
BIOPROSPEKSI TUMBUHAN OBAT HUTAN SEBAGAI SUMBER SENYAWA ANTIMIKROBA

Hafizah Nahlunnisa

¹Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

Email: Hafizah.nahlunnisa@unja.ac.id

Email Penulis Korespondensi: hafizah.nahlunnisa@unja.ac.id

Keyword :

Bioprospecting,
Forest Medicinal Plants,
Antimicrobial
Compounds,
Secondary Metabolites,
Ethnopharmacology

ABSTRACT

Indonesia's tropical forests are a source of diverse medicinal plants with potential bioactive compounds, particularly antimicrobial agents. Bioprospecting is a systematic approach to exploring and utilizing these biological resources to discover compounds with pharmacological value. This article reviews the bioprospecting of forest medicinal plants as sources of antimicrobial compounds, focusing on secondary metabolites such as alkaloids, flavonoids, tannins, terpenoids, and essential oils. Several plant species found in tropical forests including *Azadirachta indica* (neem), *Curcuma aeruginosa* (black turmeric), *Zingiber officinale* (ginger), *Rhizophora mucronata* (bakau), and various wetland plants have demonstrated significant antimicrobial activity against pathogenic bacteria and fungi such as *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, and *Candida albicans*. These findings highlight the importance of integrating ethnopharmacological knowledge with modern phytochemical and microbiological methods. Sustainable bioprospecting practices, supported by appropriate regulatory frameworks, are essential for the conservation and equitable utilization of forest biodiversity as a source of future antimicrobial drugs.

1. PENDAHULUAN

Hutan tropis Indonesia merupakan salah satu ekosistem dengan keanekaragaman hayati tertinggi di dunia. Wilayah ini tidak hanya berfungsi sebagai penyangga kehidupan global melalui perannya dalam siklus karbon dan keseimbangan iklim, tetapi juga sebagai pusat keanekaragaman genetik yang menyimpan potensi besar bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang kesehatan. Diperkirakan terdapat lebih dari 30.000 spesies tumbuhan yang hidup di kawasan hutan tropis Indonesia, dan sekitar 9.600 di antaranya telah diidentifikasi memiliki khasiat obat [1]. Kekayaan biodiversitas ini menjadikan hutan tropis Indonesia sebagai sumber daya alam yang sangat strategis dalam upaya penemuan senyawa bioaktif baru yang dapat dimanfaatkan dalam dunia medis, farmasi, dan bioteknologi.

Tumbuhan obat hutan telah lama dimanfaatkan oleh masyarakat lokal dan adat melalui praktik pengobatan tradisional yang diwariskan secara turun-temurun[2]. Pengetahuan ini merupakan bagian dari etnofarmakologi yang berperan penting dalam mengidentifikasi spesies tumbuhan yang memiliki potensi terapeutik. Dalam banyak kasus, penggunaan tradisional tersebut terbukti secara ilmiah mengandung senyawa aktif yang memiliki aktivitas farmakologis, termasuk sebagai antibakteri, antifungi, antivirus, dan antiinflamasi.[3] Oleh karena itu, integrasi antara

pengetahuan lokal dan pendekatan ilmiah modern menjadi sangat penting dalam mempercepat proses penemuan obat baru berbasis sumber daya alam.

Di sisi lain, resistensi antimikroba atau *antimicrobial resistance* (AMR) telah menjadi ancaman kesehatan global yang semakin mengkhawatirkan. Organisasi Kesehatan Dunia (WHO) telah mengidentifikasi AMR sebagai salah satu dari sepuluh ancaman kesehatan masyarakat terbesar yang dihadapi umat manusia. Resistensi ini terjadi ketika mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan virus mengalami perubahan sehingga tidak lagi responsif terhadap obat-obatan yang sebelumnya efektif. Dampaknya adalah meningkatnya angka kesakitan, kematian, serta biaya pengobatan. Mikroorganisme patogen seperti *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans* menunjukkan kecenderungan resistensi terhadap berbagai antibiotik konvensional, sehingga menurunkan efektivitas terapi yang ada. Kondisi ini mendorong para peneliti di seluruh dunia untuk mencari alternatif sumber senyawa antimikroba baru yang lebih aman, efektif, dan berkelanjutan. [4]

Tumbuhan obat hutan menjadi salah satu sumber yang sangat potensial. Tumbuhan menghasilkan berbagai metabolit sekunder sebagai bentuk adaptasi terhadap tekanan lingkungan, termasuk serangan patogen dan herbivora. Metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, terpenoid, dan minyak atsiri diketahui memiliki aktivitas biologis yang beragam, termasuk sebagai agen antimikroba [4]. Senyawa-senyawa ini bekerja melalui berbagai mekanisme, seperti merusak membran sel mikroorganisme, menghambat sintesis protein, serta mengganggu sistem enzimatik sel mikroba. Keunggulan senyawa alami ini dibandingkan antibiotik sintetis adalah potensi efek samping yang lebih rendah serta kemungkinan resistensi yang lebih kecil jika digunakan secara tepat.

Bioprospeksi (*bioprospecting*) didefinisikan sebagai kegiatan eksplorasi dan pemanfaatan keanekaragaman hayati secara sistematis untuk menemukan sumber daya genetik dan senyawa kimia baru yang memiliki nilai komersial dan farmakologis [5]. Pendekatan ini mengintegrasikan pengetahuan etnobotani lokal dengan metode ilmiah modern seperti skrining fitokimia, uji bioaktivitas, dan analisis molekuler. Pendekatan ini menggabungkan berbagai disiplin ilmu, seperti botani, kimia, mikrobiologi, dan bioteknologi. Dalam praktiknya, bioprospeksi melibatkan beberapa tahapan, mulai dari eksplorasi dan identifikasi spesies, ekstraksi senyawa aktif, skrining bioaktivitas, hingga karakterisasi struktur kimia dan uji klinis. Pendekatan ini juga sering dikombinasikan dengan data etnobotani untuk meningkatkan efisiensi dalam pemilihan spesies yang berpotensi tinggi.

Sejarah telah menunjukkan keberhasilan bioprospeksi dalam menghasilkan obat-obatan penting. Contohnya adalah penemuan senyawa taxol dari *Taxus brevifolia* yang digunakan sebagai obat antikanker, serta artemisinin dari *Artemisia annua* yang efektif sebagai antimalaria [6]. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa tumbuhan merupakan sumber utama dalam pengembangan obat modern. Oleh karena itu, eksplorasi tumbuhan hutan tropis Indonesia melalui pendekatan bioprospeksi memiliki peluang besar untuk menemukan senyawa antimikroba baru yang dapat menjawab tantangan resistensi global.

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa tumbuhan hutan memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa antimikroba. Studi oleh [1] mengidentifikasi ratusan spesies tumbuhan hutan tropika yang mengandung senyawa bioaktif dengan potensi farmakologis. Penelitian oleh [7] terkait etnofarmakologi dan bioprospeksi mangrove di Kabupaten Pesawaran menemukan bahwa

sejumlah spesies mangrove yang dimanfaatkan oleh masyarakat lokal memiliki aktivitas antimikroba terhadap berbagai patogen. Selain itu, penelitian [4] menunjukkan bahwa tumbuhan lahan basah juga memiliki kandungan metabolit sekunder yang berperan penting dalam menghambat pertumbuhan mikroorganisme.

Meskipun penelitian mengenai bioprospeksi tumbuhan obat hutan telah berkembang pesat, kajian komprehensif yang secara sistematis merangkum berbagai jenis tumbuhan hutan beserta kandungan dan aktivitas senyawa antimikrobanya masih relatif terbatas. Kesenjangan tersebut menjadi landasan utama dalam penulisan artikel ini. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, artikel ini menyajikan pembahasan yang terintegrasi dengan mencakup berbagai tipe ekosistem hutan, meliputi hutan hujan tropis, mangrove, dan lahan basah, serta beragam kelompok tumbuhan yang memiliki potensi sebagai sumber senyawa antimikroba. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai potensi bioprospeksi tumbuhan hutan di Indonesia.

Selain itu, penting untuk menyoroti bahwa kegiatan bioprospeksi harus dilakukan secara berkelanjutan dan bertanggung jawab. Eksploitasi sumber daya hayati tanpa mempertimbangkan aspek konservasi dapat menyebabkan degradasi ekosistem dan hilangnya keanekaragaman hayati. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan dan regulasi yang mendukung pemanfaatan sumber daya alam secara adil dan berkelanjutan, termasuk perlindungan terhadap hak-hak masyarakat adat sebagai pemilik pengetahuan tradisional. Berdasarkan uraian tersebut, tujuan penelitian ini adalah mengkaji konsep bioprospeksi dalam konteks tumbuhan obat hutan; mengidentifikasi jenis-jenis tumbuhan obat hutan yang memiliki potensi sebagai sumber senyawa antimikroba; dan menjelaskan mekanisme dan aktivitas antimikroba dari metabolit sekunder tumbuhan hutan tersebut. Diharapkan hasil kajian ini dapat menjadi referensi ilmiah yang komprehensif bagi peneliti, akademisi, dan pengambil kebijakan dalam upaya pemanfaatan berkelanjutan keanekaragaman hayati hutan untuk pengembangan obat antimikroba di masa depan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kajian literatur (systematic literature review) yang bertujuan untuk mengumpulkan, mengevaluasi, serta mensintesis berbagai hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan bioprospeksi tumbuhan obat hutan sebagai sumber senyawa antimikroba. Pendekatan ini dipilih karena mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai perkembangan penelitian, mengidentifikasi pola temuan, serta mengungkap kesenjangan penelitian (research gap) yang masih perlu dikaji lebih lanjut. Kajian literatur sistematis juga memungkinkan peneliti untuk mengintegrasikan berbagai hasil penelitian dari sumber yang berbeda sehingga menghasilkan kesimpulan yang lebih komprehensif dan berbasis bukti ilmiah [8].

Dalam pelaksanaannya, pendekatan ini mengikuti tahapan utama dalam systematic review, yaitu perumusan pertanyaan penelitian, pencarian literatur secara sistematis, seleksi literatur berdasarkan kriteria tertentu, ekstraksi data, serta analisis dan sintesis temuan. Pendekatan ini dinilai relevan dalam kajian bioprospeksi karena topik tersebut melibatkan berbagai disiplin ilmu seperti botani, kimia, mikrobiologi, dan farmasi, sehingga memerlukan integrasi informasi dari berbagai sumber ilmiah.

2.2 Sumber Data dan Kriteria Inklusi

Sumber data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi berbagai publikasi ilmiah yang relevan, seperti artikel jurnal nasional dan internasional terindeks, prosiding seminar, skripsi, tesis, disertasi, serta laporan penelitian dari lembaga akademik dan institusi penelitian. Untuk memperoleh data yang komprehensif dan mutakhir, pencarian literatur dilakukan melalui beberapa basis data ilmiah utama, antara lain Google Scholar, Scopus, dan Web of Science. Selain itu, pencarian juga dilakukan melalui repositori institusi perguruan tinggi di Indonesia serta portal publikasi ilmiah nasional.

Strategi pencarian literatur dilakukan dengan menggunakan kombinasi kata kunci tertentu baik dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris. Kata kunci yang digunakan meliputi “bioprospeksi”, “tumbuhan obat hutan”, “forest medicinal plants”, “antimicrobial activity”, “secondary metabolites”, dan “ethnopharmacology”. Kombinasi kata kunci tersebut disesuaikan dengan kebutuhan untuk memperoleh literatur yang relevan dan spesifik terhadap topik penelitian.

Untuk menjaga kualitas dan relevansi data yang dianalisis, ditetapkan beberapa kriteria inklusi, yaitu: (a) literatur yang secara spesifik membahas bioprospeksi tumbuhan obat yang berasal dari ekosistem hutan tropis atau hutan Indonesia; (b) literatur yang melaporkan hasil uji aktivitas antimikroba baik terhadap bakteri, jamur, maupun mikroorganisme lainnya; (c) literatur yang dipublikasikan dalam kurun waktu 10 tahun terakhir guna memastikan kebaruan data, dengan tetap mempertimbangkan beberapa referensi klasik yang relevan; dan (d) literatur yang menggunakan metode ilmiah yang jelas dan terstandar, seperti uji difusi cakram, MIC (*Minimum Inhibitory Concentration*), atau metode mikrobiologi lainnya.

Selain kriteria inklusi, juga ditetapkan kriteria eksklusi untuk menyaring literatur yang tidak relevan, seperti artikel yang tidak memiliki data empiris, publikasi populer tanpa tinjauan ilmiah, serta literatur yang tidak dapat diakses secara lengkap. Proses seleksi literatur dilakukan secara bertahap, dimulai dari peninjauan judul dan abstrak, kemudian dilanjutkan dengan pembacaan teks lengkap untuk memastikan kesesuaian dengan tujuan penelitian.

2.3 Teknik Pengumpulan dan Ekstraksi Data

Setelah proses seleksi literatur selesai, tahap selanjutnya adalah pengumpulan dan ekstraksi data. Data yang diambil dari setiap literatur meliputi informasi penting yang berkaitan dengan tujuan penelitian, yaitu: nama spesies tumbuhan, bagian tumbuhan yang digunakan (daun, batang, akar, rimpang, atau kulit kayu), jenis ekstrak atau pelarut yang digunakan, kandungan senyawa aktif (misalnya alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid), jenis mikroorganisme uji, serta metode pengujian aktivitas antimikroba.

Proses ekstraksi data dilakukan secara sistematis dengan menggunakan tabel matriks untuk memudahkan pengelompokan dan perbandingan antar penelitian. Dengan cara ini, peneliti dapat mengidentifikasi kecenderungan umum, seperti jenis tumbuhan yang paling sering diteliti, senyawa dominan yang berperan sebagai antimikroba, serta efektivitas terhadap mikroorganisme tertentu.

2.4 Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-kualitatif. Tahapan analisis meliputi: (1) klasifikasi literatur berdasarkan jenis ekosistem hutan (hutan hujan tropis, mangrove, dan lahan basah); (2) pengelompokan tumbuhan berdasarkan famili dan jenis metabolit sekunder yang terkandung; (3) analisis aktivitas antimikroba berdasarkan jenis mikroorganisme target; serta (4) interpretasi hubungan antara kandungan senyawa aktif dengan mekanisme kerja antimikroba.

Selain itu, dilakukan juga sintesis temuan untuk mengidentifikasi pola umum dan perbedaan hasil antar penelitian. Pendekatan ini memungkinkan peneliti untuk menarik kesimpulan yang lebih luas mengenai potensi bioprospeksi tumbuhan obat hutan sebagai sumber senyawa antimikroba. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk narasi deskriptif yang didukung oleh data dari berbagai sumber ilmiah.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Konsep Bioprospeksi Tumbuhan Obat Hutan

Bioprospeksi merupakan suatu pendekatan multidisiplin yang menggabungkan pengetahuan ekologi, etnobotani, fitokimia, dan farmakologi untuk mengidentifikasi serta mengembangkan sumber daya hayati menjadi produk yang bernilai guna tinggi, baik secara ekonomi maupun farmakologis [5]. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada eksplorasi keanekaragaman hayati, tetapi juga mencakup proses validasi ilmiah terhadap potensi bioaktif yang dimiliki oleh organisme, khususnya tumbuhan. Dalam konteks tumbuhan obat hutan, bioprospeksi melibatkan serangkaian tahapan sistematis yang dimulai dari survei dan inventarisasi spesies tumbuhan, dokumentasi pengetahuan etnobotani masyarakat lokal, ekstraksi dan isolasi senyawa aktif, pengujian aktivitas biologis, hingga tahap pengembangan produk berbasis senyawa tersebut [8].

Hutan tropis Indonesia menyimpan potensi bioprospeksi yang sangat besar. Keragaman ekosistem yang meliputi hutan hujan dataran rendah, hutan pegunungan, hutan mangrove, dan hutan rawa gambut menghasilkan keanekaragaman spesies tumbuhan yang luar biasa, masing-masing dengan adaptasi biokimia unik yang menghasilkan beragam metabolit sekunder. Metabolit sekunder ini yang meliputi alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid, saponin, dan minyak atsiri merupakan komponen utama yang bertanggung jawab terhadap aktivitas antimikroba tumbuhan [9].

3.1.1 Jenis-Jenis Tumbuhan Obat Hutan Sumber Senyawa Antimikroba

Berdasarkan hasil kajian literatur, terdapat jenis tumbuhan obat hutan yang telah terbukti memiliki aktivitas antimikroba beserta penjelasan mengenai kandungan senyawa aktif dan mekanisme kerjanya:

a. Mimba (*Azadirachta indica* Juss.)

Mimba merupakan salah satu tumbuhan obat yang memiliki spektrum aktivitas biologis yang luas dan telah lama dimanfaatkan dalam pengobatan tradisional di berbagai negara Asia. [10] melaporkan bahwa hampir seluruh bagian tumbuhan mimba mengandung senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai antimikroba. Senyawa utama yang terkandung dalam mimba adalah azadirachtin, nimbin, nimbidin, nimbolide, dan gedunin, yang termasuk dalam kelompok limonoid. Senyawa-senyawa tersebut memiliki mekanisme kerja yang kompleks, antara lain dengan menghambat sintesis dinding sel bakteri, merusak membran sel, serta mengganggu replikasi DNA mikroorganisme. Aktivitas antimikroba mimba telah terbukti terhadap berbagai bakteri gram positif dan gram negatif, seperti *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, dan *Salmonella* sp., serta terhadap jamur seperti *Candida* [10]. Selain itu, mimba juga memiliki sifat imunomodulator yang dapat meningkatkan respons imun tubuh terhadap infeksi.

b. Temu hitam (*Curcuma aeruginosa* Roxb.)

Temu hitam merupakan tanaman rimpang yang banyak ditemukan di hutan tropis dan dikenal memiliki berbagai khasiat obat. [11] menunjukkan bahwa ekstrak etanol rimpang temu hitam memiliki aktivitas antimikroba yang signifikan terhadap *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli*, dan *Candida albicans*. Senyawa aktif utama dalam temu hitam adalah kurkuminoid dan minyak atsiri. Kurkuminoid memiliki aktivitas sebagai antioksidan dan antimikroba dengan cara menghambat pertumbuhan mikroorganisme melalui gangguan pada membran sel dan inhibisi enzim penting. Sementara itu, minyak atsiri yang mengandung senyawa terpenoid seperti zedoarone dan curzerenone berperan dalam meningkatkan permeabilitas membran sel mikroba sehingga menyebabkan kebocoran isi sel. Kombinasi berbagai senyawa ini menjadikan temu hitam sebagai salah satu kandidat potensial dalam pengembangan obat antimikroba berbasis bahan alam.

c. Jahe Gajah (*Zingiber officinale* var. *officinale*)

Jahe gajah (*Zingiber officinale* var. *officinale*) merupakan varietas jahe berukuran besar yang telah lama dikenal sebagai tanaman obat tradisional. [12] mengkaji bioprospeksi ekstrak jahe gajah sebagai anti-CRD (Chronic Respiratory Disease) dengan menguji aktivitas antibakteri terhadap *Mycoplasma gallisepticum* dan *Escherichia coli* secara *in vitro*. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa ekstrak jahe gajah memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan kedua bakteri patogen tersebut. Senyawa antimikroba utama dalam jahe adalah gingerol, shogaol, paradol, dan zingerone yang termasuk dalam kelompok fenilpropanoid. Selain itu, minyak atsiri jahe yang mengandung zingiberene, bisabolene, dan farnasene juga berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba. Mekanisme kerjanya melibatkan penghambatan sintesis asam nukleat, disrupsi membran sel bakteri, serta aktivitas antioksidan yang mendukung sistem imun inang. Keberadaan jahe gajah yang tersebar luas di berbagai ekosistem hutan sekunder Indonesia memperkuat statusnya sebagai kandidat sumber antimikroba alami yang potensial [12]

d. Mangrove (*Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*)

Tumbuhan mangrove merupakan komponen khas ekosistem hutan mangrove yang memiliki adaptasi unik terhadap kondisi lingkungan ekstrem. [7] dalam penelitiannya tentang etnofarmakologi dan bioprospeksi mangrove di Kabupaten Pesawaran, Lampung, mengidentifikasi beberapa spesies mangrove yang secara tradisional digunakan masyarakat sebagai obat dan memiliki potensi antimikroba, di antaranya *Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*. *Rhizophora mucronata* mengandung senyawa tanin, flavonoid, alkaloid, dan terpenoid yang berperan sebagai antimikroba. Ekstrak kulit batang *R. mucronata* telah terbukti menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Vibrio cholerae*. Sementara itu, *Avicennia marina* mengandung senyawa avicennin, naphthoquinon, dan iridoid glikosida yang menunjukkan aktivitas antimikroba terhadap berbagai bakteri gram positif dan gram negatif. Lingkungan mangrove yang kaya salinitas dan minim oksigen mendorong tumbuhan mangrove mengembangkan mekanisme pertahanan kimiawi yang kuat, menghasilkan senyawa bioaktif unik yang tidak ditemukan pada tumbuhan terrestrial biasa [7].

e. Tumbuhan Lahan Basah (Famili *Myrtaceae* dan *Fabaceae*)

Tumbuhan lahan basah mencakup berbagai spesies yang hidup di ekosistem rawa, tepi sungai, dan daerah bergenang air. [4] dalam kajian mereka tentang potensi antimikroba tumbuhan lahan

basah mengidentifikasi beberapa spesies dari famili Myrtaceae dan Fabaceae yang menunjukkan aktivitas penghambatan signifikan terhadap pertumbuhan bakteri patogen. Spesies seperti *Psidium guajava* (jambu biji) dari famili Myrtaceae mengandung quercetin, guajaverin, dan minyak atsiri yang efektif menghambat *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Dari famili Fabaceae, berbagai spesies *Acacia* menghasilkan tanin terkondensasi dan flavonoid dengan aktivitas antimikroba spektrum luas. Metabolit sekunder pada tumbuhan lahan basah umumnya diproduksi sebagai respons terhadap tekanan lingkungan seperti paparan patogen tanah, fluktuasi salinitas, dan kondisi anaerob, sehingga menghasilkan senyawa dengan struktur kimia unik dan potensi farmakologis yang tinggi [4].

f. *Anggrek Liar (Orchidaceae)*

Anggrek liar (famili Orchidaceae) merupakan salah satu kelompok tumbuhan epifit yang kaya keanekaragaman spesies di hutan hujan tropis Indonesia. [13] dalam penelitiannya tentang sistematik, pertahanan epidermal, dan bioprospeksi anggrek liar mengidentifikasi berbagai mekanisme pertahanan kimiawi pada anggrek liar, termasuk produksi senyawa fenol, stilbenoid, dan bibenzil. Senyawa stilbenoid seperti batatasin dan phenanthrene yang ditemukan pada berbagai genera anggrek seperti *Dendrobium*, *Bulbophyllum*, dan *Coelogyne* menunjukkan aktivitas antimikroba yang menjanjikan. Senyawa-senyawa ini terbukti efektif menghambat beberapa strain bakteri resisten termasuk Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). Mekanisme kerjanya melibatkan gangguan terhadap integritas membran sel bakteri dan inhibisi pembentukan biofilm. Kekayaan genera anggrek liar di hutan Indonesia yang mencapai lebih dari 5.000 spesies menjadikan kelompok tumbuhan ini sebagai salah satu kandidat bioprospeksi yang sangat menjanjikan namun belum cukup dieksplorasi [13].

g. *Rempah-Rempah Hutan (Piper, Cinnamomum, Syzygium)*

Berbagai jenis rempah-rempah yang tumbuh liar di hutan Indonesia, termasuk genus *Piper* (lada-lada), *Cinnamomum* (kayu manis), dan *Syzygium* (cengkeh dan pucuk merah), merupakan sumber penting senyawa antimikroba alami. [14] dalam penelitiannya mengidentifikasi senyawa fitokimia dan daya antimikroba ekstrak rempah utama terhadap *Staphylococcus aureus*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak berbagai rempah mengandung senyawa alkaloid, saponin, tanin, dan minyak atsiri dengan Zona Hambat Minimum (ZHM) yang berbeda-beda terhadap *Staphylococcus aureus*. Cinnamaldehyde dari kayu manis, eugenol dari cengkeh, dan piperine dari lada hitam adalah senyawa antimikroba utama yang telah dikarakterisasi secara kimia dan terbukti efektif mengganggu membran sel bakteri serta menghambat berbagai enzim metabolik bakteri. Keberadaan rempah-rempah ini secara alami di hutan tropis Indonesia menjadikannya sebagai sumber daya alam yang perlu dijaga dan dimanfaatkan secara berkelanjutan.

i. *Tanaman Paku (Stenochlaena palustris dan Pteridium caudatum)*

Tanaman paku merupakan salah satu kelompok tumbuhan yang sering dijumpai di lantai hutan tropis maupun ekosistem hutan lahan basah. [15] meneliti aktivitas antimikroba dua spesies paku yaitu *Stenochlaena palustris* (pakis sayur) dan *Pteridium caudatum* terhadap bakteri *Ralstonia solanacearum* dan *Streptococcus sobrinus*. *Stenochlaena palustris* merupakan tumbuhan paku yang tumbuh liar di hutan-hutan dataran rendah dan tepi sungai di Kalimantan, sedangkan *Pteridium caudatum* banyak ditemukan di hutan sekunder dan padang rumput hutan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua spesies paku tersebut memiliki senyawa bioaktif berupa flavonoid, tanin, saponin, dan terpenoid yang berkontribusi terhadap aktivitas antimikrobanya. Ekstrak *Stenochlaena palustris* terbukti lebih efektif menghambat pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* dibandingkan *Pteridium caudatum*, sedangkan terhadap *Streptococcus sobrinus* keduanya menunjukkan aktivitas penghambatan yang sebanding. Temuan ini memperluas pemahaman tentang potensi antimikroba tumbuhan paku hutan yang selama ini kurang mendapat perhatian dibandingkan tumbuhan berbunga [15].

j. *Kunyit (Curcuma longa L.)*

Kunyit (*Curcuma longa* L.) adalah tumbuhan rimpang dari famili Zingiberaceae yang tumbuh liar di hutan-hutan tropis Asia Tenggara dan telah lama dikenal sebagai tanaman obat multifungsi. [16] meneliti aktivitas antimikroba dan antioksidan ekstrak dari beberapa bagian tanaman kunyit, meliputi rimpang, daun, dan batang. Penelitian ini menemukan bahwa setiap bagian tanaman kunyit memiliki profil senyawa aktif dan tingkat aktivitas antimikroba yang berbeda-beda. Senyawa utama yang bertanggung jawab atas aktivitas antimikroba kunyit adalah kurkumin, desmetoksikurkumin, dan bisdesmetoksikurkumin (kurkuminoid). Kurkumin bekerja sebagai antimikroba melalui beberapa mekanisme, yaitu dengan menghambat pembentukan biofilm bakteri, mengganggu integritas membran sel, serta menghambat aktivitas berbagai enzim bakteri. Ekstrak rimpang kunyit menunjukkan aktivitas antimikroba tertinggi dibandingkan bagian lainnya, dengan daya hambat signifikan terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, dan *Escherichia coli* [16].

k. *Pegagan (Centella asiatica L.)*

Pegagan (*Centella asiatica* L.) adalah tumbuhan herba yang tumbuh liar di tepi hutan, padang rumput lembab, dan tepian perairan di seluruh kawasan tropis. [17] melakukan tinjauan literatur (literature review) tentang aktivitas antimikroba pegagan secara in vitro dan merangkum berbagai bukti ilmiah terkait potensi farmakologis tumbuhan ini. Pegagan telah lama digunakan dalam berbagai sistem pengobatan tradisional di Asia sebagai obat infeksi kulit, luka, dan gangguan pencernaan. Senyawa bioaktif utama pada pegagan yang berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba meliputi asiatikosida, asam asiatikat, asam madekasat, dan madekasosida yang termasuk dalam kelompok triterpenoid, serta berbagai senyawa flavonoid seperti quercetin dan kaempferol. Kajian ini menunjukkan bahwa ekstrak pegagan efektif menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans* pada berbagai konsentrasi. Mekanisme kerjanya melibatkan kerusakan membran sel bakteri, penghambatan sintesis protein, dan modulasi respons imun inang.

l. *Sirsak (Annona muricata L.)*

Sirsak (*Annona muricata* L.) adalah tumbuhan pohon dari famili Annonaceae yang banyak ditemukan di hutan sekunder dan kawasan hutan tropis Amerika Tengah, Afrika, dan Asia Tenggara termasuk Indonesia. [18] menguji aktivitas antimikroba ekstrak daun sirsak terhadap beberapa mikroba patogen dan menemukan bahwa daun sirsak mengandung berbagai senyawa bioaktif dengan spektrum antimikroba yang luas. Kandungan senyawa antimikroba utama sirsak adalah acetogenin (annonacin, bullatacin, squamocin), alkaloid (reticulon dan coreximine), flavonoid, dan tanin. Acetogenin merupakan senyawa unik yang hanya ditemukan pada famili Annonaceae dan

terbukti memiliki mekanisme kerja antimikroba yang khas, yaitu melalui penghambatan kompleks I rantai transpor elektron mitokondria bakteri sehingga menyebabkan kematian sel. Ekstrak daun sirsak menunjukkan aktivitas penghambatan signifikan terhadap *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, dan *Pseudomonas aeruginosa*.

m. *Kersen (Muntingia calabura L.)*

Kersen (*Muntingia calabura L.*) adalah pohon buah tropis dari famili Muntingiaceae yang tumbuh liar di tepi hutan, pekarangan, dan hutan sekunder di seluruh kawasan tropis. [19] meneliti potensi antibakteri dari ekstrak segar daun kersen dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Shigella dysenteriae*, yang merupakan patogen penyebab disentri basiler. Penelitian ini penting mengingat disentri masih menjadi masalah kesehatan yang cukup serius di berbagai wilayah tropis, termasuk Indonesia. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak segar daun kersen memiliki aktivitas antibakteri yang nyata terhadap *Shigella dysenteriae*. Kandungan fitokimia daun kersen yang berperan dalam aktivitas ini meliputi flavonoid (terutama flavon dan flavonol), tanin, saponin, dan triterpenoid. Mekanisme penghambatan bakteri oleh ekstrak daun kersen terjadi melalui kerusakan membran luar bakteri gram negatif, chelasi ion logam esensial, serta inhibisi berbagai enzim yang diperlukan untuk metabolisme bakteri. Temuan ini menunjukkan potensi kersen sebagai sumber bahan baku antimikroba alami yang mudah diakses karena pohonnya tumbuh subur secara alami di berbagai ekosistem hutan sekunder Indonesia.

n. *Sereh (Cymbopogon citratus) dan Rambutan (Nephelium lappaceum L.)*

Sereh wangi (*Cymbopogon citratus*) dan rambutan (*Nephelium lappaceum L.*) merupakan dua jenis tumbuhan yang umum ditemukan di kawasan hutan sekunder dan agroforestri di Indonesia. [20] mengkaji aktivitas antimikroba dari formulasi kombinasi ekstrak daun sereh dan daun rambutan terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus*. Kajian ini menarik karena mengeksplorasi potensi sinergi antimikroba dari kombinasi dua tanaman dengan kandungan senyawa aktif berbeda. Sereh mengandung minyak atsiri dengan kandungan utama sitral (geraniol dan neral), limonene, dan geraniol yang memiliki aktivitas antibakteri kuat. Daun rambutan mengandung senyawa tanin, saponin, flavonoid, dan polifenol yang juga berkontribusi terhadap aktivitas antimikroba. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi ekstrak kedua tanaman ini memberikan efek sinergis dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, dengan zona hambat yang lebih besar dibandingkan penggunaan masing-masing ekstrak secara tunggal. Potensi sinergi antimikroba ini membuka peluang pengembangan formula herbal kombinasi berbasis tumbuhan hutan yang lebih efektif.

o. *Bawang Dayak (Eleutherine palmifolia (L.) Merr.)*

Bawang dayak (*Eleutherine palmifolia (L.) Merr.*) adalah tumbuhan endemik hutan Kalimantan yang telah lama digunakan oleh suku Dayak sebagai obat tradisional untuk berbagai penyakit, termasuk infeksi kulit dan luka. [21] meneliti khasiat umbi bawang dayak sebagai herbal antimikroba kulit dan mengidentifikasi berbagai senyawa aktif yang bertanggung jawab terhadap aktivitas antimikroba tumbuhan ini. Umbi bawang dayak kaya akan senyawa naftokuinon (eleuterin, isoeleuterin, eleuterinol), antrakuinon, tanin, dan alkaloid. Senyawa naftokuinon merupakan komponen antimikroba utama yang bekerja melalui mekanisme pembentukan radikal bebas yang merusak DNA bakteri, serta penghambatan enzim topoisomerase yang esensial untuk

replikasi bakteri. Penelitian ini melaporkan bahwa ekstrak umbi bawang dayak efektif menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Staphylococcus epidermidis*, dua bakteri patogen utama penyebab infeksi kulit. Status bawang dayak sebagai tumbuhan endemik Kalimantan yang semakin terancam habitatnya menjadikan konservasi dan penelitian bioprospeksinya semakin mendesak.

p. *Laos Putih/Lengkuas (Alpinia galanga)*

Laos putih atau lengkuas (*Alpinia galanga*) adalah tumbuhan rimpang dari famili Zingiberaceae yang tumbuh liar di tepi hutan dan hutan sekunder di Asia Tenggara. [22] meneliti aktivitas antimikroba ekstrak laos putih terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Salmonella* sp., dua bakteri patogen penyebab penyakit saluran pencernaan yang masih menjadi masalah kesehatan di negara-negara berkembang. Hasil penelitian ini membuktikan bahwa ekstrak laos putih memiliki aktivitas antimikroba yang signifikan terhadap kedua bakteri uji tersebut. Komponen aktif utama laos putih meliputi minyak atsiri (1,8-cineole, methyl cinnamate, dan chavicol), flavonoid (galangin dan kaempferid), serta senyawa fenolik lainnya. Galangin, yang merupakan flavonol khas pada genus *Alpinia*, telah terbukti memiliki aktivitas antibakteri spektrum luas dan kemampuan menghambat pembentukan biofilm bakteri. Keberadaan laos putih yang melimpah di ekosistem hutan sekunder dan agroforestri Indonesia menjadikannya sebagai sumber antimikroba alami yang mudah diakses dan dikembangkan.

q. *Akar Kucing (Acalypha indica L.)*

Akar kucing (*Acalypha indica L.*) adalah tumbuhan semak dari famili Euphorbiaceae yang tumbuh liar di tepi hutan, semak belukar, dan kawasan hutan terganggu di seluruh wilayah tropis. [23] menguji aktivitas antimikroba ekstrak daun akar kucing terhadap berbagai mikroba patogen manusia dan menemukan potensi yang menjanjikan sebagai sumber antimikroba alami. Daun akar kucing mengandung senyawa alkaloid (acalypheine), flavonoid, tanin, saponin, dan minyak atsiri yang berkontribusi terhadap aktivitasnya. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak daun akar kucing efektif menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Candida albicans*, dan beberapa mikroba patogen lainnya. Spektrum antimikroba yang luas ini menjadikan akar kucing sebagai kandidat tumbuhan hutan yang perlu mendapat perhatian lebih dalam penelitian bioprospeksi.

r. *Patok-Patok (Argostemma subbrassum L.)*

Patok-patok (*Argostemma subbrassum L.*) adalah tumbuhan herba kecil dari famili Rubiaceae yang hidup di lantai hutan hujan tropis yang lembab dan teduh, khususnya di Sumatra. [24] menguji aktivitas antimikroba dan toksisitas ekstrak metanol daun tumbuhan patok-patok dan menemukan kandungan senyawa aktif yang berpotensi sebagai antimikroba. Tumbuhan ini merupakan salah satu spesies endemik lantai hutan yang jarang diteliti namun memiliki nilai bioprospeksi yang potensial. Ekstrak metanol daun *A. subbrassum* mengandung senyawa alkaloid, flavonoid, saponin, dan tanin. Pengujian aktivitas antimikroba menunjukkan adanya zona hambat terhadap beberapa bakteri uji. Selain uji antimikroba, [24] juga melakukan uji toksisitas menggunakan metode BSLT (Brine Shrimp Lethality Test) yang menunjukkan potensi bioaktivitas ekstrak ini. Penemuan ini menegaskan bahwa tumbuhan lantai hutan yang tampaknya tidak mencolok sekalipun dapat

menyimpan potensi farmakologis yang signifikan, sehingga pentingnya eksplorasi dan konservasi seluruh lapisan ekosistem hutan tropis.

s. *Kakao (Theobroma cacao L.)*

Kakao (*Theobroma cacao L.*) merupakan tumbuhan pohon asal hutan Amazon yang kini telah menyebar luas dan dibudidayakan di berbagai kawasan hutan tropis, termasuk Indonesia yang menjadi salah satu produsen kakao terbesar di dunia. [25] mengkaji potensi *Theobroma cacao* sebagai antibiotik alami dan menemukan bahwa berbagai bagian tanaman kakao, terutama kulit buah dan biji, mengandung senyawa bioaktif dengan aktivitas antimikroba yang bermakna. Kakao kaya akan senyawa polifenol, khususnya katekin, epikatekin, dan procyanidin, serta theobromine, caffeine, dan berbagai senyawa flavonoid. Senyawa-senyawa ini telah terbukti memiliki aktivitas antibakteri terhadap berbagai patogen oral seperti *Streptococcus mutans* dan *Streptococcus salivarius*, serta bakteri patogen umum lainnya. Mekanisme antimikroba senyawa polifenol kakao melibatkan gangguan terhadap membran sel bakteri, penghambatan enzim bakteri, serta kemampuan membentuk kompleks dengan ion besi yang esensial bagi pertumbuhan bakteri [25].

t. Tumbuhan Obat terhadap MRSA (Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*)

Resistensi antibiotik, khususnya *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus* (MRSA), menjadi tantangan medis global yang mendorong pencarian antimikroba dari sumber alam. [26] mengkaji aktivitas antibakteri ekstrak berbagai tanaman obat terhadap MRSA dan menemukan beberapa spesies tumbuhan hutan yang menjanjikan sebagai kandidat antimikroba terhadap bakteri resisten antibiotik ini. Hasil kajian menunjukkan bahwa beberapa tumbuhan obat hutan mengandung senyawa yang mampu menembus pertahanan MRSA, antara lain tumbuhan dari genus *Terminalia* (ketapang), *Morinda* (mengkudu), dan *Garcinia* (manggis hutan). Senyawa tanin terhidrolisis (punicalin, punicalagin) dari *Terminalia*, morindin dan damnacanthal dari *Morinda*, serta xanthone (mangostin, gamma-mangostin) dari *Garcinia* menunjukkan aktivitas penghambatan signifikan terhadap MRSA. Temuan ini sangat relevan mengingat MRSA telah menjadi salah satu masalah kesehatan global paling serius, dan senyawa dari tumbuhan hutan berpotensi menjadi sumber terapi alternatif yang efektif.

3.2 Metabolit Sekunder dan Mekanisme Antimikroba

Metabolit sekunder tumbuhan merupakan senyawa organik yang tidak terlibat langsung dalam pertumbuhan, perkembangan, atau reproduksi tumbuhan, namun berperan penting dalam interaksi ekologis dan pertahanan tumbuhan terhadap predator, patogen, dan kompetitor. Terdapat beberapa kelompok utama metabolit sekunder dengan aktivitas antimikroba yang ditemukan pada tumbuhan obat hutan [1]. Alkaloid merupakan senyawa nitrogen heterosiklik yang banyak ditemukan pada berbagai tumbuhan hutan tropis. Mekanisme antimikroba alkaloid melibatkan interkalasi ke dalam DNA bakteri, penghambatan sintesis dinding sel, dan inhibisi respirasi seluler. Flavonoid, yang merupakan salah satu kelompok polifenol terbesar, bekerja sebagai antimikroba melalui kompleksasi dengan protein dinding sel bakteri dan membran lipid. Tanin, baik yang terkondensasi maupun terhidrolisis, menunjukkan aktivitas antimikroba dengan cara membentuk kompleks stabil dengan protein dan menghambat enzim bakteri [4]. Terpenoid, khususnya monoterpen dan sesquiterpen yang banyak terdapat dalam minyak atsiri tumbuhan hutan, bekerja sebagai antimikroba dengan cara merusak integritas membran sel bakteri melalui gangguan terhadap

struktur lipopolisakarida dan fosfolipid. Saponin menunjukkan aktivitas antimikroba melalui pembentukan kompleks dengan kolesterol membran, menyebabkan kebocoran sel. Senyawa fenolik sederhana, termasuk asam galat dan asam caffeic, menghambat berbagai enzim esensial bakteri melalui mekanisme penghambatan kompetitif [4]

3.3. Tantangan dan Prospek Bioprospeksi Tumbuhan Obat Hutan

Bioprospeksi tumbuhan obat hutan di Indonesia menghadapi berbagai tantangan yang perlu diatasi secara komprehensif. Tantangan utama meliputi aspek regulasi, konservasi, dan pengembangan ilmiah. Dari sisi regulasi, Indonesia telah meratifikasi Nagoya Protocol yang mengatur akses dan pembagian keuntungan (access and benefit sharing/ABS) atas sumber daya genetik. Namun implementasi di lapangan masih menghadapi berbagai kendala birokrasi yang dapat menghambat kemajuan penelitian bioprospeksi [5]. Dari aspek konservasi, intensitas eksplorasi tumbuhan obat yang berlebihan tanpa upaya pelestarian yang memadai dapat mengancam keberadaan spesies tumbuhan obat hutan, terutama yang memiliki sebaran terbatas atau populasi kecil. Diperlukan pendekatan bioprospeksi yang bertanggung jawab dan berkelanjutan, yang mempertimbangkan daya dukung ekosistem dan hak-hak masyarakat lokal yang menjadi pemilik pengetahuan tradisional. Di sisi lain, prospek bioprospeksi tumbuhan obat hutan Indonesia sangat cerah. Pengembangan teknologi omics (genomics, transcriptomics, metabolomics) dan kecerdasan buatan (AI) telah membuka peluang baru dalam identifikasi dan karakterisasi senyawa bioaktif secara lebih cepat dan efisien. Kolaborasi antara lembaga penelitian, perguruan tinggi, industri farmasi, dan masyarakat adat dalam kerangka bioprospeksi yang berkeadilan dapat mempercepat penemuan obat-obatan baru berbasis keanekaragaman hayati hutan Indonesia [3][5].

4. KESIMPULAN

Bioprospeksi tumbuhan obat hutan sebagai sumber senyawa antimikroba merupakan bidang penelitian yang strategis dan menjanjikan dalam menghadapi tantangan resistensi antimikroba global. Kajian ini telah mengidentifikasi dua puluh kelompok tumbuhan obat hutan dengan aktivitas antimikroba yang telah terbukti secara ilmiah, mencakup mimba (*Azadirachta indica*), temu hitam (*Curcuma aeruginosa*), jahe gajah (*Zingiber officinale*), mangrove (*Rhizophora mucronata* dan *Avicennia marina*), tumbuhan lahan basah, anggrek liar (*Orchidaceae*), rempah-rempah hutan, tumbuhan adat Suku Moronene, tanaman paku (*Stenochlaena palustris* dan *Pteridium caudatum*), kunyit (*Curcuma longa*), pegagan (*Centella asiatica*), sirsak (*Annona muricata*), kersen (*Muntingia calabura*), sereh (*Cymbopogon citratus*) dan rambutan (*Nephelium lappaceum*), bawang dayak (*Eleutherine palmifolia*), laos putih (*Alpinia galanga*), akar kucing (*Acalypha indica*), patok-patok (*Argostemma subbrassum*), kakao (*Theobroma cacao*), serta berbagai tumbuhan obat yang aktif terhadap MRSA. Senyawa antimikroba utama yang ditemukan pada tumbuhan-tumbuhan tersebut meliputi alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid, saponin, dan minyak atsiri. Masing-masing senyawa bekerja melalui mekanisme yang berbeda-beda, mulai dari penghambatan sintesis dinding sel, disrupsi membran, inhibisi sintesis asam nukleat, hingga penghambatan aktivitas enzim esensial bakteri. Keragaman mekanisme aksi ini menjadikan senyawa-senyawa dari tumbuhan hutan sebagai kandidat antimikroba yang menjanjikan, bahkan terhadap bakteri yang telah resisten terhadap antibiotik konvensional. Pendekatan etnofarmakologi dan etnobioprospeksi terbukti menjadi panduan yang efektif dan efisien dalam mengarahkan kegiatan bioprospeksi menuju spesies tumbuhan yang

lebih mungkin memiliki aktivitas biologis bermakna. Integrasi pengetahuan tradisional masyarakat adat dengan metode ilmiah modern merupakan strategi optimal dalam bioprospeksi tumbuhan obat hutan. Ke depannya, diperlukan pengembangan kerangka regulasi dan tata kelola bioprospeksi yang lebih baik, yang memastikan keadilan dalam pembagian manfaat antara peneliti, industri, dan masyarakat pemilik pengetahuan tradisional, sekaligus menjamin kelestarian ekosistem hutan sebagai sumber keanekaragaman hayati yang tak ternilai

5. SARAN

Berdasarkan hasil kajian ini, beberapa saran dikemukakan untuk pengembangan penelitian dan kebijakan bioprospeksi tumbuhan obat hutan di Indonesia. Pertama, perlu dilakukan inventarisasi dan dokumentasi yang lebih komprehensif terhadap tumbuhan obat hutan di seluruh ekosistem hutan Indonesia, termasuk hutan yang belum banyak dieksplorasi seperti hutan pegunungan dan hutan karst. Kedua, penelitian bioprospeksi hendaknya mengintegrasikan pendekatan modern seperti metabolomics, genomics, dan bioinformatika untuk mempercepat identifikasi dan karakterisasi senyawa bioaktif baru. Ketiga, perlu dikembangkan sistem database terintegrasi tentang tumbuhan obat hutan Indonesia, kandungan senyawa aktifnya, dan data aktivitas biologis untuk memudahkan akses informasi bagi peneliti.

REFERENCES

- [1] Gunawan, *BIOPROSPEKSI TUMBUHAN OBAT HUTAN TROPIKA INDONESIA*. FORDA Press, 2020.
- [2] F. F. Karim, Yunitya, E. Demmangapi, Srimuliadi, R. D, and A. S. Limbong, “IDENTIFIKASI JENIS TUMBUHAN HUTAN YANG DIGUNAKAN SEBAGAI PENGobatan TRADISIONAL OLEH MASYARAKAT KECAMATAN BALLA KABUPATEN MAMASA,” *Jurnal Belantara*, vol. 7, no. 2, pp. 326–336, 2024.
- [3] A. Batmomolin *et al.*, *HERBAL MEDIK*. Jawa tengah, 2024. Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: www.mediapustakaindo.com
- [4] U. L. Mangkurat, A. Y. Wardani, and A. Ajizah, “Potensi antimikroba tumbuhan lahan basah dan peran metabolit sekunder dalam penghambatan pertumbuhan bakteri,” *Seminar Nasional Pendidikan Biologi ULM*, vol. 1, no. 2, pp. 278–283, Jul. 2025, Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: <https://snpbio.ulm.ac.id/index.php/prosiding/article/view/47>
- [5] E. Amzu, R. S. Hidayat, and R. Astawan, “Etnobioprospeksi Tumbuhan Obat Masyarakat Adat Suku Moronene, Sulawesi Tenggara,” IPB University, Bogor, 2025. Accessed: May 04, 2026. [Online]. Available: <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/170238>
- [6] R. F. H. Putri, R. A. Yufani, F. Y. D. A. S. Saniyawati, and A. Safitri, “Bioprospeksi: Eksplorasi Senyawa Aktif Penurun Penderita Stroke dari Organisme Laut,” *Journal of Tropical Diversity*, vol. 1, no. 1, pp. 9–23, Feb. 2025, doi: 10.64283/JOTDIVERSE.2025.1(1):1.

- [7] Melviani, “ETNOFARMAKOLOGI DAN BIOPROSPEKSI MANGROVE SEBAGAI TUMBUHAN OBAT DI KABUPATEN PESAWARAN (Skripsi),” JURUSAN KEHUTANAN FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG, Bandar Lampung, 2024.
- [8] K. Fitriyah, “BIOPROSPEKSI TUMBUHAN OBAT KANKER PANKREAS DI GRIYA JAMU SITI ARA KOTA BATU PROVINSI JAWA TIMUR,” Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2025.
- [9] Nadia, M. Chatri, L. Advinda, and D. H. Putri, “LITERATUR REVIEW: SENYAWA AKTIF TUMBUHAN YANG EFEKTIF SEBAGAI PESTISIDA NABATI UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT TANAMAN,” *JURNAL BIOSENSE*, vol. 8, no. 1, pp. 62–75, Apr. 2025, doi: 10.36526/BIOSENSE.V8I1.5028.
- [10] A. Baidarus, A. Hayati, and N. Athiroh AS, “Bioprospeksi Mimba (*Azadirachta Indica* Juss.) Sebagai Tumbuhan Obat Di Desa Bangsring Kecamatan Wongsorejo Kabupaten Banyuwangi,” *Jurnal SAINS ALAMI (Known Nature)*, vol. 2, no. 1, Aug. 2019, doi: 10.33474/J.SA.V2I1.3681.
- [11] D. R. Trisnaputri, M. Isrul, N. Hazan, W. O. Ida Fitriah, F. A. Syafrie, and F. W. Alani, “Uji Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etanol Rimpang Temu Hitam (*Curcuma aeruginosa* Roxb.) terhadap *Staphylococcus epidermidis*, *Escherichia coli* dan *Candida albicans*,” *Jurnal Mandala Pharmacoin Indonesia*, vol. 10, no. 2, 2024, Accessed: May 06, 2026. [Online]. Available: <https://garuda.kemdiktisaintek.go.id/documents/detail/4616931>
- [12] M. Rahminiwati, A. P. Andi Mustika, and S. Saadiah, “BIOPROSPEKSI EKSTRAK JAHE GAJAH SEBAGAI ANTI-CRD: KAJIAN AKTIVITAS ANTIBAKTERI TERHADAP *Mycoplasma galliseptikum* DAN *E. coli* IN VITRO (BIO-PROSPECTIVE OF FRESH GINGER EXTRACT AS ANTY-CHORNIC RESPIRATORY DISEASE STUDY IN VITRO OF ANTIBACTERIAL ACTIVITY AG...,” *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, vol. 15, no. 1, pp. 7–13, 2010.
- [13] R. K. Wati, R. R. van Vugt, and B. Gravendeel, “A Linnaeus NG interactive key to the species of *Glomera* (Orchidaceae, Coelogyneae) from Southeast Asia,” *PhytoKeys*, no. 110, pp. 9–22, 2018, doi: 10.3897/PHYTOKEYS.110.28435.
- [14] Wellyalina, “Identifikasi senyawa fitokimia dan daya antimikroba ekstrak rempah utama bumbu-bumbu rendang terhadap *Staphylococcus aureus* - Penelusuran Google,” *Jurnal Pertanian UMSB*, vol. 1, no. 2, pp. 29–37, 2017,
- [15] Saat Egra, Mardhiana, Randy Patriawan, Kartina, Sudirman Sirait, and Harlinda Kuspradini, “Aktivitas Antimikroba Tanaman Paku (*Stenochlaena palustris* dan *Pteridium caudatum*) Terhadap Bakteri (*Ralstonia solanacearum* dan *Streptococcus sobrinus*),” *Jurnal Jamu Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 28–36, 2019,
- [16] E. Septiana and P. Simanjuntak, “AKTIVITAS ANTIMIKROBA DAN ANTIOKSIDAN EKSTRAK BEBERAPA BAGIAN TANAMAN KUNYIT (*Curcuma longa*),” *FITOFARMAKA: Jurnal Ilmiah Farmasi*, vol. 5, no. 1, pp. 1–10, Jun. 2015, doi: 10.33751/JF.V5I1.193.

- [17] L. R. Putri and N. R. I. Mukhlisah, “AKTIVITAS ANTIMIKROBA PEGAGAN (CENTELLA ASIATICA) SECARA IN VITRO : LITERATURE REVIEW,” *JURNAL KESEHATAN TAMBUSAI* , vol. 5, no. 4, pp. 13070–13078, Dec. 2024,
- [18] I. Fadhilah, “UJI AKTIVITAS ANTIMIKROBA EKSTRAK DAUN SIRSAK (*Annona muricata* L.) TERHADAP BEBERAPA MIKROBA PATOGEN,” UNIVERSITAS ISLAM NEGERI ALAUDDIN MAKASSAR, Makasar, 2012.
- [19] F. A. I. F. Yanis, “Potensi antibakteri dari ekstrak segar daun kersen (*Muntingia calabura* L.) dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Shigella dysenteriae* - Google Search,” *Jurnal Biologi Universitas Andalas* , vol. 8, no. 1, pp. 14–19, 2019
- [20] R. D. Santoso and R. D. Santoso, “Kajian Antimikroba Pada Formulasi Ekstrak Daun Sereh (*Cymbopogon citarus*) Dan Daun Rambutan (*Nephelium lappaceum*) Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus*,” UMSU, Medan, 2020.
- [21] R. Puspawati, P. Adirestuti, and R. Menawati, “KHASIAT UMBI BAWANG DAYAK (*Eleutherine palmifolia* (L.) Merr.) SEBAGAI HERBAL ANTIMIKROBA KULIT,” *Kartika : Jurnal Ilmiah Farmasi*, vol. 1, no. 1, pp. 31–37, Dec. 2013, doi: 10.26874/KJIF.V1I1.21.
- [22] L. A. V. Kapitan, “Antimicrobial Activity White Lao Extract (*Alpinia Galangas*) Against *Escherichia Coli* and *Salmonella* Sp. Bacteria,” *Jurnal Info Kesehatan*, vol. 15, no. 1, pp. 15–19, May 2017,
- [23] M. M. Guli, D. M. Guli, S. Si, M. Si, Muh. A. Ardiputra, and A. I. Toemon, “Uji aktivitas antimikroba ekstrak daun tumbuhan akar kucing (*Acalypha indica* L.) terhadap mikroba patogen manusia,” *Jurnal Kedokteran Universitas Palangka Raya*, vol. 11, no. 2, pp. 77–83, Nov. 2023, doi: 10.37304/JKUPR.V11I2.11040.
- [24] D. E. Damayanti, “Uji aktivitas antimikroba dan toksisitas ekstrak metanol daun tumbuhan patok-patok,” Universitas Medan Area, Medan, 2006.
- [25] N. ISTI'AZAH and A. Zuhrotun, “POTENSI *Theobroma cacao* L. SEBAGAI ANTIBIOTIK ALAMI,” *Farmaka*, vol. 17, no. 1, pp. 1–9, 2019, doi: 10.24198/JF.V17I1.22123.
- [26] D. M. D. Widyastri, E. Cahyaningsih, and I. G. A. A. K. Wardani, “Aktivitas Antibakteri Ekstrak Tanaman Obat terhadap Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) | Usadha,” *Usadha: Jurnal Integrasi Obat Tradisional*, vol. 1, no. 1, 2021,