

Studi Pengaruh Berbagai Parameter Proses Kombinasi UAE-EAE Terhadap Kadar Asam Klorogenat Ekstrak Kulit Buah Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.)

Selda Vira Khairunnisa¹, Siti Marwah Lestari^{2*}, Tiskha Salsabilla³, Nur Fadilah⁴

^{1,2,3,4} Jurusan S1 Farmasi, Universitas Adiwangsa Jambi, Provinsi Jambi, Indonesia

*Email korespondensi : sitimarwahlestari@gmail.com

Info Artikel

Sejarah Artikel :

Diterima

27-Mei-2026

Disetujui

14- Juni-2026

Dipublikasikan

31-Juli-2026

Kata Kunci:

Kulit buah kopi arabika, Asam Klorogenat, Ultrasound-Assisted Extraction (UAE), Enzyme-Assisted Extraction (EAE).

Keywords:

Arabica coffee cascara, Chlorogenic Acid, Ultrasound-assisted extraction (UAE), Enzyme-assisted extraction (EAE)

Abstrak

Latar belakang: Kulit buah kopi arabika (*Coffea arabica* L.) merupakan limbah hasil pengolahan kopi yang berpotensi dimanfaatkan karena mengandung senyawa bioaktif berupa asam klorogenat (CGA). **Tujuan:** Menentukan faktor ekstraksi yang paling berpengaruh terhadap kadar asam klorogenat dari kulit buah kopi arabika. **Metode:** Penelitian dilakukan menggunakan metode percobaan satu faktor dan data dianalisis menggunakan uji *One-Way* ANOVA dengan tingkat signifikansi ($p < 0,05$). **Hasil:** kombinasi UAE–EAE menghasilkan rendemen ekstrak sebesar 40,80%, parameter rasio pelarut (1:20), waktu ultrasonik (20 menit), pH (4,5), suhu enzimolisis (70°C), dan waktu enzimolisis (1,5 jam) berpengaruh signifikan terhadap kadar asam klorogenat, sedangkan suhu ultrasonik (45°C) dan konsentrasi enzim selulase (5 mg/g) tidak berpengaruh signifikan ($p > 0,05$). **Simpulan dan saran:** kombinasi UAE-EAE mampu meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa bioaktif dari matriks lignoselulosa kulit buah kopi arabika. Penelitian selanjutnya disarankan melakukan optimasi multivariat.

Abstract

Background: Arabica coffee cascara (*Coffea arabica* L.) are a byproduct of coffee processing that holds potential for utilization due to their content of the bioactive compound chlorogenic acid (CGA). **Objectives:** Determining the extraction factors that most influence the chlorogenic acid content of Arabica coffee cascara. **Methods:** The study was conducted using a one-factor experimental design, and the data were analyzed using a one-way ANOVA test with a significance level of $p < 0,05$. **Results:** The UAE–EAE combination yielded an extract yield of 40,80%; the parameters of solvent ratio (1:20), ultrasonication time (20 minutes), pH (4,5), enzymolysis temperature (70°C), and enzymolysis time (1,5 hours) significantly influenced the chlorogenic acid content, whereas ultrasonic temperature (45°C) and cellulase enzyme concentration (5 mg/g) did not have a significant effect ($p > 0,05$). **Conclusions and suggestions:** the combination of the UAE-EAE is capable of improving the extraction efficiency of bioactive compounds from the lignocellulosic matrix of Arabica cascara coffee. Further research is recommended to conduct multivariate optimization.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan penghasil kopi terbesar keempat di dunia setelah Kolombia. Menurut *United States Department Markets and Trade* (USDA), produksi kopi Indonesia pada tahun 2024/2025 mencapai 10,7 juta ton. Kopi arabika (*Coffea arabica* L.) mendominasi konsumsi kopi global hingga

70% (Caracostea & Sirbu, 2021) dan dikenal memiliki cita rasa, aroma, serta tingkat keasaman terbaik dibandingkan jenis kopi lainnya (Humaira *et al.*, 2024).

Tingginya produksi dan konsumsi kopi tersebut berdampak pada meningkatnya jumlah limbah kulit buah atau cascara kopi, mencapai 40–45% dari total massa buah kopi. Hingga saat ini, pemanfaatan kulit kopi masih terbatas dan sebagian besar belum diolah secara optimal, sehingga berpotensi menimbulkan permasalahan lingkungan (Juwita *et al.*, 2017). Padahal kulit buah kopi diketahui mengandung senyawa asam klorogenat sebesar 2,6% (Tampubolon & Sinaga, 2025) yang berguna sebagai antioksidan, antidiabetik, dan antiinflamasi (Harahap & Miswanda, 2025).

Penelitian oleh Setiawan *et al.*, (2025), menunjukkan bahwa ekstraksi kulit kopi robusta menggunakan metode maserasi menghasilkan kadar asam klorogenat sebesar 15,32%. Namun, metode maserasi bersifat konvensional, memerlukan waktu ekstraksi yang relatif lama, serta bergantung pada pelarut organik sehingga kurang efisien dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan metode ekstraksi yang lebih efisien sekaligus mampu mempertahankan stabilitas asam klorogenat. Salah satu metode ekstraksi yang dapat digunakan tanpa adanya penggunaan panas berlebih adalah *Ultrasonic-Assisted Extraction* (UAE). Metode ekstraksi modern ini memiliki keunggulan berupa penggunaan suhu relatif rendah, waktu ekstraksi singkat, kebutuhan pelarut sedikit, serta ramah lingkungan (Kristina *et al.*, 2022). Penggunaan UAE dari ampas kopi dan daun teh menghasilkan kandungan CGA tertinggi sebesar 18,5 mg/g (Giroto *et al.*, 2023). Di sisi lain, *Enzyme-Assisted Extraction* (EAE) mampu meningkatkan hasil ekstraksi melalui pemecahan dinding sel tanaman, menjaga stabilitas senyawa bioaktif, serta mengurangi penggunaan pelarut organik sehingga lebih ramah lingkungan (Streimikyte *et al.*, 2022). Penggunaan EAE dari kulit buah kopi robusta menunjukkan kandungan asam klorogenat tertinggi sebesar 151,95 mg/100 g (Huynh *et al.*, 2025). Oleh karena itu, jika dilakukan kombinasi kedua metode tersebut diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan metode tunggal.

Meskipun UAE dan EAE telah terbukti meningkatkan efisiensi ekstraksi senyawa bioaktif, penelitian terdahulu umumnya hanya mengevaluasi masing-masing metode secara terpisah. Penelitian mengenai kombinasi UAE-EAE, khususnya untuk mengetahui faktor ekstraksi yang paling berpengaruh terhadap kadar asam klorogenat dari kulit buah kopi arabika, masih belum ada. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan menentukan faktor ekstraksi yang paling berpengaruh terhadap kadar asam klorogenat dari kulit buah kopi arabika menggunakan kombinasi metode UAE-EAE.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biomedik II Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Adiwangsa Jambi, pada bulan Juni–September 2025.

Alat

Alat-alat yang digunakan meliputi kertas saring, kuvet, labu ukur (PYREX), mikropipet 100–1000 μL (DRAGON LAB), pH meter (Mediatech), spektrofotometer UV-Vis (Bel Photonics), Blue tip (Liferesources Gilson), timbangan analitik (FUJITSU FS-AR), *ultrasonic bath* (GT SONIC), *waterbath* (B-one) dan alat-alat gelas lainnya.

Bahan

Bahan yang digunakan meliputi kulit buah kopi arabika (PT. Cascara Kerinci Agro), akuades (PT. fuku maju Sejahtera), cellulase 10639 U/g (Xi'an Best Bio-Tech), HCl 37% (Merck), NaOH 2N (Merck), dan asam klorogenat (MarkHerb).

Determinasi Sampel

Determinasi kulit buah kopi arabika dilakukan dengan mengirimkan sampel ke Herbarium Jatinangor, Laboratorium Taksonomi Tumbuhan, Jurusan Biologi FMIPA, Universitas Padjajaran (UNPAD).

Percobaan Satu Faktor

Faktor-faktornya adalah rasio simplisia : pelarut (1:10, 1:15, 1:20, 1:25, 1:30), waktu ultrasonik (5, 10, 15, 20, 30 menit), suhu ultrasonik (35, 40 45, 50, 55°C), pH pelarut (3 ; 4 ; 4,5; 5 ; 5,5), konsentrasi enzim (5, 10, 15, 20, 25 mg/g), suhu enzimolisis (30, 40, 50, 60, 70°C), waktu enzimolisis (0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 jam).

Pembuatan Ekstrak Kulit Buah Kopi Arabika

Timbang serbuk kulit buah kopi Arabika sebanyak $\pm 5,00$ g ke dalam Erlenmeyer bertutup, kemudian tambahkan pelarut akuades yang telah diukur pH-nya menggunakan pH meter. Selanjutnya, atur pH larutan menggunakan HCl 0,01% atau NaOH 2N, lalu Erlenmeyer ditutup dan campuran dihomogenkan. Setelah itu, sampel dimasukkan ke dalam *ultrasonic bath* dengan frekuensi 40 kHz dan daya 150 W. Setelah perlakuan ultrasonik, Erlenmeyer bertutup dimasukkan ke dalam *waterbath* sesuai kondisi percobaan, kemudian ditambahkan enzim yang telah dilarutkan dalam 10 mL akuades. Campuran diinkubasi sesuai kondisi percobaan yang telah ditentukan. Selanjutnya, enzim diinaktivasi dengan pemanasan pada suhu 90°C selama 5 menit. Ekstrak cair yang diperoleh dipisahkan dari ampas dengan menggunakan kertas saring. Filtrat dipekatkan sehingga diperoleh ekstrak kental

Penetapan Kadar Asam Klorogenat

Pembuatan Larutan Baku Asam Klorogenat

Buat larutan induk dengan cara menimbang sebanyak 2,5 mg asam klorogenat, kemudian dilarutkan ke labu ukur 25 mL menggunakan akuades suhu 60°C sampai tanda batas sehingga diperoleh konsentrasi 100 ppm. Dari larutan induk buat larutan seri konsentrasi 2, 4, 6, 8, 10, 12 ppm dengan cara dipipet masing-masing sejumlah 0,1; 0,2 ; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 mL kedalam labu ukur 5 mL, lalu tambahkan dengan akuades sampai tanda batas.

Pembuatan Larutan Uji

Ekstrak kulit buah kopi arabika sebanyak 0,2 g dilarutkan dalam labu ukur 25 mL hingga tanda batas. Selanjutnya, 1,25 mL larutan dipipet ke dalam labu ukur 10 mL, kemudian 1 mL larutan tersebut dipipet kembali ke dalam labu ukur 5 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas.

Optimasi Panjang Gelombang Maksimum

Larutan baku asam klorogenat konsentrasi 12 ppm diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada rentang panjang gelombang 200–400 nm. panjang gelombang maksimum diperoleh yaitu 325 nm.

Prosedur Penetapan Kadar Asam Klorogenat

Masing-masing larutan baku dan larutan uji diukur serapan pada panjang gelombang 325 nm menggunakan blanko akuades. Hitung kadar asam klorogenat dalam sampel menggunakan persamaan regresi linear dari kurva kalibrasi,

Analisis Data

Persamaan regresi linear diperoleh dari hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan pembanding menggunakan Microsoft Excel, kemudian digunakan untuk menghitung kadar asam klorogenat. Data dianalisis menggunakan IBM SPSS 26 dengan uji *One-Way* ANOVA pada masing-masing faktor. Jika terdapat perbedaan signifikan ($p < 0,05$), analisis dilanjutkan dengan uji *Post Hoc Tukey*.

HASIL PENELITIAN

Determinasi Tanaman

Hasil determinasi menunjukkan sampel yang digunakan dalam penelitian benar bahwa tanaman kulit buah kopi arabika (*Coffea arabica* L.) suku *Rubiaceae*, yang tercantum dalam surat determinasi No.29/HB/01/2026.

Hasil Ekstraksi Kulit Buah Kopi Arabika

Kombinasi UAE-EAE menghasilkan rendemen ekstrak sebesar 40,80% sebagaimana ditunjukkan pada (Tabel 1.) Nilai tersebut menunjukkan bahwa kombinasi metode ekstraksi mampu meningkatkan efisiensi pelepasan senyawa dari kulit buah kopi arabika, Hal ini berkaitan dengan karakteristik struktur bahan, dimana kulit buah kopi arabika mengandung sekitar 30–40% selulosa, 20–30% hemiselulosa, dan 15–25% lignin (Harahap, 2025), Struktur tersebut dapat menghambat pelepasan senyawa bioaktif selama proses ekstraksi karena senyawa berada di dalam jaringan sel tanaman, Penerapan UAE pada tahap awal menghasilkan gelombang kavitasi yang mampu membuka struktur jaringan tanaman sehingga meningkatkan penetrasi pelarut dan mempercepat pelepasan senyawa, Kondisi ini selanjutnya mendukung proses EAE karena enzim lebih mudah menghidrolisis polisakarida dinding sel, sehingga senyawa bioaktif dapat dilepaskan secara lebih optimal dan rendemen ekstrak meningkat, Hasil ini sejalan dengan penelitian Li *et al.*, (2025) yang melaporkan bahwa UAE–EAE dari ampas anggur

menghasilkan rendemen sebesar 14,94%, lebih tinggi dibandingkan urutan EAE–UAE dari dari bunga *Lonicera japonica* sebesar 5,13% (Sun *et al.*, 2018).

Tabel 1. Hasil Ekstraksi Kulit Buah Kopi Arabika

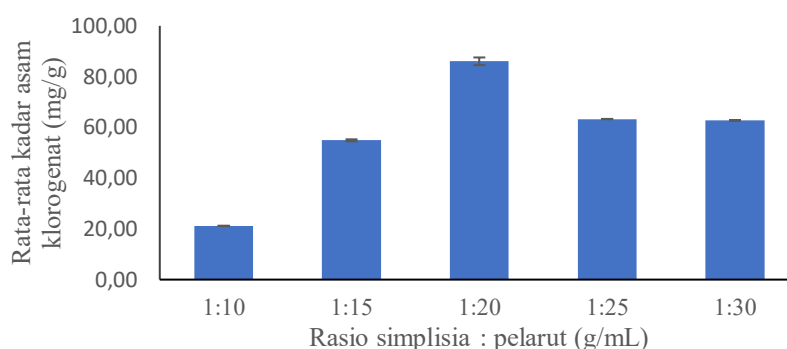
Faktor yang diuji	Variasi	Bobot simplisia (g)	Bobot ekstrak (g)	Rendemen (%)
Rasio simplisia : pelarut (g/mL)	1:10	5,00	1,06	21,20
	1:15	5,00	1,31	26,10
	1:20	5,00	1,58	31,60
	1:25	5,00	1,71	34,20
	1:30	5,00	1,66	33,20
Waktu Ultrasonik (menit)	5	5,00	2,56	51,10
	10	5,00	2,11	42,10
	15	5,00	2,07	41,40
	20	5,00	1,76	35,20
	30	5,00	2,26	45,20
Suhu Ultrasonik (°C)	35	5,00	1,46	29,16
	40	5,00	1,29	25,76
	45	5,00	1,47	29,48
	50	5,00	1,54	30,84
	55	5,00	1,56	31,16
pH	3	5,00	1,91	38,30
	4	5,00	2,05	41,00
	4,5	5,00	1,79	35,70
	5	5,00	1,83	36,60
	5,5	5,00	1,89	37,80
Konsentrasi enzim (mg/g)	5	5,00	1,63	32,70
	10	5,00	1,69	33,80
	15	5,00	1,64	32,80
	20	5,00	1,78	35,50
	30	5,00	1,84	36,80
Suhu enzimolisis (°C)	30	5,00	1,92	38,40
	40	5,00	1,92	38,50
	50	5,00	1,82	36,30
	60	5,00	1,95	38,90
	70	5,00	2,04	40,70
Waktu enzimolisis (jam)	0,5	5,00	1,95	39,10
	1	5,00	1,88	37,70
	1,5	5,00	1,94	38,70
	2	5,00	1,97	39,40
	2,5	5,00	2,04	40,80

PEMBAHASAN

Pengaruh Rasio Simplisia dan Pelarut Terhadap Kadar Asam Klorogenat

Rasio simplisia terhadap pelarut memengaruhi gradien konsentrasi yang menentukan difusi senyawa bioaktif. Pada penelitian ini, kadar asam klorogenat tertinggi diperoleh pada rasio 1:20 (g/mL) sebesar

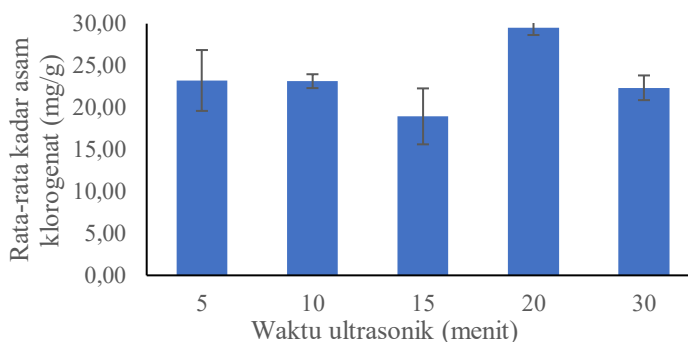
86,03 $\pm$ 1,50 mg/g ($p < 0,05$), yang menunjukkan keseimbangan maksimal antara luas kontak dan kekuatan gradien konsentrasi. Rasio terlalu rendah menyebabkan pelarut cepat jenuh (Perdani *et al.*, 2020), sedangkan rasio terlalu tinggi menghasilkan larutan terlalu encer sehingga peningkatan ekstraksi tidak signifikan. Hasil ini sejalan dengan penelitian (Lian & Yang, 2025) ekstraksi dari buah pitaya menggunakan UAE melaporkan bahwa rasio 1:20 (g/mL) menghasilkan kadar tertinggi yaitu sebesar 101,68 $\pm$ 31,12 μ g/g. Mekanisme tersebut sesuai dengan prinsip hukum Fick, di mana laju difusi sebanding dengan perbedaan konsentrasi antara fase padat dan cair (Guo *et al.*, 2025).



Gambar 1. Grafik Rasio Simplisia dan Pelarut terhadap Kadar Asam Klorogenat

Pengaruh Waktu Ultrasonik Terhadap Kadar Asam Klorogenat

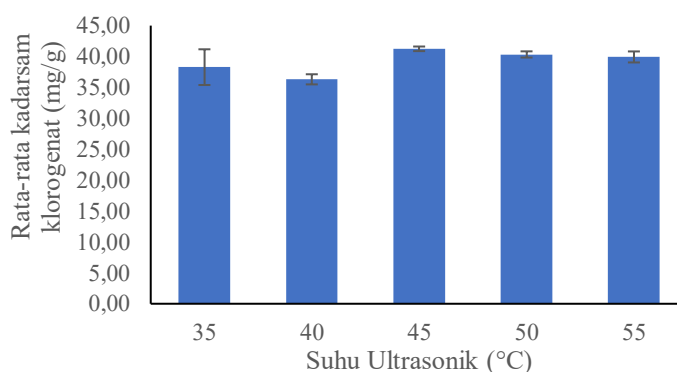
Waktu ultrasonik memengaruhi intensitas kavitasi dalam merusak dinding sel dan mempercepat pelepasan asam klorogenat. Pada penelitian ini, kadar tertinggi diperoleh pada 20 menit sebesar 29,50 $\pm$ 0,85 mg/g ($p < 0,05$), yang menunjukkan waktu tersebut optimal untuk menghasilkan kerusakan sel dan difusi maksimum. Waktu yang terlalu singkat belum mampu memecah matriks lignoselulosa secara efektif, sedangkan waktu yang terlalu lama berpotensi menurunkan kadar akibat degradasi termal (Rashad *et al.*, 2023). Hal ini sejalan dengan penelitian Duangjai *et al.*, (2021) ekstraksi biji kopi arabika dengan waktu ultrasonik 20 menit menghasilkan asam klorogenat tertinggi yaitu 14,49 mg/g. Mekanisme ini didukung prinsip akustik kavitasi, yaitu pembentukan dan runtuhnya gelembung yang meningkatkan turbulensi serta penetrasi pelarut ke dalam sel (Xu *et al.*, 2025).



Gambar 2. Grafik waktu ultrasonik terhadap kadar asam klorogenat

Pengaruh Suhu Ultrasonik terhadap Kadar Asam Klorogenat

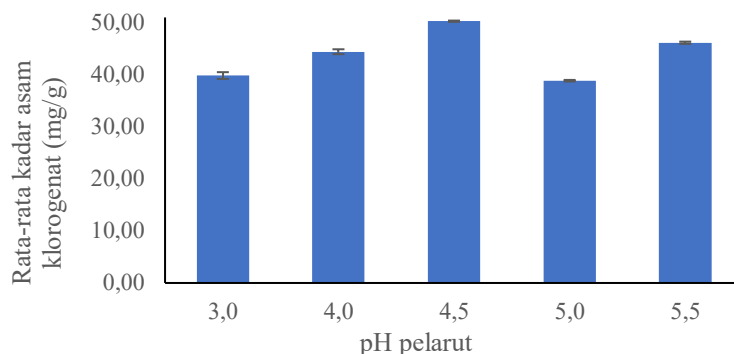
Suhu ultrasonik mengatur kondisi panas selama ekstraksi yang membantu difusi dan kelarutan senyawa. Pada penelitian ini, kadar tertinggi diperoleh pada 45 °C sebesar $41,25 \pm 0,37$ mg/g, namun tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa variasi suhu ultrasonik tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kadar asam klorogenat. Meskipun demikian, suhu 45°C dapat dianggap sebagai kondisi yang relatif optimal karena menunjukkan keseimbangan antara peningkatan energi kinetik molekul dan kestabilan senyawa. Pada suhu yang lebih tinggi, kadar cenderung menurun akibat degradasi termal senyawa (Özdemir *et al.*, 2025). Hasil ini berbeda dengan penelitian Wu *et al.*, (2022) pada cakram bunga matahari, yang melaporkan suhu ultrasonik 47 °C menghasilkan kadar asam klorogenat tertinggi yaitu 6,16 mg/g. Perbedaan tersebut kemungkinan disebabkan oleh perbedaan matriks bahan dan struktur jaringan tanaman yang memengaruhi stabilitas senyawa serta efisiensi pelepasan senyawa selama proses ekstraksi (Narsih & Agato, 2018).



Gambar 1. Grafik suhu ultrasonik terhadap kadar asam klorogenat

Pengaruh pH Pelarut Terhadap Kadar Asam Klorogenat

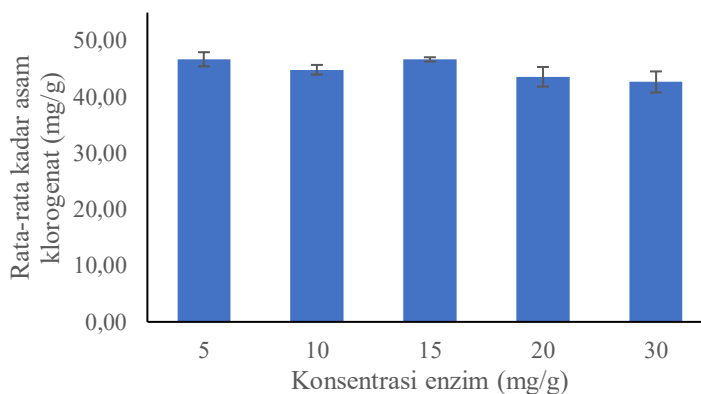
Nilai pH pelarut memengaruhi derajat ionisasi gugus fenolik sehingga berpengaruh pada stabilitas dan kelarutan asam klorogenat. Pada penelitian ini, kadar tertinggi diperoleh pada pH 4,5 sebesar $50,29 \pm 0,12$ mg/g ($p < 0,05$). Kondisi asam ringan ini membantu pelepasan asam klorogenat dari ikatan esternya dan menekan oksidasi yang lebih cepat pada pH netral atau basa. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Zeng *et al.*, (2022) ekstraksi limbah tembakau menunjukkan bahwa pH 4,1 menghasilkan kadar asam klorogenat tertinggi 0,502 g/100 g. pH yang lebih rendah menghasilkan kadar lebih rendah karena protonasi berlebih yang mengurangi kelarutan, sedangkan pH lebih tinggi menyebabkan penurunan akibat hidrolisis (Wang *et al.*, 2021). Mekanisme ini terkait dengan sifat amfoterik, di mana pH optimal berada di sekitar pKa gugus karboksil dan fenolik (Kumar & Goel, 2019).



Gambar 2. Grafik pH pelarut terhadap kadar asam klorogenat

Pengaruh Konsentrasi Enzim Terhadap Kadar Asam Klorogenat

Konsentrasi enzim selulase memengaruhi proses hidrolisis ikatan β -1,4-glikosidik pada dinding sel sehingga meningkatkan pelepasan asam klorogenat dari matriks lignoselulosa. Pada penelitian ini, kadar tertinggi diperoleh pada konsentrasi 5 mg/g sebesar $46,70 \pm 1,25$ mg/g, namun tidak berbeda signifikan ($p > 0,05$). Peningkatan konsentrasi menjadi 10 mg/g tidak meningkatkan kadar secara nyata, sedangkan pada 15 mg/g kadar kembali meningkat menjadi 46,67 mg/g dan relatif sama dengan 5 mg/g. Hal ini menunjukkan bahwa pada kisaran konsentrasi tersebut proses hidrolisis telah mendekati kondisi jenuh substrat, sehingga penambahan enzim tidak memberikan peningkatan signifikan. Kondisi ini diduga disebabkan oleh keterbatasan substrat, peningkatan viskositas yang menghambat difusi, serta kemungkinan terjadinya over-hidrolisis yang dapat menurunkan stabilitas senyawa (Huang *et al.*, 2016).

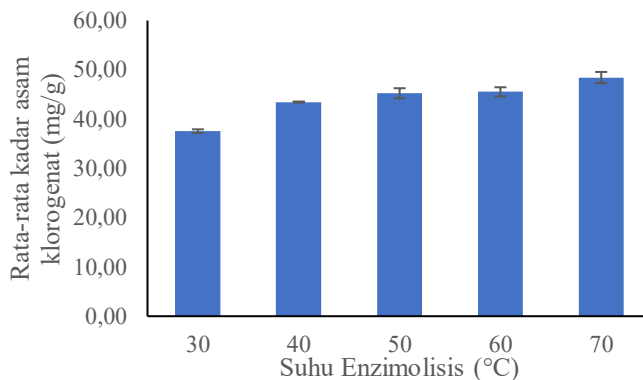


Gambar 3. Grafik konsentrasi enzim terhadap kadar asam klorogenat

Pengaruh Suhu Enzimolisis Terhadap Kadar Asam Klorogenat

Suhu enzimolisis memengaruhi aktivitas katalitik enzim selulase karena suhu akan meningkatkan energi kinetik molekul enzim sehingga mempercepat hidrolisis ikatan selulosa pada dinding sel. Pada penelitian ini, kadar asam klorogenat terus meningkat hingga suhu 70°C yaitu $48,43 \pm 1,14$ mg/g ($p < 0,05$). Hal ini sesuai dengan temuan oleh Fouda *et al.*, (2024) suhu maksimum aktivitas selulase murni pada 70°C , Suhu yang lebih tinggi akan mulai mengalami denaturasi dan inaktivasi termal yang menyebabkan penurunan aktivitas enzim. Sementara suhu enzimolisis yang lebih rendah menyebabkan

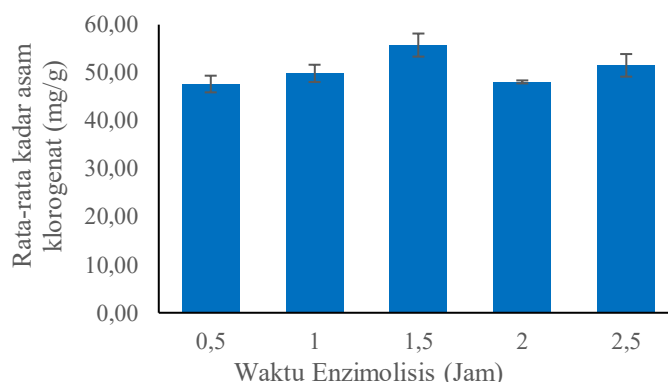
laju reaksi enzimatis yang lambat lambat sehingga menghasilkan kadar lebih rendah (Tang & Riley, 2024).



Gambar 6. Grafik suhu enzimolisis terhadap kadar asam klorogenat

Pengaruh Waktu Enzimolisis Terhadap Kadar Asam Klorogenat

Waktu enzimolisis memengaruhi durasi kontak enzim selulase dengan substrat dinding sel. Pada penelitian ini, kadar asam klorogenat tertinggi diperoleh pada waktu 1,5 jam yaitu $55.75 \pm 2,40$ mg/g ($p < 0,05$), menunjukkan bahwa durasi tersebut cukup untuk mencapai saturasi reaksi enzimatis tanpa menyebabkan degradasi produk berlebih. Hal ini sejalan dengan penelitian Baiano & Fiore (2025) ekstraksi enzimatis dari *Chicory* menunjukkan waktu enzim 90 menit menghasilkan kadar total fenolik tertinggi yaitu 180,41 mg/100 g. Waktu yang terlalu singkat membuat hidrolisis belum maksimal, sedangkan waktu yang terlalu lama dapat menurunkan kadar akibat inhibisi produk, penurunan aktivitas enzim, atau oksidasi sekunder (Rajendhran *et al.*, 2024). Mekanisme ini sesuai dengan kinetika enzimatis klasik, di mana laju hidrolisis meningkat hingga titik ekuilibrium, kemudian menurun karena akumulasi produk atau inaktivasi enzim (Ferdinda *et al.*, 2025).



Gambar 7. Grafik waktu enzimolisis terhadap kadar asam klorogenat

Pengaruh berbagai Parameter Ekstraksi terhadap Kadar Asam Klorogenat

Berbagai parameter ekstraksi pada metode kombinasi UAE–EAE memengaruhi kadar asam klorogenat ekstrak kulit buah kopi arabika. Rasio simplisia:pelarut, waktu ultrasonik, pH pelarut, suhu

enzimolisis, dan waktu enzimolisis menunjukkan pengaruh signifikan ($p < 0,05$), sedangkan suhu ultrasonik dan konsentrasi enzim tidak menunjukkan pengaruh signifikan ($p > 0,05$). Secara keseluruhan, kadar asam klorogenat tertinggi diperoleh pada rasio simplisia:pelarut 1:20 (g/mL), waktu ultrasonik 20 menit, suhu ultrasonik 45 °C, pH pelarut 4,5, konsentrasi enzim 5 mg/g, suhu enzimolisis 70 °C, dan waktu enzimolisis 1,5 jam. Hasil tersebut menunjukkan bahwa variasi parameter ekstraksi berperan dalam meningkatkan pelepasan asam klorogenat dari kulit buah kopi arabika.

KESIMPULAN

Berdasarkan percobaan satu faktor, variasi parameter pada kombinasi metode UAE–EAE memengaruhi kadar asam klorogenat dari kulit buah kopi arabika. Parameter rasio simplisia:pelarut, waktu ultrasonik, pH pelarut, suhu enzimolisis, dan waktu enzimolisis memberikan pengaruh signifikan terhadap kadar asam klorogenat, sedangkan suhu ultrasonik dan konsentrasi enzim selulase tidak memberikan pengaruh signifikan. Kombinasi metode UAE–EAE mampu meningkatkan pelepasan senyawa bioaktif dari matriks lignoselulosa kulit buah kopi arabika sehingga menghasilkan ekstraksi asam klorogenat yang lebih efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Adiwangsa Jambi yang telah menyediakan tempat pelaksanaan penelitian sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan baik.

REFERENSI

- Baiano, A., & Fiore, A. (2025). Enzymatic-Assisted Recovery of Antioxidants from Chicory and Fennel by-Products. *Waste and Biomass Valorization*, 16(2), 957–969. <https://doi.org/10.1007/s12649-024-02723-w>
- Caracostea, L.-M., & Sirbu, R. (2021). Determination of Caffeine Content in Arabica and Robusta Green Coffee of Indian Origin. *European Journal of Natural Sciences and Medicine*, 4(1), 69–79.
- Duangjai, A., Saokaew, S., Goh, B. H., & Phisalprapa, P. (2021). Shifting of Physicochemical and Biological Characteristics of Coffee Roasting Under Ultrasound-Assisted Extraction. *Frontiers in Nutrition*, 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.724591>
- Ferdinda, E., Maharani, P. A., Agustina, M., Redjeki, S., Muljani, S., & Pujiastuti, C. (2025). Kinetika Reaksi Hidrolisis Enzimatik Selulosa Menjadi Glukosa dari Kulit Durian (*Durio zibethinus rumph*) Menggunakan Enzim Selulase. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(2), 57–63.
- Fouda, A., Alshallash, K. S., Atta, H. M., El Gamal, M. S., Bakry, M. M., Alawam, A. S., & Salem, S. S. (2024). Synthesis, Optimization, and Characterization of Cellulase Enzyme Obtained from Thermotolerant *Bacillus subtilis* F3: An Insight into Cotton Fabric Polishing Activity. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 34(1), 207–223. <https://doi.org/10.4014/jmb.2309.09023>

- Giroto, F., Piazza, L., Ratti, S., & Giovanelli, G. (2023). Application of Ultrasonic Intensification Technology in the Extraction of Bio-Actives from Spent Coffee Grounds and Spent Tea Leaves. *Chemical Engineering Transactions*, 102, 265–270. <https://doi.org/10.3303/CET23102045>
- Guo, Y., Song, W., Hu, L., Liu, R., Hamid, I. A. A., & Quan, J. (2025). Kinetics and Thermodynamics of Ultrasound-Assisted Extraction of Taxanes from *Taxus chinensis* by Natural Deep Eutectic Solvents. *Processes*, 13(12). <https://doi.org/10.3390/pr13124074>
- Harahap, B. Y. H. (2025). Diacerein: Struktur, Biosintesis, dan Aktivitas Biologis. *Current Biochemistry*, 12(2), 11–20. <https://doi.org/10.29244/cb.12.1.3>
- Harahap, B. Y. H., & Miswanda, D. (2025). Potensi Kulit Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) sebagai Bahan Alami untuk Kesehatan dan Pangan Fungsional. *Nexus Sains Dan Teknologi*, 1–8.
- Huang, D., Zhou, X., Si, J., Gong, X., & Wang, S. (2016). Studies on cellulase-ultrasonic assisted extraction technology for flavonoids from *Illicium verum* residues. *Chemistry Central Journal*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s13065-016-0202-z>
- Humaira, A., Widayat, H. P., & Abubakar, Y. (2024). Analisis Kualitas Organoleptik Kopi Arabika Gayo dan Arabika Lintong yang Diperoleh dari Pasar Online. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 9(1), 409–415. www.jim.usk.ac.id/JFP
- Huynh, T. N. P., Nguyen, T. T. T., Nguyen, V. D. H., Ho, H. H., Nguyen, A. Q., & Trinh, L. T. P. (2025). Enhancing bioactive compounds from coffee cascara via enzymatic treatment and microbial fermentation. *Coffee Science*, 20, 1–10. <https://doi.org/10.25186/v20i.2309>
- Jia, Y., & Jin, T. (2025). Enhancement of Bioactive Compounds and Antioxidant Properties in *Codonopsis pilosula* Through Extrusion Processing and Development of *Codonopsis*-Oat Powder. *Foods*, 14(20). <https://doi.org/10.3390/foods14203485>
- Juwita, A., Mustafa, A., Tamrin, R., Studi Agroindustri, P., & Pertanian Negeri Pangkep, P. (2017). Studi Pemanfaatan Kulit Kopi Arabika (*Coffee arabica* L.) Sebagai Mikro Organisme Lokal (MOL). *Agrointek*, 11(1), 1–8.
- Kamkayan, P., & Assatarakul, K. (2020). Effect of Single-Factor by Ultrasound-Assisted Extraction on Antioxidant Properties of Extract from *Jiaogulan* (*Gynostemma pentaphyllum*) Leaves. *Journal of Food Technology*, 16(2), 95–108.
- Kristina, C., Yusrini, N., & Made Yusa, N. (2022). Pengaruh Waktu Ekstraksi Dengan Menggunakan Metode Ultrasonic-Assisted Extraction (UAE) Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Duwet (*Syzygium cumini*). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*, 11(1), 13–21.
- Kumar, N., & Goel, N. (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. In *Biotechnology Reports* (Vol. 24). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.btre.2019.e00370>

- Li, R., Zhu, H., Du, W., Li, G., Zhao, Y., Song, K., Qiu, J., Liu, J., & Fang, S. (2025). Effect of ultrasound-assisted extraction combined with enzymatic pretreatment on bioactive compounds, antioxidant capacity and flavor characteristics of grape pulp extracts. *Ultrasonics Sonochemistry*, 121. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107572>
- Lian, W. T., & Yang, C. Y. (2025). Effect of Ultrasonic Frequencies on the Aqueous Extraction of Polyphenols, Chlorogenic Acid, and Quercetin from the Whole Fruit of Pitaya (*Hylocereus* spp.). *Molecules*, 30(15). <https://doi.org/10.3390/molecules30153253>
- Narsih, & Agato. (2018). Efek Kombinasi Suhu Dan Waktu Ekstraksi Terhadap Komponen Senyawa Ekstrak Kulit Lidah Buaya. *Jurnal Galung Tropika*, 1(7), 75–87.
- Özdemir, M., Yıldırım, R., Yurttaş, R., Başargan, D., & Hakcı, M. B. (2025). A Review Of Ultrasound-Assisted Extraction Of Bioactive Compounds From Coffee Waste. *Gıda The Journal of Food*, 50(1), 56–73. <https://doi.org/10.15237/gida.gd24094>
- Perdani, C. G., Pranowo, D., Wijana, S., & Muliawati, D. (2020). Karakterisasi Mutu Ekstrak Kopi Hijau di Jawa Timur untuk Meningkatkan Nilai Ekonominya sebagai Bahan Sediaan Obat. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 9(3), 228–240. <https://doi.org/10.21776/ub.industria.2020.009.03.7>
- Rajendhran, H. P., Vaidyanathan, V. K., Venkatraman, S., & Karthik, P. (2024). Optimization of Enzymatic Hydrolysis by Protease Produced from *Bacillus subtilis* MTCC 2423 to Improve the Functional Properties of Wheat Gluten Hydrolysates. *International Journal of Food Science*, 2024. <https://doi.org/10.1155/2024/5053510>
- Rashad, S., El-Chaghaby, G., Lima, E. C., & Reis, G. simoes dos. (2023). Optimizing the ultrasonic-assisted extraction of antioxidants from *Ulva lactuca* algal biomass using factorial design. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13, :5681-5690. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01516-8/Published>
- Setiawan, A. A., Imaniar, N., & Rustandi, A. (2025). Analisis Kadar Asam Klorogenat Pada Ekstrak Etanol 96% Kulit Buah Kopi Robusta (*Coffea Canephora*) Menggunakan Spektrofotometri Uv-Vis. *Pharmamedica Journal*, 10(1), 61–69.
- Streimikyte, P., Viskelis, P., & Viskelis, J. (2022). Enzymes-Assisted Extraction of Plants for Sustainable and Functional Applications. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 23, Number 4). MDPI. <https://doi.org/10.3390/ijms23042359>
- Sun, Y., Chen, H., Xu, C., Yu, D., & Hu, Y. (2018). Pectinase-Ultrasound Synergistic Extraction of Chlorogenic Acid from Flos *Lonicera Japonicae*. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*, 08(04). <https://doi.org/10.4172/2155-9821.1000333>

- Tampubolon, S. D. R., & Sinaga, Y. T. T. (2025). Analisis Kualitas Teh Cascara Kopi Arabika Berdasarkan Suhu dan Lama Pengeringan. *Jurnal Riset Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian (RETIPA)*, 5(2), 130–138.
- Tang, J., & Riley, W. J. (2024). A chemical kinetics theory for interpreting the non-monotonic temperature dependence of enzymatic reactions. *Biogeosciences*, 21(5), 1061–1070. <https://doi.org/10.5194/bg-21-1061-2024>
- United States Department Markets and Trade. (2025). *Coffee: World Markets and Trade*. <https://ico.org/resources/coffee-market-report-statistics-section/>
- Wang, D., Liu, J., Qiu, S., Wang, J., Song, G., Chu, B., Li, L., Xiao, G., Gong, J., & Zheng, F. (2021). Ultrasonic degradation kinetics and isomerization of 3- and 4-O-caffeoylquinic acid at various pH: The protective effects of ascorbic acid and epigallocatechin gallate on their stability. *Ultrasonics Sonochemistry*, 80, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2021.105812>
- Wu, J., Su, M., Hu, A., & Wang, H. (2022). Extraction and recovery of chlorogenic acid from sunflower disks using a high-efficiency system composed of deep eutectic solvents and macroporous resins. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(10), e16856. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/jfpp.16856>
- Xu, R., Chaudhary, K., Altemimi, A. B., Khalid, S., Ansar, S., Abid, N., Abdi, G., & Aadil, R. M. (2025). Ultrasound-assisted extraction with deep eutectic solvents for valorization of agro-food waste: A sustainable and eco-friendly approach. *Ultrasonics Sonochemistry*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2025.107500>
- Zeng, G., Ran, Y., Huang, X., Li, Y., Zhang, M., Ding, H., Ma, Y., Ma, H., Jin, L., & Sun, D. (2022). Optimization of Ultrasonic-Assisted Extraction of Chlorogenic Acid from Tobacco Waste. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(3). <https://doi.org/10.3390/ijerph19031555>