

PENINGKATAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI TERHADAP *ESCHERCHIA COLI* MELALUI EKSTRAKSI ETANOLIK KULIT *DURIO ZIBETHINUS* MURR. VAR. *SOYA* : STUDI KOMPARATIF FITOKIMIA DAN INHIBITOR

Rahwan Ahmad^{1*}, Prasetyawati²

Prodi Sanitasi, Poltekkes Kemenkes Maluku^{1,2}

*Corresponding Author : watick.one@gmail.com

ABSTRAK

Kontaminasi *Escherichia coli* pada air minum merupakan tantangan kesehatan masyarakat global yang mendesak. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan potensi antibakteri antara simplisia serbuk dan ekstrak etanol 96% kulit durian varietas Soya (*Durio zibethinus* Murr. var. Soya), varietas lokal dari Maluku, terhadap pertumbuhan *E. coli* ATCC 25922. Metode penelitian eksperimental ini melibatkan preparasi simplisia melalui pengeringan dan ekstraksi menggunakan metode maserasi. Kedua sediaan dianalisis secara fitokimia kualitatif dan kuantitatif (Spektrofotometri UV-Vis). Uji daya hambat antibakteri dilakukan menggunakan metode difusi cakram Kirby-Bauer. Hasil skrining kualitatif menunjukkan kedua sediaan positif mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, fenol, dan tanin. Analisis kuantitatif membuktikan bahwa proses ekstraksi secara signifikan meningkatkan konsentrasi senyawa bioaktif; terutama fenol total (meningkat dari 17,98% pada simplisia menjadi 57,49% pada ekstrak) dan alkaloid (0,32% menjadi 1,71%). Hasil uji antibakteri menunjukkan bahwa ekstrak etanol secara konsisten memiliki daya hambat yang superior ($p < 0.0001$) dibandingkan simplisia pada semua konsentrasi. Pada konsentrasi 15%, ekstrak menghasilkan zona hambat rata-rata 15,40 mm, sementara simplisia 11,44 mm. Uji lanjut Tukey mengonfirmasi bahwa efektivitas ekstrak pada konsentrasi 3% (8,26 mm) setara secara statistik dengan simplisia pada konsentrasi 7% (8,13 mm). Disimpulkan bahwa ekstrak etanol kulit durian Soya secara signifikan lebih poten sebagai inhibitor *E. coli*. Superioritas ini diatribusikan pada konsentrasi senyawa fenolik dan bioaktif lainnya yang lebih tinggi akibat proses ekstraksi.

Kata kunci : aktivitas antibakteri, ekstrak etanol, *escherichia coli*, fitokimia, kulit durian soya

ABSTRACT

Escherichia coli contamination in drinking water represents a pressing global public health challenge. This study aimed to evaluate and compare the antibacterial potential between simplicia powder and 96% ethanol extract of Soya variety durian peel (*Durio zibethinus* Murr. var. Soya), a local variety from Maluku, against the growth of *E. coli* ATCC 25922. This experimental research method involved simplicia preparation through drying and extraction using the maceration method. Both preparations were analyzed phytochemically, qualitatively and quantitatively (UV-Vis Spectrophotometry). The antibacterial inhibitory test was conducted using the Kirby-Bauer disk diffusion method. Qualitative screening results showed both preparations were positive for alkaloids, flavonoids, saponins, phenols, and tannins. Quantitative analysis proved that the extraction process significantly increased the concentration of bioactive compounds; especially total phenols (increasing from 17.98% in simplicia to 57.49% in extract) and alkaloids (0.32% to 1.71%). Antibacterial test results demonstrated that the ethanol extract consistently had superior inhibitory power ($p < 0.0001$) compared to simplicia at all concentrations. At 15% concentration, the extract produced an average inhibition zone of 15.40 mm, whereas simplicia produced 11.44 mm. The Tukey post-hoc test confirmed that the effectiveness of the extract at 3% (8.26 mm) was statistically equivalent to the simplicia at 7% (8.13 mm). It is concluded that the ethanolic extract of Soya durian peel is significantly more potent as an *E. coli* inhibitor. This superiority is attributed to the higher concentration of phenolic and other bioactive compounds resulting from the extraction process. These findings support the potential for valorizing Soya durian peel waste as a natural water disinfectant agent.

Keywords : antibacterial activity, *escherichia coli*, ethanol extract, phytochemical, soya durian peel

PENDAHULUAN

Ketersediaan air minum yang aman dan bebas dari kontaminasi bakteri patogen merupakan prasyarat mendasar bagi kesehatan masyarakat dan keberlanjutan kehidupan (Lopes et al., 2022). Namun, tantangan dalam menyediakan air minum berkualitas terus menjadi isu global, terutama di negara-negara berkembang (Bijekar et al., 2022). Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memperkirakan bahwa sekitar 2 miliar orang di seluruh dunia tidak memiliki akses terhadap layanan air minum yang dikelola dengan aman, dan jutaan kematian setiap tahunnya diakibatkan oleh penyakit yang ditularkan melalui air (Bain et al., 2020). Di Indonesia, data dari Kementerian Kesehatan menunjukkan bahwa persentase rumah tangga dengan akses terhadap air minum layak baru mencapai sekitar 70% pada tahun 2022, mengindikasikan masih adanya sebagian besar populasi yang rentan terhadap risiko penyakit bawaan air (Kurniawati et al., 2020).

Salah satu bakteri indikator utama dan patogen signifikan dalam kontaminasi air minum adalah *Escherichia coli* (*E. coli*) (Wispriyono et al., 2021). Keberadaan bakteri ini dalam sampel air seringkali menjadi indikasi adanya kontaminasi fekal, yang dapat membawa berbagai mikroorganisme patogen penyebab penyakit seperti diare, kolera, dan demam tifoid (Jannah & Putri, 2021). Survei kualitas air minum di berbagai daerah di Indonesia seringkali menemukan adanya cemaran *E. coli* melebihi batas yang ditetapkan dalam Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 492 Tahun 2010 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum (Hidayat et al., 2021). Konsumsi air minum yang terkontaminasi *E. coli* secara berkelanjutan dapat menimbulkan dampak kesehatan yang serius, terutama bagi kelompok rentan seperti anak-anak, ibu hamil, dan lansia (Gizachew et al., 2020).

Upaya untuk mengatasi masalah kontaminasi bakteri pada air minum terus dilakukan melalui berbagai metode, termasuk klorinasi, ozonasi, dan penggunaan filter. Namun, metode-metode ini memiliki keterbatasan, seperti pembentukan produk sampingan disinfeksi, biaya operasional yang tinggi, dan kurang efektif terhadap beberapa jenis mikroorganisme (Ahmad, 2025; Stefán et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian dan pengembangan agen antibakteri alternatif yang lebih aman, efektif, dan terjangkau menjadi sangat penting. Salah satu sumber potensial agen antibakteri adalah bahan alam, termasuk tumbuhan (Lomartire & Gonçalves, 2023) (Ahmad, Amiruddin, Arsin, Stang, Ishak, Thamrin, et al., 2024). Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa ekstrak dari berbagai bagian tumbuhan mengandung senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, tanin, dan saponin yang memiliki aktivitas antibakteri terhadap berbagai jenis bakteri patogen (Habyarimana et al., 2022).

Durian (*Durio* spp.) merupakan salah satu tanaman tropis yang populer di Asia Tenggara, termasuk Indonesia (Rohman et al., 2023). Selain buahnya yang memiliki nilai ekonomi tinggi, bagian lain dari tanaman durian, seperti kulitnya, seringkali dianggap sebagai limbah. Padahal, penelitian awal menunjukkan bahwa kulit durian mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berpotensi memiliki aktivitas farmakologis, termasuk sebagai antibakteri (Zamakshshari et al., 2023). Indonesia memiliki beragam varietas durian, salah satunya adalah varietas Soya yang dikenal dengan ciri khas rasa dan aromanya. Namun, potensi kulit durian varietas Soya sebagai sumber senyawa antibakteri belum banyak dieksplorasi, terutama dalam konteks penghambatan pertumbuhan bakteri patogen pada air minum seperti *E. coli*.

Simplisia, yaitu bahan alamiah berupa tumbuhan utuh, bagian tumbuhan, atau eksudat tumbuhan yang telah dikeringkan dan belum mengalami pengolahan lebih lanjut, merupakan bentuk sediaan bahan alam yang relatif sederhana (Sidabutar et al., 2023). Di sisi lain, ekstrak merupakan sediaan pekat yang diperoleh dengan mengekstraksi kandungan aktif dari simplisia menggunakan pelarut tertentu (Kunaedi et al., 2023). Perbedaan dalam metode preparasi ini dapat mempengaruhi ketersediaan dan konsentrasi senyawa antibakteri yang terkandung (Alqahtani et al., 2021), sehingga berpotensi menghasilkan perbedaan dalam

aktivitas daya hambat terhadap mikroorganisme. Penelitian yang membandingkan daya hambat antara simplisia dan ekstrak dari bahan tumbuhan yang sama terhadap bakteri patogen masih terbatas.

Mengingat potensi kulit durian sebagai sumber senyawa antibakteri dan urgensi untuk menemukan solusi alternatif dalam mengatasi kontaminasi *E. coli* pada air minum, penelitian ini bertujuan untuk menguji dan membandingkan daya hambat simplisia dan ekstrak kulit durian varietas Soya terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* yang merupakan patogen umum dalam air minum. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang berharga mengenai potensi pemanfaatan limbah kulit durian sebagai agen antibakteri alami, serta memberikan dasar bagi pengembangan lebih lanjut dalam aplikasi pengamanan kualitas air minum.

METODE

Persiapan Sampel

Penelitian ini menggunakan kulit buah durian varietas Soya yang diperoleh dari desa Soya, Maluku. Kulit durian dipilih yang matang, segar, dan tidak berjamur. Setelah dicuci bersih dan dibebaskan dari kotoran, kulitnya dicacah menjadi bagian-bagian kecil (Rahmawati et al., 2023). Sampel kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 45°C selama 48 jam hingga kering dan rapuh. Proses pengeringan ini bertujuan untuk meminimalkan kadar air sehingga mencegah pertumbuhan mikroorganisme dan enzim perusak. Setelah kering, sampel diblender untuk menghasilkan simplisia serbuk (Lee et al., 2022).

Ekstraksi Kulit Durian

Ekstraksi dilakukan pada sebagian simplisia serbuk dengan metode maserasi. Simplisia dimasukkan ke dalam bejana maserasi dan direndam dalam pelarut etanol 96% (Kunaedi et al., 2023; Priamsari et al., 2023). Perendaman dilakukan sebanyak tiga kali, dengan setiap interval berlangsung selama 24 jam. Setelah itu, filtrat yang dihasilkan disaring menggunakan kertas saring. Semua filtrat yang terkumpul digabungkan dan dipekatkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 50°C. Ekstrak yang dihasilkan dikeringkan di udara dalam desikator hingga mencapai keadaan kering (Phinyo et al., 2022).

Uji Fitokimia

Penapisan fitokimia dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif untuk mengidentifikasi kandungan senyawa bioaktif dalam sampel. Penapisan Kualitatif: Penapisan fitokimia kualitatif dilakukan untuk mengidentifikasi adanya senyawa bioaktif pada simplisia dan ekstrak kulit durian. Pengujian ini mencakup identifikasi alkaloid, flavonoid, saponin, fenol, tanin, dan kuinon. Prosedur untuk alkaloid melibatkan penambahan reagen Meyer, Wanger, dan Dragendorff untuk melihat terbentuknya endapan. Flavonoid diuji dengan penambahan asam klorida pekat dan bubuk magnesium, yang menghasilkan warna merah tua sebagai indikator positif (C V & Angayarkanni, 2023). Untuk saponin, adanya busa yang stabil setelah larutan dikocok menunjukkan hasil positif. Uji fenol melibatkan penambahan larutan FeCl₃, dengan hasil positif ditandai oleh warna hijau atau biru (Rohmah et al., 2021). Tanin diidentifikasi dengan penambahan larutan FeCl₃ 1%, yang menghasilkan warna biru kehitaman atau hijau jika positif. Terakhir, pengujian kuinon dilakukan dengan menambahkan larutan natrium hidroksida, dengan hasil positif berupa perubahan warna menjadi kuning (Bashige et al., 2020).

Penapisan Fitokimia Kuantitatif: Penapisan kuantitatif dilakukan untuk menentukan kadar spesifik dari senyawa fitokimia yang terkandung dalam sampel simplisia serbuk dan ekstrak

kulit durian Soya. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang absorpsi tertentu untuk setiap senyawa.

Alkaloid

Pengujian alkaloid dimulai dengan menimbang 100 mg ekstrak atau simplisia. Sampel kemudian dilarutkan dalam 2N HCl dan diekstraksi berulang kali dengan kloroform. Larutan yang telah dinetralkan ditambahkan larutan Bromocresol green (BCG) dan buffer fosfat. Setelah diekstraksi dengan kloroform, absorbansinya diukur pada panjang gelombang 273,00 nm (Jain et al., 2021).

Saponin

Ditimbang 100 mg sampel dan ditambahkan 2 ml H₂SO₄ 25%. Tambahkan 50 µl anisaldehyd, kocok kemudian diamkan selama 10 menit. Tambahkan 2 ml asam sulfat 50% dan panaskan dengan penangas air pada suhu 60 °C selama 10 menit. Diencerkan sebanyak 10x dan membaca serapan pada panjang gelombang 435,00 nm (Handayani et al., 2020).

Tanin

Penentuan tanin total melibatkan penimbangan 100 mg ekstrak etanol. Sampel diekstraksi dengan dietil eter, lalu ditambahkan akuades. Larutan ini kemudian direaksikan dengan reagen Folin-Ciocalteu dan natrium karbonat. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 649,90 nm (Budi Riyanti et al., 2023).

Fenol

Sebanyak 1 mL larutan ekstrak atau simplisia direaksikan dengan 0,4 mL reagen Folin Ciocalteu. Setelah didiamkan, ditambahkan 4 mL larutan natrium karbonat 7%, dan volume total diencerkan dengan akuades hingga 10 mL. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 744,80 nm (Suhendy et al., 2022).

Flavonoid

Sampel 500 µL dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditambahkan akuades. Larutan ini direaksikan secara berurutan dengan 5% NaNO₂, 10% AlCl₃, dan 4% NaOH. Setelah diencerkan dengan akuades, absorbansi diukur pada panjang gelombang 450,00 nm (Lukmanto et al., 2023).

Uji Daya Hambat Bakteri

Metode yang digunakan adalah uji difusi cakram untuk mengukur zona hambat terhadap bakteri *Escherichia coli*. Persiapan Bakteri: Bakteri *E. coli* diinokulasi pada media Nutrient Agar (NA) dan diinkubasi. Suspensi bakteri dibuat menggunakan NaCl fisiologis, dan kekeruhannya disesuaikan dengan standar MacFarland 0.5%. Pembuatan Media: Media Mueller Hinton Agar (MHA) disiapkan, dipanaskan hingga mendidih, dan disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Media yang steril dituangkan ke cawan petri dan dibiarkan mengeras (Kettani Halabi et al., 2021). Pengujian: Suspensi bakteri dioleskan secara merata pada media MHA. Kertas cakram yang telah direndam dalam simplisia atau ekstrak kulit durian diletakkan di tengah media. Kontrol positif menggunakan kaporit (Ca(ClO)₂), sedangkan kontrol negatif menggunakan akuades (Rossalinda et al., 2021). Pengukuran Hasil: Cawan petri diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Setelah inkubasi, diameter zona bening atau zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram diukur menggunakan jangka sorong digital. Keberadaan zona hambat menunjukkan adanya aktivitas antibakteri pada sampel (Kačániová et al., 2020).

HASIL

Skrining Fitokimia Kualitatif

Analisis fitokimia kualitatif pada simplisia serbuk dan ekstrak etanol kulit durian Soya menunjukkan profil senyawa metabolit sekunder yang identik. Kedua sampel terdeteksi positif mengandung alkaloid, flavonoid, saponin, fenol, dan tanin. Kehadiran senyawa-senyawa ini diindikasikan oleh perubahan warna atau pembentukan endapan yang khas setelah penambahan reagen spesifik. Sebaliknya, uji kuinon menunjukkan hasil negatif pada kedua sampel seperti tampak pada (tabel 1).

Tabel 1. Hasil Skrining Fitokimia Kualitatif pada Simplisia Serbuk dan Ekstrak Kulit Durian Soya

Uji	pengamatan	hasil	
		Simplisia Serbuk	Ekstrak
Alkaloid	Tampak warna Merah-jingga (Pereaksi Dragendoff)	+ Alkaloid	+ Alkaloid
	Tampak warna Putih kekuningan (Pereaksi Meyer)	+ Alkaloid	+ Alkaloid
	Tampak warna Coklat (Pereaksi Wanger)	+ Alkaloid	+ Alkaloid
Flavonoid	Tampak warna Merah tua	+ Flavonoid	+ Flavonoid
Saponin	Terbentuk busa putih	+ Saponin	+ Saponin
Fenol	Tampak warna Hijau	+ Fenol	+ Fenol
Tanin	Tampak warna Hijau kebiruan	+ Tanin	+ Tanin
Kuinon	Tidak ada perubahan warna	- Kuinon	- Kuinon

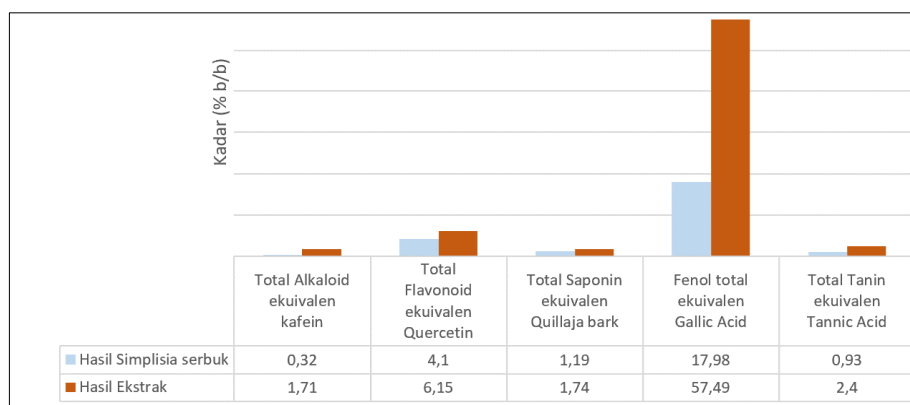
Skrining Fitokimia Kuantitatif

Tabel 2. Hasil Skrining Fitokimia Kuantitatif pada Simplisia Serbuk dan Ekstrak Kulit Durian Soya

Parameter Uji			Metode	Satuan	Hasil	
					Simplisia serbuk	Ekstrak
Total Alkaloid	ekuivalen	UV-Vis	% b/b	0,32	1,71	
<i>kafein</i>						
Total Flavonoid	ekuivalen	UV-Vis	% b/b	4,10	6,15	
<i>Quercetin</i>						
Total Saponin	ekuivalen	UV-Vis	% b/b	1,19	1,74	
<i>Quillaja bark</i>						
Fenol total	ekuivalen	UV-Vis	% b/b	17,98	57,49	
<i>Gallic Acid</i>						
Total Tanin	ekuivalen	UV-Vis	% b/b	0,93	2,40	
<i>Tannic Acid</i>						

Meskipun profil kualitatifnya sama, analisis kuantitatif mengungkapkan perbedaan signifikan dalam konsentrasi senyawa bioaktif antara simplisia serbuk dan ekstrak seperti pada (Tabel 2). Proses ekstraksi dengan etanol 96% terbukti secara efektif meningkatkan kadar seluruh senyawa yang diuji. Peningkatan paling dramatis teramati pada kandungan fenol total (ekuivalen *Gallic Acid*), yang meningkat lebih dari tiga kali lipat dari 17,98% pada simplisia menjadi 57,49% pada ekstrak. Demikian pula, kadar alkaloid total (ekuivalen kafein) meningkat lebih dari lima kali lipat (0,32% menjadi 1,71%), tanin total (ekuivalen *Tannic Acid*)

meningkat lebih dari dua kali lipat (0,93% menjadi 2,40%), dan flavonoid total (ekuivalen *Quercetin*) serta saponin total (ekuivalen *Quillaja bark*) juga menunjukkan peningkatan konsentrasi yang jelas pada ekstrak dibandingkan dengan simplisia serbuk seperti tampak pada (gambar 1).



Gambar 1. Grafik Perbandingan Kandungan Fitokimia Kuantitatif antara Simplisia Serbuk dan Ekstrak Kulit Durian Soya

Uji Daya Hambat Bakteri

Tabel 3. Hasil Pengukuran Diameter Zona Hambat Simplisia Serbuk Kulit Durian Soya terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922

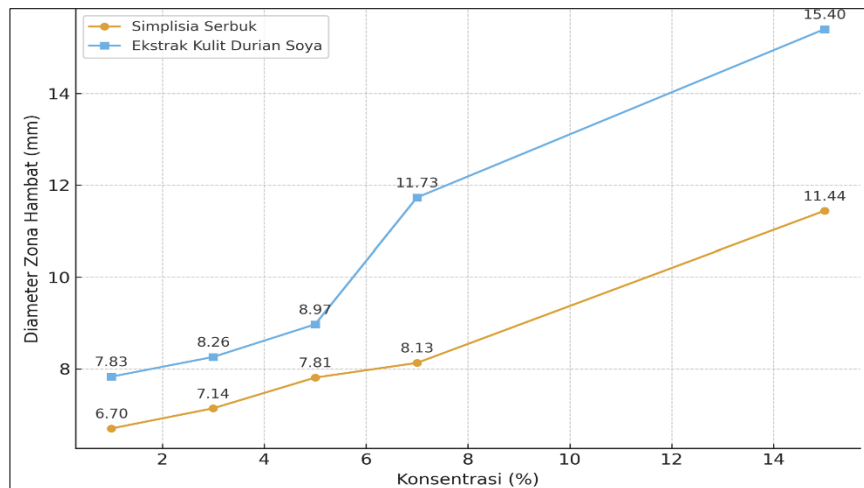
Konsentrasi Simplisia Serbuk (%)	Hasil Diameter Zona Hambat (mm)						Rata-rata (mm)	Ket
	1	2	3	4	5	6		
15	11,82	11,55	10,87	11,67	10,89	11,74	11,44	Kuat
7	8,06	7,94	8,57	7,52	8,29	8,37	8,13	Kuat
5	7,73	7,92	7,75	7,87	7,67	7,94	7,81	Sedang
3	7,06	7,12	7,12	7,15	7,11	7,3	7,14	Sedang
1	6,57	7,23	6,66	6,63	6,57	6,57	6,70	Sedang
Kontrol negatif	0	0	0	0	0	0	0	Lemah
Kontrol positif	84,66	85,12	84,56	84,52	85,15	84,68	84,78	Sangat kuat

Tabel 4. Hasil Pengukuran Diameter Zona Hambat Ekstrak Kulit Durian Soya terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922

Konsentrasi ekstrak (%)	Hasil Diameter Zona Hambat (mm)						Rata-rata (mm)	Ket
	1	2	3	4	5	6		
15	14,61	14,04	16,60	13,92	16,61	16,61	15,40	Kuat
7	11,88	11,43	11,91	11,82	11,52	11,79	11,73	Kuat
5	8,97	9,01	8,86	8,96	9,05	8,96	8,97	Sedang
3	8,16	8,16	8,19	8,34	8,23	8,51	8,26	Sedang
1	7,83	7,96	7,94	7,94	7,87	7,97	7,83	Sedang
Kontrol negatif	0	0	0	0	0	0	0	Lemah
Kontrol Positif	84,66	85,12	84,56	84,52	85,15	84,68	84,78	Sangat kuat

Kedua bentuk sediaan, simplisia serbuk dan ekstrak, menunjukkan aktivitas penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri *E. coli* ATCC 25922, yang dibuktikan dengan terbentuknya zona bening di sekitar cakram difusi. Hasil uji menunjukkan bahwa daya hambat keduanya bersifat

bergantung pada konsentrasi (*dose-dependent*), di mana peningkatan konsentrasi dari 1% hingga 15% secara konsisten menghasilkan diameter zona hambat yang lebih besar seperti tampak pada (tabel 3 dan 4).



Gambar 2. Grafik Hasil Pengukuran Uji Diameter Zona Hambat dengan Metode Difusi Cakram Simplisia Serbuk dan Ekstrak Kulit Durian Soya

Pada setiap tingkat konsentrasi yang diuji, ekstrak kulit durian Soya secara konsisten menunjukkan daya hambat yang lebih superior dibandingkan simplisia serbuk. Sebagai contoh, pada konsentrasi tertinggi (15%), ekstrak menghasilkan zona hambat rata-rata sebesar 15,40 mm, sedangkan simplisia serbuk hanya 11,44 mm. Tren ini konsisten di semua level konsentrasi, seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.

Analisis Statistik Daya Hambat

Tabel 5. Hasil Analisis Two-Way ANOVA Daya Hambat Simplisia dan Ekstrak Kulit Durian Soya terhadap *E. coli*

Sumber Variasi	Sum of Squares	df	F hitung	p-value
Jenis	73.46	1	321.86	p < 0.0001
Konsentrasi	295.25	4	323.41	p < 0.0001
Interaksi (Jenis × Konsentrasi)	25.01	4	27.40	p < 0.0001
Residual (Error)	11.41	50	-	-

Tabel 6. Rerata Diameter Zona Hambat Simplisia dan Ekstrak Kulit Durian Soya pada Berbagai Konsentrasi terhadap Pertumbuhan *Escherichia coli*, Berdasarkan Uji Lanjut Tukey's HSD

Bahan	Konsentrasi (%)	Diameter Zona Hambat Rerata ± SD (mm)
Ekstrak	15	15,40 ± 1,30 ^H
Ekstrak	7	11,73 ± 0,22 ^G
Simplisia	15	11,44 ± 0,39 ^F
Ekstrak	5	8,97 ± 0,07 ^E
Ekstrak	3	8,26 ± 0,13 ^D
Simplisia	7	8,13 ± 0,36 ^D
Ekstrak	1	7,92 ± 0,05 ^{C, D}
Simplisia	5	7,81 ± 0,10 ^{B, C}

Simplisia	3	$7,14 \pm 0,08^{A,B}$
Simplisia	1	$6,70 \pm 0,27^A$

Untuk mengevaluasi signifikansi perbedaan yang diamati, dilakukan analisis varian dua arah (Two-Way ANOVA). Hasil analisis yang tampak pada (Tabel 5) menunjukkan bahwa jenis sediaan (ekstrak vs. simplisia) memiliki pengaruh yang sangat signifikan secara statistik terhadap daya hambat ($p < 0.0001$). Demikian pula, konsentrasi juga memberikan pengaruh yang sangat signifikan ($p < 0.0001$). Lebih lanjut, ditemukan adanya interaksi yang sangat signifikan antara jenis sediaan dan konsentrasi ($p < 0.0001$), yang mengindikasikan bahwa pengaruh konsentrasi terhadap daya hambat berbeda antara kelompok ekstrak dan simplisia.

Uji lanjut Tukey's HSD seperti tampak pada (tabel 6) memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai perbedaan antar kelompok perlakuan. Ekstrak pada konsentrasi 15% ($15,40 \pm 1,30$ mm) menunjukkan daya hambat yang secara signifikan paling tinggi dibandingkan semua kelompok perlakuan lainnya. Menariknya, daya hambat ekstrak pada konsentrasi 3% ($8,26 \pm 0,13$ mm) tidak berbeda signifikan secara statistik dengan simplisia pada konsentrasi 7% ($8,13 \pm 0,36$ mm). Hal ini menunjukkan bahwa ekstrak mampu mencapai efektivitas yang setara dengan simplisia pada konsentrasi yang lebih dari dua kali lipat lebih rendah. Secara umum, hasil uji Tukey's HSD mengonfirmasi bahwa ekstrak secara konsisten lebih poten dalam menghambat pertumbuhan *E. coli* dibandingkan simplisia pada konsentrasi yang setara.

PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan membandingkan potensi inhibitori simplisia serbuk dan ekstrak etanol kulit durian Soya terhadap *E. coli*. Temuan utama menunjukkan bahwa ekstrak etanol secara signifikan lebih berpotensi sebagai agen antibakteri dibandingkan simplisia serbuknya. Hal ini dibuktikan oleh diameter zona hambat yang lebih besar pada semua konsentrasi serta kadar senyawa bioaktif (fenol, alkaloid, flavonoid) yang jauh lebih tinggi pada ekstrak. Hasil ini mendukung hipotesis bahwa pemekatan senyawa aktif melalui ekstraksi akan meningkatkan efikasi antibakteri (Hita et al., 2023). Secara ilmiah, superioritas aktivitas antibakteri ekstrak etanol dapat dijelaskan melalui peningkatan konsentrasi senyawa metabolit sekunder yang terbukti melalui analisis fitokimia kuantitatif. Proses maserasi menggunakan etanol 96% terbukti sangat efektif dalam melarutkan dan memekatkan senyawa-senyawa bioaktif dari matriks sel tumbuhan (Herdi et al., 2020). Peningkatan paling substansial teramati pada kandungan fenol total (dari 17,98% menjadi 57,49%) dan alkaloid total (dari 0,32% menjadi 1,71%).

Senyawa-senyawa ini dikenal memiliki mekanisme antibakteri yang poten. Senyawa fenolik, misalnya, bekerja dengan cara mendenaturasi protein esensial pada membran sel bakteri, mengganggu permeabilitas sel, dan pada akhirnya menyebabkan lisis sel (Lobiuc et al., 2023). Hal ini sejalan dengan teori yang dikemukakan oleh Maxwell Mamfe Sakyiamah et al. (2023), yang menyatakan bahwa Senyawa fenolik dan flavonoid memang merupakan kelompok signifikan dari metabolit sekunder tanaman yang dikenal karena aktivitas antimikrobanya. Studi pada daun *Tapinanthus bangwensis* mengungkapkan bahwa fitokimia ini, bersama dengan saponin, hadir dalam konsentrasi tinggi, terutama dalam fraksi etil asetat. Sifat antimikroba dari ekstrak menunjukkan efektivitas terhadap berbagai mikroorganisme, menunjukkan bahwa senyawa ini berkontribusi pada potensi tanaman sebagai agen antimikroba alami (Sakyiamah et al., 2023). Alkaloid, di sisi lain, dapat berinterkalasi dengan DNA bakteri, menghambat sintesis protein, dan mengganggu fungsi enzim vital. Interpretasi ini memperkuat pandangan bahwa efek sinergis dari berbagai senyawa bioaktif yang terkonsentrasi dalam ekstrak, bukan hanya satu senyawa tunggal, bertanggung jawab atas daya hambat yang kuat terhadap *E. coli*. Hasil uji ANOVA yang menunjukkan adanya interaksi

signifikan antara jenis sediaan dan konsentrasi ($p < 0.0001$) juga mendukung hal ini, mengindikasikan bahwa peningkatan konsentrasi memberikan dampak yang lebih eksponensial pada ekstrak karena ketersediaan senyawa aktif yang lebih tinggi.

Temuan penelitian ini konsisten dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh sejumlah peneliti sebelumnya yang mengkaji potensi kulit durian sebagai agen antibakteri. Misalnya, penelitian oleh Safitri, et al. (2020) juga melaporkan bahwa ekstrak kulit durian memiliki aktivitas antibakteri, meskipun pada varietas dan metode ekstraksi yang berbeda (Safitri et al., 2020). Studi lain oleh Gina Lestari et al. (2020) menemukan bahwa Ekstrak kulit durian memiliki daya hambat dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* (Lestari et al., 2020), di mana aktivitas ini sangat berkorelasi dengan tingginya kandungan senyawa fenolik dan flavonoid, sebuah kesimpulan yang paralel dengan temuan kami. Hasil yang sama juga kami peroleh dari penelitian sebelumnya bahwa ekstrak etanol 96% kulit durian Soya dengan metode dilusi cair untuk menentukan nilai Konsentrasi Hambat Minimum dan metode dilusi padat untuk menentukan nilai Konsentrasi Bunuh Minimum, ditemukan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat antara perlakuan konsentrasi ekstrak sebagai antibakteri dengan penurunan jumlah koloni bakteri *Escherichia coli*. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak, semakin besar penurunan jumlah koloni bakteri *E. coli*. Oleh karena itu, ekstrak kulit durian Soya sangat memungkinkan untuk digunakan sebagai antibakteri dan agen disinfeksi air (Ahmad, Amiruddin, Arsin, Stang, Ishak, Wahiduddin, et al., 2024).

Kesamaan ini menunjukkan bahwa potensi antibakteri merupakan karakteristik umum dari kulit durian lintas varietas, yang utamanya dimediasi oleh senyawa fenolik. Namun, penelitian ini memberikan kontribusi baru dengan secara langsung membandingkan efektivitas ekstrak dengan simplisia serbuk dari bahan yang sama dan membuktikan superioritas ekstrak secara kuantitatif dan statistik. Selain itu, penggunaan durian varietas Soya yang merupakan varietas lokal spesifik dari Maluku, Indonesia, menambah data ilmiah mengenai potensi sumber daya alam yang belum banyak dieksplorasi. Perbedaan kecil dalam diameter zona hambat antar penelitian dapat diatribusikan pada variasi varietas durian, kondisi geografis pertumbuhan, pelarut yang digunakan, dan strain bakteri target. Secara ilmiah, penelitian ini menegaskan pentingnya proses ekstraksi untuk memaksimalkan potensi farmakologis bahan alam. Secara praktis, hasil ini memberikan dasar yang kuat untuk valorisasi limbah kulit durian sebagai sumber desinfektan air alami. Ini membuka peluang pengembangan produk bernilai tambah dari limbah agroindustri yang melimpah, yang berpotensi menjadi solusi disinfeksi air yang terjangkau dan berkelanjutan.

Keterbatasan utama penelitian ini mencakup pengujian yang hanya dilakukan pada satu strain bakteri (*E. coli*) dan sifatnya yang *in vitro*. Selain itu, penelitian ini belum mengisolasi senyawa spesifik yang paling bertanggung jawab atas aktivitas yang teramati, karena analisis fitokimia masih bersifat kuantitatif per golongan senyawa. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji ekstrak terhadap panel patogen bawaan air yang lebih luas. Selain itu, isolasi dan identifikasi senyawa aktif paling poten menggunakan teknik kromatografi (misalnya HPLC) sangat diperlukan untuk memahami mekanisme aksi yang lebih spesifik dan untuk standardisasi produk di masa depan. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil membuktikan bahwa ekstrak etanol kulit durian Soya adalah inhibitor *E. coli* yang poten, dengan efektivitas yang jauh melampaui bentuk simplisianya. Temuan ini memberikan kontribusi ilmiah yang signifikan dan dasar yang kuat untuk pengembangan inovasi berbasis limbah agroindustri untuk aplikasi keamanan air.

KESIMPULAN

Ekstrak etanol 96% kulit durian Soya terbukti secara signifikan lebih poten dalam menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* ATCC 25922 dibandingkan bentuk simplisia

serbuknya ($p < 0.0001$). Superioritas ini disebabkan oleh proses ekstraksi yang efektif meningkatkan konsentrasi senyawa bioaktif, terutama peningkatan drastis pada fenol total (dari 17,98% menjadi 57,49%) dan alkaloid total (dari 0,32% menjadi 1,71%). Secara efektivitas, ekstrak pada konsentrasi 3% (zona hambat 8,26 mm) telah setara secara statistik dengan simplisia pada konsentrasi 7% (8,13 mm). Temuan ini mendukung potensi valorisasi limbah kulit durian Soya sebagai kandidat desinfektan air alami.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih yang tulus kepada Direktur Poltekkes Kemenkes Maluku dan Ketua Jurusan Kesehatan Lingkungan atas izin dan dukungan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Apresiasi yang mendalam juga disampaikan kepada Kepala Balai Standarisasi dan Pelayanan Jasa Industri (BSPJI) Ambon, beserta seluruh jajaran staf dan analis laboratorium, yang telah membantu secara teknis dalam proses pengujian fitokimia dan uji daya hambat antibakteri. Ucapan terimakasih secara khusus ditujukan kepada bapak raja dan masyarakat di Desa Soya, Maluku, atas ketersediaan dan bantuannya dalam penyediaan sampel kulit durian Soya. Terakhir, penulis berterimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan masukan dan dukungan konstruktif dalam penyelesaian naskah artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R. (2025). Krisis Air Bersih. Ancaman Terhadap Kesehatan Masyarakat (C. E. Weni Yuliani, S.Si., M.M. (ed.); Issue June). CV Luminary Press Indonesia. https://www.researchgate.net/publication/392560036_KRISIS_AIR_BERSIH_Ancaman_Terhadap_Kesehatan_Masyarakat
- Ahmad, R., Amiruddin, R., Arsin, A. A., Stang, S., Ishak, H., Thamrin, Y., & Mallongi, A. (2024). *Antibacterial Potential of Durian (Durio zibethinus murr.) Waste as an Alternative Disinfectant in Raw Drinking Water - A Literature Review. Pharmacognosy Journal*, 16(1), 255–262. <https://doi.org/10.5530/pj.2024.16.37>
- Ahmad, R., Amiruddin, R., Arsin, A. A., Stang, S., Ishak, H., Wahiduddin, Alam, G., Wispriyono, B., & Mallongi, A. (2024). *Phytochemical Screening and Antibacterial Activity Test of Ethanol Extract of Durian (Durio Zibethinus murr.) Soya Varieties Against Pathogen Bacteria Escherichia Coli in Raw Drinking Water. Pharmacognosy Journal*, 16(4), 933–941. <https://doi.org/10.5530/pj.2024.16.151>
- Alqahtani, A. S., Herqash, R. N., Noman, O. M., Tabish Rehman, M., Shahat, A. A., Alajmi, M. F., & Nasr, F. A. (2021). *Impact of Different Extraction Methods on Furanosesquiterpenoids Content and Antibacterial Activity of Commiphora myrrha Resin. Journal of Analytical Methods in Chemistry*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5525173>
- Bain, R., Johnston, R., & Slaymaker, T. (2020). *Drinking water quality and the SDGs. Npj Clean Water*, 3(1), 7–9. <https://doi.org/10.1038/s41545-020-00085-z>
- Bashige, V. C., Bakari, A. S., Okusa, P. N., Kalonda, E. M., & Lumbu, J. B. S. (2020). *Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Six Edible Rhizomes Used in Traditional Medicine in Lubumbashi (DRC). International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 14(4), 1367–1380. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v14i4.16>
- Bijekar, S., Padariya, H. D., Yadav, V. K., Gacem, A., Hasan, M. A., Awwad, N. S., Yadav, K. K., Islam, S., Park, S., & Jeon, B. H. (2022). *The State of the Art and Emerging Trends in the Wastewater Treatment in Developing Nations. Water (Switzerland)*, 14(16), 1–19. <https://doi.org/10.3390/w14162537>
- Budi Riyanti, H., Apriani Wilianita, R., & Yeni. (2023). Penetapan Kadar Tanin Dalam Ekstrak

- Etanol Daun Angsana (*Pterocarpus Indicus Willd*) Hasil Maserasi Dan Sokletasi Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis. *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 8(1), 241–252.
- C V, A. S., & Angayarkanni, D. T. (2023). *Qualitative Phytochemical Analysis of Medicinal Plants Selected from Temperate, Tropical and Hill Regions. International Journal Of Pharmaceutical And Bio-Medical Science*, 03(01), 11–17. <https://doi.org/10.47191/ijpbms/v3-i1-03>
- Gizachew, M., Admasie, A., Wegi, C., & Assefa, E. (2020). *Bacteriological Contamination of Drinking Water Supply from Protected Water Sources to Point of Use and Water Handling Practices among Beneficiary Households of Boloso Sore Woreda, Wolaita Zone, Ethiopia. International Journal of Microbiology*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5340202>
- Habyarimana, T., Cyuzuzo, P., Yamukujije, C., Yadufashije, C., & Niyonzima, F. N. (2022). *Phytochemical and Antimicrobial Activity of Ocimum suave Against Selected Human Pathogenic Bacteria. Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 12(1), 123–128. <https://doi.org/10.22270/jddt.v12i1.5291>
- Handayani, T. W., Yusuf, Y., & Tandi, J. (2020). Analisis Kualitatif dan Kuantitatif Metabolit Sekunder Ekstrak Biji Kelor (*Moringa oleifera Lam.*) dengan Metode Spektrofotometri UV-Vis. *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 6(3), 230–238. <https://doi.org/10.22487/kovalen.2020.v6.i3.15324>
- Herd, B., Huda, A., Susanti, H., Sugihartini, N., Farmasi, P., Farmasi, F., Ahmad, U., Analisis, L. K., Farmasi, F., Ahmad, U., Farmasi, L. T., Farmasi, F., Ahmad, U., & Indonesia, J. F. (2020). *Purification effect on Organoleptic Profile, Yield, Total Phenol and Total Flavonoids from 96% Ethanol Extract of Moringa (Moringa oleifera. L) leaves. 17(2).*
- Hidayat, M. T., Karimuna, S. R., & Nurmala Dewi. (2021). *Identification of Escherichia Coli Bacteria and Hygiene Sanitation of Refillable Drinking Water Depot in Working Area of Puuwatu Health Center Kendari City in 2021. Jkl-Uho*, 2(3), 32–41.
- Hita, I. P. G. A. P., Ardinata, I. P. R., & Wardhana, Z. F. (2023). Optimalisasi Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 70% Daun Binahong Terhadap Bakteri Staphylococcus Aureus. *MEDFARM: Jurnal Farmasi Dan Kesehatan*, 12(1), 58–66. <https://doi.org/10.48191/medfarm.v12i1.174>
- Jain, D., Jain, M., & Jain, A. (2021). *Quantitative Study of Total Phenolic and Alkaloid Content in Hydroalcoholic Content in Rauwolfia Serpentina. Plant Archives*, 21(1), 1735–1738. <https://doi.org/10.51470/plantarchives.2021.v21.no1.236>
- Jannah, Q. N., & Putri, G. L. (2021). *Escherichia coli contamination of groundwater in Metro City, Lampung. E3S Web of Conferences*, 277. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127704001>
- Kačaniová, M., Žiarovská, J., Kunová, S., Rovná, K., Savistkaya, T., Hrinshpan, D., Valková, V., Galovičová, L., Borotová, P., & Ivanišová, E. (2020). *Antimicrobial potential of different medicinal plants against food industry pathogens. Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 14(May), 494–500. <https://doi.org/10.5219/1387>
- Kettani Halabi, M., Lahlou, F. A., Diawara, I., El Adouzi, Y., Marnaoui, R., Benmessaoud, R., & Smyej, I. (2021). *Antibiotic Resistance Pattern of Extended Spectrum Beta Lactamase Producing Escherichia coli Isolated From Patients With Urinary Tract Infection in Morocco. Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 11(August), 1–7. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2021.720701>
- Kunaedi, A., Indawati, I., Karlina, N., Fadhillah, Z., Cantika, C. D., & Khulfiah, A. A. (2023). *Study on the Optimization of Mulberry Leaf Extract By Macerating Ethanol and Microwave Assisted Extraction Method (Mae) With Natural Deep Eutectic Solvents (Nades). Jurnal Farmasi Sains Dan Praktis*, 9(1), 11–19. <https://doi.org/10.31603/pharmacy.v9i1.7915>

- Kurniawati, R. D., Kraar, M. H., Amalia, V. N., & Kusaeri, M. T. (2020). Peningkatan Akses Air Bersih Melalui Sosialisasi Dan Penyaringan Air Sederhana Desa Haurpugur. *Jurnal Pengabdian Dan Peningkatan Mutu Masyarakat (JANAYU)*, 1(2), 136–143. <https://doi.org/10.22219/janayu.v1i2.11784>
- Lee, S. Y., Ferdinand, V., & Siow, L. F. (2022). *Effect of drying methods on yield, physicochemical properties, and total polyphenol content of chamomile extract powder. Frontiers in Pharmacology*, 13(November), 1–8. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.1003209>
- Lestari, G., Noptahariza, R., & Rahmadina, N. (2020). Uji Aktivitas Antibakteri Formulasi Sabun Cair Ekstrak Kulit Buah Durian (*Durio Zibethinus L.*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*. *Cendekia Journal of Pharmacy*, 4(2), 95–101. <https://doi.org/10.31596/cjp.v4i2.77>
- Lobiuc, A., Pavăl, N. E., Mangalagiu, I. I., Gheorghită, R., Teliban, G. C., Amăriucăi-Mantu, D., & Stoleru, V. (2023). *Future Antimicrobials: Natural and Functionalized Phenolics. Molecules*, 28(3). <https://doi.org/10.3390/molecules28031114>
- Lomartire, S., & Gonçalves, A. M. M. (2023). *An Overview on Antimicrobial Potential of Edible Terrestrial Plants and Marine Macroalgae Rhodophyta and Chlorophyta Extracts. In Marine Drugs* (Vol. 21, Issue 3). <https://doi.org/10.3390/md21030163>
- Lopes, R. H., Silva, C. R. D. V., Salvador, P. T. C. de O., Silva, Í. de S., Heller, L., & Uchôa, S. A. da C. (2022). *Surveillance of Drinking Water Quality Worldwide: Scoping Review Protocol. International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(15). <https://doi.org/10.3390/ijerph19158989>
- Lukmanto, L., Fadhila, N. I. R., Wulandari, L., & Puspitasari, E. (2023). *Antioxidant Assay and Total Flavonoid Determination of Ethanolic Extract of Walnut (Canarium indicum L.) Leaves and Its Fractions. Jurnal Ilmu Dasar*, 24(1), 51. <https://doi.org/10.19184/jid.v24i1.23017>
- Phinyo, K., Ruangrit, K., Pekkoh, J., Tragoolpua, Y., Kaewkod, T., Duangjan, K., Pumas, C., Suwannarach, N., Kumla, J., Pathom-aree, W., Gu, W., Wang, G., & Srinuanpan, S. (2022). *Naturally Occurring Functional Ingredient from Filamentous Thermophilic Cyanobacterium Leptolyngbya sp. KC45: Phytochemical Characterizations and Their Multiple Bioactivities. Antioxidants*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/antiox11122437>
- Priamsari, M. R., Kristanti, C. H., Tinggi, S., & Farmasi, I. (2023). Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Jumlah Rendemen dan Kadar Total Flavonoid Ekstrak Kulit Buah Markisa Kuning (*Passiflora edulis var. flavicarpa*) *The Effect of Solvent Type on the Yield Amount and Total Flavonoid Content of Yellow Passion Fruit Peel Extr. Indonesian Journal on Medical Sciences*, 10(1), 37–42.
- Rahmawati, S., Afadil, Suherman, Santoso, T., Abram, P. H., & Rabasia. (2023). *The utilization of durian peels (Durio zibethinus) for the manufacturing of charcoal briquettes as alternative fuel. Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 13(1), 76–87. <https://doi.org/10.29244/jpsl.13.1.76-87>
- Rohmah, J., Saidi, I. A., Rofidah, L., Novitasari, F., & Margareta, F. A. (2021). *Phytochemical Screening of White Turi (Sesbania grandiflora (L.) Pers.) Leaves Extract in Various Extraction Methods. Medicra (Journal of Medical Laboratory Science/Technology)*, 4(1), 22–29. <https://doi.org/10.21070/medicra.v4i1.1395>
- Rohman, H. F., Rohman, F., & Riko Saputra, M. (2023). *Characterization Local Durian (Durio sp.) In Arjasa District, Jember Regency. Jurnal Ilmiah Inovasi*, 23(1), 64–68. <https://doi.org/10.25047/jii.v23i1.3864>
- Rossalinda, R., Wijayanti, F., & Iskandar, D. (2021). *Effectiveness of Matoa Leaf (Pometia pinnata) Extract as an Antibacterial Staphylococcus epidermidis. Stannum : Jurnal Sains Dan Terapan Kimia*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.33019/jstk.v3i1.2133>

- Safitri, A. T., Nur Adiratna, N., S., D., & Sekolah, I. (2020). Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Kulit Durian (*Durio zibethinus* Murr.) Terhadap Bakteri *Propionibacterium acnes* dan *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Farmasi Udayana*, 9(2), 66. <https://doi.org/10.24843/jfu.2020.v09.i02.p01>
- Sakyiamah, M. M., Gordon, P. K., Bolah, P., Baffour, P. K., Ehun, E., Quasie, O., Kumadoh, D., Archer, M. A., Mintah, S. O., & Appiah, A. A. (2023). *Assessment of the phytochemical composition and antimicrobial properties of Tapinanthus bangwensis leaves hosted by the branches of Persea americana*. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 23(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12906-023-03860-w>
- Sidabutar, M. C., Taurina, W., & Andrie, M. (2023). *Characterization Of Manufacturing Process Simplicia Pineapple Sea Cucumber (Thelenota ananas) As Raw For Wound Healing Drug Preparations*. *Medical Sains : Jurnal Ilmiah Kefarmasian*, 8(2), 811–824. <https://doi.org/10.37874/ms.v8i2.699>
- Stefán, D., Balogh, J., Záray, G., & Vargha, M. (2022). *Comparison of Disinfection By-Product Formation and Distribution during Breakpoint Chlorination and Chlorine-Based Disinfection in Drinking Water*. *Water (Switzerland)*, 14(9), 1–19. <https://doi.org/10.3390/w14091372>
- Suhendy, H., Wulan, L. N., & Hidayati, N. L. D. (2022). *The Influence Of Specific Weight On The Total Flavonoid And Phenol Content Of Ethyl Acetate Extracts From Purple Sweet Potato Tubers (Ipomoea batatas L.)*. *Journal of Pharmacopolium*, 5(1), 18–24.
- Wispriyono, B., Arsyina, L., Ardiansyah, I., Pratiwi, L. D., Arminsih, R., Hartono, B., Nurmallasari, N., & Novirsa, R. (2021). *The role of hygiene and sanitation to the escherichia coli contamination in drinking water in depok city, indonesia*. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 9(E), 641–644. <https://doi.org/10.3889/oamjms.2021.6152>
- Zamakshshari, N. H., Ahmed, I. A., Didik, N. A. M., Nasharuddin, M. N. A., Hashim, N. M., & Abdullah, R. (2023). *Chemical profile and antimicrobial activity of essential oil and methanol extract from peels of four Durio zibethinus L. varieties*. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(15), 13995–14003. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-02134-0>