

Perbandingan Kekuatan Antibakteri Minyak Atsiri dari Tiga Varietas Jahe (*Zingiber officinale* Rose) Terhadap *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa*

Comparison of Antibacterial Power of Essential Oils from Three Ginger Varieties (*Zingiber officinale* Rose) Against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa*

Elizabeth Betty Elok Kristiani*, Emma Sharon Admatha Kaya, Sri Kasmiyati

Program Studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana

Jl. Diponegoro 52-60 Salatiga, Indonesia 50711

*Email: betty.elok@uksw.edu

Diterima 16 Juni 2024 / Disetujui 9 Februari 2026

ABSTRAK

Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan tanaman rempah yang banyak tumbuh di Indonesia dan diketahui memiliki potensi sebagai agen antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan aktivitas antibakteri minyak atsiri dari tiga varietas jahe yaitu jahe gajah (*Z. officinale* var. Roscoe), jahe merah (*Z. officinale* var. Rubrum), dan jahe emprit (*Z. officinale* var. Amarum) terhadap bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Ekstraksi minyak atsiri menggunakan teknik sokhletasi dengan pelarut etanol. Uji aktivitas antibakteri menggunakan metode difusi cakram. Rendemen minyak atsiri tertinggi *Z. officinale* var. Rubrum $23,45 \pm 3,32$ %, diikuti *Z. officinale* var. Amarum $19,90 \pm 2,17$ % dan terendah *Z. officinale* var. Roscoe $15,70 \pm 2,42$ %. Pada semua konsentrasi uji, kemampuan minyak atsiri jahe dalam menghambat pertumbuhan *Bacillus subtilis* lebih kecil secara signifikan dibandingkan tetrasiklin dalam tetapi lebih besar pada *P. aeruginosa*. Hasil uji antibakteri minyak atsiri semua tiga varietas jahe pada konsentrasi 62,6 – 1000 µg/mL terbukti menghambat pertumbuhan kedua bakteri uji dalam kategori kuat yaitu diameter daya hambat > 20 mm. Kekuatan aktivitas antibakteri minyak atsiri terhadap *B. Subtilis* lebih rendah dari antibiotika standar tetrasiklin, sedangkan terhadap *P. aeruginosa* lebih kuat. Minyak atsiri ketiga varietas berpotensi untuk dijadikan sebagai agen antibakteri terhadap strain gram negatif dan gram positif.

Kata kunci: minyak atsiri, Zingiber officinale, kekuatan antibakteri, Bacillus subtilis, Pseudomonas aeruginosa.

ABSTRACT

Ginger (*Zingiber officinale*) is a spice plant that grows widely in Indonesia and is known to have potential as an antibacterial agent. This study aims to compare the antibacterial activity of essential oils from three varieties of ginger, namely elephant ginger (*Z. officinale* var. Roscoe), red ginger (*Z. officinale* var. Rubrum), and emprit ginger (*Z. officinale* var. Amarum) against *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* bacteria. Essential oil extraction was performed using the Soxhlet extraction technique with ethanol as the solvent. Antibacterial activity was tested using the disk diffusion method. The highest essential oil yield was obtained from *Z. officinale* var. Rubrum at $23.45 \pm 3.32\%$, followed by *Z. officinale* var. Amarum at $19.90 \pm 2.17\%$ and the lowest from *Z. officinale* var. Roscoe at $15.70 \pm 2.42\%$. At all test concentrations, the ability of ginger essential oil to inhibit the growth of *Bacillus subtilis* was significantly lower than that of tetracycline, but higher than that of *P. aeruginosa*. The antibacterial test results of essential oils from all three ginger varieties at concentrations of 62.6–1000 µg/mL proved to inhibit the growth of both test bacteria in the strong category, namely with an inhibition diameter > 20 mm. The strength of the antibacterial activity of essential oils against *B. subtilis* was lower than the standard antibiotic tetracycline, while against *P. aeruginosa* it was stronger. The essential oils of the three varieties have the potential to be used as antibacterial agents against gram-negative and gram-positive strains.

Keywords : essential oil, Zingiber officinale, antibacterial power, Bacillus subtilis, Pseudomonas aeruginosa.

PENDAHULUAN

Beberapa penyakit pada manusia merupakan penyakit akibat infeksi yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen seperti bakteri, jamur, virus dan parasit. *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* merupakan sebagian dari bakteri penyebab infeksi pada manusia. Kedua bakteri tersebut diketahui mampu menyebabkan infeksi nosokomial (Syawalludin, 2019; Sulistya et al., 2015). Upaya untuk mendapatkan bahan yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri menjadi hal penting yang perlu diupayakan.

Jahe merupakan salah satu bahan alami yang diketahui mampu menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Jahe (*Zingiber officinale*) merupakan salah satu tanaman rempah yang terdapat di Indonesia dan diketahui memiliki banyak manfaat. Masyarakat mengetahui jahe memiliki berbagai manfaat seperti sebagai obat masuk angin, gangguan pencernaan, sakit gigi dan tenggorokan, rematik, analgesik, antipiretik, dan antiinflamasi (Sasmito, 2017). Komponen kimia dari jahe mampu memberikan efek farmakologi dan fisiologi seperti antioksidan, antikarsinogenik, non-toksik, non-mutagenik, dan antibakteri (Paudel et al., 2025).

Rialita et al. (2015) merangkum penelitian terdahulu yang menyebutkan bahwa minyak esensial jahe lebih efektif dalam menghambat mikroba dibandingkan dengan oleoresinnya. Komponen aktif dari minyak esensial jahe umumnya terdiri dari senyawa terpen dan fenolik yang menghasilkan aroma khas. Aktivitas antimikroba dari tiap jenis minyak esensial berbeda tergantung dari varietas, faktor iklim dan tanah, bentuk rimpang segar atau kering, metode ekstraksi dan jenis pelarut yang digunakan (Miri, 2025; Khwaza & Aderibigbe, 2025; Alhantoobi et al., 2025). Supu et al., (2018) menyatakan bahwa terdapat tiga jenis jahe yang dikenal berdasarkan perbedaan bentuk, warna dan ukuran rimpang yaitu jahe putih besar (*Z. officinale* var. Roscoe), jahe putih kecil (*Z. officinale* var. Amarum) dan jahe merah (*Z. officinale* var. Rubrum). Antibakteri yang dihasilkan dari senyawa metabolit sekunder jahe mampu menghambat pertumbuhan patogen seperti *Bacillus subtilis* (Sari et al., 2013) dan

Pseudomonas aeruginosa yang juga diujikan dalam penelitian ini.

Beberapa peneliti melaporkan aktivitas antibakteri dari satu jenis jahe saja, seperti dilaporkan oleh (Lely et al., 2016) dan (Rialita et al., 2015), sedangkan penelitian ini mengangkat kemampuan antibakteri dari tiga varietas jahe tersebut terhadap *B. subtilis*, *P. aeruginosa*. Perbedaan pada metode ekstraksi juga digunakan dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan metode sohkletasi untuk mengekstraksi minyak atsiri, sedangkan penelitian lain menggunakan distilasi uap (Shukla et al., 2019), maserasi (Azkiyah, 2020), sokletasi (Ali et al., 2013) yang dipakai untuk penelitian ini menggunakan pelarut etanol 96%, hingga hidrodestilasi (Bellik, 2014). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kemampuan antibakteri minyak atsiri dari tiga varietas jahe *Z. officinale* var. Roscoe, *Z. officinale* var. Amarum, dan *Z. officinale* var. Rubrum terhadap bakteri *B. subtilis* dan *P. aeruginosa*.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Penelitian merupakan penelitian eksperimental laboratorium, dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Biologi Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga pada bulan Januari – Maret 2024. Sampel rimpang jahe diperoleh dari lima lokasi berbeda di daerah Semarang Jawa Tengah Indonesia. Minyak atsiri jahe diekstrak menggunakan metode sohkletasi dengan pelarut etanol. Uji kemampuan antibakteri menggunakan metode difusi cakram. Penelitian dilakukan dengan lima ulangan.

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah rimpang jahe gajah (*Z. officinale* var. Roscoe), jahe merah (*Z. officinale* var. Rubrum), jahe empit (*Z. officinale* var. Amarum) yang diperoleh dari lima lokasi berbeda di daerah Semarang Jawa Tengah Indonesia, etanol 96%, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, media nutrisi agar (NA), tetrasiklin, dan akuades. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi

timbangan analitik, *food dehydrator* (Maksindo), *herb grinder* (Maksindo), seperangkat alat sokletasi, kertas saring, *rotary evaporator* (Rotavapor R114 Buchi), mikropipet, berbagai alat gelas Pyrex, inkubator.

Ekstraksi Minyak Atsiri

Pada tahap preparasi ekstrak minyak atsiri, masing-masing sampel rimpang jahe sebanyak 500 g dibersihkan kemudian diiris dengan ketebalan 2-3 mm. Irisan jahe dikeringkan menggunakan *food dehydrator* dengan suhu 50°C selama 4-9 jam sampai mencapai berat konstan dengan kandungan air akhir $\pm 20\%$. Jahe kering dihaluskan menggunakan *herb grinder*. Setelah itu, serbuk jahe diekstraksi menggunakan soklet dengan pelarut etanol selama 6 jam dan suhu 85°C dan dilanjutkan dengan pemurnian minyak atsiri menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 45°C. Minyak atsiri murni yang diperoleh ditempatkan dalam wadah kaca tertutup dan disimpan pada suhu ruang.

Pengujian Kemampuan Antibakteri

Pengujian antibakteri ekstrak jahe menggunakan metode difusi cakram (Ali et al., 2013). Uji antibakteri menggunakan metode difusi cakram yaitu suspensi bakteri dimasukkan dalam cawan petri berisi media *nutrient agar* (NA). Bakteri uji yaitu *Bacillus subtilis* mewakili bakteri gram positif dan *Pseudomonas aeruginosa* mewakili bakteri gram negatif. Perlakuan minyak atsiri jahe dibuat konsentrasi 62,5; 125; 250; 500 dan 1000 ppm. Tetrasiklin digunakan sebagai kontrol positif sedangkan kontrol negatif menggunakan akuades. Kertas cakram diletakkan diatas media yang telah disebar dengan bakteri uji. Perlakuan diberikan dengan meneteskan 15 μ l sampel minyak atsiri jahe sesuai konsentrasi uji. Selanjutnya, cawan petri diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Pengamatan penghambatan pertumbuhan bakteri ditentukan dengan mengukur diameter area jernih sekitar kertas cakram. Semakin besar area jernih, semakin besar daya hambat perlakuan terhadap pertumbuhan bakteri uji.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan program SAS versi 9.1. Analisis antibakteri menggunakan anova dengan uji lanjut *Duncan Multirange Test*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, rendemen minyak atsiri dari tiga varietas jahe yaitu *Z. officinale* var. Roscoe, *Z. officinale* var. Rubrum, dan *Z. officinale* var. Amarum (Gambar 1 dan Tabel 1) diekstraksi menggunakan metode sokhletasi dengan pelarut etanol. Hasil penelitian menghasilkan rendemen minyak atsiri tanaman yang sangat berbeda secara signifikan. Rendemen minyak atsiri tertinggi secara statistik pada yaitu *Z. officinale* var. Rubrum $23,45 \pm 3,32 \%$ dan *Z. officinale* var. Amarum $19,90 \pm 2,17 \%$ sedangkan rendemen terendah *Z. officinale* var. Roscoe $15,70 \pm 2,42 \%$. Proses ekstraksi merupakan langkah penting dalam upaya mengambil bahan aktif dalam suatu materi. Perbedaan metode ekstraksi mempengaruhi rendemen dan sifat ekstrak yang dihasilkan. Ekstraksi *Z. officinale* var. Rubrum kering dengan metode destilasi uap dan air memberi rendemen lebih kecil daripada sokhlet (Wiraputra et al., 2024). Ekstraksi minyak atsiri sangat penting, dan teknik-teknik inovatif telah dikembangkan untuk meningkatkan hasil dan kualitas minyak ini sekaligus mengurangi risiko kimiawi dan waktu ekstraksi (Fadhil, 2022).

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa proses ekstraksi sokhlet dapat menghasilkan senyawa bioaktif seperti gingerol dan shogaol dari jahe (González-Guevara et al., 2020; Azian et al., 2014). Penelitian telah menunjukkan bahwa minyak esensial jahe mengandung senyawa seperti *camphene*, *transcaryophyllene*, *geranial*, *α -curcumene*, *zingiberone* dan *α -zingibereneyang* berkontribusi pada sifat antibakteri (Zhang et al., 2023; Gunasena et al., 2022). Penelitian ini menguji kemampuan minyak asiri dari tiga vaiertas (*Z. officinale*) dalam penghambatan pertumbuhan bakteri *B. subtilis* (Tabel 2) dan *P. aeruginosa* (Table 3) pada konesntrasi 62,5; 125; 250; 500; dan 1000 μ g/ml.



Gambar 1. Sampel penelitian tiga varietas rimpang jahe. A. jahe gajah (*Z. officinale* var. Roscoe), B. jahe merah (*Z. officinale* var. Rubrum), C. jahe emprit (*Z. officinale* var. Amarum)

Tabel 1. Perolehan dan rendemen minyak atsiri tiga varietas *Z. officinale* hasil ekstraksi menggunakan sohkletasi dengan pelarut etanol

Varietas <i>Z. officinale</i>	Rendemen ekstrak (%)
<i>Z. officinale</i> var. Roscoe	15,70 ^{bc} ± 2,42
<i>Z. officinale</i> var. Rubrum	23,45 ^a ± 3,32
<i>Z. officinale</i> var. Amarum	19,90 ^{ab} ± 2,17

Tabel 2. Diameter zona penghambatan pertumbuhan bakteri *B. subtilis* oleh minyak atsiri tiga varietas *Z. officinale*

Konsentrasi minyak atsiri (µg/ml)	DDH penghambatan pertumbuhan <i>B. subtilis</i> (rerata ± SD mm)		
	<i>Z. officinale</i> var. Roscoe	<i>Z. officinale</i> var. Rubrum	<i>Z. officinale</i> var. Amarum
62,5	23,0 ^{hi} ± 1,2	23,1 ^{hi} ± 2,1	22,7 ^{ij} ± 0,5
125,0	26,5 ^c ± 2,2	24,8 ^{def} ± 3,5	24,3 ^{efg} ± 2,1
250,0	23,3 ^{ghi} ± 3,3	21,8 ^j ± 4,3	22,4 ^{ij} ± 3,7
500,0	24,6 ^{ef} ± 0,7	25,9 ^{cd} ± 3,6	24,7 ^{ef} ± 1,4
1000,0	25,3 ^{de} ± 3,3	24,7 ^{ef} ± 1,8	23,9 ^{fgh} ± 1,5
Tetrasiklin*	34,4 ^b ± 2,5	33,6 ^b ± 0,4	35,8 ^a ± 0,5

Keterangan: Angka dengan superskrip berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata antar minyak atsiri pada taraf 95%. *Tetrasiklin merupakan kontrol positif antimikroba standar.

Berdasarkan analisis statistik, minyak atsiri ketiga varietas pada konsentrasi 125,0 µg/ml menunjukkan kemampuan dekat dengan kemampuan standar tetrasiklin yaitu *Z. officinale* var. Roscoe pada (DDH 26,5 ± 2,2 mm), *Z. officinale* var. Rubrum (DDH 24,8 ± 3,5 mm) dan *Z. officinale* var. Amarum (DDH 24,3 ± 2,1 mm) dalam menghambat pertumbuhan *B. subtilis* (Tabel 2). Pada penghambatan terhadap *P. aeruginosa*, kemampuan antibakteri minyak atsiri semua varietas jahe lebih kuat secara signifikan dibandingkan senyawa antibiotik standar tetrasiklin. Minyak atsiri varietas *Z. officinale* var.

Roscoe dan *Z. officinale* var. Rubrum pada konsentrasi 125,0 dan 250,0 µg/ml menunjukkan penghambatan paling kuat (Tabel 3).

Aktivitas antibakteri minyak esensial jahe dipengaruhi oleh jenis dan jumlah komponen aktif yang umumnya terkandung dari varietas, iklim dan tanah tumbuh, bentuk rimpang segar atau kering, metode ekstraksi dan jenis pelarut yang digunakan (Miri, 2025; Khwaza & Aderibigbe, 2025; Alhantoobi et al., 2025). Sejumlah penelitian menempatkan jahe merah *Z. officinale* var. Rubrum memiliki aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan varietas jahe lainnya. Hal ini

dikarenakan kandungan minyak atsiri dan komposisi senyawa volatilnya (Rialita et al., 2015; Supu et al., 2018). Dua studi yang ditampilkan dalam penelitian ini menggambarkan bahwa minyak atsiri jahe merah sangat didominasi oleh senyawa golongan monoterpena dan turunannya. Senyawa tersebut memiliki aktivitas antibakteri yang jauh lebih kuat dibandingkan hidrokarbon seskuiterpena karena mampu mengganggu integritas membran sel bakteri, baik gram positif maupun gram negative (Miri, 2025; Khwaza & Aderibigbe, 2025; Alhantoobi et al., 2025; Wang et al., 2020). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kemampuan antibakteri ketiga varietas terhadap *B. subtilis* cenderung sama sedangkan terhadap *P. aeruginosa*, dua varietas saja yang menunjukkan kemampuan antibakteri lebih kuat yaitu varietas *Z. officinale* var. Rubrum dan *Z. officinale* var. Roscoe. Selain itu, diketahui bahwa varietas *Z. officinale*

memiliki aktivitas antibakteri secara signifikan lebih rendah dibanding dua varietas lain. Perbedaan aktivitas antibakteri ini diduga terkait dengan variasi komposisi senyawa bioaktif dalam minyak atsiri yang dihasilkannya. Minyak atsiri *Z. officinale* var. Rubrum dan var. Roscoe dilaporkan mengandung senyawa monoterpena dan seskuiterpena aktif yang meningkatkan aktivitas antibakteri pada jumlah yang lebih banyak, seperti zingiberen, β -bisabolene, geranial, dan zingerone. Senyawa-senyawa ini diketahui membunuh bakteri dengan mengganggu integritas membran sel bakteri dan meningkatkan permeabilitas sel. Sebaliknya, proporsi senyawa aktif tersebut dalam *Z. officinale* var. Amarum dilaporkan rendah, dan oleh karena itu, kemampuan antibakterinya relatif lebih kecil (Miri, 2025; Khwaza & Aderibigbe, 2025; Alhantoobi et al., 2025; Rialita et al., 2015; Wang et al., 2020; Zhang et al., 2023).

Tabel 3. Diameter daya hambat (DDH) pertumbuhan bakteri *P. aeruginosa* oleh minyak atsiri tiga varietas *Z. officinale*

Konsentrasi minyak atsiri ($\mu\text{g/ml}$)	DDH penghambatan pertumbuhan <i>P. aeruginosa</i>		
	<i>Z. officinale</i> var. Roscoe	<i>Z. officinale</i> var. Rubrum	<i>Z. officinale</i> var. Amarum
62,5	21,6 ^{fg} $\pm$ 1,6	21,1 ^{ef} $\pm$ 2,9	21,2 ^{fg} $\pm$ 1,0
125,0	26,1 ^a $\pm$ 2,1	25,7 ^{ab} $\pm$ 4,0	22,8 ^e $\pm$ 2,4
250,0	26,2 ^a $\pm$ 3,6	24,7 ^{bc} $\pm$ 1,8	24,0 ^{cd} $\pm$ 1,3
500,0	24,1 ^{cd} $\pm$ 1,5	21,0 ^g $\pm$ 4,8	23,1 ^{de} $\pm$ 1,0
1000,0	25,3 ^{ab} $\pm$ 3,2	24,2 ^c $\pm$ 1,6	24,7 ^{bc} $\pm$ 1,1
Tetrasiklin*	11,0 ^h $\pm$ 1,9	10,6 ^h $\pm$ 1,1	10,2 ^h $\pm$ 2,9

Keterangan: Angka dengan superskrip berbeda menunjukkan perbedaan yang nyata antar minyak atsiri pada taraf 95%. *Tetrasiklin merupakan kontrol positif antimikroba standar.

Efek antibakteri dari minyak atsiri jahe telah dibuktikan terhadap bakteri seperti *Shewanella putrefaciens*, *Burkholderia glumae*, *Staphylococcus aureus*, dan *Escherichia coli*, dengan zona hambat yang signifikan dan konsentrasi hambat minimum berkisar antara 1,0-112,5 $\mu\text{l/ml}$. Mekanisme kerjanya melibatkan gangguan pada membran sel bakteri, meningkatkan permeabilitas membran, dan menghambat berbagai faktor virulensi, yang pada akhirnya mengarah pada penghancuran struktur dan biofilm bakteri (Wang et al., 2020; González-Guevara et al., 2020). Mekanisme aksi antibakteri suatu bahan terhadap bakteri gram-negatif dapat berbeda terhadap gram-positif. Studi terhadap

Escherichia coli dan *Staphylococcus aureus* menunjukkan bahwa minyak atsiri bisa dengan demikian dapat menghambat ekspresi beberapa gen yang terkait dengan metabolisme energi bakteri, asam trikarboksilat siklus asam trifosfat, protein yang berhubungan dengan membran sel, dan metabolisme DNA (Wang et al., 2020). Secara khusus terhadap bakteri gram-negatif, aktivitas antibakteri minyak atsiri dan komponennya dapat terjadi melalui beberapa mekanisme seperti mengganggu membran bakteri sehingga memfasilitasi penetrasi antibiotik, penghambatan terhadap enzim, pengurangan ATP dan sintesis DNA, dan perubahan jalur metabolisme (Aelenei et

al., 2016). Adapun terhadap bakteri gram-positif, minyak atsiri terutama yang kaya akan fenolat memiliki kemampuan untuk menembus lapisan fosfolipid dinding sel bakteri, mengikat protein dan memblokir fungsinya (Sakkas et al., 2018).

Pada semua konsentrasi uji, kemampuan minyak atsiri jahe dalam menghambat pertumbuhan *B. subtilis* lebih kecil secara signifikan dibandingkan tetrasiklin dalam tetapi lebih besar pada *P. aeruginosa*. Berdasarkan penggolongan Greenwood, kemampuan daya hambat terhadap pertumbuhan bakteri digolongkan dalam beberapa kategori. Nilai DDH <10 mm berarti tidak terjadi menghambat pertumbuhan bakteri, DDH 11-15 mm kategori lemah, DDH 6-20 mm tergolong sedang, dan DDH >20 mm tergolong kuat (Milah et al., 2016). Berdasarkan kriteria tersebut, ketiga jenis minyak atsiri pada semua konsentrasi uji memiliki kemampuan kuat dalam menghambat pertumbuhan kedua bakteri uji *B. Subtilis* dan *P. aeruginosa* dengan kategori kuat sejak konsentrasi 125 µg/ml.

KESIMPULAN

Minyak atsiri dari jahe gajah (*Z. officinale* var. *Roscoe*), jahe merah (*Z. officinale* var. *Rubrum*), dan jahe emprit (*Z. officinale* var. *Amarum*) pada konsentrasi 62,5 - 1000 µg/ml memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas aeruginosa* dengan kategori sama yaitu kategori kuat. Kekuatan antibakteri ketiga jenis minyak atsiri *Z. officinale* terhadap *B. subtilis* setara dengan kekuatan tetrasiklin yaitu tergolong kuat sedangkan terhadap *P. aeruginosa* lebih kuat dibandingkan tetrasiklin yang tergolong lemah.

DAFTAR PUSTAKA

- Aelenei, P., Miron, A., Trifan, A., Bujor, A., Gille, E., & Aprotosoiaie, A. (2016). Essential oils and their components as modulators of antibiotic activity against gram-negative bacteria. *Medicines*, 3(19), 1–34. <https://doi.org/10.3390/medicines3030019>
- Alhantoobi, W. A., Alkatheri, A. H., Parusheva, T., Lai, K. S., Thomas, W., & Erin, S. (2025). Antimicrobial Activity of Essential Oils and Their Mechanism of Action Against Bacterial and Fungal Infections. *Saudi Journal of Biomedical Research*, 10(6), 168–186.
- Ali, S., Baharuddin, M., & Sappweli. (2013). Pengujian aktivitas antibakteri minyak atsiri jahe (*Zingiber officinale* Roscoe) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *AL-KIMIA*, 112, 18–31.
- Azian, M. N., Anisa, A. N. I., & Iwai, Y. (2014). Mechanisms of ginger bioactive compounds extract using soxhlet and accelerated water extraction. *International Journal of Chemical, Molecular, Nuclear, Materials and Metallurgical Engineering*, 8(5), 444–448.
- Azkiyah, S. J. (2020). Pengaruh uji antibakteri ekstrak rimpang jahe terhadap pertumbuhan *Staphylococcus Aureus* dan *Escherichia Coli* secara in vitro. *Jurnal Farmasi Tinctura*, 1(2), 71–80. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.35316/tinctura.v1i2.1003>
- Bellik, Y. (2014). Total antioxidant activity and antimicrobial potency of the essential oil and oleoresin of *Zingiber officinale* Roscoe. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 4(1), 40–44. [https://doi.org/10.1016/S2222-1808\(14\)60311-X](https://doi.org/10.1016/S2222-1808(14)60311-X)
- Fadhil, Y. S. (2022). Usage of essential oils of natural herb as food preservatives Yaman. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, 23(2), 98–105.
- González-Guevara, J. C., Redondo, G. L. M., Zuñiga, R. V., & Sibaja, S. R. (2020). Comparison of the antifungal and antibacterial effect of the essential oil and ethanolic extract of the *Zingiber Officinale* Rhizome (Ginger) cultivated in the San Carlos zone, Costa Rica in order to standardize a hydroponic medicinal cultivation of the sa. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(2), 43–50. www.phytojournal.com
- Gunasena, M. T., Rafi, A., Zobir, S. A. M., Hussein, M. Z., Ali, A., Kutawa, A. B., Wahab, M. A. A., Sulaiman, M. R., Adzmi, F., & Ahmad, K. (2022). Phytochemicals profiling, antimicrobial activity and mechanism of action of essential oil extracted from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe cv. Bentong) against *Burkholderia glumae* causative agent of bacterial panicle blight disease of rice. *Plants*, 11(11). <https://doi.org/10.3390/plants11111466>

- Khwaza, V., & Aderibigbe, B. A. (2025). Antibacterial Activity of Selected Essential Oil Components and Their Derivatives : A Review. *Antibiotics*, 14(68), 1–42.
- Lely, N., Firdiawan, A., & Martha, S. (2016). Efektivitas antibakteri minyak atsiri rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) terhadap bakteri jerawat. *Scientia : Jurnal Farmasi Dan Kesehatan*, 6(1), 44. <https://doi.org/10.36434/scientia.v6i1.41>
- Milah, N., Harnina Bintari, S., & Mustikaningtyas, D. (2016). Pengaruh konsentrasi antibakteri propolis terhadap pertumbuhan bakteri *Streptococcus pyogenes* secara in vitro. *Life Science*, 5(2), 95–99. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/UnnesJLifeSci>
- Miri, Y. Ben. (2025). Essential Oils : Chemical Composition and Diverse Biological Activities : A Comprehensive Review. *Natural Product Communications*, 20(1), 1–29. <https://doi.org/10.1177/1934578X241311790>
- Paudel, K. R., Orent, J., & Penela, O. G. (2025). *Pharmacological properties of ginger (Zingiber of fi cinale) : what do meta-analyses say ? a systematic review*. July, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1619655>
- Rialita, T., Rahayu, W. P., Nuraida, L., & Nurtama, B. (2015). Aktivitas antimikroba minyak esensial jahe (*Zingiber officinale* var. *Rubrum*) dan lengkuas merah (*Alpinia purpurata* K. Schum) terhadap bakteri patogen dan perusak pangan. *Jurnal Agritech*, 35(01), 43. <https://doi.org/10.22146/agritech.9418>
- Sakkas, H., Economou, V., Gousia, P., Bozidis, P., Sakkas, V. A., Petsios, S., Mpekoulis, G., Ilia, A., & Papadopoulou, C. (2018). Antibacterial efficacy of commercially available essential oils tested against drug-resistant Gram-positive pathogens. *Applied Sciences*, 8(2201), 1–11. <https://doi.org/10.3390/app8112201>
- Sari K, Periadnadi, & Nasir N. (2013). Uji antimikroba ekstrak segar jahe-jahean (*Zingiberaceae*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* dan *Candida albicans*. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 2(1), 20–24.
- Sasmito, E. (2017). *Imunomodulator Bahan Alami* (T. A. Prabawati (ed.); 1st ed.). Rapha Publishing.
- Shukla, A., Naik, S. N., Goud, V. V., & Das, C. (2019). Supercritical CO 2 extraction and online fractionation of dry ginger for production of high-quality volatile oil and gingerols enriched oleoresin. *Industrial Crops and Products*, 130(September 2018), 352–362. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.005>
- Sulistya, C. E., Waworuntu, O., & Porotu'o, J. (2015). Pola bakteri yang berpotensi menjadi sumber penularan infeksi nosokomial di Irina C Ruangan Intermediate Care (Imc) Blu Rsup Prof. Dr. R. D. Kandou Manado. *Jurnal E-Biomedik*, 3(1), 130–137. <https://doi.org/10.35790/ebm.3.1.2015.6636>
- Supu, R. D., Diantini, A., & Levita, J. (2018). Red ginger (*Zingiber officinale* var. *rubrum*): its chemical constituents, pharmacological activities and safety. *Fitofarmaka*, 8(1), 1–8.
- Syawalludin, R. (2019). Kemampuan madu hitam dalam menghambat *Pseudomonas aeruginosa*. *Jurnal Ilmu Kedokteran Dan Kesehatan*, 6(4), 309–317.
- Wang, X., Shen, Y., Thakur, K., Han, J., Zhang, J. G., Hu, F., & Wei, Z. J. (2020). Antibacterial activity and mechanism of ginger essential oil against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. *Molecules*, 25(17). <https://doi.org/10.3390/molecules25173955>
- Wiraputra, M. D., Nurchayati, Y., Hastuti, E. D., & Setiari, N. (2024). Rendemen minyak atsiri rimpang jahe merah (*Zingiber officinale* var. *rubrum*) dengan metode pengeringan yang dikombinasi dengan kain penutup. *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*, 9(1), 66–74.
- Zhang, C., Xie, Y., Qiu, W., Mei, J., & Xie, J. (2023). Antibacterial and Antibiofilm Efficacy and Mechanism of Ginger (*Zingiber officinale*) Essential Oil Against *Shewanella putrefaciens*. *Plants*, 12(1720), 1–17. <https://doi.org/10.3390/plants12081720>