Prospek Jamur Endofit sebagai Agen Antioksidan dan Antibakteri: Kajian Literatur

The Prospects of Endophytic Fungi as Antioxidant and Antibacterial Agents: A Literature Review

Dewi Puspa Sari[1], Nurul Septina[1], Nurul Hidayah[1], Chairina Nuria Putri[1], Sandya Oktia Rozika[1], Rima Dian Juliana[1], Baiq Maylinda Gemantari[1]
[1]Program Studi Farmasi, Fakultas Kesehatan, Universitas Hamzanwadi, Pancor Indonesia
Corresponding author: Baiq Maylinda Gemantari ; Email: gemantaribm@hamzanwadi.ac.id
Submitted: 08-09-2026 Revised: 20-09-2026 Accepted: 16-10-2026

ABSTRAK

Resistensi bakteri terhadap antibiotik serta meningkatnya gangguan kesehatan akibat radikal bebas mendorong pencarian sumber senyawa bioaktif baru dari bahan alam. Jamur endofit adalah mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tumbuhan tanpa membahayakan tumbuhan inang dan memiliki potensi untuk menghasilkan senyawa antibakteri serta antioksidan. Kajian literatur ini bertujuan mengulas potensi jamur endofit sebagai sumber antibakteri dan antioksidan serta prospek pemanfaatannya dalam bidang bioteknologi. Penelitian dilakukan melalui kajian literatur terhadap artikel ilmiah yang diterbitkan pada tahun 2018-2025. Hasil kajian menunjukkan bahwa berbagai genus jamur endofit menghasilkan metabolit sekunder, seperti flavonoid, fenolik, alkaloid, terpenoid, dan steroid, yang memiliki aktivitas antibakteri dan antioksidan. Sebagian besar penelitian melaporkan kemampuan ekstrak jamur endofit menghambat bakteri Gram positif maupun Gram negatif serta memiliki aktivitas antioksidan kategori sedang hingga sangat kuat. Aktivitas tersebut dipengaruhi oleh jenis jamur, tanaman inang, kondisi fermentasi, metode ekstraksi, dan kandungan metabolit sekundernya. Dengan demikian, jamur endofit berpotensi dikembangkan sebagai sumber senyawa antibakteri dan antioksidan, meskipun penelitian lanjutan masih diperlukan untuk mendukung pemanfaatannya secara luas.

Kata kunci: Antibakteri, Antioksidan, Bioteknologi, Jamur endofit, Metabolit sekunder.

ABSTRACT

Bacterial resistance to antibiotics and rising health issues caused by free radicals have driven the search for new sources of bioactive compounds from natural materials. Endophytic fungi are microorganisms that inhabit plant tissues without harming the host plant and possess the potential to produce antibacterial and antioxidant compounds. This literature review aims to examine the potential of endophytic fungi as sources of antibacterial and antioxidant agents, as well as their prospects for application in biotechnology. The study was conducted by reviewing scientific articles published between 2018 and 2025. The findings indicate that various genera of endophytic fungi produce secondary metabolites, such as flavonoids, phenolics, alkaloids, terpenoids, and steroids- that exhibit antibacterial and antioxidant activities. Most studies report that extracts from endophytic fungi are capable of inhibiting both gram-positive and gram-negative bacteria and demonstrate antioxidant activity ranging from moderate to very strong. These activities are influenced by the fungal species, host plant, fermentation conditions, extraction methods, and secondary metabolite content. Thus, endophytic fungi hold potential for development as sources of antibacterial and antioxidant compounds, although further research is required to support their widespread application.

Keywords*: Antibacterial, Antioxidant, Biotechnology, Endophytic fungi, Secondary metabolites.*

PENDAHULUAN

Resistensi antibiotik didefinisikan sebagai kemampuan mikroorganisme untuk mencegah aksi agen antimikroba yang menyebabkan hilangnya efektivitasnya dalam menghentikan pertumbuhan bakteri (Putri et al., 2023). Resistensi antibiotik dan peningkatan penyakit akibat stress oksidatif menjadi tantangan besar dalam bidang kesehatan modern. Penggunaan antibiotik yang tidak rasional menyebabkan meningkatnya kemampuan bakteri patogen untuk bertahan terhadap pengobatan, sehingga efektivitas terapi semakin menurun. Di sisi lain, radikal

bebas yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan sel. Radikal bebas adalah molekul atau bagian dari molekul yang tidak stabil dan memiliki satu atau lebih elektron yang tidak berpasangan. Molekul ini dapat merusak membran lipid pada sel, DNA, dan protein, yang berpotensi menyebabkan berbagai jenis penyakit degeneratif. Radikal bebas dalam tubuh dapat merusak sel dan jaringan sehingga dapat mengakibatkan kerusakan organ dan akhirnya menimbulkan penyakit kronis (Ngibad, 2023). Antioksidan adalah zat yang dapat menetralkan radikal bebas. Hal ini secara patologis dapat membantu mencegah penyakit degeneratif seperti penyakit kardiovaskular, kanker, dan kondisi terkait lainnya. Senyawa antioksidan adalah zat yang dibutuhkan tubuh untuk menetralkan radikal bebas dan mencegah kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas pada sel normal, protein, dan lemak (Wiyono et al., 2023). Hal ini menjadikan pentingnya bahan antioksidan untuk menjaga kesehatan tubuh. Kondisi tersebut mendorong perlunya pengembangan sumber senyawa bioaktif baru yang lebih efektif, aman, dan berkelanjutan.

Selama ini, senyawa sintetis masih banyak digunakan sebagai antibakteri maupun antioksidan. Namun, penggunaan obat-obatan sintetis dalam jangka panjang diketahui dapat menyebabkan efek samping, toksisitas, serta meningkatkan risiko resistensi mikroba. Selain itu, beberapa antioksidan sintetis dilaporkan memiliki potensi efek toksik apabila digunakan secara berlebihan. Oleh karena itu, eksplorasi bahan alam sebagai sumber senyawa bioaktif alternatif terus dikembangkan, salah satunya melalui pemanfaatan mikroorganisme endofit.

Jamur endofit adalah salah satu sumber utama mikroba yang menghasilkan antibiotik baru. Mikroba endofit adalah bakteri dan jamur yang hidup di dalam jaringan tumbuhan dan membentuk koloni tanpa membahayakan inangnya (Annisa et al., 2024). Istilah "jamur endofit" mengacu pada jamur yang hidup di jaringan tumbuhan sepanjang seluruh atau sebagian siklus hidupnya dengan membangun hubungan simbiosis yang saling menguntungkan dengan tanaman inangnya tanpa menyebabkan efek buruk atau penyakit (Moharram et al., 2022). Dengan inangnya endofit bersimbiosis memproduksi metabolit sekunder yang banyak memiliki aktivitas biologis (Gemantari et al., 2022). Jamur ini menghasilkan berbagai metabolit dari berbagai kelas kimia, termasuk alkaloid, flavonoid, steroid, terpenoid, dan senyawa fenolik (Deshmukh et al., 2018). Menariknya beberapa metabolit yang dihasilkan jamur endofit sebagai sumber senyawa farmasi yang potensial dan berkelanjutan.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa jamur endofit memiliki antivitas antibakteri terhadap bakteri berbahaya seperti *Staphylococcus aureus, Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Salmonella typhi*. Selain itu, sejumlah isolat jamur endofit juga menunjukkan aktivitas antioksidan yang kuat melalui penghambatan radikal bebas menggunakan metode DPPH. Genus jamur seperti *Phomopsis*, *Xylaria*, *Fusarium*, *Nigrospora*, *Aspergillus*, dan *Paecilomyces* mampu menghasilkan metabolit sekunder dengan aktivitas biologi yang menjanjikan. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa jamur endofit memiliki prospek besar untuk dikembangkan sebagai sumber agen antibakteri dan antioksidan baru dalam bidang bioteknologi dan farmasi.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian mengenai jamur endofit masih bersifat eksploratif dan terbatas pada tahap isolasi serta pengujian aktivitas biologis awal. Beberapa penelitian belum melakukan identifikasi molekuler secara mendalam, isolasi senyawa aktif, pengujian toksisitas, maupun pengujian *in vivo* sehingga potensi farmakologinya belum dapat dipastikan secara komprehensif. Selain itu, penelitian yang mengkaji aktivitas antibakteri dan antioksidan secara bersamaan masih relatif terbatas. Oleh karena itu, diperlukan kajian literatur yang komprehensif untuk membandingkan hasil penelitian, mengevaluasi potensi bioaktivitas jamur endofit, serta menganalisis prospek pengembangannya sebagai sumber senyawa antibakteri dan antioksidan dalam bidang bioteknologi.

METODE PENELITIAN

Penelitan ini menggunakan metode kajian literatur untuk mengumpulkan dan menganalisis berbagai publikasi ilmiah yang berkaitan dengan prospek jamur endofit sebagai agen antibakteri dan antioksidan dalam bidang bioteknologi. Penelusuran literatur dilakukan menggunakan basis data Google Scholar, PubMed dan ResearchGate dengan menggunakan kata kunci seperti jamur endofit,

p-ISSN 2528-7621
e-ISSN 2579-938x

endophytic fungi, antioksidan, antibakteri, bioteknologi, serta kombinasi dari kata-kata tersebut. Seluruh literatur hasil kemudian dipilih berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi yang telah ditetapkan.

Kriteria inklusi dalam penelitian ini meliputi artikel ilmiah dan jurnal nasional maupun jurnal internasional yang membahas aktivitas antibakteri, aktivitas antioksidan, metabolit sekunder, serta pemanfaatan jamur endofit dalam bidang bioteknologi, dengan tahun publikasi antara 2018-2025. Pada saat yang sama, kriteria pengecualian mencakup artikel yang bukan merupakan bagian dari kriteria tersebut tersedia dalam bentuk naskah lengkap, publikasi yang tidak melalui proses *peer review,* skripsi, tesis, disertasi, prosiding, serta artikel yang diterbitkan sebelum tahun 2018 atau tidak memiliki keterkaitan dengan topik penelitian.

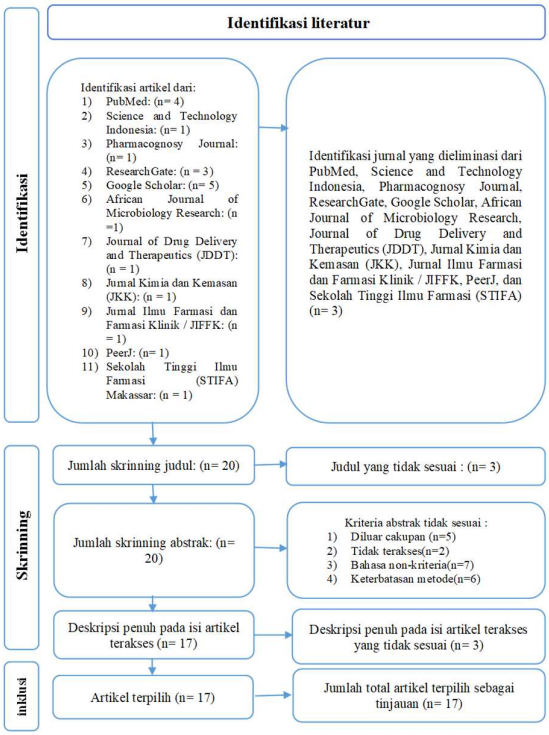
HASIL DAN PEMBAHASAN

Metodologi Pencarian

Literatur yang diperoleh berasal dari data terpercaya, termasuk PubMed, Science and Technology Indonesia, Pharmacognosy Journal, ResearchGate, Google Scholar, African Journal of Microbiology Research, Journal of Drug Delivery and Therapeutics (JDDT), Jurnal Kimia dan Kemasan (JKK), Jurnal Ilmu Farmasi dan Farmasi Klinik / JIFFK, PeerJ, dan Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi (STIFA). Pencarian tersebut menggunakan berbagai istilah dan kata kunci, termasuk Metabolit Sekunder, Jamur Endofit, sebagai aktivitas antibakteri, dan aktvitas antioksidan, artikel-artikel yang dipillih berasal dari jurnal nasional dan internasional yang diterbitkan dalam dekade terakhir, khususnya dari tahun 2018-2025.

Ekstraksi Data

Penelitian yang bersifat tidak ilmiah, dan yang tidak relevan dengan topik yang dibahas. Prosedur ini dilakukan untuk memperoleh literatur yang relevan dengan tinjauan, penulis menerapkan standar yang sudah ditetapkan untuk mengumpulkan dan mengevaluasi artikel yang relevan dengan penelitian. Artikel-artikel yang terpilih memberikan informasi tentang berbagai spesies jamur endofit yang menunjukkan kemampuan sebagai agen antioksidan dan antibakteri. Kriteria untuk pengambilan data meliputi hal-hal berikut: 1) metabolit sekuder yang terkandung dalam jamur endofit, 2) tanggal publikasi yang mencakup periode 2018 hingga 2025, 3) bukti bahwa jamur endofit mampu dan efektif sebagai agen antioksidan dan antibakteri, 4) artikel akses terbuka, dan 5) artikel yang diterbitkan dalam bahasa inggris atau indonesia. Hingga terdapat 17 artikel yang dipilih untuk tinjauan ini



Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit

Jamur endofit adalah mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tumbuhan tanpa menyebabkan bahaya atau gejala apapun pada tumbuhan inang. Jamur endofit diketahui memiliki potensi besar sebagai penghasil senyawa bioaktif yang dapat digunakan sebagai agen antibakteri. Selama proses simbiosis tersebut, jamur endofit mampu menghasilkan berbagai metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, terpenoid, dan senyawa fenolik, kuinon, xanton, poliketida, dan peptida. Senyawa-senyawa tersebut berperan dalam melindungi tanaman dari serangan mikroorganisme patogen serta memiliki aktivitas biologis yang berpotensi di kembangkan sebagai sumber antibakteri dan antioksidan.

Isolasi merupakan tahap awal untuk mendapatkan isolat murni yang mengandung metabolit sekunder yang akan di uji aktivitas

antibakteri dan antioksidan. Selanjutnya dilakukan fermentasi yang dilakukan untuk mendapatkan senyawa metabolit sekunder dan ekstraksi yang dilakukan untuk memisahkan senyawa aktif dari bahan-bahan fermentasi sebelumnya sehingga menghasilkan senyawa aktif yang murni (Arifin et al., 2025).

Hasil kajian dari berbagai penelitian menunjukkan bahwa proses isolasi jamur endofit umumnya diawali dengan pengambilan bagian tanaman yang masih sehat, seperti daun, batang, akar, kulit batang, buah, maupun tangkai daun. Bagian tanaman tersebut kemudian dibersihkan dan dilakukan sterilisasi permukaan secara bertahap menggunakan etanol 70%, larutan natrium hipoklorit (NaOCl), serta aquadest steril. Tahapan ini bertujuan untuk menghilangkan mikroorganisme dari permukaan jaringan agar jamur dapat tumbuh berasal dari dalam jaringan tanaman. Selanjutnya, potongan jaringan ditanam pada media pertumbuhan, seperti Potato Dextrose Agar (PDA) atau Corn Meal Malt Agar (CMMA), kemudian diinkubasi hingga muncul koloni jamur. Koloni yang memiliki karakteristik berbeda dimurnikan melalui proses subkultur sehingga diperoleh isolat murni. Identifikasi isolat dilakukan dengan mengamati karakter morfologi koloni, seperti bentuk, warna, tekstur, serta struktur mikroskopis berupa hifa, konidia, dan spora. Pada beberapa penelitian, identifikasi juga diperkuat menggunakan analisis molekuler berbasis daerah ITS agar spesies jamur dapat ditentukan dengan lebih akurat.

Fermentasi dan Ekstraksi

Setelah isolat murni diperoleh, tahap berikutnya adalah fermentasi untuk menghasilkan metabolit sekunder yang berpotensi sebagai senyawa bioaktif (Abesah & Mahfur, 2024). Sebagian besar penelitian menggunakan media Potato Dextrose Broth (PDB) karena media ini mampu mendukung pertumbuhan jamur dengan baik. Proses fermentasi dilakukan selama sekitar 14-21 hari pada suhu 25–27℃. Setelah masa inkubasi selesai, biomassa jamur bersama media fermentasi diekstraksi menggunakan pelarut etil asetat, kemudian pelarut dipisahkan hingga diperoleh ekstrak kasar. Ekstrak tersebut selanjutnya dianalisis kandungan metabolit sekundernya menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) dan digunakan untuk pengujian aktivitas antibakteri maupun antioksidan. Meskipun tahapan yang digunakan pada setiap penelitian relatif sama, terdapat beberapa perbedaan, seperti lama fermentasi, kondisi inkubasi, dan teknik ekstraksi. Perbedaan tersebut dapat mempengaruhi jenis maupun jumlah metabolit sekunder yang dihasilkan, sehingga aktivitas biologis dari setiap isolat jamur endofit juga dapat berbeda.

Uji Aktivitas Antibakteri

Pengujian aktivitas antibakteri pada jamur endofit umumnya diawali dengan uji kualitatif sebagai tahap skrining untuk mengetahui ada atau tidaknya kemampuan ekstrak dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Metode yang paling banyak digunakan adalah Thin Layer Chromatography (TLC)–Bioautography atau TLC dot blot karena pelaksanaannya relatif mudah, cepat, serta membutuhkan jumlah sampel yang sedikit. Pada metode ini, ekstrak jamur endofit ditotolkan pada plat KLT, kemudian dipaparkan dengan suspensi bakteri uji, yaitu *Staphylococcus aureus,* adalah bakteri Gram-positif, *Salmonella typhi*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus epidermidis*, *Salmonella enterica*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Serratia marcescens*, *Fusarium foetens* dan *Escherichia coli* sebagai bakteri Gram negatif. Setelah diinkubasi, plat disemprot menggunakan larutan iodonitrotetrazolium (INT). Adanya zona bening atau bercak berwarna putih di sekitar titik ekstrak menunjukkan bahwa pertumbuhan bakteri berhasil dihambat, sedangkan perubahan warna menjadi ungu menandakan bahwa bakteri masih tumbuh. Oleh karena itu, metode ini sering digunakan sebagai tahap awal untuk menyeleksi ekstrak jamur endofit yang berpotensi memiliki aktiviitas antibakteri.

Ekstrak yang menunjukkan aktivitas pada tahap skrining kemudian dianalisis lebih lanjut dengan mencari konsentrasi penghambat Minimum Inhibitory Concentration (MIC) atau konsentrasi bakterisida minimum (MBC) menggunakan metode mikrodilusi. Pengujian dilakukan melalui pengenceran bertingkat hingga diperoleh konsentrasi terendah yang masih mampu menghentikan pertumbuhan bakteri. Nilai MIC menjadi salah satu parameter penting dalam menilai potensi antibakteri suatu ekstrak, karena semakin kecil nilai MIC maka semakin kuat kemampuan ekstrak tersebut dalam menghambat

pertumbuhan bakteri. Perbedaan nilai MIC yang diperoleh pada setiap penelitian dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara jenis lainnya jamur endofit, tanaman inang, kondisi fermentasi, jenis pelarut yang digunakan selama ekstraksi, serta kandungan metabolit sekunder yang dihasilkan. Selain itu, perbedaan struktur dinding sel antara bakteri Gram positif dan negatif juga mempengaruhi tingkat sensitivitas senyawa antibakteri, sehingga bakteri Gram positif umumnya lebih mudah dihambat dibandingkan bakteri Gram negatif.

Uji Aktivitas Antioksidan

Berdasarkan hasil kajian dari beberapa penelitian, aktivitas antioksidan jamur endofit umumnya dievaluasi melalui dua tahap yaitu uji kualitatif sebagai tahap skrining dan uji kuantitatif untuk mengukur kemampuan ekstrak dalam menangkal radikal bebas. Metode yang paling banyak digunakan adalah 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) karena prosedurnya sederhana, mudah dilakukan, dan memiliki tingkat sensitivitas yang baik dalam mendeteksi aktivitas aktioksidan dari senyawa bahan alam. Pada tahap skrining, ekstrak jamur endofit ditotolkan pada plat KLT kemudian disemprot dengan larutan DPPH dan diinkubasi selama beberapa menit dalam kondisi gelap. Aktivitas antioksidan ditandai dengan munculnya bercak berwarna kuning atau putih pada latar belakang ungu. Perubahan warna hal ini menunjukkan bahwa senyawa-senyawa yang terkandung dalam ekstrak tersebut mampu mendonorkan atom hydrogen atau elektron untuk menetralkan radikal bebas DPPH, sehingga metode ini banyak dimanfaatkan sebagai tahap awal dalam menyeleksi ekstrak yang berpotensi sebagai antioksidan.

Ekstrak yang menunjukkan aktivitas pada tahap skrining selanjutnya dianalisis menggunakan metode DPPH secara spektrofotometri untuk menentukan nilai Inhibitory Concentration 50 (IC_{50}). Nilai IC_{50} menggambarkan konsentrasi ekstrak yang diperlukan untuk menghambat 50% radikal bebas DPPH. Semakin rendah nilai IC_{50} maka semakin tinggi kemampuan antioksidan yang dimiliki oleh ekstrak tersebut. Selain parameter IC_{50}, beberapa penelitian juga menghitung Antioxidant Activity Index (AAI) sebagai pelengkap dalam menilai kekuatan antivitas antioksidan. Perbedaan nilai IC_{50} yang diperoleh pada setiap penelitian dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti spesies jamur endofit, jenis tanaman inang, lama fermentasi, metode ekstraksi, serta kandungan metabolit sekunder yang dihasilkan. Senyawa seperti flavonoid, fenolik, terpenoid, dan alkaloid diketahui senyawa ini memainkan peran penting dalam aktivitas antioksidan karena dapat menetralkan radikal bebas melalui mekanisme transfer electron atau atom hydrogen.

Pembahasan Hasil Penelitian

Berdasarkan penelitian Praptiwi et al. (2018), melaporkan bahwa dari 40 ekstrak jamur endofit yang diuji, sebanyak 30 ekstrak mampu menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus*, 20 ekstrak aktif terhadap *Escherichia coli* dan 27 ekstrak efektif menghambat kedua bakteri tersebut. Dan juga melaporkan bahwa dari 40 ekstrak jamur endofit yang diuji, sebanyak 29 ekstrak mampu menangkap radikal bebas DPPH dan 13 ekstrak diantara memilik aktivitas antioksidan yang tergolong kuat.

Penelitian Oktavia et al. (2020) juga memperoleh hasil yang sejalan, dimana seluruh ekstrak jamur endofit yang diisolasi dari *Chlorantus officinalis* dan *Staurogyne elongate* mampu menghambat pertumbuhan *S. aureus*, sedangkan aktivitas terhadap *E. coli* cenderung lebih rendah. Beberapa isolat, seperti CO2 dan SE3, bahkan menunjukkan aktivitas yang sangat baik dengan nilai MIC kurang dari 8 µg/mL. Hasil pengujian antioksidan pada isolat SE5 senyawa ini memiliki aktivitas antioksidan terbaik dengan nilai IC_{50} sebesar 56,37 µg/mL, yang termasuk dalam aktivitas sedang.

Hasil yang dilaporkan oleh Fathoni et al. (2022) yang berhasil mengisolasi 81 jamur endofit dari berbagai tanaman obat di pulau Simeulue. Dari jumlah tersebut, 65 ekstrak aktif terhadap *S. aureus* dan 57 ekstrak aktif terhadap *E. coli*. Beberapa isolat dari genus *Xylaria*, *Phomopsis*, *Schizophyllum*, dan *Lasiodiplodia* bahkan menunjukkan aktivitas antibakteri yang kuat dengan nilai MIC berkisar antara 32–64 µg/mL. pada uji aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa dari 81 ekstrak jamur endofit yang berhasil diisolasi dari berbagai tanaman obat, sebanyak 48 ekstrak memiliki aktivitas antioksidan. Diantara seluruh isolat tersebut, *Xylaria sp.* 04BtSi-2,2 menunjukkan aktivitas paling tinggi dengan nilai IC_{50} sebesar 21,66 µg/mL sehingga termasuk ke dalam kategori antioksidan kuat.

p-ISSN 2528-7621
e-ISSN 2579-938x

Penelitian Oktiansyah et al. (2023) melaporkan bahwa ekstrak etil asetat *Trichoderma asperellum* yang diisolasi dari daun sungkai ini dapat menghentikan pertumbuhan beberapa bakteri berbahaya seperti *Escherichia coli*, *Salmonella typhi*, *Bacillus subtilis*, dan *Staphylococcus aureus*. Nilai MIC yang diperoleh dari ekstrak kasar berturut-turut sebesar 128 µg/mL terhadap *E. coli* dan *S. aureus*, 64 µg/mL terhadap *B. subtilis*, serta 32 µg/mL terhadap *S. typhi*. Setelah dilakukan proses pemurnian, senyawa 4-hydroxybenzoic acid menunjukkan aktivitas antibakteri yang lebih baik dibandingkan ekstrak kasar. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pemurnian mampu meningkatkan aktivitas senyawa bioaktif dalam menghambat pertumbuhan bakteri. Ekstrak etil asetat *Trichoderma asperellum* menunjukkan aktivitas antioksidan yang sangat baik berdasarkan pengujian menggunakan metode DPPH. Ekstrak kasar memiliki nilai IC_{50} sebesar 12,2 µg/mL, sedangkan senyawa hasil pemurnian berupa 4-hydroxybenzoic acid memiliki nilai IC_{50} sebesar 43,88 µg/mL. nilai tersebut menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki kemampuan yang baik dalam menangkap radikal bebas, meskipun ekstrak kasar memberikan aktivitas yang lebih tinggi. Kemampuan tersebut diduga berkaitan dengan adanya berbagai metabolit sekunder yang bekerja secara sinergis, terutama senyawa fenolik yang memiliki gugus hidroksil sebagai donor atom hidrogen atau elektron.

Penelitian oleh Gurgel et al. (2023) berhasil mengisolasi 107 jamur endofit dari tanaman *Arrabidaea chica*, di mana 18 isolat diantara memiliki aktivitas antimikroba terhadap sedikitnya satu mikroorganisme uji. Isolat CP2-13 merupakan isolat yang menunjukkan aktivitas paling baik karena mampu menghambat pertumbuhan beberapa bakteri Gram positif, seperti *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, dan *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, *Proteus mirabilis*, *Klebsiella pneumonia*, dan *Serratia marcescens*. Selain isolat tersebut juga memiliki aktivitas antibakteri dan dapat menghentikan pertumbuhan beberapa jamur patogen, sehingga menunjukkan spektrum aktivitas antimikroba yang cukup luas. Jamur endofit yang diisolasi dari *Arrabidaea chica* berpotensi menghasilkan metabolit sekunder yang bertindak sebagai antioksidan. Aktivitas ini terkait dengan keberadaan senyawa fenol, flavonoid, dan terpenoid yang dikenal dapat menangkap radikal bebas dan mengurangi stres oksidatif. Meskipun tingkat aktivitas setiap isolat bervariasi, hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa jamur endofit memiliki peluang bagus untuk digunakan sebagai sumber antioksidan alami.

Penelitian Rumidatul et al. (2021) lebih menitikberatkan pada pengaruh lama fermentasi terhadap aktivitas antibakteri jamur endofit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi metabolit sekunder meningkat seiring bertambahnya waktu fermentasi dan mencapai kondisi optimum pada fase stasioner, yaitu sekitar hari ke-9 hingga hari ke 12. Pada fase tersebut, ekstrak menghasilkan daya hambat tertinggi terhadap bakteri uji. Penemuan ini menunjukkan bahwa aktivitas antibakteri jamur endofit tidak hanya dipengaruhi oleh jenis isolat, tetapi juga oleh kondisi fermentasi yang digunakan selama proses produksi metabolit sekunder. Oleh karena itu, pengaturan kondisi fermentasi menjadi salah satu faktor penting untuk memperoleh aktivitas antibakteri yang optimal. Sementara itu, peneliti menjelaskan bahwa produksi metabolit sekunder yang berhubungan dengan aktivitas antioksidan dipengaruhi oleh lama fermentasi. Semakin lama proses fermentasi berlangsung hingga mencapai fase stasioner, semakin banyak metabolit sekunder yang dihasilkan sehingga aktivitas antioksidan juga meningkat. Hasil tersebut menunjukkan bahwa optimasi waktu fermentasi menjadi salah satu faktor kunci yang dibutuhkan untuk mencapai aktivitas antioksidan maksimal.

Menurut penelitian Kusmiati et al. (2024), ekstrak etil asetat *Alternaria alternata* mampu menghambat semua bakteri uji, yaitu *E. coli*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis*, dan *S. aureus*, dengan diameter zona inhibisi masing-masing 8,78 mm, 9,03 mm, 9,08 mm, dan 9,33 mm. sementara itu, ekstrak n-heksana mampu menghambat *E. coli*, *P. aeruginosa*, dan *S. aureus* dengan diameter zona inhibisi masing-masing 8,82 mm, 9,10 mm, 9,43 mm, tetapi tidak menunjukkan aktivitas terhadap *B. subtilis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat memiliki spektrum antibakteri yang lebih luas dibandingkan ekstrak n-heksana, sehingga etil asetat dianggap lebih efektif dalam mengekstrak

senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh jamur endofit *alternaria*. Ekstrak dari *A. alternata* menggunakan etil asetat memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak n-heksana. Nilai IC_{50} ekstrak etil asetat adalah 50,99 ppm, sedangkan ekstrak n-heksana memiliki nilai IC_{50} sebesar 74,44 ppm. Hasil analisis GC-MS juga menunjukkan bahwa ekstrak etil asetat mengandung lebih banyak senyawa aktif dibandingkan ekstrak n-heksana, ekstrak tersebut, itulah sebabnya diyakini memiliki aktivitas antioksidan yang lebih tinggi.

Penelitian Tang et al. (2020) menunjukkan bahwa dari 21 isolat jamur endofit yang berhasil diisolasi dari *Conyza blinii H. Lév.*, terdapat 6 isolat yang mampu menghasilkan flavonoid. Pengujian aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa isolat CBL9 memiliki kinerja terbaik karena dapat menghentikan pertumbuhan bakteri gram positif dan gram negatif. Diameter zona hambat terbesar diperoleh terhadap *Escherichia coli* sebesar 24,67 ± 1,15 mm, diikuti *Bacillus subtilis* sebesar 23,00 ± 2,00 mm, *Staphylococcus aureus* sebesar 19,67 ± 2,52 mm, dan *Pseudomonas aeruginosa* sebesar 17,33 ± 2,08 mm. selain CBL9, isolat CBL12-2, CBL11, dan CBL1-1 juga menunjukkan aktivitas antibakteri, meskipun daya hambatnya lebih rendah. Hasil tersebut menunjukkan bahwa flavonoid yang dihasilkan jamur endofit berperan penting dalam menghambat pertumbuhan bakteri sehingga berpotensi dikembangkan sebagai sumber senyawa antibakteri alami. Aktivitas antioksidan dievaluasi menggunakan lima metode, yaitu DPPH, ABTS, hydroxyl radical scavenging, FRAP, dan Total Antioxidant Capacity (T-AOC). Hasil pengujian menunjukkan bahwa isolat CBL12 memiliki aktivitas antioksdian tertinggi dan hampir setara dengan asam askorbat pada konsentrasi rendah. Isolat ini mampu menangkal radikal DPPH sebesar 94,56 ± 0,29%, radikal ABTS sebesar 99,88 ± 0,27%, serta radikal hidroksil sebesar 81,89 ± 6,3%. Nilai IC_{50} yang diperoleh juga relatif rendah, yaitu 0,11 ± 0,01 mg/mL untuk DPPH, ABTS sebesar 0,20 ± 0,01 mg/mL, dan untuk radikal hidroksil sebesar 0,13 ± 0,06 mg/mL yang menunjukkan kemampuan antioksidan yang sangat baik. Analisis LC-MS selanjutnya mengidentifikasi beberapa senyawa flavonoid, seperti 3-methoxyflavone, nobiletin, formononetin, scopoletin, dan daidzein, yang diduga berkontribusi terhadap aktivitas tingginya aktivitas antioksidan tersebut.

Pada penelitian El-Sayed et al. (2024), beberapa jamur yang berasal dari tumbuhan hutan menunjukkan potensi yang baik sebagai antibakteri dan antiosidan. Dalam uji antibakteri, lima isolat terpilih mampu menghentikan pertumbuhan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, dengan zona inhibisi terbesar untuk *E. coli* mencapai 20,00 ± 1,00 mm. Selain itu, uji antioksidan menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa beberapa isolat memiliki kemampuan tinggi untuk menangkap radikal bebas, dengan aktivitas tertinggi mencapai 67,41%. Para peneliti mengatakan aktivitas tersebut mungkin oleh adanya metabolit sekunder, senyawa fenolik, flavonoid, alkaloid, dan terpenoid, zat- zat ini membantu menghentikan pertumbuhan bakteri dan juga melindungi sel dari kerusakan yang disebabkan oleh radikal bebas.

Menurut penelitian Okonkwo-Uzor et al. (2022), metabolit sekunder jamur endofit yang diisolasi dari *Azadirachta indica* menunjukkan aktivitas antibakteri yang masih terbatas. Ekstrak hanya mampu menghambat pertumbuhan *Klebsiella pneumonia* pada konsentrasi 1 mg/mL dan 0,5 mg/mL, sedangkan terhadap bakteri maupun jamur uji lainnya tidak ditemukan aktivitas penghambatan. Berbeda dengan hasil uji antibakteri, uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa ekstrak tersebut memiliki kemampuan yang baik dalam menangkap radikal bebas. Analisis GC-FID juga mengidentifikasi berbagai senyawa bioaktif, seperti rutin, katekin, tanin, narigenin, kaimferol, flavonoid, antosianin, dan resveratrol. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut diduga menjadi faktor utama yang memberikan aktivitas antioksidan, sedangkan efektivitas antibakterinya dipengaruhi oleh jenis mikroorganisme yang diuji dan sensitifitasnya terhadap metabolit yang dihasilkan jamur endofit.

Penelitian Abdulkadir et al. (2023) bertujuan menganalisis kandungan metabolit sekunder serta aktivitas antioksidan jamur endofit yang di isolasi dari bulu babi (*Diadema setosum*) dari dua

p-ISSN 2528-7621
e-ISSN 2579-938x

isolat yang berhasil di peroleh, isolat JBB2 menunjukkan aktivitas antioksidan paling tinggi dengan nilai IC_{50} sebesar 87,43 µg/mL, sehingga termasuk dalam kategori antioksidan kuat. Hasil uji KLT yang di semprot menggunakan pereaksi DPPH juga memperlihatkan adanya aktivitas penangkap radikal bebas melalui terbentuknya bercak berwarna kuning. Aktivitas tersebut diduga berkaitan dengan kandungan metabolit sekunder berupa alkaloid dan terpenoid yang teridentifikasi pada ekstrak etil asetat. Berdasarkan hasil tersebut, peneliti menyimpulkan bahwa jamur endofit dari bulu babi memiliki potensi sebagai sumber antioksidan alami.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Azim et al. (2022), diperoleh 13 isolat jamur endofit dari ranting melinjo (*Genetum genemon* L.) menggunakan 3 jenis media, yaitu PDA, PDA-CS dan AGS hasil pengujian aktivitas antibakteri dengan metode difusi cakram menunjukkan bahwa beberapa isolat mampu menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Pseudomonas aeruginosa*, yang mengindikasikan potensi isolat ini sebagai sumber alami agen antibakteri. Selain itu, pengujian aktivitas antioksidan secara kualitatif menggunakan metode KLT dengan pereaksi DPPH menunjukkan munculnya bercak kuning pada bebera isolat, yang menandakan adanya kemampuan dalam menangkap radikal bebas. Peneliti menyatakan bahwa aktivitas tersebut diduga di pengaruhi oleh keberadaan metabolit sekunder, seperti senyawa fenolik dan flavonoid, yang diproduksi selama proses fermentasi dan berhasil di ekstraksi menggunakan pelarut etanol.

Penelitian yang dilakukan oleh Abesah & Mahfur (2024) berhasil mengisolasi 3 isolat jamur endofit dari umbi talas (*Colocasia esculenta* (L.) *Schott*), yaitu isolat HJ, HT, dan PT, aktivitas antioksidan diuji menggunakan metod KLT-bioautografi dengan pereaksi DPPH, dan seluruh isolat menunjukkan hasil positif yang ditandai dengan terbetuknya bercak kuning pada latar belakang berwarna ungu. Isolat HJ dan HT memiliki nilai Rf 0,87, sedangkan isolat PT memiliki nilai Rf 0,90, yang menunjukkan adanya senyawa yang mampu metedam radikal bebas. Peneliti menjelaskan bahwa aktivitas tersbeut berasal dari metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, dan tannin yang dihasilkan selama proses fermentasi.

Dalam penelitian Praptiwi et al. (2021), sebanyak 17 isolat jamur endofit berhasil diisolasi dari batang *Papuacedrus papuana* dan dikelompokkan menjadi lima taksa berdasarkan karakter morfologi nya. Hasil uji aktivitas antibakteri menggunakan metode TLC-bioautografi menunjukkan bahwa 11 ekstrak (64,71%) mampu menghentikan pertumbuhan *Staphycoccus aureus*, sedangkan 15 ekstrak (88,24%) aktif terhadap *Escherichia coli*. Walaupun demikian, nilai MIC yang di peroleh masih berada pada kisaran >256 µ/mL, sehingga aktivitas antibakterinya belum tergolong kuat. Pada pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH, terdapat 6 isolat yang menunjukkan kemampuan menangkap radikal bebas, yaitu PC-04, PC-07, PC-11, PC-14, PC-15, PC-16. Kemudian pengujian lanjutan terhadap PC-04 dan PC-07 menghasilkan nilai IC_{50} sebesar 345 ppm dan 710 ppm, yang menunjukkan aktivitas antioksidan masih relatif rendah.

Berdasarkan penelitian Preuttiporn et al. (2019), sebanyak 108 isolat jamur endofit berhasil diisolasi dari tanaman *Carissa carandas* dan dikelompokkan menjadi 36 morfotipe berdasarkan karakteristik morfologinya. Hasil uji aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa hanya 3 ekstrak yang memiliki kemampuan penangkapan radikal bebas yang sangat tinggi, dengan persentase inhibisi mencapai sekitar 90%, sedangkan control positif berupa asam askorbat memiliki inhibisi sebesar 95%. Di antara ke tiga kestrak tersebut, isolat TSU-EFHA009 memberikan aktivitas terbaik dengan nilai IC_{50} sebesar 0,03 mg/ml. sementara itu, pengujian aktivitas antimikroba menunjukkan bahwa beberapa isolat mampu menghambat pertumbuhan mikro mekanisme uji.

Penelitian Jia et al. (2025) berhasil mengisolasi 20 jamur endofit dari tanaman *Conyza bellini*, kemudian di peroleh 4 isolat yang mampu menghasilkan senyawa fenolik dengan kadar total fenolik tertinggi mencapai 77,17 ± 1,93 mg GAE/gram. Pengujian aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa seluruh ekstrak etil asetat memiliki kemampuan menangkap radikal bebas, dengan isolat fusarium circinatum menunjukkan aktivitas

paling tinggi terhadap radikal DPPH dan ABTS, sedangkan *Fusarium fuetens* memiliki aktivitas terbaik dalam menangkap radikal hidroksil dan superoksida. Pada uji aktivitas antibakteri menggunakan metode MIC dan MBC, ekstrak etil asetat dari keempat isolat mampu menghambat pertumbuhan *E-Coli*, *S. Aureus*, *P. Aeruginosa*, dan *B. Subtilis*, dengan nilai MIC berkisar antara 0,5-2 mg/ml, *F. fuetens* menunjukkan aktivitas antibakteri paling baik terhadap *E. coli* dan *S. aureus*.

Berdasarkan penelitian Aisyah et al. (2024), jamur endofit BS-1 yang diisolasi dari bunga sambiloto (*Andrographis paniculata*) dan dikultivasi pada media kacang hijau menghasilkan ekstrak etil asetat yang mengandung steroid, terpenoid, fenolik, dan alkaloid. Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH menunjukkan bahwa ekstrak tersebut memiliki nilai IC_{50} sebesar 34,61 ppm, sehingga termasuk dalam kategori antioksidan sangat kuat. Selain itu, penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa jamur endofit BS-1 memiliki potensi sebagai antibakteri, sehingga keberadaan senyawa metabolit sekunder tersebut diduga berperan dalam memberikan aktivitas biologis yang dimiliki.

Tabel 1. Ringkasan Fokus Literatur Review

No.	Peneliti	Nama Tanaman	Bagian Tanaman	Aktivitas	Metode Uji	Mikroorganisme/ Parameter
1.	Praptiwi et al., 2018	Urticaceae (villebrunea rebescens (blume), Poikilospermum suaveolens (Blume) Merr.), Euphorbiaceae (Euphorbia heterophylla L., Acalypha caturusBlume), Asteraceae (Blumea balsamifera (L.) DC.), Zingiberaceae, Piperaceae (Piper peltatum L.), Lamiaceae (Plectranthus scutellarioides (L.) R. Br), dan Verbenaceae (Cleodendron fragrans Spesimen	Tanaman obat	Antibakteri & antioksidan	TLC-Bioautography, MIC, DPPH	*Staphylococcus aureus, Escherichia coli,* IC_{50}
2.	Oktavia et al., 2020	*Chloranthus officinalis* (CO) dan *staurogyne elongata* (SE)	Kulit kayu, akar dan daun	Antibakteri & antioksidan	TLC-Bioautography, MIC, DPPH	*S.aureus, E. coli*, IC_{50}
3.	Fathoni et al., 2022	*Freycinetia rigidifolia hemsl*	Tangkai dan tangkai	Antibakteri dan antioksidan	MIC, DPPH	*S.aureus*, *E.coli*, IC_{50}

No.	Peneliti	Nama Tanaman	Bagian Tanaman	Aktivitas	Metode Uji	Mikroorganisme/ Parameter
4.	Oktiansyah et al., 2023	*Peronema canescens*	Daun	Antibakteri dan antioksidan	MIC, DPPH	*E. coli, Salmonella typhi, Bacillus subtilis, S. aureus*, IC_{50}
5.	Gurgel et al., 2023	Arrabidae chic (Bignoniaceae)	Daun dan cabang	Antibakteri dan antioksidan	Mikrodilusi, DPPH	*Bakteri Gram positif, Gram negatif, Candida albicans*, IC_{50}
6.	Rumidatul et al., 2021	Sengon	Tumor karat empedu pada batang	Antibakteri dan antioksidan	Difusi cakram, DPPH	*B. subtilis, Pseudomonas aeruginosa, E. coli,* IC_{50}
7.	Tang et al., 2020	Conyza blini H.lev	Daun dan batang	Antibakteri dan antioksidan	Difusi cakram, MIC/MBC, DPPH, ABTS	*E.coli, S. aureus, P. aeruginosa, B. subtilis*, DPPH, ABTS
8.	Azim et al., 2022	Melinjo (Gnetum Gnemon L.)	Ranting	Antibakteri dan antioksidan	Difusi cakram, KLT- DPPH	*S. aureus, P. aeruginosa*, DPPH
9.	Kusmiati et al., 2024	Sisik Naga (Drymoglossum Piloselloides)	Daun	Antibakteri dan antioksidan	Difusi cakram, DPPH	*S. aureus, E. coli, P. aeruginosa, B. subtilis,* IC_{50}
10.	Abdulkadir et al., 2023	Cangkang bulu babi (*Deadema Setosum*)	Cangkang bulu babi	Antioksidan	KLT-DPPH, DPPH	IC_{50}
11.	Aisyah et al., 2024	Sambiloto (*Andrographis Paniculata*)	Bunga	Antioksidan	DPPH	IC_{50}
12.	Abesah & Mahfur, 2024	Umbi Talas (*Colocasia esculenta* (L.))	Umbi talas	Antioksidan	KLT-Bioautography DPPH	Nilai Rf, DPPH
13.	Jia et al., 2025	Conyza Blinii	Akar, batang dan daun	Antibakteri dan antioksidan	MIC, MBC, DPPH, ABTS, Hydroxyl radical assay	*E. coli, S. aureus, P. aeruginosa. B. subtilis,* DPPH, ABTS
14.	El-Sayed et al., 2024	Pohon Beech (*Fagus sylvatica*)	Jaringan internal ranting, kulit batang	Antibakteri dan antioksidan	Difusi sumur, DPPH	*S. aureus, E. coli*, % inhibisi DPPH
15.	Okonkwo-Uzor et al., 2022	Mimba/Azadirachta Indica	Bagian tulang Daun	Antibakteri dan antioksidan	Difusi agar, DPPH	*Klebsiella pneumonia*, DPPH
16.	Preuttiporn & Sita, 2019	Carissa Carandas	Daun	Antibakteri dan antioksidan	DPPH, Uji antimikroba	% inhibisi, DPPH, IC_{50}, mikroorganisme uji
17.	Praptiwi et al., 2021	Papuacedrus Papuana	Batang	Antibakteri dan antioksidan	TLC-Bioautography, MIC, DPPH	*S. aureus, E. coli*, IC_{50}

Prospek Jamur Endofit sebagai Agen Antioksidan dan Antibakteri dalam Bioteknologi

Hasil kajian menunjukkan bahwa jamur endofit memiliki prospek yang sangat besar sebagai sumber senyawa bioaktif untuk dikembangkan dalam bidang bioteknologi, terutama sebagai agen antibakteri dan antioksidan alami. Beberapa jenis jamur seperti *Tricoderma, Fusarium, Xylaria, Phomopsis, Nigrospora,* dan *Alterneria*, dapat menghasilkan metabolit sekunder yang berguna untuk menghambat pertumbuhan bakteri patogen dan menagkal radikal bebas. Metabolit sekunder ini termasuk flavonoid, alkaloid, dan terpenoid.

Keunggulan jamur endofit adalah kemampuan menghasilkan dua aktivitas biologis sekaligus, yaitu sebagai antioksidan dan antibakteri. Ini membuat jamur endofit menjadi kandidat sumber bahan baku produk farmasi yang sangat menjanjikan. Selain itu, jamur endofit juga memiliki keuntungan karena metabolit sekundernya dapat diproduksi melalui proses fermentasi yang mudah di kendalikan dan berkelanjutan tanpa mengeksploitasi tanaman inang secara berlebih.

Potensi jamur endofit sangat besar, tidak hanya dalam mengembangkan obat antibakteri dan antioksidan alami, tetapi juga sebagai bahan aktif kosmetik, pengawet alami pada industri pangan, serta agen hayati dibidang pertanian. Namun, penelitian masih terbatas pada tahap isolasi, skrining aktivitas biologis dan identifikasi awal metabolit sekunder. Penelitian lanjutan mengenai identifikasi senyawa aktif, optimasi fermentasi, uji toksisitas, pengujian *in vivo*, serta uji klinis masih di perlukan agar jamur endofit dapat di kembangkan menjadi produk bioteknologi yang aman, efektif dan dapat di produksi dalam skala industri.

Oleh karena itu, integrasi teknologi farmasi, biologi molekular, dan metabolomik menjadi langkah penting untuk mempercepat pemanfaatan jamur endofit sebagai sumber senyawa bioaktif di masa depan. Dengan demikian jamur endofit menjadi salah satu sumber daya alam yang sangat berharga dalam pengembangan produk bioteknologi yang bermanfaat bagi kesehatan dan lingkungan.

KESIMPULAN

Jamur endofit memiliki potensi besar sebagai sumber metabolit sekunder yang berperan sebagai antibakteri dan antioksidan alami. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa jamur endofit mampu menghasilkan senyawa bioaktif, seperti flavonoid, fenolik, alkaloid, terpenoid, dan steroid yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri serta menangkal radikal bebas. Aktivitas biologis yang dihasilkan dipengaruhi oleh jenis jamur, tanaman inang, metode ekstraksi, proses fermentasi, dan kandungan metabolit sekundernya. Oleh karena itu, jamur endofit berpotensi dikembangkan di bidang farmasi dan bioteknologi, meskipun penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk mengidentifikasi senyawa aktif, mekanisme kerja, keamanan, dan efektivitasnya secara *in vivo*.

DAFTAR PUSTAKA

Abdulkadir, W. S., Pakaya, M. S., & Ramadhani, F. N. (2023). *Analisis Kualitatif Metabolit Sekunder dan Aktivitas Antioksidan Jamur Endofit Cangkang Bulu Babi (Diadema setosum)*. *3*(2), 280–290. https://doi.org/10.37311/ijpe.v3i1.18063

Abesah, N. H. S., & Mahfur, M. (2024). Isolasi Dan Identifikasi Antioksidan Jamur Endofit Umbi Talas (*Colocasia esculenta (L.) Schot*t) Menggunakan Pereaksi Semprot DPPH Secara Bioautografi. *Jurnal Insan Farmasi Indonesia*, *7*(3), 367–378. https://doi.org/10.36387/jifi.v7i3.2235

Aisyah, S., Oktria, W., Silvani, M. A., & Riga, R. (2024). Jamur Endofitik BS-1 Dari Bunga Sambiloto (Andrographis paniculata). *MEDFARM: Jurnal Farmasi Dan Kesehatan*, *3*(2), 166–175.

Annisa, K., Fitriana, F., & Amirah, S. (2024). Optimization Time for Antibacterial Production of Endophytic Fungi Isolated from Bidara Root (Ziziphus mauritiana Lam.). *Journal Microbiology Science*, *4*(1), 42–52. https://doi.org/10.56711/jms.v4i1.997

Arifin, J. F. N., Retno Wulan Devitri, Rusdiana Tri Septiarini, Elvira Silvany, Zahara, Vira Maulidya, Yasmine Eka Maulidya, Elly Eka Rahmawati, Zakkiya Sabila, Zahratul Humaidah, A'Yunil Hisbiah, S.Klau, I. C., & Ningsih, A. W. (2025). Tinjauan Literatur: Efektivitas Maserasi sebagai Metode Ekstraksi Fitokimia. *OBAT: Jurnal Riset Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, *3*(6), 228–242. https://doi.org/10.61132/obat.v3i6.1927

Azim, M., Puspawan, H., Yuyun, F., & Puspita, Y. T. (2022). *Skrining Ekstrak Jamur Endofit*

Dari Tanaman Melinjo (Gnetum gnemon L .) Sebagai Kandidat. *19*(1), 32–39.

Deshmukh, S. K., Gupta, M. K., Prakash, V., & Saxena, S. (2018). Endophytic fungi: A source of potential antifungal compounds. *Journal of Fungi*, *4*(3). https://doi.org/10.3390/jof4030077

El-Sayed, E. S. R., Baskaran, A., Pomarańska, O., Mykhailova, D., Dunal, A., Dudek, A., Satam, S., Strzała, T., Łyczko, J., Olejniczak, T., & Boratyński, F. (2024). Bioprospecting Endophytic Fungi of Forest Plants for Bioactive Metabolites with Antibacterial, Antifungal, and Antioxidant Potentials. *Molecules*, *29*(19). https://doi.org/10.3390/molecules29194746

Fathoni, A., Ilyas, M., Praptiwi, Wulansari, D., & Agusta, A. (2022). Antibacterial and Antioxidant Activities of Fungal Endophytes Isolated from Medicinal Plants in Simeulue Island, Aceh. *HAYATI Journal of Biosciences*, *29*(6), 720–732. https://doi.org/10.4308/hjb.29.6.720-732

Gemantari, B. M., Romadhonsyah, F., Nurrochmad, A., Wahyuono, S., & Astuti, P. (2022). Aktivitas Antimikroba Ekstrak Etil Asetat Fungi Endofit Eutypa linearis. *Majalah Farmaseutik*, *18*(3), 241–246. https://doi.org/10.22146/farmaseutik.v18i3.64133

Gurgel, R. S., Dorothy, Í., Pereira, D. M., Vykt, A., Garcia, F., Terezinha, A., Souza, F. De, Mendes, T., & Andrade, C. P. De. (2023). *Antimicrobial and Antioxidant Activities of Endophytic Fungi Associated with Arrabidaea chica (Bignoniaceae)*.

Jia, Y., Zhang, G., Xie, Q., Tao, J., Bu, T., Zhang, X., Xiao, Y., Chen, Z., Li, Q., & Tang, Z. (2025). Isolation and identification of endophytic fungi from Conyza blinii that exhibit antioxidant and antibacterial activities. *PeerJ*, *13*(5). https://doi.org/10.7717/peerj.19464

Kusmiati, K., Fanani, A., Nurkanto, A., Purnaningsih, I., Mamangkey, J., Ramadhani, I., Alfian, D., Simanjuntak, P., Afiati, F., Irawan, H., Lia, A., Farrel, M., & Betha, A. (2024). Heliyon Profile and in silico analysis of metabolite compounds of the endophytic fungus Alternaria alternata K-10 from Drymoglossum piloselloides as antioxidants and antibacterials. *Heliyon*, *10*(6), e27978. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27978

Moharram, A. M., Castro, P., Parada, R., Corrial, C., Mendoza, L., Cotoras, M., Tapfuma, K. I., Nyambo, K., Baatjies, L., Keyster, M., Mekuto, L., Smith, L., Allie, N., Loxton, A. G., Malgas-Enus, R., Mavumengwana, V., Hassane, A. M. A., Taha, T. M., Awad, M. F., … Bardosova, M. (2022). Endophytic Fungi: An Effective Alternative Source of Plant-Derived Bioactive Compounds for Pharmacological Studies JuanDiversity and antimicrobial activity of endophytic fungi isolated from Securinega suffruticosa in the Yellow River Delta. *PLoS ONE*, *12*(2), 1–18. https://doi.org/10.3390/polym13060904%0Ahttps://doi.org/10.1186/s13568-020-01143-y%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101462%0Ahttp://www.springer.com/series/11224%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.fitote.2018.05.033%0Ahttps://doi.org/10.1038/s41598-022-067

Ngibad, K. (2023). Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolik, Dan Kadar Flavonoid Total Daun Jati Cina (Senna alexandrina). *Lantanida Journal*, *11*(1).

Okonkwo-Uzor, N. J., Obi, C., Enwelum, A., Okezie, U. M., Eze, P. M., Okoye, F. B. C., & Esimone, C. O. (2022). Antimicrobial and Antioxidant Activities of Secondary Metabolites of an Endophytic fungus of Azadirachta indica. *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, *12*(5-S), 112–117. https://doi.org/10.22270/jddt.v12i5-s.5642

Oktavia, L., Evana, E., Ilyas, M., & Agusta, A. (2020). The Antimicrobial and Antioxidant Activity of Endophytic Fungi Extract Associated with Chlorantus officinalis Blume and Staurogyne elongata Kuntze. *JKPK (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*, *5*(2), 141. https://doi.org/10.20961/jkpk.v5i2.41617

Oktiansyah, R., Widjajanti, H., Setiawan, A., & Elfita. (2023). Antioxidant and Antibacterial Activity of Endophytic Fungi Isolated from Fruit of Sungkai (Peronema canescens). *Science and Technology Indonesia*, *9*(1), 17–27. https://doi.org/10.26554/sti.2024.9.1.17-27

Praptiwi, P., Ilyas, M., Palupi, K. D., Fathoni, A., Evana, E., Raunsai, M. M., & Agusta, A. (2021). Rapid Screening Of Antibacterial And Antioxidant Metabolites From Endophytic Fungi Isolated From Papuacedrus Papuana By Tlc-Bioautography. *Jurnal Kimia Dan Kemasan*, *43*(2), 110. https://doi.org/10.24817/jkk.v43i2.6980

Praptiwi, Raunsai, M., Wulansari, D., Fathoni, A., & Agusta, A. (2018). Antibacterial and antioxidant activities of endophytic fungi extracts of medicinal plants from Central Sulawesi. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, *8*(8), 069–074. https://doi.org/10.7324/JAPS.2018.8811

Preuttiporn, S., & Sita, P. (2019). Antimicrobial and antioxidant activities of endophytic fungi

extracts isolated from Carissa carandas. *African Journal of Microbiology Research*, *13*(27), 464–473. https://doi.org/10.5897/ajmr2019.9164

Putri, C. I., Wardhana, M. F., Andrifianie, F., & Iqbal, M. (2023). Literature Review: Kejadian Resistensi Pada Penggunaan Antibiotik. *Medula*, *13*(3), 219–225.

Rumidatul, A., Rahmawati, N., & Sunarya, S. (2021). *Production of Secondary Metabolites and its Antibacterial and Antioxidant Activity During the Growth Period of Endophytic Fungi Isolated from Gall Rust Sengon Plants*. *13*(2), 325–331.

Tang, Z., Wang, Y., Yang, J., Xiao, Y., & Cai, Y. (2020). *Isolation and identification of flavonoid- producing endophytic fungi from medicinal plant Conyza blinii H . Lév that exhibit higher antioxidant and antibacterial activities*. https://doi.org/10.7717/peerj.8978

Wiyono, E. A., Rukmasari, D., Ruriani, E., Herlina, Aryani, T., Aulia, I., Mu, U., Amalia, L., Masyarakat, D. G., Manusia, F. E., Maharani, A. I., Riskierdi, F., Febriani, I., Kurnia, K. A., Rahman, N. A., Ilahi, N. F., Farma, S. A., Pratiwi, A. ., Yusran, … Lestari, K. (2023). Peran Antioksidan Alami Berbahan Dasar Pangan Lokal dalam Mencegah Efek Radikal Bebas. *Prosiding Seminar Nasional Bio*, *17*(2), 171–178. https://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma