

PERBANDINGAN KANDUNGAN FLAVONOID PADA EKSTRAK DAUN ACORUS CALAMUS MENGGUNAKAN METODE EKSTRAKSI UAE (ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION) DENGAN PELARUT POLAR DAN NON POLAR

Akbar Rizky Rahmansyah, Denis Mery Mirza, M.Farm*, Yoyon Arif Martino, S.Si, M.Kes***

*Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang, **Pusat Studi Integrasi Kedokteran Islam, Bioinformatika dan Obat Tradisional Indonesia

ABSTRAK

Pendahuluan: *Acorus calamus* (daun dlingo) merupakan tanaman obat yang mengandung flavonoid sebagai senyawa bioaktif dengan aktivitas antioksidan dan antibakteri. Metode ekstraksi modern seperti UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*) terbukti mampu meningkatkan efisiensi ekstraksi melalui mekanisme kavitasi yang merusak dinding sel tanaman. Namun, efektivitas ekstraksi flavonoid sangat dipengaruhi oleh jenis pelarut berdasarkan polaritasnya sehingga masih diperlukan kajian komparatif antara pelarut polar dan non-polar.

Metode: Penelitian ini merupakan eksperimen *in vitro* menggunakan ekstrak daun *Acorus calamus* dengan metode UAE menggunakan pelarut metanol (polar) dan dietil eter (non-polar). Penetapan kadar flavonoid dilakukan dengan metode spektrofotometri UV-Vis menggunakan reagen AlCl_3 . Analisis data dilakukan menggunakan statistik deskriptif ($\text{mean} \pm \text{SD}$) dan uji t independen ($\alpha=0,05$).

Hasil dan Pembahasan: Rata-rata kadar flavonoid ekstrak metanol sebesar $77.207 \pm 5,45$ mg/L, sedangkan ekstrak dietil eter sebesar $96,64 \pm 29,73$ mg/L. Hasil uji T-test menunjukkan perbedaan bermakna ($p<0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa pelarut non-polar menghasilkan kadar flavonoid lebih tinggi. UAE meningkatkan efisiensi ekstraksi melalui efek kavitasi yang mempercepat pelepasan senyawa bioaktif dari matriks tanaman.

Simpulan: Ekstraksi UAE dengan pelarut dietil eter lebih efektif dibandingkan metanol dalam menghasilkan kadar flavonoid pada daun *Acorus calamus*.

Kata Kunci: *Acorus calamus*, flavonoid, UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*), perbedaan pelarut

#Akbar Rizky Rahmansyah (22201101064@unisma.ac.id)

Jl. M.T. Haryono 193, Kota Malang, 65144

COMPARISON OF FLAVONOID CONTENT IN ACORUS CALAMUS LEAF EXTRACT USING UAE (ULTRASOUND-ASSISTED EXTRACTION) METHOD WITH POLAR AND NON-POLAR SOLVENTS

Akbar Rizky Rahmansyah, Denis Mery Mirza, M.Farm*, Yoyon Arif Martino, S.Si, M.Kes***

*Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang, **Pusat Studi Integrasi Kedokteran Islam, Bioinformatika dan Obat Tradisional Indonesia

ABSTRACT

Background: *Acorus calamus* (dilingo leaves) is a medicinal plant containing flavonoids, which are bioactive compounds with antioxidant and antibacterial properties. Modern extraction methods such as UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*) have been shown to improve extraction efficiency through a cavitation mechanism that disrupts plant cell walls. However, the effectiveness of flavonoid extraction is highly influenced by the type of solvent based on its polarity, so a comparative study between polar and non-polar solvents is still needed.

Methods: This study is an *in vitro* experiment using *Acorus calamus* leaf extract prepared via the UAE method with methanol (polar) and diethyl ether (non-polar) as solvents. Flavonoid content was determined using *UV-Vis spectrophotometry* with AlCl_3 as the reagent. Data analysis was performed using descriptive statistics ($\text{mean} \pm \text{SD}$) and an independent t-test ($\alpha=0.05$).

Results and Discussion: The average flavonoid content of the methanol extract was 77.207 ± 5.45 mg/L, while that of the diethyl ether extract was 96.64 ± 29.73 mg/L. The results of the t-test showed a significant difference ($p < 0.05$). This indicates that non-polar solvents yield higher flavonoid levels. UAE enhances extraction efficiency through the cavitation effect, which accelerates the release of bioactive compounds from the plant matrix.

Conclusion: Extraction using diethyl ether is more effective in yielding flavonoid content in *Acorus calamus*.

Keywords: *Acorus calamus*, flavonoid, UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*), solvent polarity.

#Akbar Rizky Rahmansyah (22201101064@unisma.ac.id)

Jl. M.T. Haryono 193, Kota Malang, 65144

PENDAHULUAN

Penyakit infeksi masih menjadi salah satu masalah kesehatan yang sering ditemukan di Indonesia, terutama infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *S. aureus* diketahui menjadi penyebab utama infeksi kulit, pneumonia, hingga infeksi nosokomial dengan prevalensi mencapai 20–30% pada kasus infeksi rumah sakit di Indonesia. Sementara itu, *E. coli* merupakan bakteri penyebab utama diare dan infeksi saluran kemih dengan angka kejadian diare di Indonesia mencapai 301 per 1.000 penduduk pada tahun 2023. Tingginya angka kejadian infeksi serta meningkatnya resistensi antibiotik menyebabkan perlunya pengembangan bahan alam sebagai alternatif terapi antibakteri yang lebih aman dan efektif (1,2).

Salah satu tanaman obat yang berpotensi dikembangkan adalah *Acorus calamus* (dlingo) karena mengandung senyawa flavonoid, fenolik, dan tanin yang memiliki aktivitas antioksidan dan antibakteri. Penelitian sebelumnya lebih banyak menggunakan bagian rimpang atau akar *Acorus calamus* sebagai bahan penelitian, sedangkan pemanfaatan bagian daun masih jarang dilakukan. Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu masih menggunakan metode ekstraksi konvensional seperti maserasi dan hanya menggunakan satu jenis pelarut sehingga efisiensi ekstraksi flavonoid belum optimal. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan daun *Acorus calamus* dengan metode UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*) sebagai metode ekstraksi modern serta membandingkan dua jenis pelarut berdasarkan polaritasnya untuk mengetahui pelarut yang paling efektif dalam mengekstraksi flavonoid (3,4).

Metode UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*) merupakan metode ekstraksi modern yang memanfaatkan gelombang ultrasonik untuk menghasilkan efek kavitasi sehingga mampu mempercepat pelepasan senyawa aktif dari jaringan tanaman. Metode ini dinilai lebih efektif dibandingkan metode konvensional karena membutuhkan waktu ekstraksi lebih singkat, penggunaan pelarut lebih sedikit, dan menghasilkan rendemen senyawa aktif lebih tinggi. Perbedaan polaritas pelarut juga memengaruhi kelarutan flavonoid sehingga diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh pelarut polar, dan non-polar terhadap kadar flavonoid ekstrak daun *Acorus calamus* menggunakan metode UAE (5,6).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk membandingkan kandungan flavonoid pada ekstrak daun *Acorus calamus* menggunakan metode UAE dengan pelarut polar (methanol), dan non-polar (dietil eter).

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental laboratorium (*true experimental design*) yang dilakukan pada bulan April 2026 di Laboratorium Terpadu Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang. Penelitian telah memperoleh persetujuan etik penelitian dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang. Subjek penelitian berupa kadar flavonoid ekstrak daun *Acorus calamus* (dlingo) yang diukur menggunakan metode spektrofotometri UV-Vis.

Sampel Penelitian

Sampel penelitian berupa daun *Acorus calamus* yang diperoleh dari wilayah Malang, Jawa Timur. Daun yang digunakan dipilih berdasarkan karakteristik segar, tidak rusak, dan bebas kontaminasi. Sampel dicuci menggunakan air mengalir, kemudian dikeringkan pada suhu ruang dan dihaluskan hingga menjadi serbuk simplisia. Serbuk simplisia kemudian dibagi menjadi tiga kelompok berdasarkan jenis pelarut, yaitu pelarut polar (metanol), dan non-polar (dietil eter).

Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi dilakukan menggunakan metode UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*). Sebanyak 30 mg serbuk simplisia dimasukkan ke dalam Erlenmeyer, kemudian ditambahkan pelarut dengan perbandingan 1:15 (b/v). Campuran diekstraksi menggunakan *ultrasonic bath* pada frekuensi 40 kHz selama 30 menit dengan suhu $\pm 40^{\circ}\text{C}$. Hasil ekstraksi kemudian disaring menggunakan kertas saring Whatman No.1 dan filtrat yang diperoleh diuapkan menggunakan *rotary evaporator* hingga diperoleh ekstrak kental.

Pengukuran Kadar Flavonoid Menggunakan Spektrofotometri

Penetapan kadar flavonoid dilakukan menggunakan metode kolorimetri aluminium klorida (AlCl_3) dengan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum 431 nm. Larutan standar kuersetin digunakan untuk membuat kurva baku dengan beberapa seri konsentrasi. Sebanyak 1 mL larutan ekstrak ditambahkan 1 mL AlCl_3 10% dan 8 mL aquadest, kemudian diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang. Absorbansi larutan diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis dan kadar flavonoid dihitung berdasarkan persamaan regresi linear kurva baku kuersetin.

Pengolahan Data

Data hasil penelitian dicatat dalam bentuk nilai absorbansi dan kadar flavonoid (mg/L), kemudian dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa rata-rata dan standar deviasi. Uji normalitas dilakukan menggunakan *Shapiro-Wilk* dan dilanjutkan dengan uji *One Way ANOVA* untuk mengetahui perbedaan kadar flavonoid antar

kelompok pelarut dengan tingkat signifikansi $p < 0,05$ (7).

HASIL DAN ANALISA DATA

Kurva Baku Standar Kuarsetin

Hasil penelitian kadar flavonoid ekstrak daun *Acorus calamus* menggunakan metode UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*) dengan pelarut polar, semi-polar, dan non-polar diperoleh berdasarkan pengukuran absorbansi menggunakan spektrofotometri UV-Vis pada panjang gelombang 431 nm. Kurva baku standar kuarsetin digunakan sebagai dasar dalam menentukan kadar flavonoid total pada sampel ekstrak daun *Acorus calamus*. Hubungan linear antara konsentrasi kuarsetin dan absorbansi menunjukkan bahwa metode spektrofotometri UV-Vis yang digunakan memiliki akurasi yang baik dalam pengukuran senyawa flavonoid. Nilai koefisien determinasi (R^2) yang mendekati 1 menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi kuarsetin berbanding lurus dengan peningkatan absorbansi. Dengan demikian, persamaan regresi linear yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung kadar flavonoid pada masing-masing sampel ekstrak secara akurat. Berikut disajikan kurva baku standar kuarsetin untuk menentukan kadar flavonoid total dalam sampel ekstrak daun *Acorus calamus* menggunakan metode spektrofotometri.



Gambar 1. Kurva Baku Standar Kuarsetin

Keterangan: Kurva ini menunjukkan hubungan antara konsentrasi standar kuarsetin dengan nilai absorbansi (y) yang dihasilkan. Dari persamaan regresi linear pada grafik, konsentrasi flavonoid dalam sampel dapat dihitung berdasarkan nilai absorbansinya. Semakin baik nilai koefisien determinasi (R^2 mendekati 1), maka hubungan linear antara konsentrasi (x) dan absorbansi semakin baik sehingga hasil pengukuran lebih akurat.

Hasil Pengukuran Kadar Flavonoid

Pada penelitian ini, masing-masing sampel dilakukan 3 kali replikasi seperti gambar berikut.



Gambar 2. Pembuatan Replikasi Sampel

Keterangan: pembuatan replikasi sampel sebanyak tiga kali sebelum dilakukan uji spektrofotometri

Data hasil pengukuran ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar Flavonoid Ekstrak Daun *Acorus calamus*

Kelompok Perlakuan	Replikasi	Kadar Total Flavonoid	Rata-rata Kadar Total Flavonoid
Metanol	1	71.281	77.207
	2	78.340	
	3	82.000	
Dietil eter	1	121.477	96.641
	2	104.745	
	3	63.699	

Keterangan: UAE = *Ultrasound-Assisted Extraction*, mg/L = miligram per liter.

Berdasarkan **Tabel 1**, hasil pengukuran menunjukkan bahwa setiap kelompok perlakuan memiliki nilai absorbansi dan kadar flavonoid yang berbeda. Kelompok ekstrak menggunakan pelarut dietil eter menghasilkan kadar flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan kelompok metanol. Perbedaan ini menunjukkan bahwa jenis pelarut memengaruhi kemampuan ekstraksi senyawa flavonoid dari daun *Acorus calamus*. Nilai absorbansi yang lebih tinggi pada kelompok dietil eter mengindikasikan bahwa lebih banyak senyawa flavonoid yang terlarut selama proses ekstraksi. Kelompok pelarut dietil eter menunjukkan kadar flavonoid tertinggi pada replikasi pertama sebesar 121,477 mg/L, sedangkan kadar flavonoid terendah diperoleh pada kelompok metanol replikasi pertama sebesar 71,281 mg/L.

Rata-rata Dan Standar Deviasi dari Hasil Kadar Flavonoid

Tabel 2. Rata-rata dan Standar Deviasi Kadar Flavonoid

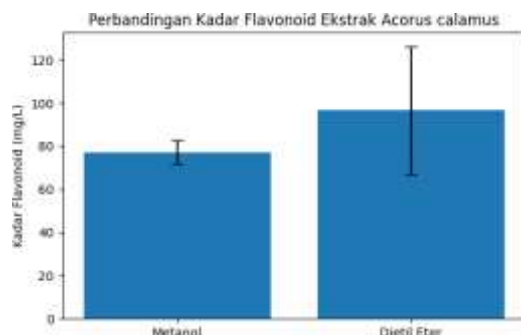
Kelompok Perlakuan	Mean $\pm$ SD (mg/L)
Metanol (Polar)	77.207 $\pm$ 5,45 mg/L
Dietil eter (Non-polar)	96.640 $\pm$ 29,73 mg/L

Keterangan: Mean = nilai rata-rata, SD = standar deviasi, mg/L = miligram per liter

Berdasarkan Tabel 2, hasil analisis statistik deskriptif, kelompok dietil eter memiliki nilai rata-rata kadar flavonoid tertinggi dibandingkan kelompok metanol. Standar deviasi pada kelompok dietil eter juga lebih besar, yang menunjukkan adanya variasi hasil antar replikasi. Variasi tersebut dapat dipengaruhi oleh distribusi senyawa aktif yang tidak homogen pada sampel atau sensitivitas pelarut terhadap senyawa tertentu. Sementara itu, kelompok metanol menunjukkan standar deviasi yang lebih kecil sehingga hasil pengukuran antar replikasi lebih stabil. Kelompok dietil eter memiliki rata-rata kadar flavonoid tertinggi sebesar 96,641 mg/L, sedangkan kelompok metanol memiliki rata-rata terendah sebesar 77,207 mg/L.

Perbandingan Kadar Flavonoid

Histogram rata-rata kadar flavonoid menunjukkan bahwa pelarut dietil eter menghasilkan ekstraksi flavonoid yang lebih tinggi dibandingkan metanol. Hal ini menunjukkan bahwa beberapa senyawa flavonoid pada daun *Acorus calamus* memiliki afinitas yang lebih baik terhadap pelarut non-polar. Selain faktor polaritas pelarut, metode UAE juga berkontribusi dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi melalui efek kavitas yang mempercepat pelepasan senyawa aktif dari jaringan tanaman. Adapun grafik histogram yang menunjukkan rata-rata kadar flavonoid dengan dua pelarut yang berbeda yaitu methanol (polar), dan dietil eter (non polar) sebagai berikut.



Gambar 3. Histogram Rata-rata Kadar Flavonoid Ekstrak Daun *Acorus calamus*

Keterangan: Error bar menunjukkan nilai standar deviasi (SD), Metanol = pelarut polar, Dietil eter = pelarut non-polar, Satuan kadar flavonoid = mg/L

Analisis Statistik Uji One Way ANOVA

Hasil uji *One Way ANOVA* menunjukkan nilai signifikansi $p < 0,05$ yang menandakan terdapat perbedaan bermakna antara kelompok perlakuan. Hal ini membuktikan bahwa jenis pelarut memberikan pengaruh nyata terhadap kadar flavonoid ekstrak daun *Acorus calamus*. Dengan demikian, hipotesis penelitian yang menyatakan adanya pengaruh perbedaan polaritas pelarut terhadap hasil ekstraksi flavonoid dapat diterima. Pada penelitian ini, hasil uji *One Way ANOVA*

menunjukkan nilai signifikansi sebesar $p = 0,031$ ($p < 0,05$).

PEMBAHASAN

Pengaruh Jenis Pelarut terhadap Kadar Flavonoid

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun *Acorus calamus* menggunakan metode UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*) dengan pelarut dietil eter menghasilkan rata-rata kadar flavonoid lebih tinggi dibandingkan pelarut metanol. Kelompok dietil eter memiliki rata-rata kadar flavonoid sebesar $96,64 \pm 29,73$ mg/L, sedangkan kelompok metanol sebesar $77,21 \pm 5,45$ mg/L. Hasil uji statistik menunjukkan nilai $p < 0,05$ yang menandakan adanya perbedaan bermakna antar kelompok perlakuan. Temuan ini menunjukkan bahwa perbedaan polaritas pelarut berpengaruh terhadap kemampuan ekstraksi flavonoid pada daun *Acorus calamus* (6).

Peran Metode UAE dalam Proses Ekstraksi

Tingginya kadar flavonoid pada pelarut dietil eter diduga disebabkan oleh adanya senyawa flavonoid tertentu pada daun *Acorus calamus* yang memiliki afinitas lebih baik terhadap pelarut non-polar. Selain itu, metode UAE juga berperan dalam meningkatkan efektivitas ekstraksi melalui fenomena kavitas yang mampu merusak dinding sel tanaman sehingga senyawa metabolit sekunder lebih mudah keluar ke dalam pelarut. Gelombang ultrasonik menghasilkan gelembung mikro yang pecah dan menyebabkan peningkatan penetrasi pelarut ke dalam jaringan tanaman, sehingga proses ekstraksi menjadi lebih optimal dibandingkan metode konvensional seperti maserasi (5).

Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini memiliki persamaan dengan penelitian (4) yang menyatakan bahwa polaritas pelarut memengaruhi jumlah flavonoid yang terekstraksi menggunakan metode UAE. Akan tetapi, penelitian sebelumnya umumnya menggunakan bagian rimpang atau akar *Acorus calamus*, sedangkan penelitian ini menggunakan bagian daun. Selain itu, sebagian besar penelitian terdahulu masih menggunakan metode ekstraksi konvensional dan hanya menggunakan satu jenis pelarut sehingga data mengenai efektivitas beberapa pelarut pada ekstraksi daun *Acorus calamus* masih terbatas. Perbedaan inilah yang menjadi *gap of knowledge* dalam penelitian sebelumnya dan menjadi dasar dilakukannya penelitian ini.

Variasi Hasil Ekstraksi Antar Replikasi

Standar deviasi yang cukup tinggi pada kelompok dietil eter menunjukkan adanya variasi hasil

ekstraksi antar replikasi. Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh distribusi senyawa aktif yang tidak homogen pada sampel, perbedaan sensitivitas pelarut terhadap senyawa flavonoid tertentu, serta kestabilan senyawa selama proses ekstraksi. Meskipun demikian, nilai rata-rata kelompok dietil eter tetap menunjukkan hasil tertinggi dibandingkan kelompok metanol. Temuan ini menunjukkan bahwa pelarut non-polar masih memiliki potensi yang baik dalam mengekstraksi flavonoid tertentu pada daun *Acorus calamus*. (10)

Implikasi Penelitian terhadap Pengembangan Bahan Alam

Penelitian ini memberikan informasi ilmiah bahwa kombinasi metode UAE dengan pemilihan pelarut yang tepat dapat meningkatkan hasil ekstraksi flavonoid tanaman obat. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan ekstraksi bahan alam yang lebih efektif untuk menghasilkan senyawa bioaktif sebagai kandidat antibakteri dan antioksidan alami. Selain itu, penelitian ini juga membuka peluang pengembangan penelitian lanjutan terkait identifikasi jenis flavonoid spesifik pada daun *Acorus calamus* serta pengujian aktivitas biologis ekstrak terhadap bakteri patogen seperti *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (3).

SIMPULAN

Metode UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*) terbukti mampu mengekstraksi senyawa flavonoid dari daun *Acorus calamus* menggunakan pelarut polar maupun non-polar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelarut dietil eter (non-polar) menghasilkan rata-rata kadar flavonoid lebih tinggi sebesar $96,64 \pm 29,73$ mg/L dibandingkan metanol (polar) sebesar $77,21 \pm 5,45$ mg/L, dengan hasil uji statistik menunjukkan perbedaan yang bermakna ($p < 0,05$). Temuan ini menunjukkan bahwa polaritas pelarut memengaruhi kemampuan ekstraksi flavonoid sehingga pemilihan pelarut menjadi faktor penting dalam optimasi ekstraksi senyawa bioaktif tanaman obat. Oleh karena itu, penggunaan metode UAE dengan pelarut non-polar berpotensi dikembangkan sebagai metode ekstraksi yang efektif untuk memperoleh senyawa flavonoid dari daun *Acorus calamus*.

SARAN

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan menggunakan pelarut semi-polar untuk mengetahui efektivitas ekstraksi flavonoid dibandingkan pelarut polar dan non-polar.
2. Perlu dilakukan identifikasi jenis senyawa flavonoid spesifik pada ekstrak daun *Acorus calamus* menggunakan metode analisis lanjutan seperti KLT atau LC-MS.
3. Penelitian selanjutnya diharapkan dapat menguji aktivitas biologis ekstrak daun *Acorus calamus*, khususnya aktivitas

antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

4. Perlu dilakukan optimasi parameter metode UAE (*Ultrasound-Assisted Extraction*), seperti waktu ekstraksi, suhu, dan frekuensi ultrasonik untuk memperoleh hasil ekstraksi flavonoid yang lebih optimal.
5. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan pemanfaatan daun *Acorus calamus* sebagai sumber senyawa bioaktif alami di bidang farmasi dan kesehatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Fakultas Kedokteran Universitas Islam Malang dan IOM FK UNISMA. Terimakasih juga saya tujukan kepada Dosen Pembimbing dan Tim Laboratorium yang telah membantu saya selama menajalani proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Profil Kesehatan Indonesia Tahun 2023. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI; 2023. Available from: [Kemenkes RI Profil Kesehatan Indonesia 2023](#)
2. Pratiwi D, et al. Prevalensi infeksi bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* di Indonesia. Jurnal Kesehatan Indonesia. 2022;xx(x):xx-xx.
3. Lukmayani Y, et al. Pemanfaatan *Acorus calamus* sebagai tanaman obat dan optimasi ekstraksi senyawa bioaktif. Farmasyifa. 2023;7(2):xx-xx.
4. Zhang Y, et al. Effect of solvent polarity on flavonoid extraction efficiency in medicinal plants. Food Research International. 2022;156:111307.
5. Khursheed T, Khalil AA, Akhtar MN, Khalid A, Tariq MR, Alsulami T, et al. Ultrasound-assisted solvent extraction of phenolics, flavonoids, and major triterpenoids from *Centella asiatica* leaves: A comparative study. Ultrasonics Sonochemistry. 2024;111:107091.
6. Sharma P, Singh R. Influence of solvent polarity on flavonoid extraction using ultrasound-assisted extraction methods. Molecules. 2021;26(12):xx-xx.
7. Kim TK. Understanding one-way ANOVA using conceptual figures. Korean Journal of Anesthesiology. 2017;70(1):22-6.
8. Khalid S, Chaudhary K, Amin S, Raana S, Zahid M, Naeem M, et al. Recent advances in the implementation of ultrasound technology for the extraction of essential oils from terrestrial plant

- materials: A comprehensive review. *Ultrasonics Sonochemistry*. 2024;107:106914.
9. Zhang Y, et al. Effect of solvent polarity on flavonoid extraction efficiency in medicinal plants. *Food Research International*. 2022;156:111307.
 10. Wu X, et al. Optimization of flavonoid extraction using green extraction technology. *Foods*. 2025;14(3):xx-xx.