

Tinjauan Pustaka

Potensi Senyawa Kimia Minyak Atsiri Lavender sebagai Antibakteri terhadap *Staphylococcus aureus*

Talitha Amanda Hartono^{1*}, Ni Kadek Warditiani²

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana,
talithaamandaa03@gmail.com

²Program Studi Farmasi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana,
kadektia@unud.ac.id

* Penulis Korespondensi

Abstrak– Artikel ini dibuat secara sistematis berdasarkan perbandingan beberapa literatur yang bertujuan untuk menganalisis, memastikan, dan meninjau efektivitas minyak atsiri lavender sebagai antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus*. Berbagai penelitian dikumpulkan dengan teknik analisis data melalui studi literatur sebagai jurnal utama yang diakses secara *online* pada *website* jurnal internasional dalam rentang 5 tahun terakhir, serta jurnal-jurnal pendukung lainnya, baik jurnal internasional dan nasional dengan indeks Scopus dan SINTA pada rentang 10 tahun terakhir. Pencarian pada situs-situs jurnal sebagai bahan utama *review* menggunakan kata *boolean* “*antibacterial AND essential oil lavender AND Staphylococcus aureus OR MRSA*” diperoleh hasil sebanyak 6.630-7.953 jurnal dalam rentang tahun 5 tahun terakhir dan spesifikasi *text* berbasis *free*. Hasil menunjukkan bahwa komposisi kimia terbanyak lavender dari berbagai penelitian terdapat pada senyawa *linalool* dan *linalyl asetat*. Senyawa minyak atsiri lavender tersebut mampu memberikan efek signifikan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* ataupun bakteri resistensinya dengan efektivitas kemampuan hambat tergantung konsentrasi minyak, pencampuran dengan bahan tambahan lainnya, lingkungan uji, dan tujuan implikasinya di bidang kesehatan ataupun pangan. Pengkajian penelitian melalui studi literatur ini diharapkan dapat membuka peluang untuk memanfaatkan potensi bahan alam sebagai alternatif atau pelengkap dalam pengobatan antibakteri di masa mendatang.

Kata Kunci– Antibakteri, lavender, minyak atsiri, minyak lavender, resistensi bakteri, dan *Staphylococcus aureus*.

1. PENDAHULUAN

Minyak atsiri adalah metabolit sekunder tanaman dan terdiri dari campuran kompleks yang umumnya mengandung antara 20 hingga 60 senyawa (Bakkali *et al.*, 2008). Komposisi serta proporsi relatif dari senyawa-senyawa dalam minyak atsiri dipengaruhi oleh genotipe, perkembangan ontogeni, dan faktor-faktor lingkungan tempat tanaman tumbuh (Elghwaji *et al.*, 2017). Minyak atsiri diekstraksi dari berbagai bagian tanaman, seperti akar, bunga, biji, daun, kulit kayu, kulit buah dan keseluruhan tanaman serta memiliki kandungan kimia kompleks serta gugus fungsi spesifik sehingga dikenal memiliki aktivitas antimikroba yang kuat (Yunilawati dkk., 2021). Salah satu tanaman yang berpotensi memiliki sifat antimikroba adalah lavender. *Lavandula* umumnya dikenal sebagai lavender, yaitu tumbuhan berbunga dari keluarga *mint*, *Lamiaceae*. Banyak varietas lavender dibudidayakan secara luas di daerah beriklim sedang sebagai tanaman hias, tanaman herbal kuliner, dan untuk keperluan komersial dalam ekstraksi minyak atsiri. Spesies yang paling sering dibudidayakan adalah *Lavandula angustifolia*, yang juga dikenal sebagai lavender (Sasaki *et al.*, 2015). Kandungan utama lavender adalah *linalool*, *linalyl asetat*, *terpinen-4-ol*, *1,8-cineole B-ocimene* dengan tingkat relatif berdasarkan variasi pada spesies yang berbeda. Minyak lavender utuh dan komponen

utamanya *linalool* dan *linalyl asetat* sering dimanfaatkan sebagai aromaterapi ataupun pemberian secara oral (Koulivand *et al.*, 2013).

Minyak lavender terbukti aktif melawan banyak spesies bakteri karena memiliki spektrum aktivitas antibakteri yang luas, termasuk bakteri yang kebal terhadap antibiotik seperti *Staphylococcus aureus* (MRSA) dengan resistensi terhadap *methicillin* (Cavanagh & Wilkinson, 2005). *Staphylococcus aureus* adalah bakteri komensal dengan kemampuan berkoloni pada kulit dan mukosa manusia, namun juga dapat menjadi mikroorganisme patogen yang menyebabkan berbagai jenis infeksi. Patogenisitas bakteri ini terutama berhubungan dengan berbagai faktor virulensi seperti enzim dan toksin (Jenul & Horswill, 2019). MRSA (*Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus*) merupakan jenis bakteri *Staph* yang tahan terhadap antibiotik beta-laktam, seperti *methicillin* dan antibiotik umum lainnya seperti *oxacillin*, *penicillin*, dan *amoxicillin*. Meskipun sekitar 25% hingga 30% populasi mengandung bakteri *Staph*, kurang dari 2% mengandung MRSA. Bakteri *Staph* menyebabkan infeksi kulit dan sering menyebabkan pneumonia, infeksi pada luka operasi, serta infeksi aliran darah. Infeksi resistensi bakteri *Staphylococcus aureus* meningkatkan angka rawat inap dan menghambat terapi pengobatan antibakteri sehingga waktu pengobatan pasien menjadi lebih lama, serta memungkinkan terjadinya infeksi berbagai penyakit lain dalam tubuh (Andreassen *et al.*, 2017).

Bahan alami mengandung banyak senyawa fitokimia yang dapat dimanfaatkan khasiatnya sebagai alternatif pengobatan. Bahan alami seringkali tidak hanya membunuh patogen, tetapi juga dapat mendukung sistem kekebalan tubuh secara keseluruhan, memberikan pendekatan yang lebih holistik dalam pengobatan infeksi. Antibakteri alami dapat digunakan bersama dengan antibakteri sintesis untuk meningkatkan efektivitas pengobatan dan mengurangi dosis yang diperlukan dari antibakteri sintesis, yang dapat membantu mengurangi resistensi. Penggunaan antibiotik yang sering gagal telah mendorong sebagian masyarakat untuk mengubah pola pikir dan gaya hidup mereka dengan beralih ke obat-obatan berbahan alami. Bahan alami dianggap lebih aman dan efektif dibandingkan obat-obatan kimia (Siregar, 2020). Penelitian pesat terhadap obat baru dari bahan alami (tanaman) telah mengungkap banyak tanaman tradisional di Indonesia yang memiliki potensi sebagai antibakteri, seperti minyak atsiri yang terdapat pada tanaman lavender. Oleh karena itu, *review* artikel ini bertujuan untuk mengumpulkan informasi mengenai sifat antibiotik dari minyak atsiri lavender dalam melawan resistensi bakteri *Staphylococcus aureus* sebagai alternatif antibiotik melalui studi literatur untuk dibandingkan dan dipelajari lebih lanjut efektivitasnya.

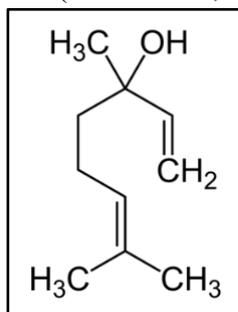
2. METODE

Metode yang diterapkan dalam pembuatan artikel *review* ini adalah studi pustaka dengan pendekatan sistematis untuk menganalisis data secara sederhana yang bertujuan untuk mengumpulkan dan merangkum hasil penelitian mengenai efektivitas minyak atsiri lavender sebagai alternatif antibiotik terhadap resistensi bakteri *Staphylococcus aureus* yang telah dilakukan sebelumnya. Sumber pustaka berasal dari jurnal nasional dan internasional yang diakses secara online melalui berbagai situs seperti Google Scholar, ScienceDirect, ResearchGate, dan PubMed. Kata kunci yang digunakan dalam pencarian literatur yaitu antibakteri, lavender, minyak atsiri, minyak lavender, resistensi bakteri, dan *Staphylococcus aureus*. Pencarian pada situs-situs jurnal menggunakan kata boolean "*antibacterial AND*

essential oil lavender AND Staphylococcus aureus OR MRSA” diperoleh hasil sebanyak 6.630-7.953 jurnal dalam rentang tahun 5 tahun terakhir dan spesifikasi *text* berbasis *free*. Jurnal-jurnal yang dipilih sebagai jurnal utama ataupun pendukung berskala nasional dan internasional dengan indeks Scopus dan SINTA. Jurnal-jurnal utama menjadi referensi perbandingan hasil penelitian efektivitas minyak atsiri lavender sebagai antibakteri, adapun jurnal pendukung yang dipilih menjadi sumber informasi untuk memperkuat materi penelitian ataupun pernyataan-pernyataan ilmiah.

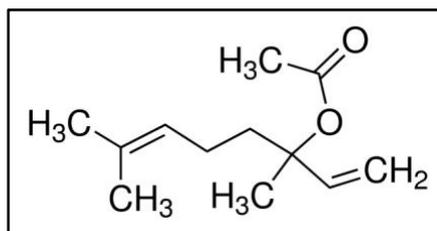
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Lavender dikenal luas karena aroma dan kegunaannya dalam produk aromaterapi dan kosmetik, juga memiliki potensi besar sebagai agen antibakteri. Minyak atsiri lavender telah menunjukkan aktivitas antimikroba yang kuat terhadap berbagai bakteri, termasuk *Staphylococcus aureus* yang dikenal resisten terhadap banyak antibiotik konvensional. Banyak penelitian menunjukkan bahwa senyawa utama dalam minyak lavender, seperti *linalool* dan *linalyl acetate*, berperan penting dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan merusak struktur sel mikroba. Dalam era di mana resistensi antibiotik menjadi tantangan global, penggunaan minyak atsiri lavender sebagai agen antibakteri menawarkan pendekatan alami dan efektif untuk mengatasi infeksi bakteri, terutama infeksi yang disebabkan oleh patogen resisten. Selain itu, minyak atsiri lavender memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan minyak atsiri lainnya meliputi jarang menimbulkan alergi, dapat diaplikasikan langsung ke kulit, dan toksisitasnya relatif sangat rendah (Dasna dkk., 2009).



Gambar 1. Struktur Kimia Senyawa *Linalool*

Struktur senyawa kimia *linalool* ($C_{10}H_{18}O$) ditunjukkan pada gambar 1, dikenal juga *3,7-dimethyl-1,6-octadien-3-ol*. *Linalool* adalah alkohol monoterpen yang umumnya terdapat pada tanaman berbiji satu dan dua. Senyawa ini memiliki berbagai aktivitas biologis seperti *anti-anxiety*, antikanker, analgesik, antikonvulsan, hipolipidemia, dan antioksidan (Su *et al.*, 2022). Sebagai antibakteri, *linalool* bekerja dengan merusak membran sel bakteri, meningkatkan permeabilitas yang menyebabkan kebocoran komponen intraseluler penting seperti protein dan ion, serta mengganggu potensi membran patogen. Selain itu, *linalool* menyebabkan kebocoran enzim *alkaline fosfatase* (AKP) dan mengganggu integritas serta fungsi enzimatik sel bakteri. Semua mekanisme ini mengarah pada kerusakan dan kematian sel bakteri, menjadikan *linalool* sebagai agen antibakteri yang efektif (Bassole & Juliana, 2012).



Gambar 2. Struktur Kimia Senyawa *Linalyl Acetate*

Senyawa *linalyl acetate* pada gambar 2 merupakan monoterpene dengan rumus kimia $C_{12}H_{20}O_2$, sangat dikenal untuk pengobatan berbagai gejala akut sampai kronis dalam pengobatan tradisional (Peano *et al.*, 2002). Mekanisme kerja *linalyl acetate* dalam menghambat bakteri Gram-positif seperti *Staphylococcus aureus* melibatkan proses biokimiawi dengan mempengaruhi potensi membran sel bakteri, yang merupakan gradien elektrokimia penting untuk produksi energi dan transportasi molekul melintasi membran. Adapun gangguan pada potensi membran ini dapat menyebabkan kematian sel bakteri. Selain itu, *linalyl acetate* mampu merusak membran sehingga komponen intraseluler seperti protein, DNA, dan ion-ion untuk kelangsungan hidup bakteri. Apabila komponen ini terganggu, maka metabolisme bakteri kacau dan akhirnya menyebabkan kematian sel (Cox *et al.*, 2000).

Berbagai penelitian dilakukan terhadap potensi minyak lavender untuk melihat kemampuan sifat daya hambat bakterinya sebagai alternatif dan pengembangan studi lebih lanjut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Di Vito *et al.* (2021) memfokuskan perbandingan antara sifat antibakteri minyak atsiri dan hidrolase yang diekstraksi dari enam tanaman aromatis yang tumbuh di Italia (*Lavandula angustifolia*, *Lavandula intermedia*, *Origanum hirtum*, *Satureja montana*, *Monarda didyma*, and *Monarda fistulosa*) terhadap resistensi bakteri dalam pengobatan infeksi kulit. Penelitian didasari resistensi *strain* mikroba terhadap antibiotik seperti *Staphylococcus aureus* (MRSA) yang resisten terhadap *methicillin*. Selain itu, penurunan inovasi dalam beberapa dekade terakhir dalam penemuan antimikroba baru yang mendorong fokus penemuan pada potensi produk alami (Halcon & Milkus, 2004). Menurut Farmakope Eropa, minyak atsiri digambarkan sebagai produk kompleks dengan aroma khas yang dihasilkan melalui metode penyulingan uap, penyulingan hidro, atau penyulingan kering dari tanaman atau bagian-bagian tanaman tertentu, sedangkan Farmakope Perancis mendefinisikan *hydrolates* sebagai produk yang diperoleh melalui penyulingan bagian-bagian tanaman aromatik, yang dipisahkan dari minyak atsiri pada akhir proses penyulingan.

Berdasarkan uji GC-MS, fitokompleks senyawa kimia dan *hydrolate* minyak atsiri masing-masing menunjukkan perbedaan signifikan seperti pada tabel 1 dan tabel 2 di bawah ini.

Tabel 1. Kandungan senyawa kimia minyak atsiri pada enam tanaman aromatis

Jenis	Kandungan	Jumlah
<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>linalyl acetate</i>	33,35%
	β - <i>linalool</i> ,	28,36%
<i>Lavandula intermedia</i>	<i>linalyl acetate</i>	36,47%
	β - <i>linalool</i> ,	27,99%
<i>Origanum hirtum</i>	<i>thymol</i>	36,3%,
	γ - <i>terpinene</i>	23,81%
	<i>p-cymene</i>	8,83%

<i>Satureja montana</i>	<i>carvacrol</i>	63,1%
	<i>γ-terpinene</i>	13,44%
<i>Monarda didyma</i>	<i>carvacrol</i>	20,59%
	<i>γ-terpinene</i>	13,07%
<i>Monarda fistulosa</i>	<i>carvacrol</i>	35,18%
	<i>γ-terpinene</i>	16,85%

Sumber: Di Vito *et al.*, 2021

Tabel 2. Kandungan *hydrolate* minyak atsiri pada enam tanaman aromatis

Jenis	Kandungan	Jumlah
<i>Lavandula angustifolia</i>	<i>terpinen-4-ol</i>	20,33%
	<i>β-linalool</i> ,	28,36%
	<i>α-terpineol</i>	19,08%
<i>Lavandula intermedia</i>	<i>β-linalool</i> ,	34,17%
	<i>camphor</i>	22,12%
	<i>1,8-cineol</i>	19,08%
<i>Origanum hirtum</i>	<i>thymol</i>	100%
<i>Satureja montana</i>	<i>carvacrol</i>	85,79%
	<i>thymol</i>	13,88%
<i>Monarda didyma</i>	<i>carvacrol</i>	48,44%
	<i>thymol</i>	34,03%
<i>Monarda fistulosa</i>	<i>carvacrol</i>	84,68%

Sumber: Di Vito *et al.*, 2021

Minimum Inhibitory Concentration (MIC) adalah konsentrasi terkecil dari suatu antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme setelah 18 hingga 24 jam masa inkubasi (Soelama dkk., 2015). Adapun *Minimal Lethal Concentration* (MLC) adalah konsentrasi terendah antibiotik untuk membunuh 0,999 atau lebih inokulum awal. Untuk menentukan angka bertahannya organisme dapat dilihat dari variasi yang luas, konsentrasi inokulum awal, waktu, angka, dan volume subkultur sampel (Pearson *et al.*, 1980). *Lavandula angustifolia* minyak atsirinya memiliki nilai MIC sebesar >2% v/v dan MLC sebesar >2% v/v terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* MRSA, sedangkan untuk kandungan *hydrolates* MIC sebesar >50% v/v dan MLC sebesar >50% v/v terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* MRSA. Hal ini menunjukkan bahwa minyak atisiri pada *Lavandula angustifolia* lebih efektif memberikan daya hambat dan membunuh bakteri *Staphylococcus aureus* MRSA.

Sifat antibakteri minyak esensial lavender juga dilakukan dalam bentuk uap yang disemprotkan ke ruang-ruang tertentu di rumah sakit sebagai desinfektan. Penelitian ini dilakukan oleh Gismondi *et al.* (2021) terhadap *S. hominis*, *S. haemolyticus*, *S. epidermis*, *S. aureus*, dan MRSA. Uji dilakukan dengan menyemprotkan minyak atsiri lavender menggunakan *diffusers* otomatis dengan menguapkan 2,4 mL cairan untuk luas area 45 m² selama 24 jam. Uji qPCR dilakukan dengan mengekstraksi DNA bakteri dari setiap sampel sebagai *template* untuk uji PCR (qPCR) *real-time* untuk mengukur jumlah salinan urutan nukleotida unik dari empat spesies *Staphylococcus* yang berbeda. Hasil qPCR disajikan dalam data rata-rata *bacteria per plate* untuk masing-masing ruang/ area (HDH, HH, CH, WH, dan HIC) antara CNT (*control condition*) dan LAV (*lavender essential oil*) dengan nilai *p-values* <0,05 (*S. epidermis* HDH, *S. epidermis* WH, *S. aureus* WH) dan *p-values* <0,01 (*S. aureus* HDH). Secara persentase, uji qPCR menunjukkan jumlah reduksi bakteri *S. aureus* pada area

HDH 88,33%, HH 11,80%, CH 50,70%, WH 38,92%, dan HIC 33,11%. Untuk bakteri MRSA sendiri didapatkan hasil reduksi pada area HDH 29,80%, HH 5,25%, CH 26,37%, WH 30,55%, dan HIC 23,08%. Berdasarkan pengujian, minyak atsiri memiliki aktivitas antimikroba yang lebih kuat dalam fase uap dibandingkan dalam bentuk cair karena fraksi terpena yang bersifat lipofilik dan mudah menguap dari minyak atsiri dapat berdifusi lebih mudah dalam ruang, mencapai target, menembus membran sel, dan menunjukkan aktivitas biologis terhadap bakteri dan jamur (Bassole *and* Juliani, 2012; Belletti *et al.*, 2007). Selain itu, Reichling *et al.* (2009) juga telah mengonfirmasi bahwa bahkan pada konsentrasi rendah, metabolit tanaman dapat menghambat pertumbuhan mikroba sehingga menjadikan minyak atsiri pilihan ideal untuk pengembangan biosida yang mudah menguap. Pada penelitian Mesic *et al.* (2021), minyak atsiri *immortelle* murni yang berasal dari *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don dan minyak atsiri lavender dari *Lavandula angustifolia* Mill dibandingkan sifat antibakterinya. Sifat antibakteri tertinggi yaitu terhadap bakteri Gram positif *Staphylococcus aureus* oleh minyak atsiri lavender dengan konsentrasi sebesar 750 mg/ml. Begitu pula dengan minyak atsiri *immortelle* murni paling besar nilainya dalam menghambat bakteri MRSA pada konsentrasi sebesar 500 mg/ml. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa minyak atsiri lavender memiliki spektrum aktivitas antimikroba yang sangat luas dalam menghambat semua *strain* mikroba. Minyak atsiri lavender secara signifikan menghambat pertumbuhan *strain* MDR, MRSA, dan ESBL *E. coli* pada semua konsentrasi yang diuji sehingga berpotensi menjadi agen antibakteri yang kuat (De Rapper *et al.*, 2013). Untuk minyak atsiri *immortelle* pula efektif menghambat semua bakteri Gram positif dengan tingkat sensitivitas paling tinggi terhadap bakteri MRSA.

Ocetenidine dihydrochloride adalah antibakteri surfaktan kationik yang mampu mengurangi tekanan permukaan air, bersifat *non-volatile*, dan memiliki spektrum luas terhadap bakteri positif sampai negatif, serta MRSA (Anamika, 2023). Penelitian oleh Kwiatkowski *et al.* (2020), membandingkan aktivitas antibakteri melawan MRSA dengan kandungan minyak atsiri sendiri dan kombinasinya dengan *Ocetenidine dihydrochloride*. Analisis kimia minyak atsiri lavender diuji menggunakan analisis kimia menggunakan GC-FID-MS dengan jumlah senyawa teridentifikasi 29 macam yang merepresentasikan 98,5% kandungan totalnya. Kandungan senyawa kimia tertinggi lavender dimiliki oleh *linalool* (34,1%) dan *linalyl acetate* (33,3%), diikuti senyawa-senyawa lain yaitu *lavandulyl acetate* (3,2%), *(Z)- β -ocimene* (3,2%), *(E)- β -ocimene* (2,7%), *β -caryophyllene* (2,7%), *1,8-cineole* (2,5%), *terpinene-4-ol* (2,5%), *myrcene* (2,4%). Untuk aktivitas bakteri ditentukan dengan metode mikrodilusi *strain* kontrol yang peka terhadap minyak atsiri lavender (LEO) dan *Ocetenidine dihydrochloride* (OCT). *Strain* bakteri diisolasi dari infeksi luka operasi pasien, kemudian dikultivasi pada *Columbia Agar* dengan 5% darah domba, adapun kontrol pada pengujian yaitu *S. aureus ATCC 43300 (MRSA) strain*. Tiga isolat *strain* memperoleh nilai MIC_o OCT sebesar 3,52 ± 0,00 µg/mL sampai 3,91 ± 0,00 µg/mL, MIC_c OCT sebesar 0,12 ± 0,00 sampai 0,24 ± 0,00, MBC OCT sebesar 7,04 ± 0,00 µg/mL sampai 11,72 ± 5,52 µg/mL. Untuk MIC_o LEO sebesar 18,29 ± 7,92 µg/mL, MIC LEO sebesar 0,86 ± 0,00 sampai 1,71 ± 0,00, MBC LEO sebesar 27,44 ± 0,00 µg/mL. MIC_o untuk menggambarkan konsentrasi terkecil senyawa LEO atau antibakteri tunggal, sedangkan MIC_c menunjukkan konsentrasi terkecil kombinasi LEO dan OCT yang dibutuhkan untuk menghambat bakteri. Penggabungan dua senyawa antibakteri memungkinkan terjadinya peningkatan efektivitas antibakteri dan menurunkan penggunaan dosis tunggal/ monoterapi. Akan tetapi, interaksi kedua senyawa tersebut dapat bersifat aditif

(tidak menimbulkan interaksi khusus), sinergis (interaksi meningkatkan efektivitas terapi), atau antagonis (interaksi menimbulkan efek lebih kecil) (Wibowo dkk., 2018). FICI (*Fractional Inhibitory Concentration Index*) menunjukkan efek aktivitas antibakteri bersifat sinergis, aditif, indifferen, atau antagonis dalam kombinasi senyawa yang dipilih (A'lana dkk., 2017). FICI dikatakan sinergis $<0,5$; , $0,5 \leq \text{aditif} \leq 1$; $1,1 < \text{indifferen} \leq 4,0$; antagonis $> 4,0$. Oleh karena FICI hasil penelitian berkisar antara 0,11-0,26, maka dapat disimpulkan kombinasi OCT dan LEO sinergis melawan resistensi bakteri *S.aureus* (MRSA), yang demikian membuktikan juga keefektivitasan dari senyawa kimia lavender untuk menghambat pertumbuhan bakteri resistensi *S.aureus*.

Penelitian lain oleh Ribeiro *et al.* (2020) menguji sifat antibakteri 10 macam minyak atsiri yang salah satunya berasal dari tanaman lavender spanyol. Dari hasil uji GC-MS diperoleh senyawa utama pada bagian khusus bunga atas lavender yaitu *camphor* sebesar 32,54% dengan standar deviasi $\pm 2,75$ dan *fenchone* sebesar 32,54 dengan standar deviasi $\pm 0,33$. Senyawa utama dengan nilai persentase lebih besar diuji aktivitas antibakterinya secara tunggal dan dikombinasikan dengan antibiotik. Uji ini menggunakan *antibacterial assays* secara langsung (*direct*) dan tidak langsung (*indirect*). Hasil dari *direct activity* menunjukkan senyawa utama *camphor* membutuhkan $>1000 \mu\text{g/mL}$ untuk menghambat bakteri *S.aureus* LMG 15975 (MRSA), begitu pula dengan keseluruhan minyak atsiri dalam lavender spanyol. *Indirect activity* menggabungkan senyawa utama *camphor* menunjukkan nilai sub-MIC 500+ dan nilai 1 untuk kombinasi dengan *penicillin*, sedangkan keseluruhan minyak atsiri lavender spanyol menunjukkan sub-MIC 500+ dengan nilai 0,06 untuk kombinasi dengan *penicillin*. Sub-MIC sendiri merupakan konsentrasi di bawah *Minimum Inhibition Concentration* dalam menghambat bakteri dengan cara induksi perubahan morfologi, perubahan struktur permukaan sel, menekan adhesi bakteri ke sel inang, serta menghambat produksi enzim dan toksin (Vargas *et al.*, 2023). Oleh karena itu, minyak lavender spanyol dapat memberikan efek antibakteri terhadap *S.aureus* LMG 15975 (MRSA) dengan efektivitas yang lebih tinggi dan sinergis ketika digabungkan dengan *penicillin V*, yang mana MIC *penicillin V* menurun dari $4 \mu\text{g/mL}$ (sendiri) menjadi $0,06 \mu\text{g/mL}$ (dalam asosiasi), yang sesuai dengan penurunan 64 kali lipat.

Dalam aplikasi biomedis pengobatan kulit, pengujian efek antibakteri minyak atsiri lavender oleh Sanchez *et al.* (2024) dilakukan karena maraknya penggunaan bahan alami dalam pemanfaatan kandungan bioaktif di dalamnya yang berpotensi sebagai antiinflamasi, antioksidan, dan antibakteri. Secara farmakologi, minyak atsiri memberikan peluang yang menjanjikan sebagai bahan tambahan yang dikapsulasi atau diisolasi dari sumber alami menggunakan biopolimer. Biopolimer bersifat alami, berbahan utama dari makhluk hidup dengan komponen penyusun utama polisakarida seperti karbon, oksigen, ataupun hidrogen (Lestari dkk., 2020). Polisakarida berupa *alginat* (ALG) dan *chitosan* (CHT) paling banyak digunakan dalam bidang kesehatan sebab mampu membentuk membran, mempercepat penyembuhan, serta berpotensi antimikroba dan antioksidan. Kombinasi kedua polimer ini dikenal efektivitasnya untuk regenerasi kulit sehingga penambahan minyak atsiri diharapkan dapat meningkatkan potensi efek terapi. Pada penelitian digunakan kombinasi membran ALG, CHT, CHT/ALG dengan minyak atsiri untuk memulihkan luka pada kulit. Keberadaan bakteri pada luka atau infeksi kulit menjadi parameter kemampuan daya hambat bakteri terhadap *S. epidermidis*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, dan *C. albicans*. TSA (*Tryptone Soy Agar*) dan TSB (*Tryptone Soy Broth*) umumnya digunakan sebagai kultur media uji, namun pada penelitian

digunakan TSA untuk membuat mikroorganisme tumbuh dengan baik dan optimal. Penambahan minyak atsiri dilakukan secara bertahap pada media dalam konsentrasi sebesar 1, 0.75, 0.5, 0.25, 0.1, and 0% v/v dengan sisanya sebagai kontrol. Untuk masing-masing *strain* yang akan diinokulasikan pada media dilakukan pengenceran dari 10^1 sampai 10^8 . Konsentrasi masing-masing pengenceran diambil 10 μ L untuk diinokulasikan pada medium TSA secara *quadruplicates*. Secara khusus, hasil perhitungan koloni terhadap efektivitas pertumbuhan *strain S. aureus* setelah diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 35-37° untuk konsentrasi 0,1% v/v LEO, 0,25% v/v LEO, 0,5% v/v LEO, 0,75% v/v LEO), dan 1% v/v LEO secara berturut-turut adalah 7100, 14000, 11650, 4350, dan 0 (CFU/mL). Hasil menunjukkan bahwa penambahan 1% v/v LEO memberikan efek antibakteri paling maksimal dibandingkan variasi konsentrasi lainnya. Meskipun begitu, penelitian ini menyimpulkan bahwa hasil uji terhadap seluruh *strains* bakteri uji tidak menemukan perbedaan signifikan sifat antibakteri polimer membran dengan penambahan LEO. Baik membran tunggal ataupun kombinasi membran-LEO sama-sama mampu menghambat bakteri, namun tidak menunjukkan perbedaan yang berarti.

Sifat antibakteri minyak lavender diuji pula oleh Todorova *et al.* (2023) terhadap bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli*), bakteri Gram negatif (*Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella abony*), ragi (*Saccharomyces cerevisiae*, *Candida albicans*,), dan *strain* fungi (*Aspergillus brasiliensis*, *Fusarium moniliforme*). Uji GC-MS dilakukan untuk menentukan senyawa-senyawa yang terkandung dalam minyak atsiri lavender, yang mana terdiri dari senyawa utama monoterpen dan didominasi oleh ester dan alkohol. Selanjutnya, uji antimikroba rata-rata untuk semua pengujian pada bakteri, ragi, dan *strain* diameter zona hambatnya tidak melebihi 15 mm, adapun nilai zona hambat bakteri Gram positif (*Staphylococcus aureus*) sebesar 13.9 ± 0.2 mm. Bakteri memiliki empat fase pertumbuhan yaitu fase *lag*, fase eksponensial, fase stasioner, dan fase kematian (Risna dkk., 2022). Fase *lag* disebut juga tahap adaptasi untuk menyesuaikan diri dengan lingkungan baru, biasanya berlangsung kisaran beberapa menit hingga beberapa jam (Maier, 2009). Fase pertumbuhan kedua yaitu fase eksponensial, ditandai dengan pertumbuhan sangat cepat yang dipengaruhi oleh kondisi suhu, nutrisi dalam media, pH, dan genetik. Selanjutnya, fase stasioner terjadi ketika laju pertumbuhan sama dengan laju kematian mikroba mengakibatkan jumlah mikroba secara keseluruhan tetap. Fase kematian merupakan tahap jumlah laju kematian meningkat lebih dari laju pertumbuhan. Penelitian oleh Xiao *et al.* (2020) terhadap fase stasioner bakteri *S. aureus* dilakukan selama 5 hari untuk masing-masing konsentrasi minyak atsiri 0,5%; 0,25%; dan 0,125%. Uji minyak atsiri lavender konsentrasi 0,25% dan 0,125% pada media TSB menunjukkan pertumbuhan bakteri pada hari ke-3 dan 5, sedangkan hanya pada hari ke-5 untuk konsentrasi 0,5% yang tidak menunjukkan pertumbuhan bakteri *S. aureus*. Berdasarkan penelitian ini, lavender memiliki potensi antibakteri namun tidak sekuat 10 dari 143 minyak atsiri tanaman lainnya dalam menghambat pertumbuhan fase stasioner *S. aureus*.

4. KESIMPULAN

Senyawa utama *linalool* (C₁₀H₁₈O) dan *linalyl acetate* (C₁₂H₂₀O₂) pada lavender mampu menghambat pertumbuhan bakteri khususnya *Staphylococcus aureus* dengan merusak struktur membran sel dan melalui proses biokimiawi bersifat menghancurkan bakteri. Berdasarkan beberapa penelitian yang sudah dikaji, hampir semua metode menggunakan analisis GC-MS untuk menentukan komposisi senyawa terbanyak meliputi *linalool* dan *linalyl acetate*. Senyawa tersebut kembali diuji efektivitas hambatnya dengan *antimicrobial assays*, serta identifikasi *Minimum Inhibitory Concentration* (MIC) dan *Minimum Bactericidal Concentration* (MBC). Tidak ada takaran dosis minimum ataupun maksimum yang dicantumkan dari penelitian yang dikaji, namun secara keseluruhan minyak atsiri lavender menunjukkan sifat antibakteri yang signifikan.

SUPLEMEN

Suplemen hasil penelitian sifat antibakteri minyak lavender dari berbagai literatur dapat diakses pada [file](#) ini.

DAFTAR PUSTAKA

- A'lna, L., Sari, R., & Apridamayanti, P. (2017). FICI value determination of combination of Aloe vera (L) Burm.f ethanol extract with gentamycin sulphate against Escherichia coli. *Pharmaceutical Sciences and Research*, 4(3).
- Anamika. (2023). Octenidine dihydrochloride: A new age antimicrobial agent. *Acta Scientific Dental Sciencs*, 7(7), 94–98.
- Andreassen, A. E. S., Jacobsen, C. M., de Blasio, B., White, R., Kristiansen, I. S., & Elstrøm, P. (2017). The impact of methicillin-resistant S. aureus on length of stay, readmissions and costs: A register based case-control study of patients hospitalized in Norway. *Antimicrobial Resistance & Infection Control*, 6(1).
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology*, 46(2), 446–475.
- Bannos, P. (2018). *Vivian Maier: A photographer's life and afterlife*. University of Chicago Press.
- Bassolé, I. H. N., & Juliani, H. R. (2012). Essential oils in combination and their antimicrobial properties. *Molecules*, 17(4), 3989–4006.
- Belletti, N., Kamdem, S. S., Patrignani, F., Lanciotti, R., Covelli, A., & Gardini, F. (2007). Antimicrobial Activity of Aroma Compounds against *Saccharomyces cerevisiae* and Improvement of Microbiological Stability of Soft Drinks as Assessed by Logistic Regression. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(17), 5580–5586.
- Cavanagh, H. M. A., & Wilkinson, J. M. (2005). Lavender essential oil: A review. *Australian Infection Control*, 10(1), 35–37.
- Cox, S. D., Mann, C. M., Markham, J. L., Bell, H. C., Gustafson, J. E., Warmington, J. R., & Wyllie, S. G. (2001). The mode of antimicrobial action of the essential oil of *Melaleuca alternifolia* (tea tree oil). *Journal of Applied Microbiology*, 88(1), 170–175.
- de Rapper, S., Kamatou, G., Viljoen, A., & van Vuuren, S. (2013). The In Vitro Antimicrobial Activity of *Lavandula angustifolia* Essential Oil in Combination with Other Aroma-

- Therapeutic Oils. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1–10.
- Di Vito, M., Smolka, A., Proto, M. R., Barbanti, L., Gelmini, F., Napoli, E., Bellardi, M. G., Mattarelli, P., Beretta, G., Sanguinetti, M., & Bugli, F. (2021). Is the antimicrobial activity of hydrolates lower than that of essential oils? *Antibiotics*, 10(1), 88.
- El-Sayed, A., Elghwaji, W., El-Deeb, K., & ElSayed, A. (2017). Chemical composition, antimicrobial and antitumor potentiality of essential oil of *Ferula tingitana* L. apiaceae grow in Libya. *Pharmacognosy Magazine*, 13(51), 446.
- Gheorghiuță, D., Antoniac, I., Moldovan, H., Antoniac, A., Grosu, E., Motelica, L., Ficai, A., Oprea, O., Vasile, E., Dițu, L. M., & Raiciu, A. D. (2023). Influence of lavender essential oil on the physical and antibacterial properties of chitosan sponge for hemostatic applications. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(22), 16312.
- Gismondi, A., Di Marco, G., Redi, E. L., Ferrucci, L., Cantonetti, M., & Canini, A. (2021). The antimicrobial activity of *Lavandula angustifolia* Mill. essential oil against *Staphylococcus* species in a hospital environment. *Journal of Herbal Medicine*, 26, 100426.
- Halcon, L., & Milkus, K. (2004). and wounds: A review of tea tree oil as a promising antimicrobial. *American Journal of Infection Control*, 32(7), 402–408.
- Jenul, C., & Horswill, A. R. (2019). Regulation of *Staphylococcus aureus* Virulence. In *Gram-Positive Pathogens* (pp. 669–686). ASM Press.
- Koulivand, P. H., Khaleghi Ghadiri, M., & Gorji, A. (2013). Lavender and the nervous system. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 1–10.
- Kwiatkowski, P., Łopusiewicz, Ł., Kostek, M., Drożdżowska, E., Pruss, A., Wojciuk, B., Sienkiewicz, M., Zielińska-Bliźniewska, H., & Dołęgowska, B. (2020). The antibacterial activity of lavender essential oil alone and in combination with octenidine dihydrochloride against MRSA strains. *Molecules*, 25(1), 95.
- Lestari, F. A., Afdhol, M. K., Fiki, H., & Tomi, E. (2020). Biopolimer dari Bahan Organik sebagai Biopolimer pada Metode EOR. *Lembaran Publikasi Minyak Dan Gas Bumi*, 54(3), 149–157.
- Mesic, A., Mahmutović-Dizdarević, I., Tahirović, E., Durmišević, I., Eminovic, I., Jerković-Mujkić, A., & Bešta-Gajević, R. (2021). Evaluation of toxicological and antimicrobial activity of lavender and immortelle essential oils. *Drug and Chemical Toxicology*, 44(2), 190–197.
- Peana, A. T., D'Aquila, P. S., Panin, F., Serra, G., Pippia, P., & Moretti, M. D. L. (2002). Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. *Phytomedicine*, 9(8), 721–726.
- Pearson, R. D., Steigbigel, R. T., Davis, H. T., & Chapman, S. W. (1980). Method of reliable determination of minimal lethal antibiotic concentrations. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 18(5), 699–708.
- Reichling, J., Schnitzler, P., Suschke, U., & Saller, R. (2009). Essential oils of aromatic plants with antibacterial, antifungal, antiviral, and cytotoxic properties – an overview. *Complementary Medicine Research*, 16(2), 79–90. <https://doi.org/10.1159/000207196>
- Ribeiro, S. O., Fontaine, V., Mathieu, V., Zhiri, A., Baudoux, D., Stévigny, C., & Souard, F. (2020). Antibacterial and cytotoxic activities of ten commercially available essential

- oils. *Antibiotics*, 9(10), 717.
- Risna, Y. K., Sri-Harimurti, S.-H., Wihandoyo, W., & Widodo, W. (2022). Kurva Pertumbuhan Isolat Bakteri Asam Laktat dari Saluran Pencernaan Itik Lokal Asal Aceh. *Jurnal Peternakan Indonesia (Indonesian Journal of Animal Science)*, 24(1), 1.
- Sánchez, E. C., García, M. T., Gracia, I., Fernández-Bermejo, S. I., Rodríguez, J. F., García-Vargas, J. M., & Vidal Roig, D. (2024). Antibacterial activity assessment of chitosan/alginate lavender essential oil membranes for biomedical applications. *Membranes*, 14(1), 12.
- Sasaki, J., Kanako Yamanouch, Masahiko Nagaki, Hiroaki Arima, Naoto Aramachi, & Takashi Inaba. (2015). Antibacterial effect of lavender (lavandula) flavor (volatile). *Journal of Food Science and Engineering*, 5(2).
- Siregar, I. P. (2020). Aktivitas anti bakteri mandi celup daun binahong dalam membantu mengurangi jerawat punggung. *Home Economics Journal*, 4(2).
- Soelama, H. J. J., Kepel, B. J., & Siagian, K. V. (2015). Uji Minimum Inhibitory Concentration (MIC) Ekstrak Rumpun Laut (*Eucheuma cottonii*) Sebagai Antibakteri Terhadap *Streptococcus mutans*. *E-GIGI*, 3(2).
- Su, R., Guo, P., Zhang, Z., Wang, J., Guo, X., Guo, D., Wang, Y., Lü, X., & Shi, C. (2022). Antibacterial Activity and Mechanism of Linalool against *Shigella sonnei* and Its Application in Lettuce.
- Todorova, D., Yavorov, N., Lasheva, V., Damyanova, S., & Kostova, I. (2023). Lavender essential oil as antibacterial treatment for packaging paper. *Coatings*, 13(1), 32.
- Vargas, G. F., Korber, D. R., & Bergsveinson, J. (2023). Sub-MIC antibiotics influence the microbiome, resistome and structure of riverine biofilm communities. *Frontiers in Microbiology*, 14.
- Wibowo, M. I. N. A., Pratiwi, R. A., & Sundhani, E. (2018). Studi prospektif potensi interaksi obat golongan antibiotik pada pasien pediatri di rumah sakit ananda purwokerto. *PHARMACY: Jurnal Farmasi Indonesia (Pharmaceutical Journal of Indonesia)*, 15(2), 243.
- Xiao, S., Cui, P., Shi, W., & Zhang, Y. (2020). Identification of essential oils with activity against stationary phase *Staphylococcus aureus*. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 20(1).