, setelah larut tambahkan kembali sisa etanol 96% sampai volume mencapai tanda batas (Azizah et al., 2019).

Penetapan Panjang Gelombang Maksimum

Pipet larutan kafein 6,25 ppm sebanyak 2,5 mL dan masukkan ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian encerkan dengan etanol 96% hingga volume mencapai tanda batas lalu kocok homogen. Penentuan panjang gelombang maksimum dari larutan dilakukan dengan alat Spektrofotometri UV-Vis pada rentang 250-300 nm, dengan etanol p.a. sebagai blanko (Azizah et al., 2019).

Pembuatan kurva baku

Larutan seri konsentrasi dibuat dengan memipet larutan kafein 100 ppm masing-masing sebanyak 1; 1,5; 2; 2,5; 3; dan 3,5 mL lalu masukkan dalam labu ukur 10 mL dan ditambahkan etanol 96% sampai tanda batas, sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi sebesar 10,15,20,25,30, dan 35 ppm. Masing-masing larutan diukur serapannya pada panjang gelombang maksimum yang telah ditentukan. serapan hasil pengukuran dihubungkan dengan konsentrasi untuk membuat kurva kalibrasi sehingga didapatkan persamaan regresi linear ($y=ax+b$) dan nilai koefisien korelasi (r) (Azizah et al., 2019).

Penetapan Kadar kafein kopi bubuk arabika

Sampel kopi bubuk ditimbang sebanyak 1g masukkan ke dalam gelas piala, lalu tambahkan 150 ml air panas. Campuran diaduk selama 2 menit, kemudian disaring. Ke dalam filtrat dimasukkan CaCO_3 sebanyak 1,5 g, lalu dipindahkan ke dalam corong pisah. Lakukan ekstraksi dengan 25 mL kloroform untuk menarik kandungan kafein dalam kopi, ulangi ekstraksi sebanyak 4 kali. Pisahkan larutan kloroform dan diuapkan pada suhu 80°C hingga menjadi ekstrak kering.

Ekstrak kafein dilarutkan dalam etanol 96% hingga mencapai volume 100 mL. Sebanyak 1 mL larutan pekat diencerkan hingga volume 10 mL untuk keperluan pengukuran. Ukur Absorbansi dengan alat spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 272 nm. Langkah ini dilakukan secara berulang untuk masing-masing sampel kopi bubuk arabika yang diuji (Azizah et al., 2019; Kesia Maramis et al., 2013).

Menurut Chrismaaji (2018), menghitung kadar kafein sampel menggunakan rumus dibawah ini:

$$\% \text{ kafein dalam 1 gram kopi} = \frac{\text{kadar (mg)}}{\text{sampel (mg)}} \times 100\%$$

$$\text{Kadar (b/b)} = \frac{\text{konsentrasi (mg/L)} \times \text{volume total (L)} \times \text{FP}}{\text{berat sampel (gram)}}$$

Analisis data

Data yang diperoleh berupa data kualitatif yang meliputi uji organoleptis (aroma, rasa dan tekstur) dan uji sifat fisik (pH dan kadar air) serta data kuantitatif yaitu kadar kafein dari kopi bubuk arabika yang tidak terfermentasi dan yang terfermentasi jamur *Rhizopus oryzae*. Data kualitatif dan kuantitatif dibuat dalam bentuk tabel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik fisik dan kandungan kafein pada kopi bubuk arabika (*Coffea arabica*) dilakukan untuk membandingkan sampel yang tidak difermentasi dengan yang difermentasi menggunakan jamur *Rhizopus oryzae*. Analisis meliputi uji organoleptik (rasa, aroma, dan warna), pH, kadar air, serta penentuan kadar kafein. Karakteristik seduhan kopi bubuk arabika disajikan pada *Table 1*. Hasil organoleptik menunjukkan bahwa kopi yang tidak difermentasi memiliki rasa pahit tajam, sedangkan pada kopi yang difermentasi *Rhizopus*

oryzae rasa pahit menurun seiring peningkatan konsentrasi inokulum (1–4%). Hal ini disebabkan semakin tingginya konsentrasi *Rhizopus oryzae* menyebabkan penurunan kadar kafein. Pernyataan tersebut sebanding dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa rasa pahit pada kopi berasal dari senyawa kafein pada kopi (Fitri et al., 2019)

Kadar air kopi bubuk arabika juga mengalami penurunan seiring peningkatan konsentrasi inokulum (Table 1). Kopi tanpa fermentasi memiliki kadar air 4,16%, sedangkan pada konsentrasi 4% kadar air turun hingga 0,94%. Penurunan kadar air ini sesuai dengan penelitian (Azizah et al., 2019), yang menjelaskan bahwa aktivitas mikroorganisme memanfaatkan air bebas dalam *mucilage* untuk pertumbuhan, sehingga kadar air kopi menurun. Kadar air rendah bermanfaat dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme selama penyimpanan.

Selanjutnya aroma dan warna pada semua sampel menunjukkan bahwa aroma yang timbul yaitu aroma khas kopi itu sendiri dan warna yang terbentuk yaitu warna coklat muda (Figure 1). Hal ini sebanding dengan pernyataan (Fitri et al., 2019), bahwa pada proses penyangraian senyawa volatil akan menguap sehingga selama proses tersebut akan terlepasnya senyawa volatil dari

kopi dan akan menimbulkan aroma khas kopi, sedangkan warna pada seduhan kopi disebabkan karena senyawa yang terkandung didalam kopi tersebut yaitu senyawa tanin yang dapat menyebabkan pencoklatan pada seduhan kopi. Secara visual, perbedaan karakteristik fisik antara bubuk kopi yang difermentasi dan yang tidak difermentasi cukup jelas. Bubuk kopi tanpa fermentasi umumnya memiliki warna coklat tua yang pekat, menunjukkan kandungan senyawa asal, termasuk pigmen dan komponen fenolik, masih utuh. Sementara itu, bubuk kopi yang difermentasi dengan *Rhizopus oryzae* cenderung memiliki warna coklat muda. Perubahan warna ini dapat dikaitkan dengan degradasi pigmen serta komponen hasil reaksi Maillard pada lapisan *mucilage* selama fermentasi (Ferreira et al., 2023; Haile & Kang, 2019). Dari segi aroma, kopi tanpa fermentasi menunjukkan aroma pahit tajam khas kopi sangrai. Sebaliknya, kopi yang mengalami fermentasi memperlihatkan aroma yang lebih kompleks dengan sedikit nuansa fermentasi yang ringan, seperti asam lembut atau fruity, tergantung pada konsentrasi *Rhizopus oryzae* yang digunakan. Hal ini sejalan dengan pernyataan (Zhao et al., 2023) bahwa aktivitas mikroba selama fermentasi dapat menghasilkan senyawa volatil baru yang memperkaya profil aroma kopi.

Table 1. Characteristics of Arabica ground coffee brew

Perlakuan (%)	Organoleptis			pH	Berat kopi (g)		Kadar air (%)
	Rasa	Aroma	Warna		Sebelum sangrai	Setelah sangrai	
Tanpa ragi	Pahit tajam	kopi khas	coklat muda	6,0	9,6	9,2	4,16
1	Pahit sedang	kopi khas	coklat muda	5,8	9,2	8,9	3,26
2	Pahit sedang	kopi khas	coklat muda	5,4	10,6	10,3	2,83
3	Pahit sedang	kopi khas	coklat muda	5,3	10,9	10,7	1,83
4	Pahit sedikit	kopi khas	coklat muda	4,8	10,6	10,5	0,94



Figure 1. Samples of Arabica ground coffee — Non-fermented versus Fermented with *Rhizopus oryzae*

Pengukuran pH (Table 1 dan Figure 2) menunjukkan bahwa kopi tanpa fermentasi memiliki pH 6,0, sedangkan kopi terfermentasi dengan konsentrasi *Rhizopus oryzae* 1%, 2%, 3%, dan 4% b/b masing-masing memiliki pH 5,8; 5,4; 5,3; dan 4,8. Penurunan pH ini disebabkan oleh pembentukan etanol dan berbagai asam organik (pektinat, pektat, piruvat, asetat, galakturonat, malat, dan suksinat) selama fermentasi lapisan *mucilage* oleh *Rhizopus oryzae*. Senyawa-senyawa ini berkontribusi terhadap peningkatan keasaman dalam air seduhan kopi, yang pada akhirnya menciptakan karakteristik rasa yang lebih kompleks dan disukai oleh para penikmat kopi (Poerwanty & Halid, 2020). Peningkatan konsentrasi inokulum juga meningkatkan produksi enzim, yang mempercepat degradasi komponen dalam biji kopi (Afriliana et al., 2024).

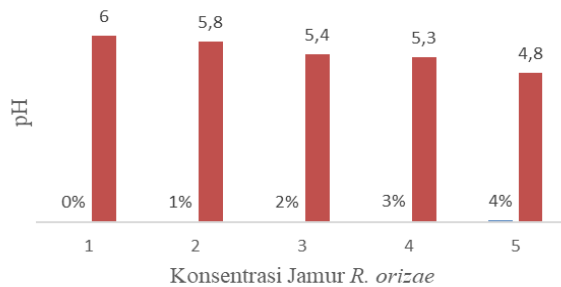


Figure 2. Graph of the pH decrease in Arabica coffee samples

Analisis kadar kafein dilakukan melalui proses ekstraksi dan pengukuran menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 272 nm (Figure 3). Standar kafein menghasilkan persamaan regresi linier $y = 0,0250x - 0,0189$ dengan $R^2 = 0,9990$ (Figure 4).

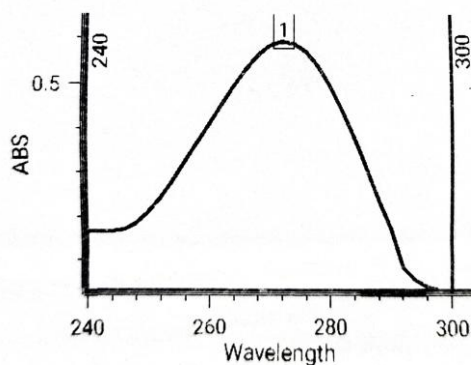


Figure 3. Maximum absorbance wavelength (λ_{max}) of caffeine

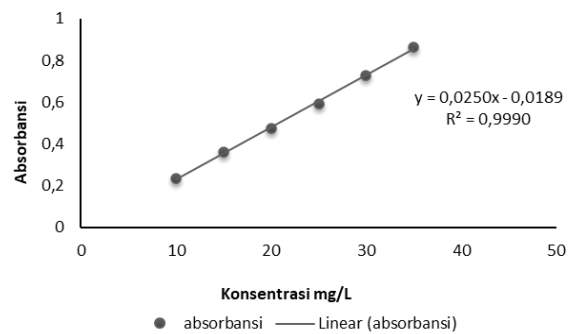


Figure 4. Caffeine standard curve

Hasil analisis (Table 2) menunjukkan bahwa kadar kafein pada kopi tanpa fermentasi adalah 1,87%, sedangkan pada fermentasi 1%, 2%, 3%, dan 4% b/b berturut-turut menjadi 1,53%; 1,37%; 1,21%; dan 0,95%. Penurunan kadar kafein ini terjadi akibat degradasi oleh enzim proteolitik *Rhizopus oryzae* serta penguapan sebagian kafein saat penyangraian.

Proses hilangnya lapisan *mucilage* akibat fermentasi mempermudah enzim proteolitik menembus ke dalam sitoplasma biji kopi dan menguraikan senyawa kafein menjadi bentuk senyawa bebas, yang kemudian lebih mudah menguap selama penyangraian (Afriliana et al., 2024). Selama penyangraian, sebagian kafein bertransformasi menjadi senyawa volatil seperti aseton, trimetilamina, asam format, dan asam asetat.

Tabel 2. Caffeine content in Arabica coffee powder

Perlakuan (%)	Kadar Kafein (%)
Tanpa ragi	1,87
1	1,53
2	1,37
3	1,21
4	0,95

Secara keseluruhan, fermentasi dengan *Rhizopus oryzae* menurunkan pH, kadar air, dan kadar kafein kopi bubuk arabika, serta mempengaruhi intensitas rasa pahit. Meskipun terjadi penurunan kadar kafein, nilai yang diperoleh masih sesuai dengan batas SNI 01-3542-2004 (0,9–2%) (Azizah et al., 2019).

KESIMPULAN

Fermentasi biji kopi arabika menggunakan *Rhizopus oryzae* dengan variasi konsentrasi 1–4%

selama 24 jam pada suhu ruang berpengaruh terhadap karakteristik fisik, organoleptic, dan kimia kopi bubuk yang dihasilkan. Kopi yang difermentasi menunjukkan penurunan intensitas rasa pahit, kadar air, pH, dan kadar kafein dibandingkan kopi tanpa fermentasi, serta memiliki aroma khas kopi dan warna coklat muda akibat perubahan komponen selama proses fermentasi. Kadar kafein terendah (0,95% b/b) diperoleh pada fermentasi konsentrasi 4%, dan seluruh perlakuan fermentasi memenuhi persyaratan SNI Kopi Bubuk 01-3542-2004 (0,9–2%).

DAFTAR PUSTAKA

- Afriliana, A., Allenia, Q. R., Jayus, & Giyarto. (2024). Chemical characteristics of original robusta coffee beans from Jember fermented with *Saccharomyces cerevisiae* starter using the semi-carbonic maceration technique. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1356(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1356/1/012032>
- Azizah, M., Sutamihardja, R., & Wijaya, N. (2019). KARAKTERISTIK KOPI BUBUK ARABIKA (*Coffea arabica* L) TERFERMENTASI *Saccharomyces cerevisiae*. *Sains Natural: Journal of Biology and Chemistry*, 9(1), 37–46. <https://doi.org/10.31938/jsn.v9i1.173>
- Barbosa, M. de S. G., Scholz, M. B. dos S., Kitzberger, C. S. G., & Benassi, M. de T. (2019). Correlation between the composition of green Arabica coffee beans and the sensory quality of coffee brews. *Food Chemistry*, 292(April), 275–280. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.072>
- Ferreira, L. J. C., Gomes, M. de S., Oliveira, L. M. de, & Santos, L. D. (2023). Coffee Fermentation Process: A Review. *Food Research International*, 169(112793), 451–452. <https://doi.org/10.1038/145451a0>
- Fitri, Tawali, A. B., & Laga, A. (2019). Luwak coffee in vitro fermentation: literature review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 230(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/230/1/012096>
- Gardjito, M., & Rahadian, D. (2011). *Kopi*. PT. KANISIUS.
- Haile, M., & Kang, W. H. (2019). The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality. *Journal of Food Quality*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>
- Holuša, J., Zúbrik, M., Resnerová, K., Vanická, H., Liška, J., Mertelík, J., Takov, D., Trombik, J., Hajek, A. E., & Pilarska, D. (2021). Further spread of the gypsy moth fungal pathogen, *Entomophaga maimaiga*, to the west and north in Central Europe. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(1), 323–331. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00366-2>
- Kesia Maramis, R., Citraningtyas, G., & Wehantouw, F. (2013). ANALISIS KAFEIN DALAM KOPI BUBUK DI KOTA MANADO MENGGUNAKAN SPEKTROFOTOMETRI UV-VIS. In *PHARMACON Jurnal Ilmiah Farmasi-UNSRAT* (Vol. 2, Issue 04).
- Poerwanty, H., & Halid, E. (2020). Fermentasi Ohmic Kopi Hs Basah Terhadap Aroma Dengan Penambahan Enzim Bromelin. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya Dan Pengelolaan Tanaman Pertanian Dan Perkebunan*, 9(1), 33–39. <https://doi.org/10.51978/agro.v9i1.96>
- Putu Agus Saputra, A., Rahman Baco, A., Asyik, N., Ilmu dan Teknologi Pangan, J., Pertanian, F., & Halu Oleo, U. (2020). FERMENTASI RAGI TAPE (*Saccharomyces cereviceae*), TERHADAP SIFAT FISIK, KIMIA DAN ORGANLEPTIK PRODUK KOPI BUBUK ROBUSTA (*Coffea conephora*). *J. Sains Dan Teknologi Pangan*, 5(6), 3412–3423.
- Sani, A. M., Sukainah, A., & Wijaya, M. (2023). Fermentasi Biji Kopi Robusta (*Coffea canephora*) menggunakan *Aspergillus niger* dalam Upaya Menurunkan Kandungan Kafein. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 9(1), 83. <https://doi.org/10.26858/jptp.v9i1.32772>
- Sulistyaningtyas, A. R. (2017). Pentingnya Pengolahan Basah (Wet Processing) Buah Kopi Robusta (*Coffea robusta* Lindl.ex.de.Will) Untuk Menurunkan

- Resiko Kecacatan Biji Hijau Saat Coffee Grading. *Prosiding Seminar Nasional Publikasi Hasil-Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 90–94.
- Tjay, T. H., & Rahardja, K. (2015). *Obat-obat penting: Khasiat, penggunaan, dan efek-efek sampingnya (Edisi ke-7)*. PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia.
- Wamuyu, K. A., Richard, K., Beatrice, M., & Cecilia, K. (2017). Effect of Different Fermentation Methods on Physicochemical Composition and Sensory Quality of Coffee (*Coffea arabica*). *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, 11(06), 31–36. <https://doi.org/10.9790/2402-1106023136>
- Yuningtyas, S., & Pratama Al-Wali, S. (n.d.). PENENTUAN KADAR KAFEIN KOPI ROBUSTA TERFERMENTASIOLEH *Enterococcus durans*, *Enterococcus sulfureus*, DAN *Lactococcus garvieae*. In *Pharmamedica Journal*.
- Zarwinda, I., Sartika, D., Farmasi, A., Makanan, D., & Aceh, Y. (2018). Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi Terhadap Kafein dalam Kopi. In *Lantanida Journal* (Vol. 6, Issue 2).
- Zhao, L., Wang, Y., Wang, D., He, Z., Gong, J., & Tan, C. (2023). Effects of Different Probiotics on the Volatile Components of Fermented Coffee Were Analyzed Based on Headspace-Gas Chromatography-Ion Mobility Spectrometry. *Foods*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/foods12102015>