



AKTIFITAS ANTIBAKTERI MINYAK ATSIRI DARI DAUN DAN KULIT BUAH JERUK LUNGO (*Citrus medica L.*) DAN JERUK KASTURI MEDAN (*Citrus x microcarpa Bunge*)

ANTIBACTERIAL ACTIVITY OF ESSENTIAL OILS FROM THE LEAVES AND PEELS OF CITRON (*Citrus medica L*) AND CALAMONDIN (*Citrus x microcarpa Bunge*)

Fauzia Husna, Elidahanum Husni, Suryati Syafri*

Fakultas Farmasi, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat, Indonesia

(Email: suryati@phar.unand.ac.id)

ABSTRAK

Permasalahan resistensi antibiotik mendorong banyak penelitian global mengarah kepada pencarian senyawa obat dari bahan alam. Minyak atsiri jeruk telah dikenal memiliki berbagai bioaktivitas seperti antibakteri, antioksidan, antijamur, antivirus. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menguji aktifitas antibakteri dari minyak atsiri pada Kulit Buah dan Daun dari Jeruk Lunggo (*Citrus medica L*) dan Jeruk Kasturi Medan (*Citrus x microcarpa Bunge*). Minyak atsiri diperoleh dengan metode hidrodestilasi. Pengujian aktifitas antibakteri dilakukan terhadap bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dan bakteri gram negatif *Escherichia coli* menggunakan metode Broth Microdilution. Hasil pengujian antibakteri menunjukkan minyak atsiri dari Daun Jeruk Lunggo (DL) memiliki aktifitas antibakteri paling kuat terhadap bakteri *S. aureus* nilai KHM dan KBM sebesar 25 mg/ml, serta aktifitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dengan Nilai KHM dan KBM berturut-turut 25 mg/ml dan 50 mg/ml. Minyak Atsiri dari Daun Jeruk Lunggo dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi obat antibakteri.

Kata kunci : Minyak Atsiri; Jeruk Lunggo; Jeruk Kasturi Medan; Antibakteri

ABSTRACT

The problem of antimicrobial resistance has prompted much global research into the search for medicinal compounds from natural sources. Citrus essential oils are known to possess various bioactivities such as antibacterial, antioxidant, antifungal, and antiviral properties. Therefore, this study aims to test the antibacterial activity of essential oils from the peel and leaves of Citron (*Citrus medica L*) and Calamondin (*Citrus x microcarpa Bunge*). Essential oils were obtained by hydrodistillation. Antibacterial activity testing was conducted on the gram-positive bacterium *Staphylococcus aureus* and the gram-negative bacterium *Escherichia coli* using the broth microdilution method. Antibacterial testing results show that essential oil from Citron Leaves (DL) has stronger antibacterial activity against *S. aureus* bacteria with MIC and MBC values of 25 mg/ml, while its antibacterial activity against *E. coli* bacteria has MIC and MBC values of 25 mg/ml and 50 mg/ml, respectively. Essential oil from Citron leaves can be further developed into an antibacterial agent.

Keywords: Essential Oil; Citron; Calamondin; Antibacterial

PENDAHULUAN

Resistensi antimikroba menjadi masalah global akhir-akhir ini. Salah satu penyebabnya adalah penggunaan antibiotik yang tidak tepat. Antibiotik yang dilaporkan mengalami resistensi dari golongan Beta Lactam (Penicillin, Ampicillin, Amoxicillin), Aminoglikosida (Gentamicin, Amikacin), Fluoroquinolone (Ciprofloxacin, Levofloxacin), Tetracyclin, Makrolida (Eritromicin, Azitromicin), dan Carbapenem (Charlotte, 2025). Dampak dari resistensi antibiotik ini diantaranya waktu perawatan di rumah sakit menjadi lebih lama, biaya pengobatan lebih mahal dan tingkat kematian menjadi lebih tinggi (Devi, 2024). Oleh karena itu banyak penelitian global yang mengarah pada pencarian alternatif obat dari bahan alam (Genilloud, 2019). Alternatif obat bahan alam yang tersebut diantaranya adalah minyak atsiri

Citrus merupakan tanaman dari famili Rutaceae yang mengandung minyak atsiri. Famili Rutaceae mencakup 520 spesies yang tersebar di daerah tropis dan subtropis (Leporini et al., 2021). Minyak atsiri jeruk ini mengandung terpenoid seskuiterpen, seskuiterpen alifatik, turunan hidrokarbon teroksigenasi, dan hidrokarbon aromatik (Sheelmarevaa et al., 2025). Minyak atsiri jeruk terbukti memiliki aktifitas antibakteri, antijamur, antivirus, antioksidan, antiparasit, insektisida (Gupta, Himanshi & Reddy, 2025). Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa minyak atsiri dari kulit Jeruk Sundai *Citrus x aurantiifolia* (Christm.) Swingle menunjukkan aktivitas antibakteri (Husni, Ramadani, et al., 2022). Penelitian terdahulu dari minyak atsiri dari Kulit Buah dan Daun Jeruk Kalamansi (*Citrus microcarpa* Bunge) memiliki aktifitas antimikroba terhadap bakteri MRSA, *S. aureus*, *S. mutans*, *P. aeruginosa* dan *E. coli* (Husni & Yeni, 2021). Penelitian lain menunjukkan bahwa

minyak atsiri dari kulit buah dan daun jeruk purut (*Citrus hystrix* DC) memiliki aktifitas antibakteri dengan nilai KHM 25- 100 mg/ml (Husni, Putri, et al., 2022).

Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk menguji aktifitas antibakteri dari minyak atsiri pada Kulit Buah dan Daun dari Jeruk Lunggo *Citrus medica* L dan Jeruk Kasturi Medan *Citrus x microcarpa* Bunge. Minyak atsiri diperoleh dengan metode hidrodestilasi. Pengujian aktifitas antibakteri dilakukan terhadap bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dan bakteri gram negatif *Escherichia coli* menggunakan metode Broth Microdilution dengan parameter nilai KHM (Konsentrasi Hambat Minimum) dan KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum).

BAHAN DAN METODE

Pengambilan Sampel dan Identifikasi Tumbuhan

Sampel dari daun dan kulit buah Jeruk Lunggo dan Jeruk Kasturi Medan diperoleh dari daerah Padang Pariaman, Sumatera Barat. Identifikasi dari tumbuhan dilakukan di Herbarium, Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas, Padang.

Ekstraksi Minyak Atsiri

Kulit buah dan daun dikumpulkan dan ditimbang dan dilanjutkan dengan proses hidrodestilasi penyulingan. Proses hidrodestilasi berlangsung selama 5 jam. Minyak atsiri ditampung dan disimpan dalam botol. Penambahan natrium sulfat anhidrat (Na_2SO_4) untuk menarik sisa air hasil distilasi dari minyak atsiri. Penyimpanan dilakukan pada suhu 4°C (Ziaee et al., 2015).

Karakterisasi Minyak Atsiri

Rendemen

Rendemen dari minyak atsiri menggunakan rumus berikut:

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{\text{bobot minyak atsiri hasil hidrodestilasi (g)}}{\text{Bobot bahan baku (g)}} \times 100 \%$$

Uji Aktivitas Antibakteri

Larutan sampel minyak atsiri jeruk dibuat dengan konsentrasi 50% dalam DMSO (b/v). Kemudian 50 μ L larutan ini dengan ditambahkan 450 μ L Mueller Hinton Broth (MHB) untuk mencapai 5% (50 mg/ml). Strain bakteri yang digunakan adalah *Staphylococcus aureus* (ATCC 25423) dan *Escherichia coli* (ATCC 25422). Kultur bakteri disuspensikan dalam larutan natrium klorida (NaCl) 0,9% steril, dan kekeruhannya disesuaikan dengan standar McFarland 0,5%. Suspensi tersebut kemudian diencerkan dengan MHB dengan perbandingan 1:150, menghasilkan konsentrasi bakteri akhir sekitar 1×10^6 unit pembentuk koloni per mililiter (CFU/mL).

Sebanyak 50 μ L MHB dituang ke dalam setiap sumur pada pelat mikro 96 sumur. Selanjutnya, 50 μ L larutan uji (50 mg/mL) ditambahkan ke dalam sumur pada baris pertama dan diencerkan secara serial hingga diperoleh konsentrasi akhir 25, 12,5, 6,25, 3,125, 1,562, dan 0,781 mg/mL. Ofloksasin digunakan sebagai kontrol positif. Kemudian, 50 μ L suspensi bakteri standar dimasukkan ke dalam setiap sumur, kecuali sumur kontrol sterilitas dan pertumbuhan. Mikroplat diinkubasi pada suhu 37°C selama 18–24 jam. Setelah inkubasi, 40 μ L larutan MTT [3-

(4,5-dimetiltiazol-2-il)-2,5-difeniltetrazolium bromida] ditambahkan ke setiap sumur hingga mencapai konsentrasi akhir 0,5 mg/mL, dan diinkubasi lebih lanjut pada suhu 37°C selama 30 menit. Perubahan warna menjadi ungu menunjukkan aktivitas metabolisme bakteri. Konsentrasi Hambat Minimum (KHM) diidentifikasi sebagai konsentrasi terendah di mana tidak terjadi perubahan warna. Setiap percobaan dilakukan dalam rangkap empat.

Pada penentuan KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum), setiap sumur disubkultur dengan cara menggoreskannya ke atas cawan Nutrient Agar (NA), kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 18–24 jam. Tidak adanya koloni bakteri yang terlihat pada permukaan agar menunjukkan aktivitas bakterisida. KBM adalah konsentrasi terendah di mana tidak terjadi pertumbuhan bakteri setelah subkultur.

HASIL

Buah Jeruk Lunggo dan Jeruk Kasturi Medan ditunjukkan pada gambar 1. Minyak atsiri yang diperoleh dari kulit buah dan daun dari Jeruk Lunggo dan Jeruk Kasturi Medan memiliki rendemen dan karakteristik organoleptik seperti pada Tabel 1.



(a)



(b)

Gambar 1. Buah (a) Jeruk Lunggo (b) Jeruk Kasturi Medan

Hasil pemeriksaan karakterisasi fisik ditunjukkan pada Tabel 1. Rendemen terbesar yang diperoleh Daun Jeruk Kasturi Medan sebesar 0,51 %

kemudian diikuti Kulit Jeruk Kasturi Medan, Daun Jeruk Lunggo dan kulit buah jeruk lunggo berturut-turut sebesar 0,37%, 0,19%, dan 0,05 %.

Tabel 1. Rendemen dan karakteristik organoleptik Minyak Atsiri Jeruk Lunggo dan Jeruk Kasturi Medan

No.	Sampel	Kode	Rendemen (% b/b)	Organoleptik	
				Warna	Bau
1.	Kulit Buah Jeruk Lunggo	KL	0,05	Tidak berwarna	Aromatik, menyengat
2.	Daun Jeruk Lunggo	DL	0,19	Kuning pucat	Aromatik, menyengat
3.	Kulit Jeruk Kasturi Medan	KKm	0,37	Tidak berwarna	Aromatik, menyengat
4.	Daun Jeruk Kasturi Medan	DKm	0,51	Tidak Berwarna	Aromatik, menyengat

Hasil pengujian aktifitas antibakteri terhadap bakteri *S. aureus* ditunjukkan pada Tabel 2. Data ini menunjukkan minyak atsiri dari Daun Lunggo dan Kulit Lunggo memberikan hasil

antibakteri terbaik dengan nilai KHM pada konsentrasi 25 mg/ml serta nilai KBM pada konsentrasi 25 mg/ml dengan Ratio KBM/KHM adalah 1.

Tabel 2. Nilai KHM, KBM dan Ratio KBM/KHM dari uji aktifitas antibakteri minyak atsiri terhadap bakteri *S. aureus*

No	Sampel	Bakteri <i>S.aureus</i>		
		KHM (mg/ml)	KBM (mg/ml)	Ratio KBM/KHM
1	Daun Lunggo (DL)	25	25	1
2	Kulit Buah Lunggo (KL)	25	25	1
3	Daun Kasturi Medan (DKm)	50	-	-
4	Kulit Buah Kasturi Medan (KKm)	-	-	-
5	Ofloxacin	1.4×10^{-3}	1.4×10^{-3}	1

Aktifitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* berdasarkan nilai KHM dan KBM ditunjukkan pada Tabel 3. Minyak atsiri dari Daun Lunggo memberikan hasil antibakteri

terbaik dengan nilai KHM pada konsentrasi 25 mg/ml dan nilai KBM pada konsentrasi 50 mg/ml dengan ratio KBM/KHM adalah 0.5.

Tabel 3. Nilai KHM, KBM dan Ratio KBM/KHM dari uji aktifitas antibakteri minyak atsiri terhadap *E. coli*

No	Sampel	Bakteri <i>E. coli</i>		
		KHM (mg/ml)	KBM (mg/ml)	Ratio KBM/KHM
1	Daun Lunggo (DL)	25	50	0.5
2	Kulit Buah Lunggo (KL)	50	50	1
3	Daun Kasturi Medan (DKm)	-	-	-
4	Kulit Buah Kasturi Medan (KKm)	-	-	-
5	Ofloxacin	0.7 x 10 ⁻³	0.7 x 10 ⁻³	1

Pada Gambar 2 menunjukkan nilai KHM pada pengujian aktifitas bakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli*. Pengujian KHM terhadap bakteri *S. aureus* menunjukkan konsentrasi terkecil yang tidak ada pertumbuhan bakteri ditandai dengan warna kuning. Minyak Atsiri Daun Lunggo dan Kulit Buah Lunggo

memberikan nilai KHM pada konsentrasi 25 mg/ml dan Daun Kasturi Medan pada konsentrasi 50 mg/ml. Pengujian aktifitas bakteri terhadap *E. coli* menunjukkan minyak Atsiri dari Daun Lunggo dan Kulit Buah Lunggo menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* pada konsentrasi 50 mg/ml.

Gambar 2. Gambar Hasil Pengujian KHM Minyak Atsiri terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli*

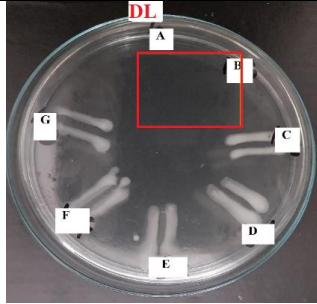
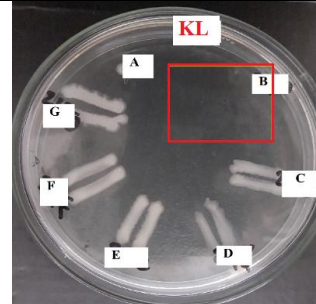
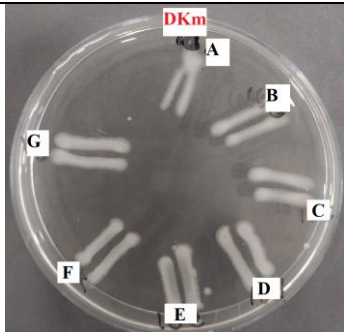
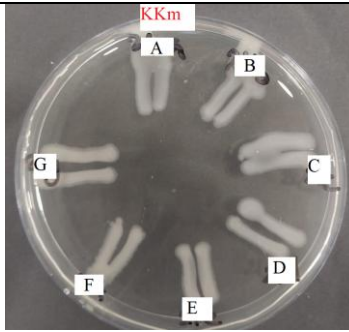
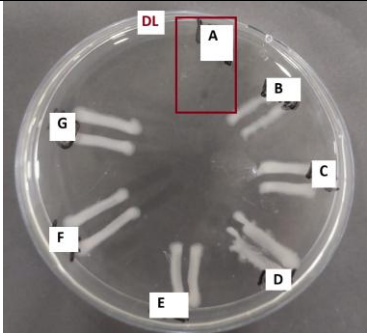
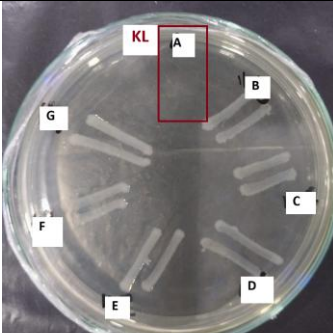
<i>S. aureus</i>		Satuan = mg/ml		Satuan = mg/ml
		50		50
		25		25
		12,5		12,5
		6,25		6,25
		3,125		3,125
		1,5625		1,5625
		0,78125		0,78125

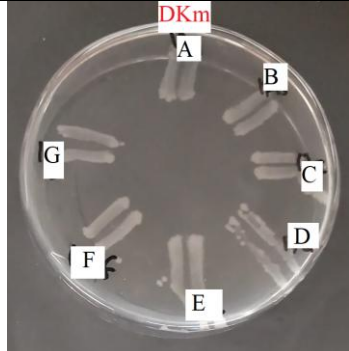
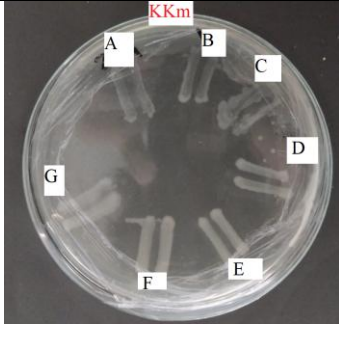
<i>S. aureus</i>		Satuan = mg/ml	<i>S. aureus</i>		Satuan = mg/ml
		50			50
		25			25
		12,5			12,5
		6,25			6,25
		3,125			3,125
		1,5625			1,5625
		0,78125			0,78125
<i>E. coli</i>		Satuan = mg/ml	<i>E. coli</i>		Satuan = mg/ml
		50			50
		25			25
		12,5			12,5
		6,25			6,25
		3,125			3,125
		1,5625			1,5625
		0,78125			0,78125
<i>E. coli</i>		Satuan = mg/ml	<i>E. coli</i>		Satuan = mg/ml
		50			50
		25			25
		12,5			12,5
		6,25			6,25
		3,125			3,125
		1,5625			1,5625
		0,78125			0,78125

Nilai KBM pada pengujian aktifitas bakteri terhadap *S. aureus* dan *E. coli* ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai KBM menunjukkan konsentrasi terkecil yang tidak ada pertumbuhan bakteri ditandai dengan tanda kotak merah pada gambar. Minyak Atsiri Daun Lunggo dan Kulit

Buah Lunggo memberikan nilai KBM terhadap *S. aureus* pada konsentrasi 25 mg/ml. Pada pengujian antibakteri terhadap *E. coli* menunjukkan bahwa minyak atsiri Daun Lunggo dan Kulit Buah Lunggo memberikan nilai KBM pada 50 mg/ml.

Gambar 3. Gambar Hasil Pengujian KBM Minyak Atsiri terhadap bakteri *S. aureus* dan *E. coli*

<i>S. aureus</i>		Satuan = mg/ml A = 50	<i>S. aureus</i>		Satuan = mg/ml A = 50
		B = 25			B = 25
		C = 12,5			C = 12,5
		D = 6,25			D = 6,25
		E = 3,125			E = 3,125
		F = 1,5625			F = 1,5625
		G = 0,78125			G = 0,78125
<i>S. aureus</i>		Satuan = mg/ml A = 50	<i>S. aureus</i>		Satuan = mg/ml A = 50
		B = 25			B = 25
		C = 12,5			C = 12,5
		D = 6,25			D = 6,25
		E = 3,125			E = 3,125
		F = 1,5625			F = 1,5625
		G = 0,78125			G = 0,78125
<i>E. coli</i>		Satuan = mg/ml A = 50	<i>E. coli</i>		Satuan = mg/ml A = 50
		B = 25			B = 25
		C = 12,5			C = 12,5
		D = 6,25			D = 6,25
		E = 3,125			E = 3,125
		F = 1,5625			F = 1,5625
		G = 0,78125			G = 0,78125

<i>E. coli</i>		Satuan = mg/ml	<i>E. coli</i>		Satuan = mg/ml
		A = 50			A = 50
		B = 25			B = 25
		C = 12,5			C = 12,5
		D = 6,25			D = 6,25
		E = 3,125			E = 3,125
		F = 1,5625			F = 1,5625
		G = 0,78125			G = 0,78125

PEMBAHASAN

Pengujian karakteristik pada rendemen minyak atsiri dari daun dan kulit buah Jeruk Lunggo dan Jeruk Kasturi Medan memiliki persentase rendemen yang berbeda pada Tabel 1. Data ini menunjukkan bahwa adanya pengaruh intrinsik dari tanaman terhadap kandungan minyak atsiri dari jeruk (B. Yingngam, 2022).

Uji aktifitas antibakteri dilakukan dengan metode Broth Microdilution menggunakan indikator MTT. Reaksi antara MTT dengan enzim *Succinate Dehydrogenase* dari mitokondria sel bakteri menyebabkan perubahan warna menjadi ungu (Mahshid Ghasemi, Tyron Turnbull, 2021). Perhitungan nilai KHM dan KBM untuk menentukan aktifitas antibakteri dari minyak atsiri jerukundai. Nilai KHM (Konsentrasi Hambat Minimum) adalah konsentrasi terendah dari sampel yang menghambat pertumbuhan bakteri. Nilai KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum) adalah konsentrasi terendah dari sampel yang dapat membunuh bakteri. Pengujian ini menggunakan kontrol negatif, kontrol pelarut DMSO dan kontrol positif yaitu Ofloxacin.

Hasil pengujian antibakteri menunjukkan bahwa minyak atsiri Jeruk Lunggo dan Jeruk Kasturi Medan ini lebih kuat terhadap bakteri gram positif (*S. aureus*) dibandingkan gram negatif (*E.coli*). Ini dapat disebabkan oleh struktur dari dinding sel bakteri itu sendiri. Dimana gram positif dindingnya terdiri dari lapisan peptidoglikan dan teichoic acid serta tanpa membran luar, sehingga menyebabkan

minyak atsiri dapat menembus dengan mudah dalam sel dan melakukan proses lisis bakteri. Hal ini berbeda dengan gram negatif yang struktur dinding selnya lebih kompleks terdiri peptidoglikan, membrane luar, lipopolisakarida dan porins yang menyulitkan senyawa dalam minyak atsiri untuk menembusnya (Benedetto Tiz et al., 2018). Aktivitas antimikroba dari sebagian besar terpenoid yang merupakan komponen utama yang terdapat dalam minyak atsiri dikaitkan dengan gugus fungsinya dan gugus hidroksil dari terpenoid fenolik dan adanya elektron terdelokalisasi dalam merusak permeabilitas dinding sel dan aktifitas bakteri (Nazzaro et al., 2013).

Aktifitas antibakteri terhadap *S. aureus* paling tinggi berdasarkan nilai KBM dan KHM diperoleh dari minyak atsiri dari kulit buah Lunggo (KL) dan Daun Jeruk Lunggo (DL) dengan nilai KHM dan KBM terendah yakni 25 mg/ml. Sedangkan Daun Kasturi Medan (DKm) hanya bersifat menghambat pada konsentrasi 50 mg/ml dan Kulit Kasturi medan tidak aktif menghambat maupun membunuh bakteri *S. aureus*. Ratio KBM/KHM bertujuan untuk menentukan sifat antibakteri dari sampel. Apabila ratio KBM/KHM ≤ 4 maka dapat digolongkan sebagai bakterisida dan apabila ratio KBM/KHM > 4 maka digolongkan bersifat bakteriostatik (Appiah et al., 2017). Hasil ratio KBM/KHM ini menunjukkan bahwa minyak atsiri dari Kulit Buah Jeruk Lunggo dan Daun Jeruk lunggo bersifat bakterisida dengan Nilai Ratio KBM/KHM dibawah 4.

Pada pengujian aktifitas antibakteri *E. coli* menunjukkan minyak asiri daun lunggo dan Kulit buah Lunggo dapat menghambat dan membunuh bakteri *E. coli* sedangkan Daun Kasturi medan dan Kulit Kasturi Medan tidak memberikan aktifitas menghambat maupun membunuh bakteri *E. coli*. Berdasarkan nilai Ratio KBM/KHM, minyak atsiri Daun Lunggo dan Kulit Buah Lunggo menunjukkan aktifitas bakterisid.

Efek antibakteri dari minyak atsiri jeruk diduga disebabkan sifat hidrofobik yang meningkatkan kelarutan lemak di membran sel. Minyak atsiri ini bekerja dengan cara mengganggu struktur dinding sel bakteri dengan mengubah sifat permeabilitas membran sel, potensial membran, ketahanan panas, keluarnya zat intraselular dan berujung pada kematian sel bakteri. (Nikolic et al., 2024).

KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pengujian antibakteri menunjukkan minyak atsiri dari Daun Jeruk Lunggo (DL) memiliki aktifitas antibakteri paling kuat terhadap bakteri *S. aureus* dengan nilai KHM dan KBM sebesar 25 mg/ml, serta aktifitas antibakteri terhadap bakteri *E. coli* dengan Nilai KHM dan KBM berturut-turut 25 mg/ml dan 50 mg/ml. Dapat disimpulkan bahwa minyak atsiri dari Daun Jeruk Lunggo (DL) dapat dikembangkan sebagai obat antibakteri. Penelitian lebih lanjut dibutuhkan untuk menguji formulasi minyak atsiri Daun Jeruk Lunggo sebagai sediaan antibakteri serta uji keamanan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Direktorat Penelitian, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Penelitian, dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Penelitian, dan Teknologi, atas dukungan pendanaan untuk penelitian ini melalui skema penelitian dengan nomor: 041/E5/PG.02.00. PL/2024, dan 71/UN16.19/PT.01.03/PL/2024.

DAFTAR PUSTAKA

- Appiah, T., Boakye, Y. D., & Agyare, C. (2017). Antimicrobial Activities and Time-Kill Kinetics of Extracts of Selected Ghanaian Mushrooms. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/4534350>
- B. Yingngam. (2022). Chemistry of essential oils, flavors and fragrances in food processing: Preparation and Characterization methods. *ACS Symp. Ser*, 3, 189–223. <https://doi.org/10.1021/bk-2022-1433.ch003>.
- Benedetto Tiz, D., Kikelj, D., & Zidar, N. (2018). Overcoming problems of poor drug penetration into bacteria: challenges and strategies for medicinal chemists. *Expert Opinion on Drug Discovery*, 13(6), 497–507. <https://doi.org/10.1080/17460441.2018.1455660>
- Charlotte S.H., Carlos T.H.W., Thet T.A., Rajamani L., Jodhbir S.M. (2025). Antimicrobial resistance: a concise update. *Lancet Microbe*, 6, 100947. <https://doi.org/10.1016/j.lanmic.2024.07.010>
- Devi, N.S., Mythili R., Cherian T., Dineshkumar R., Sivaraman G.K. (2024). Overview of antimicrobial resistance and mechanisms: The relative status of the past and current. *The Microbe*, 3, 100083. <https://doi.org/10.1016/j.microb.2024.100083>
- Genilloud, O. (2019). Natural products discovery and potential for new antibiotics. *Current Opinion in Microbiology*, 51, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.mib.2019.10.012>
- Gupta, Himanshi, P. P. S., & Reddy, S. G. E. (2025). Exploring the chemical profiling and insecticidal properties of essential oils from fresh and discarded lemon peels, Citrus limon against pulse beetle. *Journal International Biodeterioration and Biodegradation*, 196, 105924.
- Husni, E., Putri, U. S., & Dachriyanus. (2022).



- Chemical Content Profile of Essential Oil from Kaffir Lime (*Citrus hystrix* DC.) in Tanah Datar Regency and Antibacterial Activity . *Proceedings of the 2nd International Conference on Contemporary Science and Clinical Pharmacy 2021 (ICCSCP 2021)*, 40(Iccscp), 174–181. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.211105.025>
- Husni, E., Ramadani, S., Suryati, Suryani, M. I., & Dachriyanus. (2022). Chemical Components and Antibacterial Activity of Essential Oil Extracted from Citrus x aurantifolia Peel . *Proceedings of the 2nd International Conference on Contemporary Science and Clinical Pharmacy 2021 (ICCSCP 2021)*, 40(Iccscp), 130–135. <https://doi.org/10.2991/ahsr.k.211105.019>
- Husni, E., & Yeni, F. (2021). *Chemical Contents Profile of Essential Oil from Calamansi (Citrus microcarpa Bunge) Peels and Leaves and Its Antibacterial Activities*. 40(Iccscp), 14–22.
- Leporini, M., Tundis, R., Sicari, V., & Loizzo, M. R. (2021). *Citrus species: Modern functional food and nutraceutical-based product ingredient OPEN ACCESS*. 33(2), 63–107. <https://doi.org/10.15586/ijfs.v33i2.2009>
- Mahshid Ghasemi, Tyron Turnbull, S. S. and I. K. *. (2021). The MTT Assay: Utility, Limitations, Pitfalls, and Interpretation in Bulk and Single-Cell Analysis. *International Journal of Molecular Sciences Article*, 22, 12827.
- Nazzaro, F., Fratianni, F., & Martino, L. De. (2013). *Effect of Essential Oils on Pathogenic Bacteria*. 1451–1474. <https://doi.org/10.3390/ph6121451>
- Nikolic, I., Aleksic Sabo, V., Gavric, D., & Knezevic, P. (2024). Anti-Staphylococcus aureus Activity of Volatile Phytochemicals and Their Combinations with Conventional Antibiotics Against Methicillin-Susceptible S. aureus (MSSA) and Methicillin-Resistant S. aureus (MRSA) Strains. *Antibiotics*, 13(11). <https://doi.org/10.3390/antibiotics13111030>
- Sheelmarevaa, F. A., Vasall, P. R. N., Permadi, N., Harja, A., Nurjanah, S., Al-Anshori, J., & Julaeha, E. (2025). Composition and medicinal applications of Citrus essential oils: Current insights and future perspectives. *Phytomedicine Plus*, 5(3). <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2025.100836>
- Ziaee, M., Khorrami, A., Ebrahimi, M., Nourafcan, H., Amiraslanzadeh, M., Rameshrad, M., Garjani, M., & Garjani, A. (2015). Cardioprotective effects of essential oil of Lavandula angustifolia on isoproterenol-induced acute myocardial infarction in rat. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 14(1), 279–289.