

Penurunan kafein dan asam klorogenat kopi menggunakan metode microwave-assisted extraction: studi parameter dan evaluasi sensoris

Reduction of caffeine and chlorogenic acid in coffee using microwave-assisted extraction: a study of parameters and sensory evaluation

Yuyun Yuniati ^{1)*}, Asti Rizkiana Pramitha ¹⁾, Rosidah Wahyu Ningtyas ²⁾, Exist Saraswati ³⁾, Maria Agustini ⁴⁾

¹ Jurusan Teknologi Pangan, Universitas Dr. Soetomo, Jawa Timur, Indonesia

² Jurusan Agrobisnis Perikanan, Universitas Dr. Soetomo, Jawa Timur, Indonesia

³ Jurusan Pemanfaatan Sumber Daya Perikanan, Universitas Dr. Soetomo, Jawa Timur, Indonesia

⁴ Jurusan Budidaya Perairan, Universitas Dr. Soetomo, Jawa Timur, Indonesia

*Email korespondensi: yuyun.yuniati@unitomo.ac.id

Informasi artikel:

Dikirim: 23/12/2024; disetujui: 15/03/2025; diterbitkan: 30/03/2025

ABSTRACT

Healthier coffee is an innovative effort made in response to consumer needs that tend to reduce coffee consumption due to the side effects of caffeine and chlorogenic acid on the human body. This study aims to reduce caffeine and chlorogenic acid by implementing the Microwave-Assisted Solvent Extraction (MASE) method using water as a solvent. In the process of reducing caffeine and chlorogenic acid in coffee, optimization was carried out on the microwave power parameters (300 W and 600 W), the mass ratio of the sample to the solvent (0.100; 0.125; 0.150 g/mL), and the extraction time (2, 4, 6, 8, 10, and 12 minutes). The results showed that the microwave power parameters of 600 W, the mass-solvent ratio of 0.125 and 0.15, and the extraction time of 12 minutes significantly affected the increase in the percentage of caffeine and chlorogenic acid recovery. Coffee products before and after treatment were tested hedonically to obtain assessments from 35 untrained panelists. Through the Kruskal-Wallis and Man Whitney U statistical tests, there was no difference in the aspects of bitterness, acidity, and sweetness. This method can be an option for the coffee industry in producing low-caffeine coffee with high added value and good consumer acceptance.

Keywords: coffee, caffeine, chlorogenic acid, Microwave-Assisted Solvent Extraction

ABSTRAK

Kopi yang lebih sehat merupakan upaya inovatif yang dilakukan sebagai respons terhadap kebutuhan konsumen yang cenderung mengurangi konsumsi kopi akibat efek samping yang diberikan kafein dan asam klorogenat terhadap tubuh manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengurangi kafein dan asam klorogenat dengan mengimplementasikan metode *Microwave-Assisted Solvent Extraction* (MASE) yang menggunakan air sebagai pelarut. Dalam proses pengurangan kafein dan asam klorogenat kopi dilakukan optimasi terhadap parameter daya gelombang mikro (300 W dan 600 W), rasio massa sampel terhadap pelarut (0,100; 0,125; 0,150 g/mL), dan waktu ekstraksi (2, 4, 6, 8, 10, dan 12 menit). Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter daya microwave 600 W, rasio massa-pelarut 0,125 dan 0,15, dan waktu

ekstraksi selama 12 menit secara signifikan memengaruhi peningkatan persentase *recovery* kafein dan asam klorogenat. Produk kopi sebelum dan sesudah perlakuan diuji secara hedonik untuk memperoleh penilaian dari 35 panelis tidak terlatih. Melalui uji statistika Kruskal-Wallis dan Man Whitney U, tidak adanya perbedaan dalam aspek aspek kepahitan, keasaman, dan kemanisan. Metode ini dapat menjadi opsi bagi industri kopi dalam memproduksi kopi rendah kafein dengan nilai tambah tinggi dan tingkat penerimaan konsumen yang baik.

Kata kunci: kopi, kafein, asam klorogenat, ekstraksi pelarut dengan bantuan gelombang mikro

PENDAHULUAN

Kopi, sebuah produk minuman olahan biji berwarna hitam pekat dengan cita rasa khasnya, telah menjadi bagian yang melekat dalam kehidupan masyarakat global (Wachamo, 2017). Lebih dari sekadar minuman yang mampu dikonsumsi individu hingga empat cangkir per hari, kopi telah berkembang menjadi simbol budaya modern (Triolo *et al.*, 2023). Popularitasnya yang terus meningkat mendorong pertumbuhan signifikan dalam produksi dan konsumsi global, mencapai 10 miliar ton per tahun (Pancsira, 2022); (Paterek *et al.*, 2024). Kecenderungan ini juga memicu kemunculan kafe kekinian yang menawarkan beragam varian kopi, mulai dari espresso dengan cita rasa kopi kuat hingga latte yang bertekstur lembut (Basri dan Subarjo, 2024).

Mengonsumsi kopi memang dianggap efektif dalam meningkatkan konsentrasi, kewaspadaan, performa fisik seseorang (Maspul, 2024). Akan tetapi, konsumsi kopi tidak selalu memberikan manfaat yang seragam bagi setiap individu (Wachamo, 2017). Kandungan kafein (1,3,7-trimetilksantina) dan asam klorogenat dalam kopi dapat memicu berbagai efek stimulasi yang mengganggu kesehatan, termasuk insomnia, jantung berdebar, dan gangguan pencernaan (Reyes dan Cornelis, 2018). Pada individu dengan sensitivitas lambung, kafein dan asam klorogenat bersinergi dalam memicu iritasi mukosa lambung, memperburuk gejala maag, atau menyebabkan refluks asam lambung (Qiao *et al.*, 2024). Kondisi tersebut menyebabkan sebagian konsumen yang menyukai cita rasa kopi terpaksa mengurangi atau bahkan

menghindari konsumsi kopi untuk menghindari dampak kesehatan tersebut (Samoggia dan Riedel, 2019).

Untuk merespons tantangan tersebut, kecenderungan gaya hidup sehat kini mendorong publik menemukan alternatif minuman kopi yang nikmat namun lebih aman bagi kesehatan (Reyes dan Cornelis, 2018). Kopi rendah kafein dan asam klorogenat menjadi salah satu penawaran terbaik yang memungkinkan konsumen tetap menikmati cita rasa kopi tanpa khawatir efek samping kafein dan asam klorogenat (Balqis *et al.*, 2022). Selain itu, pengembangan teknologi dekafeinasi memberikan peluang strategis bagi industri kopi untuk menciptakan produk inovatif dengan nilai tambah tinggi, sekaligus tetap memenuhi preferensi konsumen terhadap kesegaran dan sensori seduhan kopi secara holistik (Ludwig *et al.*, 2014).

Beberapa metode penghilangan kafein atau asam klorogenat telah dilakukan, termasuk menggunakan pelarut organik diklorometana dan etil asetat selama waktu proses keseluruhan mencapai satu hari (Winarsih, *et al.* 2024; Granone, *et al.*, 2024). Namun Metode konvensional ini umumnya menggunakan pelarut kimia yang berbiaya tinggi dan kurang efisien dalam hal waktu yang dibutuhkan untuk proses ekstraksi (Azizah, *et al.*, 2022). Selain itu, penggunaan bahan kimia ini sering kali mengorbankan kualitas sensoris produk akhir menjadi kurang disukai (Shofinita *et al.*, 2024). Selain itu, metode dekafeinasi biologis dengan enzim dan mikroba juga dipelajari, meskipun beberapa tantangan dalam menentukan selektivitas bahan, kompleksitas proses, dan regulasi masih dikaji

(Gokulakrishnan, *et al.*, 2005; Hariyadi, *et al.*, 2024). Oleh karena itu, diperlukan inovasi metode dekafeinasi yang lebih ramah lingkungan dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode dekafeinasi kopi menggunakan pendekatan *Microwave-Assisted Solvent Extraction* (MASE) dengan pelarut air untuk menurunkan kadar kafein dan asam klorogenat. Metode MASE mengandalkan pemanasan yang cepat dan merata melalui gelombang mikro, serta memanfaatkan sifat selektif air sebagai pelarut dalam mengekstraksi kafein dan asam klorogenat. (Marthia, 2021; Wate dan Girma, 2023). Penggunaan gelombang mikro dinilai mampu mempercepat penetrasi pelarut ke dalam matriks sampel, sehingga proses ekstraksi berlangsung lebih singkat dibandingkan dengan maserasi yang memerlukan lebih dari 1 hari (Enggiwanto *et al.*, 2018). Pemanasan yang singkat yang dihasilkan oleh *microwave* meminimalkan risiko degradasi senyawa bioaktif dibandingkan pemanasan langsung (Putri *et al.*, 2021).

Penelitian ini menentukan parameter optimal ekstraksi seperti daya gelombang mikro, waktu ekstraksi, dan rasio massa sampel terhadap pelarut, sehingga diharapkan mampu menghasilkan kopi rendah kafein dan asam klorogenat dengan perolehan persentase *recovery* kedua aspek secara maksimum. Produk kopi rendah kafein dan asam klorogenat yang dihasilkan akan dievaluasi melalui uji organoleptik untuk menilai tingkat penerimaan konsumen terhadap kualitas dan profil sensori, sehingga diharapkan produk akhir tetap mempertahankan karakteristik hedonik khas kopi, termasuk cita rasa pahit dan asam.

METODE

Bahan

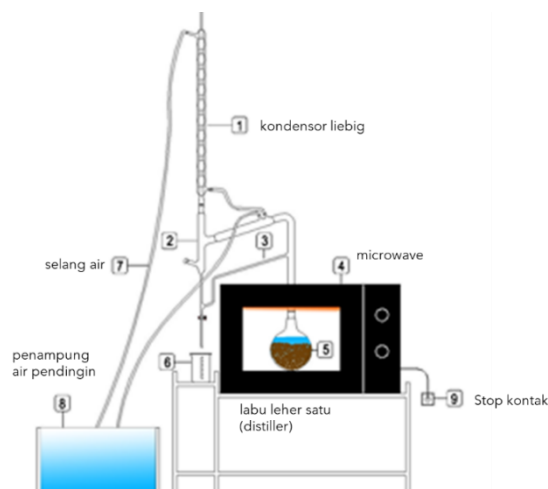
Kopi Arabica Gayo Aceh asal produsen lokal Malang, Jawa Timur digunakan sebagai bahan utama yang digunakan untuk dikurangi kafein dan asam klorogenat. Selain itu digunakan akuades,

Natrium hidroksida (NaOH, analytical grade, Merck), indikator fenofalein, dan kafein standar (analytical grade, Sigma Aldrick),

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *microwave* (Electrolux model EMM2308X), kondensor Liebig (Pyrex), labu bulat 1 L (Pyrex), timbangan analitik (ATX324, Shimadzu), buret (Pyrex), spektrofotometer UV-Vis (B-One, UV-VIS100DA-X).

Proses ekstraksi padat cair



Gambar 1. Skema peralatan ekstraksi berbasis *Microwave Assisted Solid Extraction*

Penerapan metode *Microwave Assisted Solid Extraction* (MASE) dilakukan dengan menyusun sistem peralatan yang terdiri dari microwave, labu bulat, kondensor Liebig, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Microwave dioperasikan pada tegangan 220 V dan frekuensi 2,45 GHz, dengan daya yang divariasikan pada dua jenis kondisi, yaitu 300 watt dan 600 watt. Setelah itu dipersiapkan kopi dan akuades yang diatur perbandingan gram massa bahan per ml volum pelarut, feed to Solvent (F/S) sebesar 0,100; 0,125; dan 0,150. Kopi dan akuades ditempatkan dalam labu ukur dan diekstraksi di dalam microwave selama 2; 4; 6; 8; 10; dan 12 menit, seperti yang dilaporkan dalam laporan penelitian (Yuniati, Cahyani, *et al.*, 2021). Untuk meminimalkan risiko degradasi seluruh senyawa bioaktif kopi

akibat paparan gelombang mikro, air pendingin dialirkan melalui kondensor Liebig yang terhubung dengan sistem ekstraksi. Kopi yang telah diekstrak dikeringkan dalam oven bersuhu 70-80 °C selama 1-2 jam untuk menghilangkan sisa pelarut, sebelum sampel dianalisis lebih lanjut untuk mengevaluasi persentase *recovery* kafein dan asam klorogenat, serta mengevaluasi sensori produk dalam uji hedonik.

Analisis kafein

Sebelum menentukan jumlah kafein dalam kopi sebelum dan setelah proses ekstraksi padat-cair, dilakukan pembuatan kurva kalibrasi kafein standar dalam air menggunakan regresi linier. Kurva ini disusun dengan syarat koefisien determinasi (R^2) $\geq 0,99$, yang menghubungkan konsentrasi kafein (ppm atau mg/L) dengan nilai absorbansi maksimum pada panjang gelombang 273 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Sinaga *et al.*, 2021). Mula-mula dilakukan pembuatan larutan standar kafein menggunakan kafein standar yang dilarutkan dengan air sehingga dihasilkan konsentrasi 2, 4, 6, 8, 10, 12, dan 14 ppm. Pada rentang konsentrasi tersebut dilakukan pengukuran absorbansi dengan

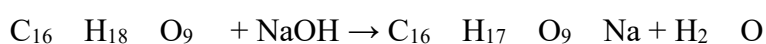
peralatan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 200-300 nm (Iswandi, 2022). Selanjutnya membuat grafik kurva standar dengan sumbu x adalah konsentrasi dan y adalah absorbansi. Persamaan regresi linear yang diperoleh digunakan sebagai acuan untuk menghitung konsentrasi kafein pada sampel hasil ekstraksi dekafeinasi. Persentase *recovery* kafein kopi yang telah mengalami dekafeinasi dihitung dengan persamaan:

$$\%K_{recovery} = \frac{K_t}{K_0} \times 100\% \quad (1)$$

K_t adalah konsentrasi kafein (ppm) yang berhasil diperoleh setelah proses dekafeinasi sedangkan K_0 adalah Konsentrasi kafein (ppm) yang terkandung dalam kopi sebelum proses ekstraksi padat cair dilakukan.

Analisis asam klorogenat

Jumlah asam klorogenat pada kopi ditentukan dengan menggunakan prinsip titrasi dengan larutan Natrium hidroksida 0,01 M, NaOH, sebagai reaksi satu mol asam dengan satu mol basa dalam persamaan reaksi:



Titik akhir titrasi ditentukan dengan menggunakan indikator fenolftalein 1% yang ditambahkan sebanyak 2-3 tetes ke dalam sampel, yang berubah warna dari tidak

berwarna menjadi merah muda pada pH basa. Massa asam klorogenat terekstrak (M_{AK}) dalam mg dihitung dengan persamaan berikut:

$$M_{AK}(mg) = V_{NaOH}(mL) \times N_{NaOH} \left(\frac{mmol_{ekuivalen}}{mL} \right) \times BM_{AK} \left(\frac{mg}{mmol} \right) \times 25 \times \frac{1}{V_{sampel}} \quad (2)$$

V_{NaOH} adalah Volume larutan titran NaOH (dalam satuan L) yang digunakan hingga titik akhir titrasi tercapai. N_{NaOH} adalah nilai normalitas NaOH, yakni 0,01 N (0,01 mol/L - setara dengan 0,01 mmol/mL). BM_{AK} adalah berat molekul asam klorogenat

(354,31 g/mol - setara dengan 354,31 mg/mmol). Persentase *recovery* asam klorogenat kopi yang telah mengalami prosedur ekstraksi padat cair dihitung dengan persamaan:

$$\%AK_{recovery} = \frac{AK_t}{AK_0} \times 100\% \quad (3)$$

AK_t adalah jumlah asam klorogenat (mg) yang berhasil diperoleh setelah proses dekafeinasi sedangkan AK_0 adalah jumlah asam klorogenat (mg) yang terkandung dalam kopi sebelum proses ekstraksi padat cair dilakukan.

Uji hedonik kopi

Uji hedonik dilakukan terhadap 3 variasi sampel kopi terhadap 35 panelis tidak terlatih berusia antara 18-50 tahun. Panelis dipastikan telah memenuhi syarat sehat (tidak sedang sakit flu atau gangguan indera perasa). Panelis uji sensori adalah seseorang yang menyatakan sudah pernah hingga sering mengonsumsi kopi hitam atau kopi susu minimal seminggu sekali.

Sampel uji dipersiapkan dengan mencampurkan 3 gram kopi dengan 50 ml air mendidih, diaduk, dan didiamkan selama 5 menit hingga ampas kopi terpisah dari air kopi yang larut. Penilaian hedonik dilakukan dengan mengisi *e-kuesioner* dan menilai aspek aroma, rasa, kekentalan, kepahitan, keasaman, kemanisan, *after taste*, penampilan dan keseimbangan rasa. Panelis menilai kualitas kesukaan kopi dengan memilih skala 1-5 (Atmadja dan Yunianto, 2019):

- Skala 1 = kopi sangat tidak disukai
- Skala 2 = kopi tidak disukai
- Skala 3 = kopi biasa saja, netral
- Skala 4 = kopi cukup disukai
- Skala 5 = kopi sangat disukai

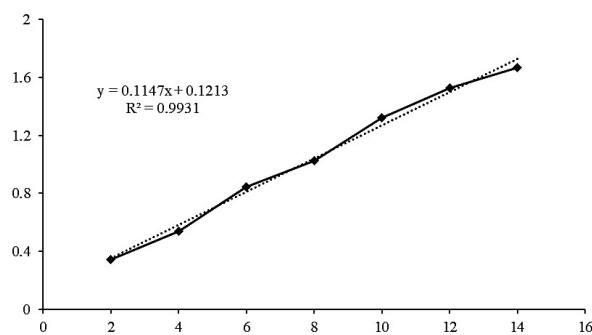
Demi mengetahui signifikansi perbedaan kualitas sensori sampel kopi, maka data hasil uji hedonik dilakukan analisis statistik menggunakan Uji Kruskal-Wallis. Pengujian berbasis statistika ini menentukan nilai p (probabilitas hipotesis) diterima atau ditolak pada tingkat kepercayaan 95%. Apabila nilai p dibawah 0,05, maka terdapat perbedaan nyata antar masing-masing sampel, sehingga perlu dilakukan uji lanjut dengan Mann Whitney U untuk mengetahui perbedaan penggolongan

perbedaan kategori antar sampel. Apabila nilai p melampaui 0,05, maka tidak ada perbedaan nyata masing-masing sampel dan tidak perlu dilakukan uji lanjut Mann Whitney U (Dewi, 2018).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Persentase *recovery* kafein dan asam klorogenat adalah parameter yang digunakan untuk mengukur efektifitas metode ekstraksi dalam menurunkan kadar senyawa tersebut. Persentase *recovery* menunjukkan jumlah kafein atau asam klorogenat yang berhasil diekstraksi dari kopi, dibandingkan dengan jumlah total senyawa sebelum proses ekstraksi. Persentase *recovery* tinggi menunjukkan bahwa parameter daya, rasio, dan waktu yang digunakan sangat efektif dalam mengisolasi kafein dan asam klorogenat.

Pengaruh variabel pada *recovery* kafein kopi



Gambar 2. Kurva kalibrasi kafein standar

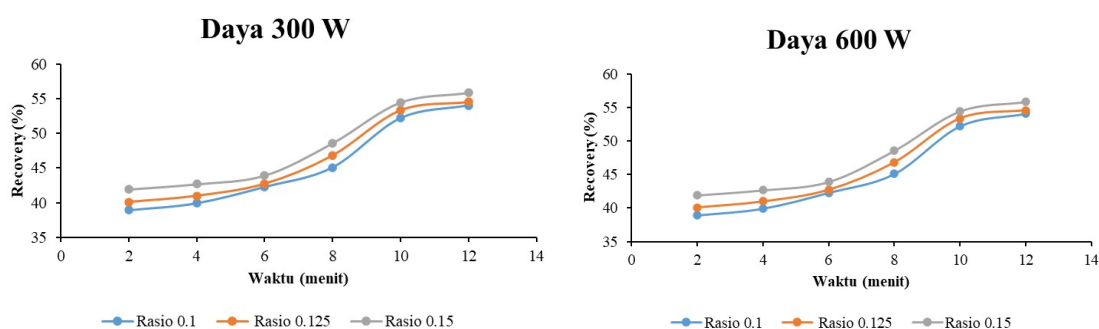
Penentuan kadar kafein pada sampel kopi dilakukan setelah menentukan hubungan antara konsentrasi kafein dengan nilai absorbansi yang diukur menggunakan spektrofotometer. Persamaan regresi dari kurva kalibrasi yang diperoleh adalah $y = 0,1147x + 0,1213$ dengan nilai R^2 sebesar 0,9931, yang menunjukkan hubungan linier yang sangat kuat antara nilai absorbansi (y) dan konsentrasi kafein (x) ditunjukkan pada Gambar 2. Persentase *recovery* kafein kopi dekafeinasi ditunjukkan melalui Tabel 1.

Tabel 1. Persentase *recovery* kafein kopi dengan variasi daya, waktu, dan rasio pelarut

Daya	Waktu	<i>Recovery</i> (%)		
		Rasio 0,100 g/ml	Rasio 0,125 g/ml	Rasio 0,150 g/ml
300 W	2	38,92	40,10	41,92
	4	39,93	41,00	42,68
	6	42,29	42,73	43,92
	8	45,09	46,83	48,57
	10	52,22	53,39	54,46
	12	54,07	54,60	55,86
600 W	2	37,28	40,37	46,96
	4	38,60	44,13	48,89
	6	40,83	50,14	57,63
	8	45,65	51,40	58,54
	10	50,37	56,51	58,41
	12	53,84	57,13	58,70

Berdasarkan pola perolehan kafein pada Gambar 3, kombinasi daya tinggi (600 W), waktu ekstraksi 12 menit, dan rasio massa-pelarut tertinggi (0,15) menghasilkan *recovery* kafein tertinggi, yaitu 58,7%. Pola peningkatan *recovery* kafein yang serupa ditunjukkan pada penggunaan daya 300 W dan 600 W, di mana *recovery* kafein cenderung meningkat seiring dengan bertambahnya waktu ekstraksi dan rasio massa-pelarut. Namun, *recovery* kafein pada daya 600 W lebih tinggi dibandingkan daya 300 W. Pada rasio massa-pelarut 0,15 g/ml, *recovery* kafein antara daya 600 W dan 300 W memiliki selisih dalam rentang 3 hingga

13%. Energi panas yang lebih besar dari microwave mempercepat pemutusan ikatan antara kafein dan matriks kopi, sehingga kafein lebih mudah terisolasi ke dalam pelarut dan meningkatkan efisiensi ekstraksi (Handaratri dan Yuniati, 2019; Nonglait dan Gokhale, 2024). Peningkatan persentase *recovery* kafein menunjukkan efisiensi yang lebih baik dalam proses ekstraksi (Mukhametov *et al.*, 2023). Namun, perlu diperhatikan bahwa optimalisasi ekstraksi dengan penggunaan daya yang lebih besar lagi akan berpotensi terhadap degradasi senyawa aktif (Putri *et al.*, 2021).

Gambar 3. Persentase *recovery* kafein pada perbedaan daya, rasio, dan waktu ekstraksi

Berdasarkan waktu ekstraksi yang ditunjukkan pada Gambar 3, semakin lama waktu ekstraksi, semakin tinggi *recovery* kafein yang diperoleh, baik pada daya microwave 300 W maupun 600 W. Selisih persentase *recovery* kafein antara waktu ekstraksi 2 menit hingga 12 menit berkisar

antara 11% hingga 16%. Berdasarkan Gambar 3, waktu ekstraksi yang lebih lama memberikan kesempatan bagi proses difusi kafein dari matriks kopi ke dalam pelarut, sehingga meningkatkan jumlah senyawa yang terekstraksi secara optimal (Suhendar *et al.*, 2020). Proses difusi ini dipengaruhi oleh

peningkatan energi kinetik molekul-molekul kafein akibat pemanasan microwave, yang mempermudah pelepasan senyawa aktif dari matriks kopi. Selain itu, waktu ekstraksi yang lebih lama memungkinkan pelarut untuk lebih meresap ke dalam matriks, memperbesar area kontak antara pelarut dan senyawa target, sehingga efisiensi ekstraksi meningkat (Belwal *et al.*, 2020; Yuyun Yuniati *et al.*, 2024). Namun, penting untuk mempertimbangkan bahwa waktu ekstraksi yang terlalu lama dapat menyebabkan terjadinya degradasi kafein akibat paparan panas yang berlebihan, yang dapat memengaruhi kualitas hasil ekstraksi secara keseluruhan (Nonglait dan Gokhale, 2024).

Peningkatan rasio massa-pelarut berkontribusi pada peningkatan jumlah kafein yang terekstraksi. Rasio massa-pelarut yang lebih tinggi (0,15 g/ml) menghasilkan *recovery* kafein yang lebih optimal dibandingkan rasio yang lebih rendah (0,1 dan 0,12 g/ml), baik pada daya 300 W maupun 600 W. Pada daya 600 W, peningkatan rasio massa-pelarut sebesar 0,05

g/ml dapat meningkatkan *recovery* kafein hingga 16%. Hal ini menunjukkan bahwa rasio massa-pelarut yang lebih tinggi memberikan efektivitas ekstraksi kafein dari kopi (Azizah *et al.*, 2022) (Qadaryah *et al.*, 2017). Kemampuan pelarut pada rasio 0,15 g/ml dianggap mampu mengekstraksi senyawa aktif secara maksimal (Balacuit *et al.*, 2021) (Triesty dan Mahfud, 2017).

Pengaruh variabel pada *recovery* asam klorogenat kopi

Penentuan kadar asam klorogenat kopi dilakukan dengan titrasi asam-basa. Asam klorogenat merupakan senyawa asam lemah yang mampu bereaksi dengan basa kuat dalam reaksi netralisasi. Jumlah basa natrium hidroksida yang digunakan ekuivalen dengan jumlah asam klorogenat yang terdapat dalam sampel (Mahardhika *et al.*, 2022). Persentase *recovery* asam klorogenat kopi ditunjukkan melalui Tabel 2. Kombinasi daya tinggi (600 W), waktu ekstraksi lebih lama (12 menit), dan rasio pelarut optimal (0,125) menghasilkan *recovery* tertinggi sebesar 9,49%.

Tabel 2. Persentase *recovery* asam klorogenat kopi dengan variasi daya, waktu, dan rasio pelarut

Daya	Waktu	<i>Recovery</i> (%)		
		Rasio 0,100 g/ml	Rasio 0,125 g/ml	Rasio 0,150 g/ml
300 W	2	5,51	5,77	6,15
	4	6,03	6,67	6,54
	6	6,15	7,31	6,41
	8	6,54	7,95	6,92
	10	6,67	8,85	7,44
	12	6,92	9,49	8,08
600 W	2	5,77	6,79	6,92
	4	6,15	7,31	7,31
	6	6,54	7,69	8,08
	8	6,92	8,33	8,46
	10	7,31	8,85	8,85
	12	7,69	9,49	9,23

Pola perolehan asam klorogenat yang dipengaruhi oleh perbedaan daya, waktu, dan rasio massa-pelarut ditunjukkan pada Gambar 4. Penggunaan daya 600 W menghasilkan persentase *recovery* asam klorogenat yang lebih tinggi, yaitu 0,1

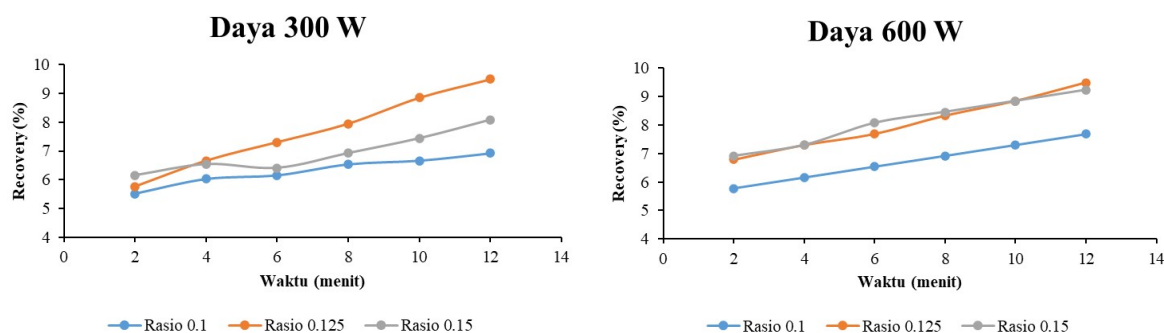
hingga 1,6% lebih tinggi dibandingkan dengan daya 300 W, untuk semua rasio dan waktu ekstraksi yang diuji. Pada waktu 12 menit dengan rasio massa-pelarut 0,15 g/ml, persentase *recovery* asam klorogenat pada penggunaan daya 600 W mencapai 9,23%,

yang lebih tinggi dibandingkan dengan daya 300 W pada titik rasio dan waktu yang sama, yang hanya mencapai 8,08%. Daya 600 W dianggap memberikan energi yang cukup untuk mempercepat pelepasan asam klorogenat dari matriks padatan kopi (Zahara et al., 2023) (Belwal et al., 2020).

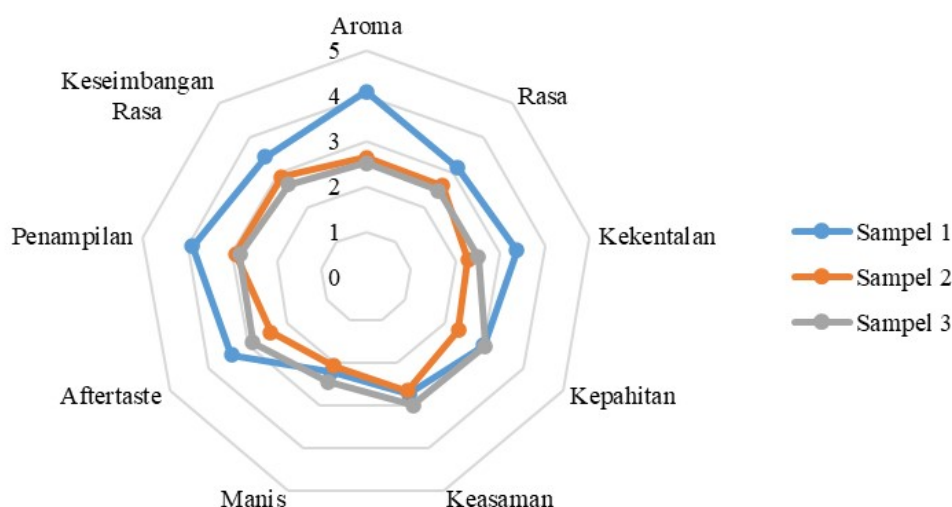
Recovery asam klorogenat cenderung meningkat secara konstan seiring bertambahnya waktu ekstraksi, seperti pola dalam penelitian sebelumnya yang membahas recovery asam klorogenat dalam produk teh (Kurniawan dan Anggraini, 2015). Persentase recovery meningkat dari 5-6% pada menit ke-2 ekstraksi menjadi 6-9% pada menit ke-12. Pada waktu ekstraksi 12 menit, hasil recovery lebih tinggi, mencapai 9,49% pada rasio 0,125 g/ml untuk kedua daya, yaitu 300 W dan 600 W.

Rasio pelarut 0,125 g/ml menunjukkan

hasil recovery tertinggi dibandingkan dengan rasio 0,1 dan 0,15 g/ml. Kecenderungan perolehan asam klorogenat ini sedikit berbeda dengan perolehan kafein yang dibahas pada subtopik sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa rasio pelarut yang optimal dapat meningkatkan kelarutan dan difusi asam klorogenat dari matriks padat, khususnya dari gugus hidroksil hidroksi ekuatorial (Wianowska dan Gil, 2019). Dalam ekstraksi berbasis gelombang mikro, penggunaan pelarut yang berlebihan justru dapat mengurangi efisiensi energi dalam berinteraksi dengan matriks kopi. Dengan volume pelarut yang besar, energi yang diberikan dapat tersebar lebih luas, sehingga mengurangi efektivitas dalam melepaskan senyawa aktif (Y. Yuniati et al., 2021; Nitthiyah et al., 2017).



Gambar 4. Persentase recovery asam klorogenat pada perbedaan daya, rasio, dan waktu ekstraksi



Gambar 4. Persentase skor hedonik sampel kopi

Evaluasi hedonik kopi

Gambar 4 menunjukkan profil penilaian sensori tiga sampel kopi dalam pengujian penurunan kafein dan asam klorogenat. Diagram radar ini menunjukkan perbandingan kualitas organoleptik dari tiga sampel berdasarkan beberapa parameter aroma, rasa, kepahitan hingga keseimbangan rasa. Setiap parameter dinilai pada skala 0 hingga 5, dengan angka lebih tinggi menunjukkan penilaian yang lebih baik.

Sampel 1 mewakili kopi asli yang belum dilakukan ekstraksi (tanpa perlakuan dekafeinasi), sampel 2 dan 3 mewakili kopi yang diekstraksi pada daya 300 watt dan 600 watt dengan waktu reaksi 12 menit dan penggunaan rasio bahan-pelarut sebesar 0,125. Secara umum, sampel 1 menunjukkan kualitas sensori yang lebih baik pada

sebagian besar parameter, termasuk aroma, rasa, kekentalan, *aftertaste*, penampilan, dan keseimbangan rasa, dengan rerata perolehan skor rata-rata 3,1 hingga 4,1. Hal ini mengindikasikan bahwa Sampel 1 cenderung lebih disukai oleh panelis dalam uji organoleptik, karena dianggap memiliki harmoni rasa yang paling baik. Sampel 3 cenderung lebih unggul dalam aspek keasaman dan kemanisan, serta memiliki skala yang mirip dengan Sampel 1 pada aspek kepahitan. Di sisi lain, kualitas sensori Sampel 2 cenderung kurang unggul dibandingkan dengan kedua sampel lainnya, dengan rerata perolehan skor 2,1 hingga 2,9. Namun demikian, kualitas sensori sampel 2 dan sampel 3 masih memenuhi ekspektasi yang diharapkan panelis, seperti halnya yang dilaporkan dalam penelitian sebelumnya terkait dekafeinasi (Utama *et al.*, 2022).

Tabel 2. Hasil rerata skor penilaian uji hedonik sampel kopi dan statistik

Kategori	Sampel 1	Sampel 2	Sampel 3
Aroma	4,1 ^a	2,6 ^b	2,5 ^b
Rasa	3,1 ^a	2,6 ^b	2,5 ^b
Kekentalan	3,4 ^a	2,3 ^b	2,5 ^b
Kepahitan	3,0 ^a	2,3 ^a	3,0 ^a
Keasaman	2,7 ^a	2,7 ^a	3,0 ^a
Kemanisan	2,2 ^a	2,1 ^a	2,5 ^a
After taste	3,4 ^a	2,4 ^b	2,9 ^b
Penampilan	3,9 ^a	2,9 ^b	2,8 ^b
Keseimbangan Rasa	3,5 ^a	2,9 ^b	2,7 ^b

Keterangan: Skor hedonik dengan *superscript* huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang signifikan dalam uji Man Whitney U pada *p-value* 0,05

Tabel 2 menunjukkan data kuantitatif rerata hasil skor hedonik tiga sampel kopi. Melalui uji Kruskal-Wallis, ketiga sampel kopi menghasilkan nilai signifikansi (*p*) yang lebih rendah dari 0,05 untuk aspek aroma (0,000), rasa (0,012), kekentalan (0,000), *aftertaste* (0,000), penampilan (0,000), dan keseimbangan rasa (0,000). Perolehan nilai signifikansi tersebut menandakan terdapat perbedaan nyata antar sampel, sehingga proses pengurangan kafein dan asam klorogenat memengaruhi tingkat penerimaan panelis pada keenam aspek sensori.

Berdasarkan uji Man Whitney U, sampel 1 dan sampel 2 memberikan perbedaan tingkat penerimaan panelis. Sampel 1 dan sampel 3 juga menghasilkan perbedaan tingkat penerimaan panelis. Namun sampel 2 dan sampel 3 tidak memberikan perbedaan tingkat penerimaan panelis.

Di sisi lain, ketiga sampel kopi menunjukkan hasil penilaian hedonik yang serupa satu sama lain untuk aspek kepahitan, keasaman, dan kemanisan. Berdasarkan hasil Uji Kruskal-Wallis, pada aspek kepahitan, keasaman, dan kemanisan, ketiga sampel

kopi menghasilkan hasil yang tidak berbeda secara signifikan secara statistik, dengan nilai signifikansi sebesar 0,082 (aspek kepahitan), 0,262 (aspek keasaman), dan 0,282 (aspek kemanisan). Adanya pengurangan kadar kafein dan asam klorogenat dalam kopi tidak mempengaruhi rasa pahit, asam, dan manis setelah pengujian data lanjut dengan analisis statistika Man Whitney U.

KESIMPULAN

Penelitian ini telah mengurangi kadar kafein dan asam klorogenat kopi Arabica setelah melakukan optimasi daya gelombang mikro, waktu ekstraksi, dan rasio massa sampel terhadap pelarut dengan menerapkan metode *Microwave-Assisted Solid Extraction* (MASE) yang menggunakan air sebagai pelarut. Produk kopi yang dihasilkan memiliki persentase *recovery* kafein dan asam klorogenat sebesar 58,7% dan 9,49%. Persentase *recovery* kafein yang tertinggi dan paling optimal dicapai dengan kombinasi daya microwave sebesar 600 W, waktu ekstraksi 12 menit, dan rasio massa-pelarut 0,15 g/ml. Sementara itu, persentase *recovery* asam klorogenat yang optimal dapat diperoleh dengan menggunakan daya microwave sebesar 600 W, waktu ekstraksi 12 menit, dan rasio massa-pelarut 0,125 g/ml. Penggunaan metode ekstraksi ini telah berhasil menghasilkan kopi rendah kafein dan asam klorogenat yang tetap mempertahankan karakteristik rasa pahit, asam, dan manis. Sampel 1 dianggap memberikan kontribusi terhadap tingkat penerimaan konsumen yang paling baik, dengan rentang rerata penilaian skor hedonik sebesar 2,2 hingga 4,2. Penelitian ini dapat memperluas referensi terkait dekafeinasi kopi dalam upaya menghasilkan produk kopi yang lebih sehat dan diterima di pasaran.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti mengucapkan terima kasih atas kepercayaan yang diberikan oleh UNITOMO melalui pemberian dana hibah DIPA Tahun Anggaran 2024

DAFTAR PUSTAKA

- Atmadja, T. F. A., & Yuniato, A. E. (2019). Formulasi minuman fungsional teh meniran (*Phyllanthus niruri*) tinggi antioksidan. *AcTion: Aceh Nutrition Journal*, 4(2), 142. <https://doi.org/10.30867/action.v4i2.185>
- Azizah, N. D. N., Novita, C. R. L., Sihombing, R. P., & Hariyadi, T. (2022). Penentuan suhu optimum dekafeinasi kopi Arabika Sigarar Utang menggunakan pelarut asam asetat. *Prosiding The 13th Industrial Research Workshop and National Seminar*, 820–824.
- Balacuit, J. N. G., Guillermo, J. D. A., Buenafe, R. J. Q., & Soriano, A. N. (2021). Comparison of microwave-assisted extraction to Soxhlet extraction of mango seed kernel oil using ethanol and n-hexane as solvents. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 21(2), 158–169. <https://doi.org/10.22146/ajche.63533>
- Balqis, Z. N., Abidin, Z., & Situmorang, S. (2022). Analisis preferensi konsumen terhadap pembelian kopi dekafeinasi Ghalkoff di Bandar Lampung. *Jurnal Ilmu Ilmu Agribisnis: Journal of Agribusiness Science*, 10(2), 252–259.
- Basri, H., & Subarjo, N. R. (2024). Pengaruh citra merek, nilai pelanggan, dan kualitas produk terhadap kepuasan pelanggan (Studi pada pelanggan coffee shop di Forestree Coffee Transyogi). *Jurnal Ilmu Ekonomi Manajemen Dan Akuntansi*, 5(1), 208–222. <https://doi.org/10.37012/ileka.v5i1.2172>
- Belwal, T., Pandey, A., Bhatt, I. D., & Rawal, R. S. (2020). Optimized microwave assisted extraction (MAE) of alkaloids and polyphenols from *Berberis* roots using multiple-component analysis. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-57585-8>
- Dewi, D. P. (2018). Substitusi tepung daun

- kelor (*Moringa oleifera* L.) pada cookies terhadap sifat fisik, sifat organoleptik, kadar proksimat, dan kadar Fe. *Ilmu Gizi Indonesia*, 1(2), 104. <https://doi.org/10.35842/ilgi.v1i2.22>
- Enggiwanto, S., Istiqomah, F., Daniati, K., Roanisca, O., & Mahardika, R. G. (2018). Ekstraksi daun pelawan (*Tristanopsis merguensis*) sebagai antioksidan menggunakan Microwave Assisted Extraction (MAE). *Indonesian Journal of Pure and Applied Chemistry*, 1(2), 50. <https://doi.org/10.26418/indonesian.v1i2.30528>
- Gokulakrishnan, S., Chandraraj, K., & Gummadi, S. N. (2005). Microbial and enzymatic methods for the removal of caffeine. *Enzyme and Microbial Technology*, 37(2), 225–232. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2005.03.004>
- Granone, L. I., Sánchez, F. A., Hegel, P., & Pereda, S. (2024). Decaffeination of yerba mate (*Ilex paraguariensis*) by pressurized liquid CO₂ extraction: A feasible process? *The Journal of Supercritical Fluids*, 213, 106368.
- Handaratri, A., & Yuniati, Y. (2019). Kajian ekstraksi antosianin dari buah murbei dengan metode sonikasi dan microwave. *Reka Buana: Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Dan Teknik Kimia*, 4(1), 63–67. <https://doi.org/10.33366/rekabuana.v4i1.1162>
- Hariyadi, T., Paramitha, T., Irmawati, D., & Salsabila, S. A. (2024). The effect of pineapple crude enzymes and fermentation time on the decaffeination process of Robusta coffee. *International Journal Applied Technology Research*, 5(1), 63–70.
- Iswandi (2022). The effect inclusion on caffeine levels in coffee beans of Surakarta by UV-Vis spectrophotometry. *Pharmacon*, 11(2), 1512–1516.
- Kurniawan, F., & Anggraini, S. (2015). Pengaruh waktu infusi pada kadar asam klorogenat dalam sampel teh hitam dan teh hijau. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 4(2), 2337–3520.
- Ludwig, I. A., Mena, P., Calani, L., Cid, C., Del Rio, D., Lean, M. E. J., & Crozier, A. (2014). Variations in caffeine and chlorogenic acid contents of coffees: What are we drinking? *Food and Function*, 5(8), 1718–1726. <https://doi.org/10.1039/c4fo00290c>
- Mahardika, D. A., Antonius, A. H., & Dwiloka, B. (2022). Perbedaan sifat fisikokimia dan organoleptik produk kopi rempah dari kopi Arabika (*Coffea arabica*) dan Kopi Robusta (*Coffea robusta*). *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 11(4), 179–184. <https://doi.org/10.17728/jatp.13827>
- Marthia, N. (2021). Pemisahan kafein dengan metode Microwave Assisted Extraction (MAE) terhadap 4 jenis biji kopi robusta. *Pasundan Food Technology Journal*, 8(2), 51–55. <https://doi.org/10.23969/pftj.v8i2.4172>
- Maspul, K. A. (2024). Enhancing cognitive stimulation with coffee: A pathway to heightened mental performance. *Cognitive Development Journal*, 2(1), 1–12. <http://www.journals.elsevier.com/cognitive-development/>
- Mukhametov, A., Paliivets, M., Berechikidze, I., & Serikkyzy, M. (2023). Evaluating the recovery of bioactive compounds and antioxidant activity of unripe red grape liquid extracts obtained by maceration. *Food Science and Technology (Brazil)*, 43, 3–8. <https://doi.org/10.1590/FST.117922>
- Nitthiyah, J., Nour, A. K., R., & Akindoyo, J. (2017). Microwave assisted hydrodistillation - An overview of mechanism and heating properties. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 11(3), 22–29.
- Nonglait, D. L., & Gokhale, J. S. (2024). Review insights on the demand for natural pigments and their recovery by emerging microwave-assisted extraction (MAE). *Food and Bioprocess Technology*, 17(7), 1681–1705. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03192-0>

- Pancsira, J. (2022). International coffee trade: a literature review. *Journal of Agricultural Informatics*, 13(1), 26–35. <https://doi.org/10.17700/jai.2022.13.1.654>
- Paterek, R., Geoghegan, S., Creaven, B. S., & Power, A. (2024). Coffee: Lighting its complex ground truth and percolating its molecular brew. *Beverages*, 10(119), 1–17.
- Putri, N. M., Wiraningtyas, A., & Mutmainah, P. A. (2021). Perbandingan metode ekstraksi senyawa aktif daun kelor (*Moringa oleifera*): Metode maserasi dan Microwave-Assisted Extraction (MAE). *Dalton: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Ilmu Kimia*, 4(2), 25–33. <https://doi.org/10.31602/dl.v4i2.5931>
- Qadariyah, L., Gala, S., Widoretno, D. R., Kunhermanti, D., Bhuana, D. S., Sumarno, & Mahfud, M. (2017). Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* lamk) wood waste as a textile natural dye by microwave-assisted extraction method. *AIP Conference Proceedings*, 1840. <https://doi.org/10.1063/1.4982324>
- Qiao, K., Zhang, Z. S., Liang, L., Zhou, X., Feng, X., Xu, Y., Yang, R., Sun, B., & Zhang, Y. (2024). Exploring the underlying mechanisms of preventive treatment related to dietary factors for gastric diseases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(32), 17782–17801.
- Reyes, C. M., & Cornelis, M. C. (2018). Caffeine in the diet: Country-level consumption and guidelines. *Nutrients*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/nu10111772>
- Samoggia, A., & Riedel, B. (2019). Consumers' perceptions of coffee health benefits and motives for coffee consumption and purchasing. *Nutrients*, 11(653), 1–21. <https://doi.org/10.3390/nu11030653>
- Shofinita, D., Lestari, D., Purwadi, R., Sumampouw, G. A., Gunawan, K. C., Ambarwati, S. A., Achmadi, A. B., & Tjahjadi, J. T. (2024). Effects of different decaffeination methods on caffeine contents, physicochemical, and sensory properties of coffee. *International Journal of Food Engineering*, 20(10), 561–581. <https://doi.org/10.1515/ijfe-2024-0013>
- Sinaga, H. L. R., Bastian, F., & Syarifuddin, A. (2021). Effect of decaffeination and re-fermentation on level of caffeine, chlorogenic acid and total acid in green bean robusta coffee. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 807(2). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022069>
- Suhendar, U., Utami, N. F., Sutanto, D., & Nurdayanty, S. M. (2020). Pengaruh berbagai metode ekstraksi pada penentuan kadar flavonoid ekstrak etanol daun iler (*Plectranthus scutellarioides*). *Fitofarmaka Jurnal Ilmiah Farmasi*, 10(1), 76–83. <https://doi.org/10.33751/jf.v10i1.2069>
- Triesty, I., & Mahfud, M. (2017). Ekstraksi minyak atsiri dari gaharu (*Aquilaria malaccensis*) dengan menggunakan metode Microwave Hydrodistillation dan Soxhlet Extraction. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v6i2.24491>
- Triolo, F. A., Figueiredo, B., Martin, D. M., & Farrelly, F. (2023). Coffee: a global marketplace icon. *Consumption Markets and Culture*, 26(4), 311–320. <https://doi.org/10.1080/10253866.2023.2206129>
- Utama, Q. D., Zainuri, Paramartha, D. N. A., Widyasari, R., Aini, N., & [Nama Staf Tidak Diketahui]. (2022). Dekafeinasi kopi robusta (*Coffea canephora*) Lombok menggunakan sari labu siam (*Sechium edule*). *Pro Food (Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan)*, 8(1).
- Wachamo, H. L. (2017). Review on health benefit and risk of coffee consumption. *Med. Aromat. Plants*, 6(4), 1–12.
- Wate, K., & Girma, B. (2023). Study on methods of extraction of caffeine from coffee for quantification. *Journal of Nutrition and Dietary Intervention*,

- 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.56391/JN.DI.2023.1005>
- Wianowska, D., & Gil, M. (2019). Recent advances in extraction and analysis procedures of natural chlorogenic acids. *Phytochemistry Reviews*, 18, 273–302. <https://doi.org/10.1007/s11101-018-9592-y>
- Winarsih, S., Sukardi, S., Wachid, M., & Ismayawati, A. D. (2024). Effect solvent and extraction method on the characteristics of green bean robusta coffee. *BIO Web of Conferences*, 104. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202410400043>
- Yuniati, Y., Cahyani, M. D., Novidayasa, I., Prihatini, P., & Mahfud, M. (2021). Ekstraksi zat warna alami dari kayu bakau (*Rhizophora mucronata*) dengan metode Microwave Assisted Extraction. *Alchemy*, 9(1), 7–14. <https://doi.org/10.18860/al.v9i1.11038>
- Yuniati, Y., Elim, P. E., Alfanaar, R., Kusuma, H. S., & Mahfud, M. (2021). Extraction of anthocyanin pigment from *Hibiscus sabdariffa* l. By ultrasonic-assisted extraction. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1010(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1010/1/012032>
- Yuniati, Y., Handarini, K., & Mahfud, M. (2024). Pigment extraction method for anthocyanin natural resources in Indonesia: A review. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 24(1), 65–78. <https://doi.org/10.22146/ajche.12097>
- Zahara, F., Yuniharni, D., & Arziqni, I. (2023). Optimasi Ekstraksi Flavonoid Dari Daun Pisang Kepok (*Musa paradisiaca* L) Menggunakan Microwave-Assisted Extraction (MAE). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12(2), 190–202. <https://doi.org/10.29103/jtku.v12i2.13010>