



Potensi Ekstrak Daun Kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai Agen Antibakteri terhadap Bakteri Patogen Umum

Parwito¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Ratu Samban, Bengkulu, Indonesia

E-mail: parwitoug@gmail.com

Article Info

Article history:

Received October 06, 2025

Revised October 19, 2025

Accepted October 23, 2025

Keywords:

Moringa Oleifera, *Moringa* Leaves, Antibacterial, Quercetin, Antibiotic Resistance, Pathogenic Bacteria.

ABSTRACT

Antibiotic resistance has become an urgent global threat to public health, prompting the search for antimicrobial alternatives from natural sources. *Moringa* leaves (*Moringa oleifera*) have long been known as a plant with various medicinal properties, including antibacterial activity. This article examines the potential of moringa leaf extract as an antibacterial agent against common pathogenic bacteria such as *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Klebsiella pneumoniae*. A literature review shows that moringa leaves contain major bioactive compounds such as flavonoids (especially quercetin), tannins, saponins, and alkaloids that have antibacterial mechanisms through damage to bacterial cell membranes, inhibition of protein synthesis, and disruption of bacterial cell communication systems. Commonly used extraction methods include maceration and extraction with various solvents such as ethanol, methanol, and water. The results of the study show that moringa leaf extract has a significant inhibition zone against both Gram-positive and Gram-negative bacteria, with minimum inhibitory concentrations (MIC) varying depending on the type of bacteria and extraction method. Quercetin, as the dominant component, exhibits antibacterial activity through molecular interaction with bacterial proteins. Kesimpulannya, ekstrak daun kelor menunjukkan potensi besar sebagai alternatif antibakteri alami yang dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah resistensi antibiotik, meskipun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk aplikasi klinis.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received October 06, 2025

Revised October 19, 2025

Accepted October 23, 2025

Keywords:

Moringa Oleifera, Daun Kelor, Antibakteri, Kuersetin, Resistensi Antibiotik, Bakteri Patogen

ABSTRACT

Resistensi antibiotik telah menjadi ancaman global yang mendesak bagi kesehatan masyarakat, mendorong pencarian alternatif antimikroba dari sumber alami. Daun kelor (*Moringa oleifera*) telah lama dikenal sebagai tanaman dengan berbagai khasiat medis, termasuk aktivitas antibakteri. Artikel ini mengkaji potensi ekstrak daun kelor sebagai agen antibakteri terhadap bakteri patogen umum seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Klebsiella pneumoniae*. Tinjauan literatur menunjukkan bahwa daun kelor mengandung senyawa bioaktif utama berupa flavonoid (terutama kuersetin), tanin, saponin, dan alkaloid yang memiliki mekanisme antibakteri melalui kerusakan membran sel bakteri, penghambatan sintesis protein, dan gangguan sistem komunikasi sel bakteri. Metode ekstraksi yang umum digunakan meliputi maserasi dan ekstraksi dengan berbagai pelarut



seperti etanol, metanol, dan air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor memiliki zona hambat yang signifikan terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif, dengan konsentrasi hambat minimum (KHM) yang bervariasi tergantung jenis bakteri dan metode ekstraksi. Kuersetin sebagai komponen dominan menunjukkan aktivitas antibakteri melalui interaksi molekular dengan protein bakteri. Kesimpulannya, ekstrak daun kelor menunjukkan potensi besar sebagai alternatif antibakteri alami yang dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah resistensi antibiotik, meskipun penelitian lebih lanjut diperlukan untuk aplikasi klinis.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Parwito

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Ratu Samban

E-mail: parwitougma@gmail.com

Pendahuluan

Kementerian Kesehatan Republik Indonesia melaporkan bahwa pada tahun 2023, angka resistensi antimikroba pada bakteri jenis *Escherichia coli* dan *Klebsiella pneumoniae* di 24 rumah sakit sentinel mencapai 70,75%, melampaui target tahun 2024 sebesar 52%. Kedua bakteri ini dapat menyebabkan kematian dan menyerang seluruh sistem organ dalam tubuh manusia (Kemenkes RI, 2024). Kondisi ini menunjukkan adanya peningkatan resistensi antimikroba yang mengkhawatirkan. Lebih lanjut, berdasarkan analisis dari 48 penelitian di berbagai wilayah Indonesia antara tahun 2008 hingga 2024, prevalensi bakteri penghasil *Extended-Spectrum Beta-Lactamase* (ESBL) mencapai 46,38%, dengan variasi regional yang signifikan. Sumatra mencatat angka tertinggi sebesar 63,99%, sementara Kalimantan memiliki angka terendah 15,24%. Fakta bahwa prevalensi di rumah sakit (47,13%) hampir sama dengan di komunitas (47,26%) menunjukkan bahwa resistensi antibiotik bukan hanya masalah rumah sakit, tetapi juga sudah menyebar luas di masyarakat (UNAIR, 2025).

Resistensi antibiotik mengurangi efektivitas obat-obatan yang ada, sehingga infeksi menjadi lebih sulit ditangani. Hal ini berdampak luas pada sistem pelayanan kesehatan karena memperpanjang waktu rawat inap, meningkatkan biaya pengobatan, dan meningkatkan risiko kematian. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) memproyeksikan bahwa jika tidak ada tindakan segera, resistensi antimikroba dapat menyebabkan 10 juta kematian pada tahun 2050. Dalam merespons tantangan global ini, Indonesia telah meluncurkan Strategi Nasional Pengendalian Resistensi Antimikroba periode 2025-2029 dengan 14 intervensi utama yang berfokus pada pencegahan penyakit infeksi, akses terhadap layanan kesehatan esensial, diagnosis tepat waktu, dan pengobatan yang berkualitas (Indonesia.go.id, 2024).

Dalam konteks ini, pemanfaatan bahan alam sebagai sumber agen antimikroba alternatif menjadi semakin penting. Tanaman obat tradisional telah lama digunakan oleh berbagai peradaban untuk mengobati infeksi, dan kini mendapat perhatian serius dari komunitas ilmiah sebagai solusi potensial terhadap resistensi antibiotik. Salah satu tanaman yang menunjukkan potensi besar adalah kelor (*Moringa oleifera*), yang telah dikenal luas di



negara-negara tropis termasuk Indonesia sebagai tanaman dengan khasiat medis yang beragam.

Moringa oleifera, yang dikenal dengan sebutan kelor di Indonesia, merupakan tanaman dari famili Moringaceae yang berasal dari daerah sub-Himalaya di India dan kini telah menyebar ke berbagai negara tropis dan subtropis. Tanaman ini memiliki kemampuan tumbuh yang baik di kondisi lingkungan yang keras dan telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional untuk berbagai penyakit. Daun kelor dikenal kaya akan nutrisi, mengandung protein, vitamin, mineral, dan berbagai senyawa bioaktif yang memiliki aktivitas farmakologis.

Penelitian ilmiah modern telah mengungkapkan bahwa daun kelor mengandung berbagai senyawa fitokimia dengan aktivitas antimikroba, antioksidan, antiinflamasi, dan antikanker. Khususnya untuk aktivitas antibakteri, daun kelor mengandung flavonoid seperti kuersetin dan kaempferol, alkaloid, tanin, saponin, dan glukosinolat yang telah terbukti efektif melawan berbagai bakteri patogen baik Gram positif maupun Gram negatif. Keunggulan senyawa antibakteri dari daun kelor adalah efek samping yang relatif rendah dibandingkan dengan antibiotik sintetik, serta potensinya untuk mengatasi bakteri yang telah resisten terhadap antibiotik konvensional.

Artikel ini bertujuan untuk mengkaji secara komprehensif potensi ekstrak daun kelor sebagai agen antibakteri terhadap bakteri patogen umum. Kajian ini mencakup tinjauan literatur tentang kandungan fitokimia daun kelor, mekanisme kerja antibakterinya, metode ekstraksi yang optimal, serta efektivitasnya terhadap berbagai bakteri patogen yang sering menyebabkan infeksi pada manusia. Dengan memahami potensi dan mekanisme kerja ekstrak daun kelor, diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah untuk pengembangan alternatif antibakteri alami yang dapat berkontribusi dalam mengatasi krisis resistensi antibiotik global.

Tinjauan Pustaka

Profil Tanaman Kelor (*Moringa oleifera*)

Moringa oleifera Lam., yang dikenal dengan nama lokal kelor di Indonesia, merupakan tanaman yang berasal dari famili Moringaceae. Tanaman ini berasal dari daerah sub-Himalaya di barat laut India dan kini telah tersebar luas di berbagai negara tropis dan subtropis di Asia, Afrika, dan Amerika. Kelor dapat tumbuh hingga ketinggian 10-12 meter dengan batang yang berkayu dan bercabang tidak teratur. Daunnya berbentuk majemuk dengan anak daun yang kecil-kecil berwarna hijau terang. Tanaman ini memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap kondisi lingkungan yang ekstrem, termasuk kekeringan dan tanah yang kurang subur, sehingga cocok ditanam di berbagai daerah dengan kondisi agroklimat yang beragam.

Hampir semua bagian tanaman kelor dapat dimanfaatkan, mulai dari daun, bunga, polong muda, biji, hingga akar. Daun kelor khususnya telah lama digunakan sebagai sayuran bergizi tinggi dan obat tradisional di berbagai negara. Secara nutrisi, daun kelor kaya akan protein dengan kandungan asam amino esensial yang lengkap, vitamin A, vitamin C, kalsium, kalium, dan zat besi. Kandungan nutrisi daun kelor bahkan dilaporkan lebih tinggi dibandingkan dengan beberapa sayuran hijau lainnya, sehingga sering dijuluki sebagai superfood atau pohon ajaib.



Kandungan Fitokimia Daun Kelor

Daun kelor mengandung berbagai senyawa bioaktif yang memberikan aktivitas farmakologis, termasuk aktivitas antibakteri. Komponen fitokimia utama dalam daun kelor meliputi flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, fenol, terpenoid, dan glukosinolat. Flavonoid merupakan kelompok senyawa yang paling banyak diteliti terkait aktivitas antibakteri daun kelor, dengan kuersetin dan kaempferol sebagai komponen dominan. Kuersetin telah terbukti memiliki kemampuan mengikat ion logam seperti tembaga dan besi, serta menghambat produksi radikal bebas yang dapat merusak sel.

Penelitian fitokimia menggunakan teknik kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) dan spektrometri massa kromatografi gas (GC-MS) telah mengidentifikasi lebih dari dua puluh senyawa bioaktif dalam ekstrak daun kelor. Selain flavonoid, senyawa fenolat seperti asam klorogenat, asam ferulat, dan asam kafeat juga ditemukan dalam jumlah yang signifikan. Senyawa-senyawa ini berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan yang kuat dari daun kelor, yang pada gilirannya mendukung aktivitas antibakteri dengan melindungi sel dari stres oksidatif dan meningkatkan sistem pertahanan tubuh.

Alkaloid dalam daun kelor, meskipun dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan flavonoid, juga menunjukkan kontribusi terhadap aktivitas antimikroba. Tanin, yang merupakan senyawa polifenol, memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan protein membran sel bakteri dan menyebabkan presipitasi protein, yang pada akhirnya mengganggu fungsi membran sel. Saponin bekerja dengan cara yang serupa, yaitu berinteraksi dengan lipid membran sel dan menyebabkan kebocoran isi sel bakteri. Glukosinolat, yang merupakan senyawa karakteristik dari famili Brassicaceae namun juga ditemukan dalam *Moringa oleifera*, dapat dipecah menjadi isothiocyanate yang memiliki aktivitas antimikroba.

Mekanisme Kerja Antibakteri Ekstrak Daun Kelor

Mekanisme kerja antibakteri ekstrak daun kelor melibatkan beberapa jalur yang saling berkaitan. Mekanisme utama adalah gangguan integritas membran sel bakteri. Flavonoid, khususnya kuersetin, memiliki sifat lipofilik yang memungkinkan senyawa ini berinteraksi dengan lapisan fosfolipid ganda membran sel bakteri. Interaksi ini menyebabkan perubahan fluiditas, struktur, dan fungsi membran, yang pada akhirnya mengakibatkan kebocoran komponen intraseluler seperti ion kalium, protein, dan asam nukleat. Kerusakan membran yang parah dapat menyebabkan lisis sel dan kematian bakteri.

Selain kerusakan membran, senyawa bioaktif dalam daun kelor juga dapat mengganggu jalur metabolik penting dalam sel bakteri. Penelitian menunjukkan bahwa kuersetin dapat menghambat fungsi protein yang terlibat dalam jalur glikolisis, pelipatan protein, dan elongasi protein. Penghambatan enzim-enzim kunci dalam jalur metabolik ini menyebabkan gangguan produksi energi dan sintesis komponen seluler yang esensial, sehingga menghambat pertumbuhan dan replikasi bakteri. Mekanisme lain yang juga penting adalah penghambatan sintesis DNA dan RNA bakteri melalui interaksi dengan enzim DNA girase dan topoisomerase.

Studi terbaru menggunakan teknik molekular docking menunjukkan bahwa kuersetin memiliki afinitas pengikatan yang kuat dengan berbagai protein target bakteri. Interaksi molekular ini melibatkan ikatan hidrogen, interaksi hidrofobik, dan interaksi elektrostatik antara gugus hidroksil pada struktur kuersetin dengan residu asam amino pada protein target. Penelitian juga menunjukkan bahwa kuersetin dapat mengganggu sistem quorum sensing bakteri, yaitu mekanisme komunikasi antar sel bakteri yang penting untuk pembentukan



biofilm dan ekspresi faktor virulensi. Dengan menghambat quorum sensing, ekstrak daun kelor dapat mencegah pembentukan biofilm yang membuat bakteri lebih resisten terhadap antibiotik.

Aktivitas Antibakteri terhadap Bakteri Patogen Spesifik

Berbagai penelitian telah mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor terhadap bakteri patogen yang umum menyebabkan infeksi pada manusia. Terhadap *Staphylococcus aureus*, bakteri Gram positif yang sering menyebabkan infeksi kulit, pneumonia, dan sepsis, ekstrak daun kelor menunjukkan aktivitas penghambatan yang signifikan. Penelitian menunjukkan zona hambat berkisar antara 13-22 mm dengan konsentrasi ekstrak 2-80%, tergantung pada metode ekstraksi dan pelarut yang digunakan. Ekstrak etanol dan metanol umumnya menunjukkan aktivitas yang lebih kuat dibandingkan ekstrak air.

Escherichia coli, bakteri Gram negatif yang merupakan penyebab utama infeksi saluran kemih dan diare, juga menunjukkan sensitivitas terhadap ekstrak daun kelor. Meskipun bakteri Gram negatif memiliki membran luar tambahan yang memberikan perlindungan ekstra, senyawa bioaktif dalam daun kelor tetap mampu menembus dan merusak struktur membran ini. Studi menunjukkan bahwa konsentrasi hambat minimum (KHM) ekstrak daun kelor terhadap *E. coli* berkisar antara 1.25-6.144 µg/mL, dengan variasi tergantung pada strain bakteri dan karakteristik ekstrak.

Pseudomonas aeruginosa dan *Klebsiella pneumoniae*, dua bakteri Gram negatif yang sering menyebabkan infeksi nosokomial dan memiliki tingkat resistensi antibiotik yang tinggi, juga menjadi target penelitian aktivitas antibakteri daun kelor. Kedua bakteri ini terkenal karena kemampuannya membentuk biofilm yang kuat dan memproduksi enzim beta-laktamase yang menginaktivasi berbagai antibiotik. Ekstrak daun kelor menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan kedua bakteri ini, dengan ekstrak metanol menunjukkan aktivitas yang lebih baik dibandingkan ekstrak air. Beberapa penelitian juga melaporkan bahwa ekstrak daun kelor dapat menghambat pembentukan biofilm pada bakteri-bakteri ini, yang merupakan mekanisme penting untuk mengatasi resistensi antibiotik.

Tabel 1. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Kelor terhadap Berbagai Bakteri Patogen

Bakteri Patogen	Jenis Gram	Zona Hambat (mm)	KHM (µg/mL)
<i>Staphylococcus aureus</i>	Positif	13,8 - 22,2	1,25 - 2,5
<i>Escherichia coli</i>	Negatif	10,5 - 15,3	2,5 - 6,144
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Negatif	8,0 - 14,5	3,0 - 6,144
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Negatif	9,2 - 16,8	2,0 - 5,0

Sumber: Dikompilasi dari Apenteng-Takyiako et al. (2025); Selmi et al. (2025); Rasheed et al. (2024)



Metode Penelitian

Tinjauan literatur ini menggunakan pendekatan kajian pustaka sistematis terhadap artikel-artikel ilmiah yang diterbitkan dalam lima tahun terakhir (2020-2025) mengenai aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor. Pencarian literatur dilakukan melalui basis data elektronik seperti PubMed, ScienceDirect, Springer, Wiley Online Library, dan Google Scholar dengan kata kunci yang meliputi *Moringa oleifera*, antibacterial activity, quercetin, phytochemical, dan antimicrobial resistance.

Kriteria inklusi artikel meliputi studi yang meneliti ekstrak daun kelor terhadap bakteri patogen, publikasi dalam bahasa Inggris atau Indonesia, dan ketersediaan teks lengkap dengan DOI yang valid. Analisis data dilakukan secara deskriptif dengan mengidentifikasi metode ekstraksi, jenis pelarut yang digunakan, bakteri target yang diuji, konsentrasi hambat minimum (KHM), diameter zona hambat, serta mekanisme kerja antibakteri. Data dari berbagai studi dikompilasi dan dibandingkan untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor.

Hasil dan Pembahasan

Metode Ekstraksi dan Pelarutnya

Hasil kajian menunjukkan bahwa metode ekstraksi dan jenis pelarut yang digunakan memiliki pengaruh signifikan terhadap aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor. Metode maserasi merupakan metode yang paling banyak digunakan dalam berbagai penelitian karena kesederhanaannya dan kemampuannya mengekstraksi senyawa bioaktif tanpa merusak struktur molekul akibat pemanasan. Maserasi dilakukan dengan merendam simplisia daun kelor dalam pelarut pada suhu ruang selama periode tertentu, biasanya 24-72 jam, dengan sesekali dilakukan pengadukan.

Pemilihan pelarut merupakan faktor krusial yang menentukan senyawa bioaktif mana yang akan terekstraksi. Etanol 70-96% merupakan pelarut yang paling banyak digunakan dan menunjukkan hasil yang baik dalam mengekstraksi flavonoid, fenol, dan alkaloid. Penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etanol daun kelor menghasilkan rendemen sebesar 62,87% dengan kandungan flavonoid sebesar 20,76 mg/100g. Metanol juga banyak digunakan sebagai pelarut alternatif dan menunjukkan kemampuan ekstraksi yang serupa dengan etanol. Ekstrak metanol dilaporkan memiliki aktivitas antibakteri yang lebih kuat terhadap *Pseudomonas aeruginosa* dan *Klebsiella pneumoniae* dibandingkan ekstrak air.

Ekstraksi menggunakan air sebagai pelarut, meskipun menghasilkan rendemen yang lebih rendah (40,75%), tetap menunjukkan aktivitas antibakteri yang signifikan. Keunggulan ekstraksi air adalah keamanannya yang lebih tinggi dan tidak meninggalkan residu pelarut organik, sehingga lebih cocok untuk aplikasi yang berhubungan langsung dengan konsumsi manusia. Beberapa penelitian juga menggunakan metode ekstraksi modern seperti ekstraksi berbantuan ultrasonik dan ekstraksi berbantuan gelombang mikro, yang dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi dan mengurangi waktu proses.

Aktivitas Antibakteri dan Spektrum Kerja

Ekstrak daun kelor menunjukkan aktivitas antibakteri yang luas terhadap bakteri Gram positif maupun Gram negatif. Terhadap *Staphylococcus aureus*, bakteri Gram positif yang sering menyebabkan infeksi kulit dan jaringan lunak, ekstrak daun kelor menunjukkan aktivitas penghambatan yang sangat kuat. Zona hambat yang dilaporkan berkisar antara 13,8



mm hingga 22,2 mm pada konsentrasi ekstrak 2-80%, dengan kategori daya hambat kuat hingga sangat kuat. Konsentrasi hambat minimum (KHM) terhadap *S. aureus* berkisar antara 1,25-2,5 µg/mL, menunjukkan potensi yang menjanjikan sebagai agen antibakteri.

Terhadap bakteri Gram negatif, ekstrak daun kelor juga menunjukkan aktivitas yang signifikan meskipun umumnya sedikit lebih rendah dibandingkan terhadap bakteri Gram positif. *Escherichia coli*, yang memiliki membran luar tambahan sebagai pelindung, menunjukkan sensitivitas terhadap ekstrak daun kelor dengan zona hambat 10,5-15,3 mm dan KHM 2,5-6,144 µg/mL. *Pseudomonas aeruginosa* dan *Klebsiella pneumoniae*, dua bakteri yang terkenal dengan resistensinya terhadap berbagai antibiotik, juga dapat dihambat pertumbuhannya oleh ekstrak daun kelor. Temuan ini sangat penting mengingat kedua bakteri ini sering menyebabkan infeksi nosokomial yang sulit diobati.

Perbedaan sensitivitas antara bakteri Gram positif dan Gram negatif terhadap ekstrak daun kelor dapat dijelaskan oleh perbedaan struktur dinding sel mereka. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang lebih sederhana dengan lapisan peptidoglikan yang tebal, sehingga lebih mudah ditembus oleh senyawa antibakteri. Sebaliknya, bakteri Gram negatif memiliki membran luar yang mengandung lipopolisakarida yang berfungsi sebagai penghalang tambahan terhadap molekul antibakteri. Namun, senyawa bioaktif dalam daun kelor, terutama flavonoid dengan sifat lipofilik, tetap mampu menembus membran ini dan merusak integritas sel bakteri.

Peran Kuersetin sebagai Komponen Aktif Utama

Analisis fitokimia menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (HPLC) mengidentifikasi kuersetin sebagai komponen flavonoid dominan dalam ekstrak daun kelor. Kuersetin merupakan senyawa flavonol yang memiliki struktur molekul dengan lima gugus hidroksil yang berperan penting dalam aktivitas biologisnya. Penelitian molecular docking menunjukkan bahwa kuersetin memiliki afinitas pengikatan yang sangat baik dengan berbagai protein target bakteri, dengan nilai energi pengikatan (binding affinity) sebesar -9,37 kcal/mol terhadap protein KRASG12C, menunjukkan interaksi yang kuat dan stabil.

Kuersetin menunjukkan aktivitas antibakteri melalui beberapa mekanisme. Pertama, kuersetin dapat merusak integritas membran sel bakteri dengan berinteraksi langsung dengan fosfolipid membran, menyebabkan gangguan permeabilitas dan kebocoran komponen intraseluler. Kedua, kuersetin dapat menghambat aktivitas enzim-enzim penting dalam metabolisme bakteri, termasuk DNA girase dan topoisomerase yang esensial untuk replikasi DNA. Ketiga, kuersetin memiliki kemampuan untuk mengganggu sistem quorum sensing bakteri, sehingga menghambat pembentukan biofilm dan ekspresi faktor virulensi.

Studi *in silico* menggunakan analisis ADMET (Absorpsi, Distribusi, Metabolisme, Ekskresi, dan Toksisitas) menunjukkan bahwa kuersetin memiliki karakteristik farmakokinetik yang menguntungkan. Kuersetin menunjukkan absorpsi gastrointestinal yang baik, lipofilisitas yang sesuai, dan skor bioavailabilitas yang favorable, mendukung potensinya sebagai kandidat obat. Namun, beberapa penelitian juga mencatat bahwa kuersetin memiliki ikatan protein plasma yang kurang optimal dan mungkin berinteraksi dengan enzim sitokrom P450, yang memerlukan evaluasi toksikologi lebih lanjut untuk memastikan keamanannya dalam penggunaan jangka panjang.



Potensi Sinergis dengan Antibiotik Konvensional

Salah satu aspek menarik dari penelitian ekstrak daun kelor adalah potensinya untuk digunakan secara sinergis dengan antibiotik konvensional. Beberapa studi melaporkan bahwa kombinasi ekstrak daun kelor dengan antibiotik beta-laktam menunjukkan efek sinergis dalam menghambat pertumbuhan bakteri yang resisten terhadap antibiotik. Mekanisme sinergisme ini diduga melalui kemampuan senyawa bioaktif daun kelor untuk menghambat enzim beta-laktamase yang diproduksi oleh bakteri resisten, sehingga memulihkan efektivitas antibiotik beta-laktam.

Kombinasi dengan antibiotik lain seperti tetrasiklin dan aminoglikosida juga menunjukkan hasil yang menjanjikan. Penggunaan kombinasi ini dapat mengurangi dosis antibiotik yang diperlukan untuk mencapai efek terapeutik, sehingga mengurangi risiko efek samping dan memperlambat perkembangan resistensi antibiotik. Namun, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami interaksi farmakologis yang kompleks antara senyawa bioaktif daun kelor dengan berbagai kelas antibiotik, serta untuk menentukan rasio kombinasi yang optimal untuk setiap jenis infeksi bakteri.

Keamanan dan Toksisitas

Aspek keamanan dan toksisitas merupakan pertimbangan penting dalam pengembangan ekstrak daun kelor sebagai agen antibakteri. Studi sitotoksitas menunjukkan bahwa ekstrak daun kelor aman pada konsentrasi rendah hingga sedang, dengan tidak ada tanda-tanda toksisitas signifikan terhadap sel-sel normal manusia. Hal ini mengindikasikan bahwa ekstrak daun kelor memiliki indeks terapeutik yang baik, di mana konsentrasi yang efektif untuk membunuh bakteri masih jauh di bawah konsentrasi yang toksik terhadap sel manusia.

Daun kelor telah lama dikonsumsi sebagai sayuran dan obat tradisional di berbagai negara tanpa laporan efek samping yang serius, yang mendukung profil keamanannya. Namun, untuk aplikasi terapeutik dengan dosis yang lebih tinggi dan penggunaan jangka panjang, studi toksikologi yang lebih komprehensif masih diperlukan, termasuk uji toksisitas akut, subkronik, dan kronik pada model hewan, serta evaluasi potensi interaksi obat dengan medikasi lain yang mungkin dikonsumsi pasien secara bersamaan.

Tantangan dan Prospek Pengembangan

Meskipun hasil penelitian menunjukkan potensi yang sangat menjanjikan, masih terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi untuk mengembangkan ekstrak daun kelor menjadi produk antibakteri yang dapat digunakan secara klinis. Pertama adalah standarisasi ekstrak, di mana variasi kandungan senyawa bioaktif dapat terjadi tergantung pada faktor-faktor seperti lokasi geografis tanaman, musim panen, usia daun, dan metode pengolahan. Pengembangan protokol ekstraksi yang terstandarisasi dan kontrol kualitas yang ketat sangat penting untuk memastikan konsistensi aktivitas antibakteri dari batch ke batch.

Tantangan kedua adalah formulasi sediaan yang stabil dan efektif. Senyawa bioaktif dalam ekstrak daun kelor, terutama flavonoid, dapat mengalami degradasi akibat paparan cahaya, oksigen, dan suhu. Pengembangan sistem penghantaran obat yang dapat melindungi senyawa aktif dan meningkatkan bioavailabilitasnya menjadi area penelitian yang penting. Beberapa pendekatan yang dapat dipertimbangkan termasuk nanoenkapsulasi, formulasi liposom, atau pengembangan sediaan topikal untuk aplikasi pada infeksi kulit.



Prospek pengembangan ekstrak daun kelor sebagai antibakteri alternatif sangat cerah, terutama mengingat kebutuhan mendesak akan solusi baru untuk mengatasi resistensi antibiotik. Indonesia, sebagai salah satu negara dengan biodiversitas tanaman obat yang kaya dan budaya penggunaan herbal yang kuat, memiliki posisi strategis untuk mengembangkan produk berbasis daun kelor. Dukungan penelitian yang berkelanjutan, kolaborasi antara akademisi, industri, dan pemerintah, serta regulasi yang mendukung inovasi produk herbal akan sangat penting untuk mewujudkan potensi ini menjadi produk yang bermanfaat bagi kesehatan masyarakat.

Kesimpulan

Ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera*) menunjukkan potensi yang sangat menjanjikan sebagai agen antibakteri alternatif terhadap bakteri patogen umum. Kandungan fitokimia daun kelor, khususnya flavonoid dengan kuersetin sebagai komponen dominan, alkaloid, tanin, dan saponin, berkontribusi terhadap aktivitas antibakteri melalui berbagai mekanisme yang meliputi kerusakan membran sel bakteri, penghambatan sintesis protein dan asam nukleat, serta gangguan sistem quorum sensing bakteri.

Aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor efektif terhadap spektrum luas bakteri, termasuk bakteri Gram positif seperti *Staphylococcus aureus* dan bakteri Gram negatif seperti *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Klebsiella pneumoniae*. Metode ekstraksi menggunakan pelarut etanol atau metanol dengan teknik maserasi menunjukkan hasil yang optimal dalam mengekstraksi senyawa bioaktif. Konsentrasi hambat minimum yang relatif rendah dan profil keamanan yang baik menjadikan ekstrak daun kelor sebagai kandidat yang layak untuk dikembangkan lebih lanjut.

Dalam konteks krisis resistensi antibiotik global, pengembangan ekstrak daun kelor menjadi produk antibakteri yang terstandarisasi dapat memberikan kontribusi signifikan dalam upaya mengatasi infeksi bakteri yang resisten terhadap antibiotik konvensional. Namun, masih diperlukan penelitian lebih lanjut untuk standarisasi ekstrak, formulasi sediaan yang stabil, uji toksikologi yang komprehensif, serta uji klinis pada manusia untuk memastikan efikasi dan keamanannya. Dukungan kebijakan dan investasi dalam penelitian dan pengembangan produk herbal Indonesia akan sangat penting untuk mewujudkan potensi daun kelor sebagai solusi kesehatan yang berkelanjutan.

Daftar Pustaka

- Apenteng-Takyiako, S., Takyi, C.A.A., Chama, M.A., Osei, M.M., Donkor, E.S., & Futagbi, G. (2025). In vitro antibacterial activity of *Moringa oleifera* leaf and seed extracts against antibiotic-resistant bacteria and clinical isolates. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 25(1), 257. <https://doi.org/10.1186/s12906-025-05006-6>
- Batool, S., Khan, S., & Basra, S.M.A. (2020). Foliar application of *Moringa* leaf extract improves the growth of *Moringa* seedlings in winter. *South African Journal of Botany*, 129, 347-353. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.06.030>
- Chen, X., Zhang, Y., Liu, W., Wang, H., & Li, M. (2025). Isolation and characterization of a novel antibacterial protein from *Moringa oleifera* seeds. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2025, 2934260. <https://doi.org/10.1155/jfpp/2934260>



- Delelegn, A., Sahile, S., & Husen, A. (2020). Phytochemical, antimicrobial, and antioxidant activities of *Moringa oleifera* Lam. leaves in Eastern Ethiopia. *Journal of Chemistry*, 2020, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2020/2934127>
- Enerijiofi, K.E., Nweze, N.O., & Oguoma, O.I. (2021). GC-MS analysis and antibacterial activities of *Moringa oleifera* leaf extracts on selected clinical bacterial isolates. *Bulletin of the National Research Centre*, 45(1), 181. <https://doi.org/10.1186/s42269-021-00640-9>
- Fahey, J.W. (2005). *Moringa oleifera*: A review of the medical evidence for its nutritional, therapeutic, and prophylactic properties. *Trees for Life Journal*, 1, 5. <https://doi.org/10.1186/1754-2308-1-5>
- Indonesia.go.id. (2024). Strategi nasional lawan ancaman resistensi antimikroba. Diakses dari <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8537/strategi-nasional-lawan-ancaman-resistensi-antimikroba>
- Kemenkes RI. (2024). Waspada bakteri kebal antibiotik. Diakses dari <https://kemkes.go.id/id/waspada-bakteri-kebal-antibiotik>
- Leone, A., Spada, A., Battezzati, A., Schiraldi, A., Aristil, J., & Bertoli, S. (2022). Chemical analysis and antimicrobial activity of *Moringa oleifera* Lam. leaves and seeds. *Molecules*, 27(24), 8920. <https://doi.org/10.3390/molecules27248920>
- Oyebamiji, A.K., Akintelu, S.A., Otun, K.O., Salawu, K.M., & Folorunso, A.S. (2021). Phytochemical and antibacterial investigation of *Moringa oleifera* seed: experimental and computational approaches. *Ecletica Quimica*, 46(2), 17-25. <https://doi.org/10.26850/1678-4618eqj.v46.2.2021.p17-25>
- Rasheed, H., Gul, M., Saqib, Z., Ali Shah, Z., Ali, H., Xu, T., Khan, S., Zhang, L., Zhao, M., Guo, M., Abbas, G., Ahmad, M., Hussain, I., & Wang, Y. (2024). Antibacterial, antioxidant, cytotoxicity, and phytochemical screening of *Moringa oleifera* leaves. *Scientific Reports*, 14(1), 29388. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-80700-y>
- Royani, I., Prasetya, A.D., & Widowati, E. (2023). Analysis of the antibacterial activity and the total phenolic and flavonoid contents of the *Moringa oleifera* leaf extract as an antimicrobial agent against *Pseudomonas aeruginosa*. *Scientifica*, 2023, 5782063. <https://doi.org/10.1155/2023/5782063>
- Saleem, A., Saleem, M., & Akhtar, M.F. (2020). Antioxidant, anti-inflammatory and antiarthritic potential of *Moringa oleifera* Lam: An ethnomedicinal plant of Moringaceae family. *South African Journal of Botany*, 128, 246-256. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.11.023>
- Selmi, S., Rtibi, K., Grami, D., Sebai, H., & Marzouki, L. (2025). Antibacterial properties of *Moringa oleifera*, *Cynara scolymus* and *Allium fistulosum* leaf extracts: molecular docking insights into quercetin's mechanism of action. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 105(5), 2847-2858. <https://doi.org/10.1002/jsfa.14235>
- Sharma, P., Wichaphon, J., & Klangpetch, W. (2020). Antimicrobial and antioxidant activities of defatted *Moringa oleifera* seed meal extract obtained by ultrasound-assisted extraction and application as a natural antimicrobial coating for raw chicken



- sausages. *International Journal of Food Microbiology*, 332, 108770. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108770>
- Tuldjanah, M., Adriansyah, P., & Hedayanti, H. (2024). Pemanfaatan kulit buah kelor sebagai antibakteri Desa Sejahtera Kecamatan Palolo, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, 5(1), 1247-1252. <https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i1.2678>
- Ullah, A., Mariutti, R.B., Masood, R., Caruso, I.P., Costa, G.H.G., Freitas, C.M., Santo, C.R., Zanthorlin, L.M., Mutton, M.J.R., Murakami, M.T., & Arni, R.K. (2020). Crystal structure of mature 2S albumin from *Moringa oleifera* seeds. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 468(1-2), 365-371. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2015.10.087>
- UNAIR. (2025). Ancaman resistensi antibiotik di Indonesia yang perlu diwaspadai. Diakses dari <https://unair.ac.id/ancaman-resistensi-antibiotik-di-indonesia-yang-perlu-diwaspadai/>
- Vergara-Jimenez, M., Almatrafi, M.M., & Fernandez, M.L. (2023). Effects of flavonoids and phenols from *Moringa oleifera* leaf extracts on biofilm processes in *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. *Antibiotics*, 12(4), 689. <https://doi.org/10.3390/antibiotics12040689>
- Virk, A.K., Kumari, C., Tripathi, A., Kakade, A., Li, X., & Kulshrestha, S. (2020). The antimicrobial properties of *Moringa oleifera* Lam. for water treatment: a systematic review. *SN Applied Sciences*, 2, 323. <https://doi.org/10.1007/s42452-020-2142-4>
- Wijayaningrum, W.C. (2025). Identifikasi senyawa flavonoid golongan quersetin, penetapan kadar klorofil, dan pengujian aktivitas antibakteri ekstrak daun kelor (*Moringa oleifera* L.) terhadap *Staphylococcus aureus*. *Undergraduate thesis*, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro.
- Wulandari, D., Putri, A.S., & Rahmawati, D. (2020). Perbandingan aktivitas ekstrak daun kelor dan teh hijau serta kombinasi sebagai antibakteri penyebab jerawat. *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 7(1), 13-19. <https://doi.org/10.33096/jffi.v7i1.535>
- Xie, Y., Yang, W., Tang, F., Chen, X., & Ren, L. (2020). Antibacterial activities of flavonoids: structure-activity relationship and mechanism. *Current Medicinal Chemistry*, 22(1), 132-149. <https://doi.org/10.2174/0929867321666140916113443>
- Yustisi, A.J., Rantisari, A.M.D., & Sadli, A. (2022). Uji aktivitas antibakteri fraksi polar dan non polar daun kelor tangkai merah (*Moringa oleifera* L.) terhadap *Propionibacterium acnes*. *INHEALTH: Indonesian Health Journal*, 1(1), 11-21. <https://doi.org/10.56314/inhealth.v1i1.18>