



Sanitas: Journal of Health, Medical, and Psychological Studies

Vol 2 No 1 August 2026, Hal 413-425
ISSN: 3123-4070 (Print) ISSN: 3123-3163 (Electronic)
Open Access: <https://scriptaintelektual.com/sanitas/index>

Potensi Antibakteri Ekstrak Daun Mentimun (*Cucumis sativus* L.) dan Madu: Tinjauan Pustaka

Ryan Agustin Purba^{1*}, Soraya Rahmanisa², Gigih Setiawan³, Evi Kurniawaty⁴

¹⁻⁴ Universitas Lampung, Indonesia
email: ryanagustin4537@gmail.com¹

Article Info :

Received:
11-07-2026
Revised:
28-07-2026
Accepted:
30-07-2026

Abstract

*Bacterial infections remain a major global health concern, particularly because antimicrobial resistance continues to compromise the effectiveness of conventional antibiotics and increase the demand for alternative therapeutic agents. Natural products, including cucumber (*Cucumis sativus* L.) leaves and honey, have attracted increasing attention due to their diverse bioactive compounds with antibacterial properties. This study aimed to review recent evidence regarding the antibacterial potential of cucumber leaf extract and honey. A narrative literature review was conducted using publications indexed in Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Scopus, and SpringerLink from 2021–2026. Articles meeting predefined inclusion and exclusion criteria were analyzed descriptively and comparatively. The synthesis of ten eligible studies demonstrated that cucumber leaf extract exhibits antibacterial activity through phytochemicals, green-synthesized titanium dioxide nanoparticles, and endophytic microorganisms, whereas honey provides broad-spectrum antibacterial effects influenced by its botanical origin and physicochemical characteristics. Current evidence also suggests potential complementary mechanisms between both natural products, although direct combination studies remain limited. Further standardized in vivo investigations and clinical trials are required to validate their efficacy and safety for future therapeutic applications.*

Keywords: Antibacterial, *Cucumis sativus* L., Cucumber Leaf, Honey, Narrative Literature Review.

Akstrak

Infeksi bakteri masih menjadi tantangan utama kesehatan global, terutama karena resistensi antimikroba terus menurunkan efektivitas antibiotik konvensional dan meningkatkan kebutuhan akan agen terapeutik alternatif. Produk alami, termasuk daun mentimun (*Cucumis sativus* L.) dan madu, semakin banyak mendapat perhatian karena mengandung beragam senyawa bioaktif yang memiliki aktivitas antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk meninjau bukti ilmiah terkini mengenai potensi antibakteri ekstrak daun mentimun dan madu. Penelitian menggunakan metode tinjauan pustaka naratif dengan memanfaatkan artikel yang diperoleh dari Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Scopus, dan SpringerLink pada periode 2021–2026. Artikel yang memenuhi kriteria inklusi dan eksklusi dianalisis secara deskriptif-komparatif. Sintesis terhadap sepuluh artikel menunjukkan bahwa ekstrak daun mentimun memiliki aktivitas antibakteri melalui kandungan fitokimia, nanopartikel titanium dioksida hasil sintesis hijau, serta mikroorganisme endofit, sedangkan madu menunjukkan aktivitas antibakteri spektrum luas yang dipengaruhi oleh asal botani dan karakteristik fisikokimianya. Bukti yang tersedia juga menunjukkan adanya potensi mekanisme saling melengkapi antara kedua bahan alami tersebut, meskipun penelitian mengenai kombinasi langsung keduanya masih terbatas. Penelitian *in vivo* yang terstandar dan uji klinis masih diperlukan untuk memvalidasi efektivitas serta keamanannya sebagai kandidat terapi antibakteri di masa mendatang.

Kata Kunci: Antibakteri, *Cucumis sativus* L., Daun Mentimun; Madu, Tinjauan Pustaka Naratif.



©2022 Authors.. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non Commercial 4.0 International License.
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Infeksi bakteri masih menjadi salah satu penyebab utama gangguan kesehatan di berbagai negara, termasuk Indonesia, dan tetap berkontribusi besar terhadap tingginya angka morbiditas serta mortalitas meskipun perkembangan teknologi diagnostik dan terapi antimikroba terus mengalami kemajuan dalam beberapa dekade terakhir (Imma Irfani & Lusinta, 2024). Penanganan infeksi bakteri hingga saat ini masih didominasi oleh penggunaan antibiotik sebagai terapi utama, tetapi praktik penggunaan antibiotik yang tidak rasional, seperti penggunaan tanpa indikasi yang tepat, dosis yang

tidak sesuai, serta penghentian terapi sebelum waktunya, telah mempercepat laju munculnya resistensi antimikroba pada berbagai bakteri patogen (WHO, 2025). Organisasi Kesehatan Dunia menegaskan bahwa resistensi antimikroba telah berkembang menjadi salah satu ancaman kesehatan global karena berhubungan dengan jutaan kematian setiap tahun dan secara signifikan meningkatkan risiko kegagalan terapi, lama rawat inap, serta biaya pelayanan kesehatan (WHO, 2025). Proyeksi global bahkan menunjukkan bahwa apabila tidak tersedia strategi pengendalian yang lebih efektif, resistensi antimikroba berpotensi menjadi penyebab utama kematian pada tahun-tahun mendatang sehingga pengembangan agen antibakteri baru menjadi prioritas dalam riset kesehatan dunia (WHO, 2024). Perkembangan tersebut telah menggeser fokus penelitian menuju eksplorasi senyawa bioaktif berbasis bahan alam yang memiliki mekanisme kerja lebih beragam dibandingkan antibiotik sintetis. Pergeseran paradigma ini menunjukkan bahwa pencarian sumber antibakteri alami tidak lagi dipandang sebagai pendekatan komplementer semata, melainkan sebagai bagian dari strategi ilmiah untuk menghadapi krisis resistensi antibiotik secara berkelanjutan.

Di Indonesia, meningkatnya prevalensi bakteri resisten terhadap antibiotik memperlihatkan bahwa permasalahan resistensi antimikroba telah berkembang menjadi tantangan nyata bagi sistem pelayanan kesehatan nasional sehingga memerlukan pendekatan yang tidak hanya berfokus pada penggunaan antibiotik secara rasional, tetapi juga pada pengembangan alternatif terapi yang efektif (Kemenkes RI, 2024). Implementasi Strategi Nasional Pengendalian Resistensi Antimikroba menunjukkan adanya komitmen pemerintah dalam memperkuat surveilans, pengendalian infeksi, dan tata kelola penggunaan antibiotik untuk menekan laju perkembangan bakteri resisten (WHO, 2024). Sejalan dengan upaya tersebut, berbagai penelitian internasional memperlihatkan bahwa tanaman obat dan produk alami mengandung metabolit sekunder yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri melalui mekanisme yang berbeda dari antibiotik konvensional sehingga berpotensi mengurangi tekanan seleksi terhadap bakteri patogen (El-Saadony et al., 2025). Sintesis hasil penelitian menunjukkan bahwa flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, terpenoid, dan senyawa fenolik mampu mengganggu integritas membran sel, menghambat aktivitas enzim, mengintervensi sintesis protein, serta menekan pembentukan biofilm bakteri yang berperan penting dalam proses resistensi (El-Saadony et al., 2025). Bukti tersebut memperlihatkan bahwa bahan alam memiliki peluang besar untuk dikembangkan sebagai sumber kandidat antibakteri generasi baru yang lebih adaptif terhadap tantangan resistensi antimikroba. Meskipun demikian, efektivitas setiap bahan alami masih dipengaruhi oleh karakteristik fitokimia, metode ekstraksi, serta spesies bakteri yang diuji sehingga diperlukan sintesis ilmiah yang lebih komprehensif.

Salah satu tanaman yang mulai memperoleh perhatian sebagai sumber antibakteri alami adalah mentimun (*Cucumis sativus* L.), meskipun selama ini pemanfaatannya lebih banyak terbatas pada bagian buah sebagai bahan pangan sehingga potensi biologis daunnya masih relatif kurang dieksplorasi. Kajian fitokimia menunjukkan bahwa daun mentimun mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti flavonoid, alkaloid, saponin, tanin, fenolik, dan terpenoid, yang diketahui memiliki aktivitas antimikroba terhadap berbagai mikroorganisme patogen (Amani & Surenthar, 2024). Penelitian eksperimental menunjukkan bahwa ekstrak daun mentimun maupun metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit yang berasosiasi dengan daun mentimun memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri, menekan pembentukan biofilm, sekaligus mempercepat proses penyembuhan luka melalui berbagai mekanisme biologis yang saling berkaitan (El-Bouseary et al., 2025). Aktivitas biologis tersebut diperkuat oleh penelitian lain yang melaporkan bahwa ekstrak endofit dari daun mentimun mampu memberikan efek antibakteri dan mempercepat regenerasi jaringan sehingga memperluas prospek pemanfaatannya dalam bidang kesehatan (Eliwa et al., 2025). Penelitian terdahulu juga membuktikan bahwa ekstrak mentimun mampu menghambat pertumbuhan *Bacillus cereus* dan *Salmonella Typhi*, meskipun besarnya aktivitas dipengaruhi oleh konsentrasi ekstrak dan metode ekstraksi yang digunakan (Endarini et al., 2022). Pendekatan yang lebih mutakhir bahkan memperlihatkan bahwa biomolekul dari *Cucumis sativus* dapat dimanfaatkan dalam sintesis nanopartikel untuk meningkatkan efektivitas antibakteri sehingga membuka arah pengembangan baru berbasis nanoteknologi (Raza et al., 2025). Berbagai temuan tersebut diperkuat oleh kajian literatur terbaru yang menyimpulkan bahwa ekstrak mentimun merupakan salah satu sumber senyawa bioaktif yang prospektif sebagai alternatif antibiotik alami (Kurniawaty & Nareswari, 2025).

Di sisi lain, madu telah lama dikenal sebagai produk alami yang memiliki aktivitas antibakteri dan tetap menjadi objek penelitian intensif karena mekanisme kerjanya yang kompleks serta sulit

dihindari oleh mikroorganisme patogen. Aktivitas antibakteri madu berasal dari kombinasi tekanan osmotik tinggi, pH yang relatif asam, pembentukan hidrogen peroksida, serta kandungan senyawa fenolik dan flavonoid yang bekerja secara sinergis dalam menghambat pertumbuhan bakteri (Ogwu & Izah, 2025). Penelitian terhadap berbagai jenis madu menunjukkan bahwa komposisi kimia dan asal geografis sangat memengaruhi kemampuan antibakterinya sehingga efektivitas setiap jenis madu dapat berbeda terhadap spesies bakteri tertentu (El-Yagoubi et al., 2025). Analisis komponen aktif menggunakan pendekatan GC-MS juga mengidentifikasi berbagai senyawa yang berkontribusi terhadap penghambatan *Staphylococcus aureus* melalui kerusakan membran sel dan gangguan metabolisme bakteri (Hasan et al., 2025). Hasil penelitian lain memperlihatkan bahwa madu mampu menghambat pembentukan biofilm, meningkatkan efektivitas penyembuhan luka, dan mempertahankan aktivitas antibakteri pada berbagai kondisi biologis sehingga potensinya semakin luas dalam bidang kesehatan (Godocikova et al., 2025). Aktivitas antibakteri madu juga telah dibuktikan pada berbagai madu alami yang memiliki kualitas mikrobiologis baik serta memenuhi standar keamanan sebagai bahan terapeutik alami (Faiz et al., 2025). Penelitian terkini bahkan menunjukkan bahwa kombinasi madu dengan propolis maupun senyawa bioaktif lain mampu menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan bahan tunggal (Sánchez-Martín et al., 2025). Efektivitas tersebut diperkuat oleh penelitian yang menunjukkan bahwa madu memiliki aktivitas antibakteri sekaligus antioksidan dan aktivitas biologis lain yang mendukung proses regenerasi jaringan (Li et al., 2025). Bukti eksperimental pada madu lokal Indonesia juga menunjukkan bahwa madu mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* secara *in vitro*, sehingga memperkuat relevansi pengembangannya sebagai antibakteri alami (Hermawati & Islamy, 2023).

Meskipun penelitian mengenai ekstrak daun mentimun maupun madu berkembang sangat pesat dalam beberapa tahun terakhir, sebagian besar studi masih mengevaluasi kedua bahan tersebut secara terpisah sehingga hubungan konseptual antara karakteristik fitokimia, mekanisme antibakteri, dan potensi sinergisme keduanya belum dijelaskan secara utuh. Variasi desain penelitian, jenis pelarut, metode ekstraksi, spesies bakteri uji, konsentrasi bahan, hingga parameter pengukuran efektivitas menyebabkan hasil antarpelelitian sulit dibandingkan secara langsung dan belum menghasilkan kesimpulan yang konsisten mengenai potensi antibakterinya. Fragmentasi bukti ilmiah tersebut menyebabkan identifikasi mekanisme biologis yang paling dominan maupun faktor-faktor yang menentukan keberhasilan penggunaan kedua bahan alami tersebut masih menjadi perdebatan dalam literatur. Kondisi ini juga menghambat pengembangan dasar ilmiah untuk penelitian eksperimental lanjutan yang berorientasi pada formulasi kombinasi antibakteri alami. Kebutuhan akan sintesis literatur yang mengintegrasikan berbagai hasil penelitian menjadi semakin penting agar arah pengembangan bahan alam sebagai antibakteri dapat dilakukan secara lebih sistematis dan berbasis bukti. Kajian yang komprehensif juga diperlukan untuk mengidentifikasi peluang penelitian baru yang belum banyak dieksplorasi, khususnya terkait potensi saling melengkapi antara ekstrak daun mentimun dan madu sebagai agen antibakteri alami.

Penelitian ini diposisikan sebagai suatu tinjauan pustaka yang secara sistematis mengintegrasikan hasil-hasil penelitian mengenai potensi antibakteri ekstrak daun mentimun (*Cucumis sativus* L.) dan madu dalam menghadapi tantangan resistensi bakteri. Kajian ini berfokus pada sintesis kandungan senyawa bioaktif, mekanisme kerja antibakteri, serta efektivitas kedua bahan terhadap berbagai bakteri patogen berdasarkan perkembangan literatur ilmiah terkini. Pendekatan tersebut diharapkan mampu menghasilkan pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peluang pemanfaatan ekstrak daun mentimun dan madu sebagai sumber antibakteri alami yang memiliki dasar ilmiah kuat. Penelitian ini juga bertujuan mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan yang masih memerlukan pembuktian melalui penelitian eksperimental pada masa mendatang. Kontribusi teoretis penelitian ini terletak pada penyusunan kerangka konseptual mengenai hubungan antara kandungan senyawa bioaktif dan mekanisme antibakteri kedua bahan alami tersebut. Kontribusi metodologis penelitian diwujudkan melalui penyajian sintesis literatur yang sistematis sebagai dasar pengembangan penelitian lanjutan maupun formulasi antibakteri alami yang lebih efektif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan studi non-empiris yang menggunakan metode tinjauan pustaka (literature review) dengan pendekatan naratif untuk mengidentifikasi, membandingkan, dan mensintesis bukti ilmiah mengenai potensi antibakteri ekstrak daun mentimun (*Cucumis sativus* L.) dan madu

terhadap berbagai bakteri patogen. Pendekatan naratif dipilih karena memungkinkan integrasi temuan dari berbagai desain penelitian eksperimental sehingga dapat memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai kandungan senyawa bioaktif, mekanisme kerja, dan efektivitas antibakteri kedua bahan alami. Penelusuran literatur dilakukan pada basis data Google Scholar, PubMed, ScienceDirect, Scopus, dan SpringerLink dengan memanfaatkan kombinasi kata kunci menggunakan operator Boolean AND dan OR yang disesuaikan dengan tujuan penelitian. Artikel yang dipertimbangkan merupakan publikasi ilmiah berbahasa Indonesia maupun Inggris yang diterbitkan pada periode 2021–2026, tersedia dalam bentuk full text, serta membahas aktivitas antibakteri ekstrak daun mentimun, madu, atau keduanya terhadap bakteri patogen melalui pengujian *in vitro*, seperti metode difusi cakram, difusi sumuran, dilusi, Minimum Inhibitory Concentration (MIC), maupun Minimum Bactericidal Concentration (MBC) (Kurniawaty & Nareswari, 2025). Artikel yang tidak memenuhi kriteria inklusi, berupa artikel ulasan, prosiding tanpa naskah lengkap, publikasi duplikat, atau penelitian yang tidak menyajikan data aktivitas antibakteri secara jelas, dikeluarkan dari proses analisis agar kualitas sintesis tetap terjaga (Ogwu & Izah, 2025).

Artikel yang memenuhi kriteria selanjutnya disaring melalui tahapan identifikasi, pemeriksaan kelayakan, dan seleksi akhir sebelum dilakukan ekstraksi data menggunakan lembar ekstraksi yang memuat informasi mengenai penulis, tahun publikasi, negara asal penelitian, jenis bakteri uji, metode ekstraksi, jenis pelarut, konsentrasi ekstrak atau madu, metode uji antibakteri, kandungan senyawa bioaktif, serta parameter hasil seperti diameter zona hambat, nilai MIC, dan MBC (El-Saadony et al., 2025). Data yang telah diekstraksi dianalisis secara deskriptif-komparatif melalui proses pengelompokan berdasarkan karakteristik penelitian, identifikasi persamaan dan perbedaan hasil, evaluasi kecenderungan efektivitas antibakteri, serta pemetaan kesenjangan penelitian yang masih memerlukan pembuktian lebih lanjut (Amani & Surenthar, 2024). Hasil sintesis disajikan dalam bentuk uraian naratif yang didukung tabel ringkasan untuk memudahkan interpretasi hubungan antara kandungan senyawa bioaktif, mekanisme antibakteri, dan efektivitas terhadap berbagai bakteri patogen. Karena penelitian ini sepenuhnya menggunakan data sekunder yang berasal dari publikasi ilmiah yang telah diterbitkan dan tidak melibatkan manusia maupun hewan sebagai subjek penelitian secara langsung, penelitian ini tidak memerlukan persetujuan etik, tetapi seluruh proses pelaksanaan tetap mengacu pada prinsip integritas akademik, transparansi pelaporan, dan etika sitasi ilmiah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis Literatur Potensi Antibakteri Bahan Alami Berbasis Madu dan Daun Mentimun

Hasil penelusuran literatur pada lima basis data ilmiah menghasilkan sejumlah publikasi yang selanjutnya diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan. Proses penyaringan tersebut menghasilkan 10 artikel penelitian yang dinilai memiliki relevansi tinggi terhadap tujuan kajian karena membahas aktivitas antibakteri madu, ekstrak daun mentimun (*Cucumis sativus* L.), maupun pengembangan turunannya melalui pendekatan bioteknologi. Mayoritas artikel dipublikasikan pada periode 2024–2025, menunjukkan bahwa eksplorasi bahan alam sebagai sumber antibakteri masih menjadi fokus penelitian yang berkembang pesat di tengah meningkatnya kekhawatiran terhadap resistensi antimikroba (WHO, 2025). Karakteristik artikel yang dianalisis didominasi oleh penelitian eksperimental *in vitro*, sementara sebagian penelitian menggabungkan pengujian *in vitro* dan *in vivo* untuk mengevaluasi aktivitas biologis secara lebih komprehensif. Pola tersebut memperlihatkan bahwa penelitian mengenai antibakteri berbasis bahan alam saat ini mulai bergeser dari sekadar pembuktian aktivitas penghambatan bakteri menuju eksplorasi mekanisme biologis yang lebih kompleks, seperti penghambatan biofilm, modulasi respons inflamasi, dan percepatan regenerasi jaringan.

Sebaran karakteristik penelitian yang dianalisis menunjukkan adanya keragaman intervensi, organisme uji, serta pendekatan eksperimental yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas antibakteri. Penelitian mengenai madu lebih banyak berfokus pada perbedaan aktivitas antibakteri berdasarkan asal botani, komposisi metabolit, maupun kombinasi dengan produk lebah lain, sedangkan penelitian mengenai daun mentimun berkembang menuju pemanfaatan metabolit tanaman, mikroorganisme endofit, hingga pendekatan green synthesis berbasis nanoteknologi. Variasi tersebut menunjukkan bahwa arah penelitian tidak lagi terbatas pada identifikasi aktivitas antibakteri, tetapi mulai mengeksplorasi inovasi untuk meningkatkan efektivitas biologis bahan alami melalui berbagai

pendekatan multidisiplin (El-Saadony et al., 2025). Ringkasan karakteristik penelitian yang menjadi dasar sintesis pada kajian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Karakteristik dan Sintesis Penelitian

Penulis	Intervensi	Bakteri Target	Temuan Utama
Raza et al. (2025)	Nanopartikel TiO ₂ berbasis ekstrak daun mentimun	<i>H. halophila</i> , <i>N. gonorrhoeae</i> , dan bakteri lain	Aktivitas antibakteri lebih tinggi dibandingkan ekstrak mentimun tanpa formulasi nanopartikel.
Hasan et al. (2025)	Madu alami	<i>Staphylococcus aureus</i>	Konsentrasi 75–100% efektif menghambat isolat resisten antibiotik.
El-Yagoubi et al. (2025)	Madu Sidr dari lima wilayah	Bakteri Gram positif dan Gram negatif	Madu asal Zaggota menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi.
Amani & Surenthar (2024)	Kombinasi ekstrak mentimun dan <i>Citrus macroptera</i>	Patogen rongga mulut	Memiliki aktivitas antimikroba dengan toksisitas yang rendah.
Faiz et al. (2025)	Berbagai madu alami	<i>S. pyogenes</i> dan bakteri klinis lainnya	Madu oak memberikan aktivitas antibakteri paling tinggi.
Li et al. (2025)	Madu <i>Schefflera oleifera</i>	Bakteri pangan	Memiliki aktivitas antibakteri, meskipun masih di bawah madu Manuka.
Sánchez-Martín et al. (2025)	Kombinasi madu dan propolis	<i>L. monocytogenes</i> , <i>C. perfringens</i>	Kombinasi menghasilkan efek bakterisida yang lebih kuat dibanding madu tunggal.
Godocikova et al. (2025)	Berbagai jenis madu	Bakteri oral dan nonoral	Madu Manuka mempertahankan aktivitas antibakteri meskipun terdapat saliva.
El-Bouseary et al. (2025)	Ekstrak endofit <i>Aspergillus niger</i>	<i>S. aureus</i>	Menghambat bakteri, mengurangi biofilm, dan mempercepat penyembuhan luka.
Eliwa et al. (2025)	Ekstrak endofit <i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	<i>P. aeruginosa</i>	Menghambat bakteri, merusak biofilm, dan meningkatkan regenerasi jaringan.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa seluruh penelitian yang terpilih menggunakan pendekatan eksperimental, tetapi terdapat perbedaan fokus biologis yang cukup jelas. Penelitian mengenai madu cenderung mengevaluasi efektivitas terhadap bakteri patogen melalui variasi jenis madu, konsentrasi, serta kombinasi dengan propolis, sedangkan penelitian mengenai daun mentimun lebih banyak mengembangkan inovasi berbasis ekstrak tanaman, mikroorganisme endofit, dan nanopartikel. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa inovasi pada penelitian daun mentimun lebih diarahkan pada peningkatan mekanisme kerja antibakteri, sedangkan penelitian madu berorientasi pada optimalisasi sumber senyawa bioaktif yang telah tersedia secara alami. Meskipun menggunakan pendekatan yang berbeda, seluruh penelitian menghasilkan kecenderungan yang sama, yaitu adanya aktivitas antibakteri yang konsisten terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Kesamaan pola tersebut memperkuat pandangan bahwa bahan alam mampu menjadi sumber molekul bioaktif yang bekerja melalui berbagai target biologis sehingga berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap antibiotik sintesis (Ogwu & Izah, 2025).

Analisis komparatif terhadap hasil penelitian juga memperlihatkan adanya pergeseran fokus kajian dari sekadar pengukuran diameter zona hambat menuju evaluasi mekanisme biologis yang lebih mendalam. Penelitian terkini tidak hanya menilai kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri, tetapi juga mengevaluasi aktivitas anti-biofilm, efek antiinflamasi, kemampuan mempercepat migrasi fibroblas, hingga potensi antikanker yang berkaitan dengan senyawa bioaktif bahan alami. Pergeseran tersebut menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri tidak lagi dipandang sebagai satu-satunya indikator keberhasilan, melainkan sebagai bagian dari aktivitas biologis yang saling berkaitan dalam mendukung

proses penyembuhan jaringan. Perspektif tersebut sejalan dengan perkembangan konsep terapi berbasis produk alami yang menekankan aktivitas multitarget dibandingkan mekanisme tunggal, sehingga peluang munculnya resistensi bakteri diharapkan dapat ditekan melalui interaksi berbagai senyawa bioaktif dalam satu bahan alam (El-Saadony et al., 2025).

Meskipun bukti ilmiah yang tersedia menunjukkan kecenderungan positif terhadap potensi antibakteri madu dan daun mentimun, sintesis literatur juga mengidentifikasi beberapa keterbatasan yang masih mendominasi penelitian saat ini. Sebagian besar penelitian masih dilakukan pada skala laboratorium menggunakan model *in vitro*, sedangkan penelitian *in vivo* masih terbatas dan belum diikuti oleh uji klinis pada manusia. Variasi metode ekstraksi, jenis pelarut, konsentrasi bahan uji, spesies bakteri, serta parameter efektivitas menyebabkan hasil antarpemeriksaan belum dapat dibandingkan secara langsung sehingga standarisasi masih menjadi tantangan utama. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan bahan alam sebagai antibakteri memerlukan penelitian lanjutan yang mampu mengintegrasikan aspek fitokimia, farmakologi, toksisitas, serta efektivitas klinis dalam satu kerangka penelitian yang lebih komprehensif. Sintesis ini menjadi dasar untuk memahami karakteristik aktivitas antibakteri masing-masing bahan alami, yang selanjutnya dibahas lebih mendalam melalui analisis mekanisme dan efektivitas madu sebagai agen antimikroba alami.

Aktivitas Antibakteri Madu sebagai Agen Antimikroba Alami

Madu merupakan salah satu produk alami yang paling banyak diteliti sebagai agen antibakteri karena memiliki mekanisme kerja yang bersifat multifaktorial dan melibatkan berbagai senyawa bioaktif yang bekerja secara sinergis. Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa efektivitas antibakteri madu dipengaruhi oleh karakteristik fisikokimia, seperti pH, kadar air, tekanan osmotik, kandungan hidrogen peroksida, serta konsentrasi senyawa fenolik dan flavonoid yang berbeda pada setiap jenis madu. Perbedaan tersebut berkaitan erat dengan asal botani tanaman, kondisi geografis, musim, dan sumber nektar yang dimanfaatkan lebah sehingga menghasilkan variasi komposisi metabolit sekunder pada produk akhir. Kondisi ini menyebabkan aktivitas antibakteri setiap madu tidak dapat disamaratakan meskipun berasal dari spesies tanaman yang serupa. Kompleksitas komposisi tersebut menjadikan madu sebagai sistem biologis yang memiliki spektrum aktivitas antimikroba lebih luas dibandingkan senyawa tunggal karena berbagai komponen aktifnya mampu bekerja melalui target biologis yang berbeda secara bersamaan (Ogwu & Izah, 2025). Perspektif tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pemanfaatan madu sebagai antibakteri sangat bergantung pada karakterisasi kimia yang mendalam, bukan hanya identifikasi asal botani.

Perbedaan karakteristik tersebut tampak pada penelitian yang membandingkan lima jenis madu Sidr dari wilayah berbeda di Maroko. Meskipun seluruh sampel berasal dari tanaman yang sama, masing-masing madu menunjukkan variasi kandungan flavonoid, aktivitas antioksidan, kadar protein, dan nilai pH yang berimplikasi langsung terhadap kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri. Madu Sidr asal Zaggota dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri paling tinggi terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa* dibandingkan madu dari wilayah lainnya (El-Yagoubi et al., 2025). Penelitian lain juga memperlihatkan bahwa madu oak menunjukkan aktivitas penghambatan yang lebih baik terhadap *Streptococcus pyogenes* dibandingkan jenis madu alami lain yang diuji, meskipun efektivitasnya terhadap beberapa bakteri Gram negatif relatif lebih rendah (Faiz et al., 2025). Variasi tersebut mengindikasikan bahwa komposisi metabolit sekunder memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap aktivitas antibakteri dibandingkan klasifikasi jenis madu semata. Untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai hasil sintesis penelitian, karakteristik aktivitas antibakteri berbagai jenis madu dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Karakteristik Aktivitas Antibakteri Berbagai Jenis Madu

Jenis Madu	Bakteri Target	Temuan Utama
Madu Sidr	<i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Menunjukkan aktivitas antibakteri tertinggi pada sampel asal Zaggota yang memiliki kandungan flavonoid dan aktivitas antioksidan lebih tinggi.

Madu Oak	<i>Streptococcus pyogenes</i> dan bakteri klinis lainnya	Memiliki aktivitas penghambatan paling tinggi dibandingkan sebagian besar madu alami yang diuji.
Madu <i>Schefflera oleifera</i>	Bakteri pangan	Memiliki aktivitas antibakteri dan antioksidan, meskipun efektivitasnya masih berada di bawah madu Manuka.
Madu Manuka	Bakteri oral	Tetap mempertahankan aktivitas antibakteri meskipun berada pada lingkungan yang mengandung saliva buatan.
Kombinasi madu–propolis	<i>Listeria monocytogenes</i> , <i>Clostridium perfringens</i>	Memberikan efek bakterisida lebih kuat dibandingkan penggunaan madu secara tunggal.
Madu alami	<i>Staphylococcus aureus</i>	Konsentrasi tinggi efektif menghambat isolat bakteri yang resisten terhadap antibiotik.
Madu randu	<i>Escherichia coli</i>	Menunjukkan aktivitas penghambatan pertumbuhan bakteri secara <i>in vitro</i> .

Aktivitas antibakteri yang dirangkum pada Tabel 2 menunjukkan bahwa efektivitas madu tidak mengikuti satu pola yang seragam, tetapi sangat dipengaruhi oleh variasi komposisi fitokimia yang terbentuk dari perbedaan sumber botani dan kondisi lingkungan tempat madu diproduksi. Madu Sidr, Oak, dan Manuka secara konsisten memperlihatkan kemampuan penghambatan yang lebih tinggi dibandingkan beberapa jenis madu lainnya, meskipun masing-masing memiliki karakteristik metabolit bioaktif yang berbeda (El-Yagoubi et al., 2025; Faiz et al., 2025). Penelitian Hasan et al. (2025) menunjukkan bahwa madu alami pada konsentrasi 75–100% masih efektif menghambat pertumbuhan isolat *Staphylococcus aureus* yang telah resisten terhadap antibiotik, sedangkan Hermawati dan Islamy (2023) melaporkan bahwa madu randu lokal juga mampu menghambat pertumbuhan *Escherichia coli* secara *in vitro*. Pola tersebut mengindikasikan bahwa aktivitas antibakteri madu tidak hanya bergantung pada kadar gula yang tinggi, tetapi juga dipengaruhi oleh keberadaan metabolit sekunder yang bekerja melalui mekanisme biologis yang saling melengkapi. Karakteristik ini menjadikan madu sebagai kandidat antibakteri alami yang memiliki spektrum aktivitas relatif luas terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif.

Kajian yang disintesis juga memperlihatkan bahwa mekanisme antibakteri madu berkembang dari konsep konvensional yang hanya menitikberatkan pada tekanan osmotik dan pembentukan hidrogen peroksida menuju pemahaman yang lebih komprehensif mengenai peran metabolit bioaktif. Analisis metabolomik berhasil mengidentifikasi ratusan senyawa yang berpotensi memberikan kontribusi terhadap aktivitas antibakteri, termasuk flavonoid, asam fenolat, terpenoid, saponin, serta berbagai metabolit spesifik yang hanya ditemukan pada jenis madu tertentu (Li et al., 2025). Pada madu Manuka, keberadaan metilglioksal diketahui berperan penting dalam mempertahankan aktivitas antibakteri meskipun aktivitas hidrogen peroksida menurun akibat kondisi fisiologis tertentu. Penelitian Godocikova et al. (2025) menunjukkan bahwa madu Manuka tetap mampu menghambat pertumbuhan bakteri oral setelah bercampur dengan saliva buatan, sedangkan efektivitas beberapa antiseptik komersial mengalami penurunan. Temuan tersebut menunjukkan bahwa efektivitas madu berasal dari interaksi berbagai komponen aktif yang bekerja melalui mekanisme berbeda, seperti gangguan integritas membran, peningkatan stres oksidatif, penghambatan metabolisme sel, dan penekanan pembentukan biofilm bakteri. Kompleksitas mekanisme tersebut menjelaskan mengapa madu memiliki potensi sebagai agen antimikroba multitarget yang relatif sulit dihindari oleh bakteri melalui satu mekanisme resistensi saja.

Potensi madu sebagai antibakteri juga mengalami perkembangan melalui pendekatan formulasi kombinasi dengan produk lebah lain, terutama propolis yang kaya akan senyawa fenolik dan flavonoid. Hasil sintesis menunjukkan bahwa kombinasi madu dan propolis menghasilkan aktivitas bakterisida yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan madu secara tunggal terhadap *Listeria monocytogenes* maupun *Clostridium perfringens* karena adanya sinergisme antarsenyawa bioaktif yang memperkuat kerusakan membran dan menghambat proses metabolisme bakteri (Sánchez-Martín et al., 2025). Arah

pengembangan tersebut menunjukkan bahwa formulasi multikomponen lebih menjanjikan dibandingkan penggunaan satu bahan aktif karena mampu menyerang beberapa target biologis secara bersamaan. Pendekatan serupa juga sejalan dengan perkembangan pemanfaatan bahan alam sebagai sumber agen antimikroba baru untuk menghadapi peningkatan resistensi antibiotik yang terus dilaporkan di berbagai negara (WHO, 2025). Bukti yang tersedia memperlihatkan bahwa madu tidak hanya berpotensi sebagai antibakteri alami, tetapi juga sebagai komponen formulasi terapeutik yang dapat dikombinasikan dengan senyawa bioaktif lain untuk meningkatkan efektivitas antimikroba. Pengembangan tersebut tetap memerlukan standardisasi mutu, karakterisasi metabolit, serta validasi melalui penelitian praklinis dan klinis agar pemanfaatannya dapat diterapkan secara lebih luas dalam bidang kesehatan.

Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Mentimun (*Cucumis sativus* L.) sebagai Agen Antimikroba Alami

Ekstrak daun mentimun (*Cucumis sativus* L.) semakin banyak mendapat perhatian sebagai sumber antibakteri alami karena mengandung berbagai metabolit sekunder yang berperan dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen. Hasil sintesis literatur menunjukkan bahwa daun mentimun mengandung flavonoid, fenolik, alkaloid, tanin, saponin, dan terpenoid yang bekerja melalui mekanisme berbeda, seperti merusak integritas dinding sel bakteri, meningkatkan permeabilitas membran, mengganggu aktivitas enzim, serta menghambat sintesis biomolekul esensial. Keberadaan berbagai senyawa tersebut menyebabkan aktivitas antibakteri ekstrak daun mentimun tidak bergantung pada satu target molekuler, tetapi melibatkan interaksi beberapa mekanisme biologis secara simultan. Karakteristik tersebut menjadi salah satu alasan meningkatnya minat terhadap tanaman obat sebagai sumber alternatif antimikroba dalam menghadapi berkembangnya resistensi terhadap antibiotik sintetis. Pendekatan berbasis bahan alam juga dinilai memiliki peluang untuk menghasilkan senyawa antimikroba baru dengan mekanisme kerja yang berbeda dari antibiotik konvensional sehingga dapat memperluas pilihan terapi terhadap infeksi bakteri (El-Saadony et al., 2025). Kajian terbaru mengenai komposisi fitokimia daun mentimun juga memperlihatkan bahwa variasi kandungan metabolit dipengaruhi oleh bagian tanaman, metode ekstraksi, dan jenis pelarut yang digunakan sehingga efektivitas antibakterinya dapat berbeda antarpencapaian (Kurniawaty & Nareswari, 2025).

Bukti eksperimental menunjukkan bahwa ekstrak daun mentimun mampu menghambat pertumbuhan berbagai bakteri Gram positif maupun Gram negatif, meskipun tingkat efektivitasnya dipengaruhi oleh konsentrasi ekstrak, metode ekstraksi, serta karakteristik bakteri uji. Penelitian terhadap ekstrak mentimun menunjukkan adanya penghambatan terhadap *Bacillus cereus* dan *Salmonella Typhi*, yang mengindikasikan bahwa senyawa bioaktif pada tanaman ini memiliki spektrum aktivitas yang relatif luas terhadap bakteri penyebab infeksi (Endarini et al., 2022). Perkembangan penelitian selanjutnya tidak hanya berfokus pada ekstrak konvensional, tetapi juga mengembangkan formulasi kombinasi, pemanfaatan nanoteknologi, serta eksplorasi mikroorganisme endofit yang hidup pada jaringan daun mentimun untuk meningkatkan efektivitas antibakterinya (Amani & Surentar, 2024). Ringkasan hasil sintesis mengenai berbagai pendekatan pemanfaatan daun mentimun sebagai agen antibakteri disajikan pada Tabel 3. Penyajian tersebut memperlihatkan bahwa arah penelitian telah berkembang dari evaluasi aktivitas ekstrak sederhana menuju inovasi formulasi berbasis teknologi dan bioteknologi.

Tabel 3. Sintesis Aktivitas Antibakteri Berbasis Daun Mentimun (*Cucumis sativus* L.)

Bentuk Intervensi	Target Bakteri	Temuan Utama
Ekstrak daun mentimun	<i>Bacillus cereus</i> , <i>Salmonella Typhi</i>	Menghambat pertumbuhan bakteri dengan efektivitas yang dipengaruhi konsentrasi ekstrak.
Formulasi <i>Cucumis sativus</i> dan <i>Citrus macroptera</i>	Patogen rongga mulut	Menunjukkan aktivitas antimikroba yang baik dengan tingkat sitotoksitas rendah.
Nanopartikel TiO ₂ berbasis ekstrak daun mentimun	<i>Halomonas halophila</i> , <i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Aktivitas antibakteri lebih tinggi dibandingkan ekstrak tanaman tanpa formulasi nanopartikel.

Ekstrak endofit <i>Aspergillus niger</i>	<i>Staphylococcus aureus</i> termasuk MRSA	Menghambat pertumbuhan bakteri, merusak biofilm, dan mempercepat penyembuhan luka.
Ekstrak endofit <i>Rhodotorula mucilaginosa</i>	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Menghambat pertumbuhan bakteri, menekan biofilm, dan meningkatkan regenerasi jaringan.

Data pada Tabel 3 memperlihatkan adanya kecenderungan bahwa efektivitas antibakteri meningkat seiring berkembangnya pendekatan penelitian terhadap daun mentimun. Ekstrak konvensional telah menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri, tetapi pengembangan formulasi kombinasi, sintesis nanopartikel, dan eksplorasi metabolit endofit menghasilkan aktivitas biologis yang lebih luas serta mekanisme kerja yang lebih kompleks. Pola tersebut menunjukkan bahwa peningkatan efektivitas antibakteri tidak hanya bergantung pada kandungan metabolit sekunder tanaman, tetapi juga pada strategi formulasi yang mampu meningkatkan stabilitas, bioavailabilitas, dan interaksi senyawa aktif dengan sel bakteri. Perkembangan ini sejalan dengan tren pemanfaatan tanaman obat modern yang tidak lagi berorientasi pada penggunaan ekstrak kasar, melainkan pada optimalisasi senyawa bioaktif melalui pendekatan bioteknologi dan nanoteknologi (El-Saadony et al., 2025). Sintesis tersebut memperlihatkan bahwa daun mentimun memiliki potensi yang lebih besar apabila dikembangkan dalam bentuk formulasi inovatif dibandingkan hanya digunakan sebagai ekstrak sederhana.

Salah satu perkembangan yang paling menonjol adalah pemanfaatan ekstrak daun mentimun sebagai agen biologis dalam sintesis nanopartikel melalui pendekatan *green synthesis*. Senyawa fenolik dan flavonoid yang terkandung dalam ekstrak berperan sebagai agen pereduksi sekaligus penstabil sehingga memungkinkan pembentukan nanopartikel titanium dioksida tanpa penggunaan bahan kimia sintesis yang bersifat toksik. Nanopartikel yang dihasilkan memiliki ukuran sangat kecil sehingga luas permukaan kontak dengan sel bakteri meningkat dan kemampuan penetrasi terhadap membran bakteri menjadi lebih baik. Penelitian menunjukkan bahwa nanopartikel TiO₂ berbasis ekstrak daun mentimun menghasilkan aktivitas antibakteri yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak tanaman dalam bentuk konvensional karena mampu menghasilkan spesies oksigen reaktif yang merusak membran sel, protein, dan materi genetik bakteri (Raza et al., 2025). Pendekatan tersebut memperlihatkan bahwa integrasi antara bahan alam dan nanoteknologi mampu meningkatkan potensi terapeutik tanaman obat secara signifikan. Inovasi ini juga membuka peluang pengembangan agen antibakteri yang lebih efektif terhadap bakteri yang mulai menunjukkan penurunan sensitivitas terhadap antibiotik.

Perkembangan lain yang mendapat perhatian adalah eksplorasi mikroorganisme endofit yang hidup secara alami pada jaringan daun mentimun sebagai sumber metabolit antibakteri baru. Ekstrak *Aspergillus niger* endofit dilaporkan memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, termasuk galur yang resisten terhadap metisilin, sekaligus mengurangi pembentukan biofilm dan mempercepat regenerasi jaringan melalui peningkatan migrasi fibroblas serta penurunan ekspresi sitokin proinflamasi (El-Bouseary et al., 2025). Aktivitas serupa juga ditemukan pada ekstrak *Rhodotorula mucilaginosa* yang efektif menghambat *Pseudomonas aeruginosa*, menekan pembentukan biofilm, dan mempercepat penyembuhan luka melalui stimulasi re-epitelisasi jaringan (Eliwa et al., 2025). Temuan tersebut menunjukkan bahwa potensi antibakteri daun mentimun tidak hanya berasal dari metabolit tanaman, tetapi juga dari metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit yang hidup di dalam jaringannya. Hubungan simbiotik tersebut memperluas peluang eksplorasi senyawa bioaktif baru yang sebelumnya belum banyak dimanfaatkan dalam pengembangan terapi antimikroba. Arah penelitian ini mencerminkan pergeseran fokus dari eksplorasi fitokimia menuju pemanfaatan ekosistem mikroba tanaman sebagai sumber kandidat antibakteri generasi baru.

Sintesis berbagai penelitian menunjukkan bahwa pengembangan daun mentimun sebagai agen antibakteri telah mengalami evolusi dari penggunaan ekstrak kasar menuju formulasi yang lebih maju melalui pendekatan nanoteknologi, kombinasi fitofarmaka, dan eksplorasi metabolit endofit. Pergeseran tersebut menghasilkan peningkatan efektivitas antibakteri sekaligus memperluas manfaat biologis, termasuk aktivitas antibiofilm, antiinflamasi, dan penyembuhan luka yang relevan dalam penatalaksanaan infeksi bakteri. Meskipun demikian, sebagian besar penelitian masih mengevaluasi masing-masing pendekatan secara terpisah sehingga hubungan antara kandungan metabolit tanaman, metabolit endofit, dan strategi formulasi terhadap efektivitas antibakteri belum terintegrasi secara

komprehensif. Bukti ilmiah yang tersedia juga masih didominasi oleh penelitian *in vitro* dan *in vivo* praklinis sehingga validasi klinis terhadap keamanan dan efektivitasnya masih memerlukan pembuktian lebih lanjut. Kesenjangan tersebut membuka peluang untuk mengembangkan pendekatan yang mengombinasikan berbagai sumber senyawa bioaktif alami agar diperoleh aktivitas antibakteri yang lebih optimal sekaligus mampu menekan risiko berkembangnya resistensi mikroba. Pendekatan tersebut menjadi landasan penting untuk mengevaluasi potensi sinergis antara ekstrak daun mentimun dan madu sebagai kandidat antibakteri alami yang dibahas pada bagian berikutnya.

Potensi Sinergis Kombinasi Ekstrak Daun Mentimun (*Cucumis sativus* L.) dan Madu sebagai Antibakteri Alami

Sintesis literatur menunjukkan bahwa ekstrak daun mentimun dan madu memiliki mekanisme antibakteri yang berbeda, tetapi saling melengkapi sehingga berpotensi menghasilkan efek sinergis apabila dikembangkan dalam satu formulasi. Daun mentimun bekerja terutama melalui aktivitas metabolit sekundernya yang mengganggu integritas membran, menghambat aktivitas enzim, serta meningkatkan stres oksidatif pada sel bakteri, sedangkan madu membentuk lingkungan yang tidak mendukung pertumbuhan mikroorganisme melalui tekanan osmotik tinggi, pH asam, hidrogen peroksida, serta berbagai senyawa fenolik yang bekerja secara simultan (El-Saadony et al., 2025). Perbedaan target biologis tersebut menunjukkan bahwa kombinasi kedua bahan berpotensi memperluas spektrum aktivitas antibakteri dibandingkan penggunaan masing-masing bahan secara tunggal. Pendekatan multikomponen seperti ini semakin banyak dikembangkan dalam penelitian antimikroba modern karena mampu menekan peluang bakteri mengembangkan mekanisme resistensi terhadap satu jenis senyawa aktif. Strategi tersebut juga sejalan dengan kecenderungan pengembangan fitofarmaka yang mengombinasikan beberapa sumber metabolit bioaktif untuk memperoleh efek terapeutik yang lebih stabil. Potensi tersebut menjadi dasar konseptual bagi pengembangan formulasi antibakteri alami berbasis kombinasi daun mentimun dan madu.

Beberapa penelitian yang dianalisis memperlihatkan bahwa peningkatan aktivitas antibakteri lebih mudah dicapai ketika bahan alami dikombinasikan dibandingkan digunakan secara tunggal. Formulasi ekstrak *Cucumis sativus* dengan *Citrus macroptera* menghasilkan aktivitas antimikroba yang lebih baik dibandingkan ekstrak tunggal terhadap patogen rongga mulut, yang menunjukkan bahwa interaksi antarsenyawa fitokimia mampu meningkatkan efektivitas biologis (Amani & Surenthar, 2024). Fenomena yang sama juga terlihat pada kombinasi madu dan propolis yang menghasilkan aktivitas bakterisida lebih tinggi terhadap *Listeria monocytogenes* dan *Clostridium perfringens* dibandingkan madu tanpa penambahan propolis (Sánchez-Martín et al., 2025). Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa sinergisme antarsenyawa bioaktif merupakan pendekatan yang rasional dalam pengembangan antibakteri berbasis bahan alam. Ringkasan bukti yang mendukung potensi sinergisme tersebut disajikan pada Tabel 4. Penyajian ini memberikan gambaran mengenai bagaimana pendekatan kombinasi telah diterapkan pada berbagai penelitian meskipun belum secara spesifik mengombinasikan ekstrak daun mentimun dan madu.

Tabel 4. Bukti yang Mendukung Potensi Sinergisme Antibakteri Bahan Alami

Pendekatan	Mekanisme utama	Potensi yang dihasilkan
Ekstrak daun mentimun	Flavonoid, fenolik, alkaloid, saponin, tanin merusak membran dan menghambat metabolisme bakteri	Aktivitas antibakteri terhadap bakteri Gram positif dan Gram negatif
Madu	Tekanan osmotik, pH asam, hidrogen peroksida, senyawa fenolik dan flavonoid	Menghambat pertumbuhan bakteri dan pembentukan biofilm
Madu + propolis	Sinergisme senyawa fenolik dari kedua bahan	Efek bakterisida lebih tinggi dibandingkan madu tunggal
<i>Cucumis sativus</i> + <i>Citrus macroptera</i>	Kombinasi metabolit fitokimia	Aktivitas antimikroba meningkat dengan toksisitas rendah

Nanopartikel ekstrak mentimun	berbasis Peningkatan luas permukaan dan pembentukan ROS	Efektivitas antibakteri lebih tinggi dibandingkan ekstrak konvensional
-------------------------------	---	--

Data pada Tabel 4 memperlihatkan bahwa peningkatan aktivitas antibakteri umumnya dicapai melalui dua pendekatan utama, yaitu kombinasi berbagai metabolit bioaktif dan peningkatan efektivitas penghantaran senyawa aktif. Kedua pendekatan tersebut menghasilkan mekanisme kerja yang lebih kompleks sehingga bakteri menghadapi tekanan biologis dari beberapa jalur secara bersamaan. Kondisi tersebut berbeda dengan antibiotik tunggal yang umumnya bekerja pada satu target molekuler sehingga lebih mudah memicu munculnya resistensi. Sintesis ini menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak daun mentimun dan madu secara konseptual memenuhi karakteristik tersebut karena masing-masing bahan memiliki mekanisme antibakteri yang saling melengkapi. Potensi sinergisme ini juga didukung oleh kecenderungan penelitian terkini yang semakin mengutamakan formulasi multikomponen dibandingkan eksplorasi senyawa tunggal sebagai agen antimikroba baru (Ogwu & Izah, 2025). Meskipun demikian, bukti langsung mengenai kombinasi kedua bahan tersebut masih sangat terbatas sehingga efektivitas sinergisnya belum dapat disimpulkan secara definitif.

Dari perspektif mekanistik, kombinasi ekstrak daun mentimun dan madu diperkirakan mampu menghasilkan efek antibakteri yang lebih komprehensif melalui interaksi berbagai senyawa aktif. Flavonoid, tanin, dan fenolik dari daun mentimun dapat meningkatkan permeabilitas membran bakteri sehingga komponen antibakteri madu lebih mudah mencapai target intraseluler. Pada saat yang sama, tekanan osmotik, hidrogen peroksida, serta metabolit spesifik pada madu dapat mempercepat kerusakan sel yang telah mengalami gangguan membran sehingga menghasilkan efek penghambatan yang lebih besar dibandingkan penggunaan satu bahan saja. Interaksi tersebut juga berpotensi meningkatkan kemampuan menghambat pembentukan biofilm yang merupakan salah satu mekanisme utama bakteri dalam mempertahankan diri terhadap antibiotik dan respons imun inang (El-Bouseary et al., 2025; Eliwa et al., 2025). Walaupun mekanisme tersebut masih bersifat konseptual pada kombinasi daun mentimun dan madu, pola yang sama telah dibuktikan pada berbagai kombinasi produk alami lain sehingga memiliki dasar biologis yang kuat. Pendekatan ini memberikan peluang untuk menghasilkan formulasi antibakteri alami yang tidak hanya efektif menghambat pertumbuhan bakteri, tetapi juga mendukung proses penyembuhan jaringan yang mengalami infeksi.

Hasil sintesis penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan ekstrak daun mentimun dan madu memiliki prospek yang besar dalam pengembangan agen antibakteri alami, terutama untuk menghadapi meningkatnya prevalensi resistensi antimikroba. Bukti yang tersedia memperlihatkan bahwa masing-masing bahan telah memiliki dasar ilmiah yang kuat mengenai aktivitas antibakteri, antibiofilm, antiinflamasi, dan penyembuhan luka, tetapi penelitian yang secara langsung mengevaluasi kombinasi keduanya masih sangat terbatas. Kesenjangan tersebut menunjukkan bahwa arah penelitian berikutnya perlu difokuskan pada pengujian efek sinergisme menggunakan berbagai metode, seperti pengukuran *fractional inhibitory concentration index* (FICI), analisis biofilm, pengamatan mikroskopis, hingga validasi *in vivo* dan uji klinis. Standardisasi metode ekstraksi, karakterisasi fitokimia, serta penetapan rasio formulasi juga diperlukan agar hasil penelitian memiliki tingkat reproduksibilitas yang tinggi. Pengembangan berbasis bukti tersebut diharapkan mampu menghasilkan formulasi antibakteri alami yang lebih efektif, aman, dan berkelanjutan sebagai alternatif maupun terapi pendukung dalam pengendalian infeksi bakteri pada masa mendatang.

KESIMPULAN

Hasil tinjauan pustaka ini menunjukkan bahwa ekstrak daun mentimun (*Cucumis sativus* L.) dan madu merupakan dua bahan alam yang memiliki potensi besar sebagai agen antibakteri melalui mekanisme kerja yang berbeda, tetapi saling melengkapi. Ekstrak daun mentimun mengandung berbagai metabolit sekunder, seperti flavonoid, fenolik, alkaloid, saponin, tanin, dan terpenoid, yang berperan dalam merusak membran sel bakteri, mengganggu aktivitas enzim, menghambat pembentukan biofilm, serta meningkatkan stres oksidatif pada mikroorganisme patogen. Perkembangan penelitian juga menunjukkan bahwa potensi daun mentimun dapat ditingkatkan melalui pendekatan fitofabrikasi nanopartikel berbasis *green synthesis* maupun eksplorasi metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisme endofit, sehingga aktivitas antibakteri dan kemampuan penyembuhan luka menjadi lebih optimal. Di sisi lain, madu memperlihatkan aktivitas antibakteri spektrum luas yang dipengaruhi

oleh tekanan osmotik tinggi, pH yang rendah, pembentukan hidrogen peroksida, serta kandungan senyawa fenolik dan flavonoid yang bervariasi sesuai asal botani dan geografisnya. Sintesis berbagai penelitian juga menunjukkan bahwa efektivitas madu dapat meningkat ketika dikombinasikan dengan produk lebah lain, seperti propolis, yang menghasilkan efek bakterisida lebih kuat dibandingkan penggunaan madu secara tunggal. Temuan tersebut menegaskan bahwa kedua bahan alami memiliki prospek yang menjanjikan sebagai sumber kandidat antibakteri alternatif dalam menghadapi meningkatnya tantangan resistensi antimikroba.

Kajian ini juga menunjukkan bahwa pengembangan kombinasi ekstrak daun mentimun dan madu memiliki landasan ilmiah yang kuat karena masing-masing bahan bekerja melalui jalur biologis yang berbeda sehingga berpotensi menghasilkan efek sinergis terhadap bakteri patogen. Meskipun demikian, bukti ilmiah yang tersedia masih didominasi oleh penelitian *in vitro*, sedangkan penelitian *in vivo*, uji praklinis yang lebih komprehensif, dan uji klinis pada manusia masih sangat terbatas. Variasi metode ekstraksi, jenis pelarut, karakteristik madu, konsentrasi bahan uji, spesies bakteri, serta metode pengujian aktivitas antibakteri juga menyebabkan hasil antarpemeriksaan belum sepenuhnya dapat dibandingkan secara langsung. Penelitian yang secara khusus mengevaluasi kombinasi ekstrak daun mentimun dan madu sebagai satu formulasi antibakteri masih sangat sedikit sehingga efektivitas, keamanan, serta mekanisme sinergis kedua bahan tersebut belum dapat dipastikan secara komprehensif. Penelitian selanjutnya perlu diarahkan pada standarisasi proses ekstraksi, karakterisasi kandungan senyawa bioaktif, pengujian sinergisme menggunakan metode yang terstandar, serta validasi melalui penelitian *in vivo* dan uji klinis. Pengembangan berbasis bukti tersebut diharapkan mampu menghasilkan formulasi antibakteri alami yang efektif, aman, dan berkelanjutan sebagai alternatif maupun terapi pendukung dalam pengendalian infeksi bakteri di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Amani, T., & Surenthar, M. (2024). Antimicrobial and Cytotoxic Activity of Citrus macroptera and Cucumis sativus Herbal Formulation: An in Vitro Study. *Journal of Indian Academy of Oral Medicine and Radiology*, 36(3), 274–277. https://doi.org/10.4103/jiaomr.jiaomr_393_23
- El-Bouseary, M. M., Eliwa, D., Farghali, M. H., & Ragab, A. E. (2025). Investigating the potential antibacterial, anti-biofilm, wound healing and anti-inflammatory activity of the extract of *Aspergillus niger* endophyte isolated from cucumber leaves: in vitro and in vivo study. *BMC Microbiology*, 25(1). <https://doi.org/10.1186/s12866-025-04134-w>
- El-Saadony, M. T., Saad, A. M., Mohammed, D. M., Korma, S. A., Alshahrani, M. Y., Ahmed, A. E., Ibrahim, E. H., Salem, H. M., Alkafaas, S. S., Saif, A. M., Elkafas, S. S., Fahmy, M. A., Abd El-Mageed, T. A., Abady, M. M., Assal, H. Y., El-Tarabily, M. K., Mathew, B. T., AbuQamar, S. F., El-Tarabily, K. A., & Ibrahim, S. A. (2025). Medicinal plants: bioactive compounds, biological activities, combating multidrug-resistant microorganisms, and human health benefits - a comprehensive review. *Frontiers in Immunology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2025.1491777>
- El-Yagoubi, K., Masalha, M., Abu-Farich, B., Touzani, S., Lyoussi, B., & Saad, B. (2025). Antibacterial Activity, Antioxidant Benefits, Chemical Composition, and Physicochemical Properties of Ziziphus jujuba Honey from Five Distinct Regions in Morocco. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 19(2), 1358–1370. <https://doi.org/10.22207/JPAM.19.2.39>
- Eliwa, D., El-Bouseary, M. M., Farghali, M. H., El-Masry, T. A., & Ragab, A. E. (2025). Investigation of antibacterial and wound healing activities of the extract of *Rhodotorula mucilaginosa* endophyte isolated from cucumber leaves. *Scientific Reports*, 15(1), 1–15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-16234-8>
- Endarini, L. H., Mutiarawati, D. T., & Nugrahini, A. (2022). Pertumbuhan Bakteri *Bacillus Cereus* dan *Salmonella Typhi* pada Ekstrak Mentimun (*Cucumis Sativus*). *Jurnal Penelitian Kesehatan "SUARA FORIKES"(Journal of Health Research "Forikes Voice")*, 13(3), 663–666. <http://dx.doi.org/10.33846/sf.v13i3.2175>
- Faiz, I., Ezrari, S., Saddari, A., Benaissa, E., Ben Lahlou, Y., Elouennass, M., & Maleb, A. (2025). Evaluation of the microbiological quality of some natural honeys and determination of their antibacterial activity. *Tunisie Medicale*, 103(8), 1104–1109. <https://doi.org/10.62438/tunismed.v103i8.5583>

- Godocikova, J., Hrnčiarova, M., Deglovic, J., Bucekova, M., & Majtan, J. (2025). Differences in the antibacterial efficacy of honey against oral and non-oral bacterial pathogens in artificial human saliva. *European Food Research and Technology*, 251(6), 1353–1362. <https://doi.org/10.1007/s00217-025-04709-x>
- Hasan, R. S., Alomari, S. M., Qasim, W. S., & Saadi, A. M. (2025). Antibacterial Effect of Natural Honey of known active components by GC-MS technique against Staphylococcus aureus. *Journal of Bioscience and Applied Research*, 11(2), 533–548. <https://doi.org/10.21608/jbaar.2025.358175.1148>
- Hermawati, A. H., & Islamy, A. (2023). Uji Daya Hambat Madu Randu Terhadap Escherichia coli Secara in vitro. *The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*, 6(2), 160–169. <https://doi.org/10.30651/jmlt.v6i2.18206>
- Imma Irfani, Q., & Lusinta, H. (2024). Prevalensi, Pola Kepekaan Antibiotik serta Perbandingan kejadian MRSA antara pasien laki-laki dan perempuan di Rumah Sakit dr. Soeradji Tirtonegoro. *MJS Medical Journal of Soeradji*, 1(1), 61–69. <https://doi.org/10.70605/vhnpwf29>
- Kemendes RI. (2024). *Waspada Bakteri Kebal Antibiotik*. Diakses dari <https://www.kemkes.go.id/id/waspada-bakteri-kebal-antibiotik>
- Kurniawaty, E., & Nareswari, S. (2025). Literatur Review Senyawa Bioaktif dalam Ekstrak Mentimun (Cucumis sativus L.) dan Potensinya sebagai Alternatif Antibiotik Alami. *Jurnal Agromedicine Unila: Jurnal Kesehatan dan Agromedicine*, 12(2), 126–135. <https://doi.org/10.23960/jka.v12i2.pp126-135>
- Li, J., Wang, J., Wang, Y., & Yang, W. (2025). Physicochemical Properties, Antioxidant and Antibacterial Activities and Anti-Hepatocarcinogenic Effect and Potential Mechanism of Schefflera oleifera Honey Against HepG2 Cells. *Foods*, 14(13), 1–21. <https://doi.org/10.3390/foods14132376>
- Ogwu, M. C., & Izah, S. C. (2025). Honey as a Natural Antimicrobial. *Antibiotics*, 14(3), 255. <https://doi.org/10.3390/antibiotics14030255>
- Prasetyaningsih, A., Madyaningrana, K., & Senaen, J. C. (2022). Potensi biofungisida ekstrak akar, batang dan daun mentimun (Cucumis sativus L.) terhadap Fusarium oxysporum. *Sciscitatio: Journal for Biological Science*, 3(2), 100–108. <https://doi.org/10.21460/sciscitatio.2022.32.96>
- Raza, M. A., Farwa, U., Hamayun, M., Ashraf, S., Ashraf, A., Sandhu, Z. A., Mahnoor, Rehman, S. U., Youssef, M. S., & Ali, H. T. (2025). Phytofabrication of TiO₂ nanoparticles and their antibacterial efficacy: a study using Cucumis sativus and Raphanus sativus. *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 20(3), 995–1003. <https://doi.org/10.15251/DJNB.2025.203.995>
- Sánchez-Martín, V., López-Parra, M. B., Iriando-DeHond, A., Wojdyło, A., Michalska-Ciechanowska, A., Haza, A. I., Morales, P., & del Castillo, M. D. (2025). Natural Honey-Propolis Combinations with Health-Promoting Potential: Antibacterial Activity Against Foodborne Pathogens. *Pharmaceuticals*, 18(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ph18070988>
- WHO. (2024). *Kematian Akibat AMR Diperkirakan Capai 10 Juta Orang pada 2050, Kemendes dan WHO Launching Strategi Nasional*. Diakses dari <https://www.who.int/indonesia/id/news/detail/20-08-2024-deaths-due-to-amr-estimated-to-reach-10-million-people-by-2050--ministry-of-health-and-who-launch-national-strategy>
- WHO. (2025). *Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS)*. Diakses dari <https://www.who.int/initiatives/glass>