

Aktivitas Antibakteri Senyawa Sekunder dari *Penicillium citrinum* DSP 16 yang Diisolasi dari Daun *Sesuvium portulacastrum* di Pulau Lombok

Safwan, Safwan^{1*}, Baiq Desti Isnanda Maolia¹, Yuli Fitriana¹, Abdul Rahman Wahid¹, Widayatul Khairi¹

¹Program Studi Farmasi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Muhammadiyah Mataram

*Corresponding author: Safwan Safwan email: safwan@ummat.ac.id

Submitted: 15-01-2026

Revised: 21-02-2026

Accepted: 20-03-2026

DOI: 10.29408/sinteza.v6i2.33930

ABSTRACT

The discovery of novel antibacterial compounds from natural sources remains a significant focus in drug development, especially with the growing issue of bacterial resistance to existing antibiotics. One promising approach involves the exploration of endophytic fungi that form symbiotic relationships with plants. This study aimed to isolate and cultivate *Penicillium citrinum* DSP 16, obtain a crude ethyl acetate extract from solid-state fermentation, profile the extract by thin-layer chromatography (TLC), and assess antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* using the disk diffusion method. The crude extract produced inhibition zones of 15.2 mm against *E. coli* and 17.0 mm against *S. aureus*, indicating strong activity. TLC revealed multiple spots under UV 254/366 nm, suggesting a mixture of secondary metabolites. These findings support *P. citrinum* DSP 16 as a promising natural source of antibacterial agents and highlight the value of exploring endophytic fungi from halophytic coastal plants.

Keywords: *Penicillium citrinum*, *Sesuvium portulacastrum*, Antibacterial activity, Endophytic fungi, Secondary metabolites

PENDAHULUAN

Penemuan senyawa antibakteri baru dari sumber alam terus menjadi fokus utama dalam pengembangan obat-obatan, terutama mengingat semakin meningkatnya resistensi bakteri terhadap antibiotik yang ada (Issusilaningtyas et al., 2024; Saragih et al., 2023). Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah eksplorasi jamur endofit yang hidup dalam simbiosis dengan tanaman (Saragih et al., 2023; Soesanto & Endang Mugiastuti, 2023). *Penicillium citrinum*, salah satu spesies jamur yang ditemukan di lingkungan pesisir, telah menarik perhatian karena potensi senyawa bioaktifnya yang dapat menghambat pertumbuhan berbagai patogen (Arvina, 2023; Khairurrahman, 2023; Larasati, 2024), termasuk *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Penelitian ini berfokus pada *Penicillium citrinum* dengan kode DSP 16 yang diisolasi dari daun *Sesuvium portulacastrum*, tanaman mangrove yang memiliki potensi besar sebagai sumber senyawa bioaktif.

Sesuvium portulacastrum adalah tanaman halofit (tumbuhan yang toleran terhadap salinitas tinggi) yang tumbuh di lingkungan pesisir dengan kondisi salinitas tinggi, dan telah lama diketahui memiliki berbagai manfaat medis tradisional (Farista & Virgota, 2021; Yuliana et al., 2025). Tanaman ini, meskipun dikenal karena kandungan antioksidannya, belum banyak dieksplorasi secara menyeluruh terkait dengan keberadaan jamur endofit yang dapat menghasilkan senyawa antibakteri (Alshrari et al., 2020; Pakaya et al., 2024). Jamur endofit, termasuk *Penicillium citrinum*, diketahui dapat menghasilkan metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis yang signifikan, seperti antimikroba dan antijamur (Ashoka & Shivanna, 2023; Kumari et al., 2021; Toghueo & Boyom, 2020). Dalam hal ini, isolasi dan identifikasi jamur endofit dari *Sesuvium portulacastrum* berpotensi memberikan wawasan baru mengenai senyawa antibakteri yang dapat dikembangkan lebih lanjut.

Studi terkait mikroorganisme yang berasosiasi dengan *S. portulacastrum* menunjukkan bahwa tanaman ini dapat menjadi inang bagi komunitas jamur endofit yang



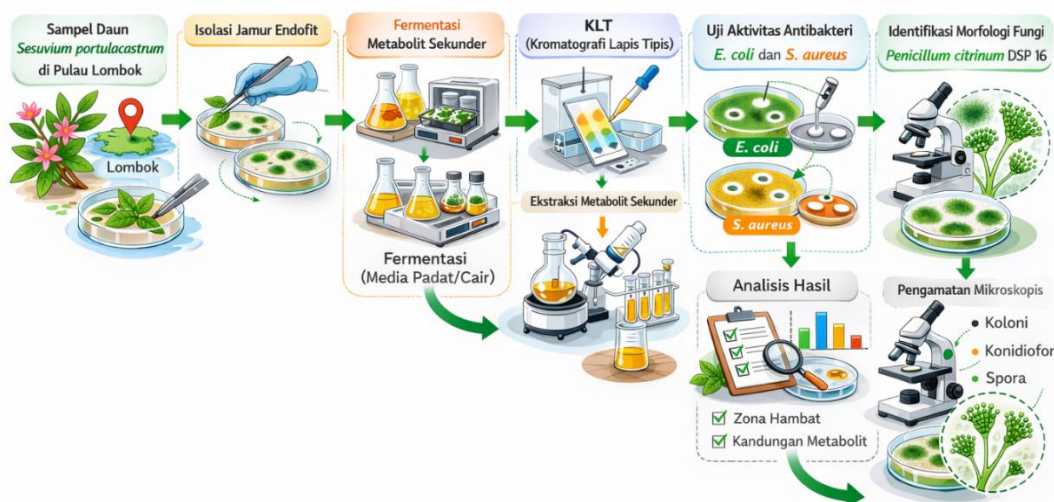
beragam. Sebagai contoh, endofit dan jamur rizosfer yang diisolasi dari *S. portulacastrum* telah dilaporkan memiliki aktivitas antagonistik terhadap patogen tanaman pada uji *in vitro*. Namun, kajian yang secara spesifik menilai potensi antibakteri metabolit sekunder dari jamur endofit *S. portulacastrum* masih terbatas, terutama untuk isolat dari ekosistem pesisir di Indonesia (Karunasinghe et al., 2020; Zhu et al., 2025).

Pulau Lombok, yang terletak di Nusa Tenggara Barat, Indonesia, dikenal dengan keanekaragaman hayati laut dan pesisir yang sangat kaya. Kawasan pesisir Lombok, termasuk ekosistem mangrove (bakau) yang melimpah, menyediakan habitat yang unik bagi berbagai jenis mikroorganisme, termasuk jamur endofit (Safwan, 2024; Safwan, Ridwan, et al., 2025). Tanaman mangrove di Lombok, seperti *Sesuvium portulacastrum*, tumbuh di kawasan dengan salinitas tinggi, memberikan tantangan ekologis yang mendorong mikroorganisme di sekitarnya untuk mengembangkan mekanisme adaptasi yang kuat (Irwansyah et al., 2019). Kondisi ini membuat Lombok menjadi lokasi yang ideal untuk meneliti jamur laut dan endofit, karena mikroorganisme di sini cenderung menghasilkan senyawa bioaktif yang dapat bertahan dalam lingkungan ekstrem dan berpotensi sebagai sumber senyawa antibakteri alami yang berharga. Keanekaragaman hayati yang tinggi di Lombok menawarkan peluang besar untuk eksplorasi lebih lanjut dalam mencari fungi dengan potensi medis, khususnya yang berhubungan dengan produksi senyawa antibakteri.

Penelitian ini menargetkan eksplorasi jamur endofit dari tumbuhan pesisir *S. portulacastrum* sebagai sumber alternatif antibakteri untuk merespons meningkatnya resistensi antibiotik. Fokus penelitian diarahkan pada isolat *P. citrinum* DSP 16 dari Lombok, dengan penekanan pada profil metabolit sekunder dan aktivitas penghambatan terhadap bakteri Gram-negatif (*E. coli*) dan Gram-positif (*S. aureus*).

METODE

Tujuan penelitian ini adalah (1) mengisolasi dan mengidentifikasi secara morfologi jamur endofit *Penicillium citrinum* DSP 16 dari daun *Sesuvium portulacastrum*, (2) memproduksi serta mengekstraksi metabolit sekunder melalui fermentasi media padat, (3) memprofilkan metabolit menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT), dan (4) mengevaluasi aktivitas antibakteri ekstrak terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* dengan metode difusi cakram



Gambar 1. Alur penelitian Aktivitas Antibakteri Senyawa Sekunder dari *Penicillium citrinum* DSP 16

Isolasi Jamur Endofit

Jamur endofit *Penicillium citrinum* dengan kode DSP 16 diisolasi dari daun *Sesuvium portulacastrum* yang diperoleh dari kawasan pesisir bermangrove (bakau) Bagek Kembar, Sekotong, Lombok Barat, Nusa Tenggara Barat. Isolasi dilakukan dengan metode sterilisasi permukaan, di mana daun tanaman dibersihkan menggunakan air mengalir, kemudian direndam dalam larutan alkohol 70% selama 30 detik untuk menghilangkan kontaminasi permukaan. Setelah itu, daun dipotong menjadi potongan kecil dan ditempatkan pada media agar ekstrak malt (MEA) yang telah dipersiapkan sebelumnya. Selama inkubasi pada suhu ruangan (25-28°C) selama 3–7 hari, koloni jamur yang tumbuh diamati secara makroskopis. Isolasi dilakukan secara aseptik di dalam lemari aliran laminar (*laminar airflow cabinet*) untuk memastikan tidak ada kontaminasi dari mikroorganisme eksternal. Setelah koloni jamur yang diinginkan berhasil diperoleh, isolat murni dipindahkan ke media MEA baru untuk pemurnian. Proses ini diulang hingga diperoleh isolat tunggal yang bebas dari kontaminasi (Chimezie, 2021; Karunasinghe et al., 2020; Safwan et al., 2021; Safwan et al., 2022). Identifikasi awal dilakukan berdasarkan karakteristik makroskopis koloni dan ciri mikroskopis untuk menentukan genus/spesies secara morfologi.

Fermentasi Jamur Endofit

Setelah pemurnian, jamur *Penicillium citrinum* DSP 16 dipindahkan ke dalam medium fermentasi yang terbuat dari 200 gram nasi dan 15 ml ekstrak malt yang telah disterilkan. Proses fermentasi dilakukan dengan menumbuhkan jamur pada media padat ini selama 21 hari pada suhu ruangan. Selama proses fermentasi, erlenmeyer yang berisi media dan jamur ditutup dengan kapas steril dan aluminium foil untuk mencegah kontaminasi serta menjaga kelembapan yang dibutuhkan oleh jamur. Fermentasi ini bertujuan untuk memproduksi metabolit sekunder yang akan diekstraksi dan diuji untuk aktivitas antibakteri (Chimezie, 2021; Karunasinghe et al., 2020; Safwan, Aini, et al., 2025).

Ekstraksi Metabolit Sekunder

Setelah 21 hari fermentasi, ekstraksi metabolit sekunder dilakukan dengan menggunakan pelarut etil asetat. Proses ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi, di mana hasil fermentasi jamur direndam dalam etil asetat selama 24 jam. Untuk memastikan ekstraksi yang maksimal, proses ini diulang sebanyak tiga kali. Setelah maserasi, filtrat yang diperoleh disaring dan diuapkan menggunakan *rotatory evaporator* pada suhu 40°C untuk menghilangkan pelarut. Ekstrak kental yang dihasilkan kemudian disimpan dalam botol vial untuk analisis lebih lanjut (Chimezie, 2021; Karunasinghe et al., 2020; Safwan et al., 2021; Safwan et al., 2022).

Analisis Profil Senyawa Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Profil senyawa sekunder dalam ekstrak jamur *Penicillium citrinum* DSP 16 dianalisis menggunakan teknik Kromatografi Lapis Tipis (KLT). Metode ini menggunakan fase diam berupa silica gel 60 F₂₅₄ dan fase gerak campuran diklorometana/methanol (10:1). Setelah sampel diterapkan pada pelat KLT, pelat diamati di bawah sinar ultraviolet (UV) pada panjang gelombang 254 nm dan 366 nm. Untuk mengidentifikasi senyawa lebih lanjut, pelat juga disemprot dengan H₂SO₄ dan dipanaskan pada suhu tertentu untuk menghasilkan tampilan yang lebih jelas. Profil senyawa yang diperoleh kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi metabolit sekunder yang terkandung dalam ekstrak jamur (Safwan et al., 2021; Safwan et al., 2022).

Uji Aktivitas Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan menggunakan metode difusi cakram (Kirby-Bauer). Ekstrak jamur *Penicillium citrinum* DSP 16 yang telah disiapkan dalam konsentrasi 10 µg/ml diaplikasikan pada cakram steril, yang kemudian ditempatkan pada permukaan agar yang telah diinokulasi dengan bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Setelah inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C, zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram diukur dengan menggunakan jangka sorong. Diameter zona hambat

digunakan untuk menilai aktivitas antibakteri dari ekstrak jamur (Safwan et al., 2021; Safwan et al., 2022; Wardani et al., 2024).

Analisis Data

Data yang diperoleh dari uji antibakteri berupa ukuran diameter zona hambat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Zona hambat yang terbentuk dikategorikan berdasarkan ukuran sebagai berikut: sangat kuat (>20 mm), kuat (11-20 mm), sedang (6-10 mm), dan lemah (<5 mm). Semua data diamati dengan cermat untuk memastikan bahwa aktivitas antibakteri yang terdeteksi berasal dari senyawa yang terkandung dalam ekstrak jamur, bukan kontaminasi dari faktor luar (Davis & Stout, 1971).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Jamur Endofit

Dari isolasi jamur endofit yang dilakukan pada daun *Sesuvium portulacastrum*, berhasil diperoleh 20 isolat jamur yang tumbuh pada media agar ekstrak malt (MEA). Setiap koloni jamur yang tumbuh diamati secara makroskopis, dan berdasarkan karakteristik morfologi koloni, 13 spesies jamur berhasil diidentifikasi. Salah satu isolat yang menunjukkan hasil paling menjanjikan adalah *Penicillium citrinum* dengan kode DSP 16, yang menunjukkan ciri morfologi berbentuk tidak beraturan, dengan warna putih keabu-abuan dan bintik kuning kecokelatan di tengah, serta tekstur berbulu tipis di pusat koloni. Isolat ini dipilih untuk tahap fermentasi dan uji aktivitas antibakteri lebih lanjut. Isolasi jamur endofit dari daun *Sesuvium portulacastrum* berhasil memperoleh sejumlah isolat yang memiliki potensi untuk menghasilkan senyawa bioaktif. *Penicillium citrinum* DSP 16 menunjukkan morfologi yang khas dan berbeda dari isolat lainnya, yang memungkinkan identifikasi spesifiknya. Keberagaman spesies jamur yang diperoleh menunjukkan bahwa tanaman *Sesuvium portulacastrum* menyimpan berbagai jenis jamur endofit yang berpotensi menghasilkan senyawa dengan aktivitas biologis yang beragam. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa tanaman dengan ekosistem yang kaya akan mikrohabitat, seperti mangrove, sering kali menjadi sumber jamur endofit dengan potensi bioaktif yang tinggi (Chatterjee & Abraham, 2020).

Identifikasi *Penicillium citrinum* DSP 16

Isolat DSP 16 diidentifikasi sebagai *Penicillium citrinum* berdasarkan karakteristik morfologi koloni yang diamati pada media agar ekstrak malt (MEA). Koloni jamur ini menunjukkan bentuk yang tidak beraturan dengan warna putih keabu-abuan dan bintik kuning kecokelatan di bagian tengah, serta tekstur berbulu tipis dan berbutir. Sporulasi aktif ditemukan di pusat koloni, yang juga sesuai dengan deskripsi *Penicillium citrinum* dalam literatur sebelumnya. Berdasarkan ciri-ciri morfologi ini, *Penicillium citrinum* DSP 16 berhasil diidentifikasi sebagai spesies jamur *Penicillium citrinum*, yang diketahui memiliki potensi menghasilkan senyawa bioaktif dengan aktivitas antibakteri.

Fermentasi dan Ekstraksi Metabolit Sekunder

Profil KLT menunjukkan adanya beberapa noda dengan intensitas berbeda pada pengamatan UV, yang mengindikasikan keberagaman metabolit sekunder dalam ekstrak. Identifikasi kelas senyawa berdasarkan pereaksi spesifik (mis. Dragendorff, FeCl₃, atau vanilin-H₂SO₄) belum dilakukan pada tahap ini sehingga penetapan golongan senyawa masih bersifat indikatif dan memerlukan konfirmasi lebih lanjut.

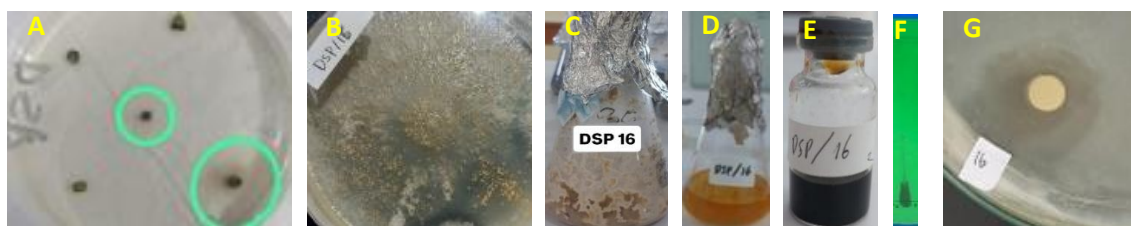
Uji Aktivitas Antibakteri

Uji antibakteri yang dilakukan dengan metode difusi cakram menunjukkan bahwa ekstrak *Penicillium citrinum* DSP 16 memiliki aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Pada *E. coli*, zona hambat yang terbentuk memiliki diameter 15,2 mm, yang termasuk dalam kategori kuat. Sementara itu, pada *S. aureus*, zona hambat yang terbentuk adalah 17,0 mm, yang juga termasuk dalam kategori

kuat. Hasil ini menunjukkan bahwa *Penicillium citrinum* DSP 16 menghasilkan senyawa antibakteri yang efektif melawan kedua bakteri tersebut.

Hasil uji aktivitas antibakteri menunjukkan bahwa ekstrak *Penicillium citrinum* DSP 16 memiliki efek antibakteri yang signifikan terhadap kedua bakteri yang diuji. Zona hambat yang terbentuk menunjukkan bahwa senyawa yang dihasilkan oleh jamur ini dapat menghambat pertumbuhan bakteri gram negatif (*E. coli*) dan gram positif (*S. aureus*) dengan efisiensi yang tinggi. Hasil ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa *Penicillium citrinum* memiliki potensi antibakteri terhadap berbagai patogen. Aktivitas antibakteri yang kuat terhadap kedua bakteri ini menunjukkan bahwa *Penicillium citrinum* DSP 16 memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai agen antibakteri, baik dalam bentuk senyawa tunggal maupun sebagai bagian dari formulasi obat berbasis hayati.

Penelitian ini menambah bukti bahwa jamur endofit, seperti *Penicillium citrinum*, merupakan sumber yang sangat berpotensi dalam pengembangan senyawa antibakteri berbasis hayati. Dengan semakin meningkatnya masalah resistensi antibiotik, mencari alternatif pengobatan yang berasal dari sumber alami menjadi sangat penting. Senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *Penicillium citrinum* DSP 16 tidak hanya menunjukkan aktivitas yang efektif terhadap bakteri patogen yang umum, tetapi juga membuka peluang untuk penelitian lebih lanjut mengenai cara untuk mengoptimalkan produksi senyawa ini dalam skala industri.



Gambar 2. Sampel daun berhasil ditanam pada media NA dan teramati fungi tumbuh dari sampel (A). Morfologi fungi *Penicillium citrinum* DSP 16 pada media MAE (B). Hasil fermentasi *Penicillium citrinum* DSP 16 pada media nasi setelah 30 hari (C). Ekstrak cair (D) dan ekstrak kental (E) hasil fermentasi fungi *Penicillium citrinum* DSP 16. Hasil KLT ekstrak yang diamati dibawah UV 366 nm (F). Daya hambat ekstrak (G)

Kelemahan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa kelemahan yang perlu diperhatikan. Pengujian antibakteri hanya dilakukan terhadap dua bakteri uji, *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, sehingga perlu dilakukan uji terhadap lebih banyak patogen untuk mendapatkan gambaran yang lebih lengkap tentang aktivitas antibakteri *Penicillium citrinum* DSP 16. Selain itu, identifikasi senyawa aktif dalam ekstrak hanya dilakukan dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT), yang meskipun efektif, dapat dilengkapi dengan metode lain seperti Kromatografi Cair Kinerja Tinggi (HPLC) atau Spektrometri Massa (MS) untuk hasil yang lebih akurat. Terakhir, meskipun ekstrak menunjukkan aktivitas antibakteri, uji toksisitas terhadap sel mamalia belum dilakukan, padahal penting untuk mengevaluasi keamanan penggunaan senyawa ini sebagai agen terapeutik. Penelitian lebih lanjut dengan uji toksisitas *in vitro* dan *in vivo* diperlukan untuk memastikan potensi klinis dari senyawa antibakteri yang dihasilkan oleh *Penicillium citrinum* DSP 16.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengisolasi *Penicillium citrinum* DSP 16 dari daun *Sesuvium portulacastrum* dan membuktikan bahwa jamur ini menghasilkan metabolit sekunder dengan aktivitas antibakteri yang signifikan terhadap *E. coli* dan *S. aureus*. Profil senyawa yang ditemukan dalam ekstrak jamur menunjukkan adanya flavonoid, tanin, alkaloid, dan terpenoid, yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri. Hasil ini menunjukkan bahwa

Penicillium citrinum DSP 16 dapat menjadi kandidat potensial dalam pengembangan obat antibakteri alami yang dapat digunakan untuk melawan infeksi bakteri patogen.

DAFTAR PUSTAKA

- Alshrari, A., Nayeen, N., Alreshidi, M., & Imran, M. (2020). Antimicrobial and antioxidant screening of the solvent extracts of the leaves and stem of *Sesuvium portulacastrum*. *Pharmacophore*, 11(4-2020), 5-10.
- Arvina, D. (2023). *Kemampuan Ekstrak Etanol Cendawan Endofit Dari Daun Jagung Manis (Zea Mays Saccharata L.) Terhadap Patogen Alternaria Sp. Dan Penicillium Sp* Universitas Islam Negeri Ar-Raniry].
- Ashoka, G. B., & Shivanna, M. B. (2023). Antibacterial, antioxidant, and anticancer activities of *Penicillium citrinum* Thom. endophytic in *Jatropha heynei*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 13(3), 196-207.
- Chatterjee, A., & Abraham, J. (2020). Mangrove endophytes: a rich source of bioactive substances. In *Biotechnological utilization of mangrove resources* (pp. 27-47). Elsevier.
- Chimezie, C. (2021). Antimicrobial potentials of idiolites of endophytic fungi isolated from the leaves of *Dacryodes edulis*. *African Journal of Biotechnology*.
- Davis, W., & Stout, T. (1971). Disc plate method of microbiological antibiotic assay: II. Novel procedure offering improved accuracy. *Applied microbiology*, 22(4), 666-670.
- Farista, B., & Virgota, A. (2021). The Assessment of Mangrove Community Based on Vegetation Structure at Cendi Manik, Sekotong District, West Lombok, West Nusa Tenggara. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), 1022-1029.
- Irwansyah, I., Sugiyarto, S., & Mahajoeno, E. (2019). Struktur komunitas ekosistem mangrove di Teluk Serewe Pulau Lombok Nusa Tenggara Barat. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 5(2), 126-130.
- Issusilaningtyas, E., Yulianto, A. N., Rochmah, N. N., Pertiwi, Y., Faoziyah, A. R., Sari, W. Y., & Balfas, R. F. (2024). *Teknologi Farmasi Bahan Alam*. TOHAR MEDIA.
- Karunasinghe, T. G., Maharachchikumbura, S., Velazhahan, R., & Al-Sadi, A. M. (2020). Antagonistic activity of endophytic and rhizosphere fungi isolated from sea Purslane (*Sesuvium portulacastrum*) against *Pythium damping off* of cucumber. *Plant disease*, 104(8), 2158-2167.
- Khairurrahman, M. S. (2023). *Uji antagonis jamur Mucor sp dan Trichoderma harzianum terhadap jamur patogen Penicillium digitatum penyebab penyakit green mold pada buah jeruk keprok (Citrus reticulata) secara in vitro* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim].
- Kumari, P., Singh, A., Singh, D. K., Sharma, V. K., Kumar, J., Gupta, V. K., Bhattacharya, S., & Kharwar, R. (2021). Isolation and purification of bioactive metabolites from an endophytic fungus *Penicillium citrinum* of *Azadirachta indica*. *South African Journal of Botany*, 139, 449-457.
- Larasati, D. M. (2024). *Potensi jamur endofit pada kulit jeruk siam (Citrus Nobilis) sebagai antijamur penicillium digitatum penyebab penyakit green mold* Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim].
- Pakaya, M. S., Ramadhani, F. N., Ente, M. R., & Rauf, S. A. (2024). Efektivitas Fraksi Metabolit Sekunder Jamur Endofit Lamun (*Thalassia hemprichii*) dari Kawasan Teluk Tomini Sebagai Antibakteri Jerawat. *Journal Syifa Sciences and Clinical Research*, 6(1), 120-128.
- Safwan, A. R. W., Siti Rahmatul Aini, Eskarani Tri Pratiwi, Anna Pradiningsih, Sucilawaty Ridwan (2024). *PRODUKSI ASAM KOJAT DARI HASIL FERMENTASI JAMUR ASPERGILLUS FLAVUS DIKSI C35* (Indonesia Patent No. U. M. Mataram.
- Safwan, S., Aini, S. R., Ridwan, S., Pradiningsih, A., Pratiwi, E. T., & Wahid, A. R. (2025). Solid-state fermentation parameters for kojic acid production by marine *Aspergillus flavus* DIKSI C35 and cytotoxicity against B16F10. *Journal of Pharmacy & Pharmacognosy Research*, 13(6), 1996-2003.

- Safwan, S., Hsiao, G., Lee, T.-H., & Lee, C.-K. (2021). Bioactive compounds from an endophytic fungi *Nigrospora aurantiaca*. *Botanical Studies*, 62(1), 18. <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s40529-021-00324-7>
- Safwan, S., Ridwan, S., Musyarrafah, M., & Wijayanti, R. (2025). Screening Activities of Crude Extracts Produced *Halodule* sp. Seagrass-Associated Fungus [fungi; antimicrobial; antioxidant; marine; seagrass; *Halodule* sp.]. 2025, 30(2), 8. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.30.2.237-244>
- Safwan, S., Wang, S.-W., Hsiao, G., Hsiao, S.-W., Hsu, S.-J., Lee, T.-H., & Lee, C.-K. (2022). New Trichothecenes Isolated from the Marine Algicolous Fungus *Trichoderma brevicompactum*. *Marine Drugs*, 20(2), 80. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/md20020080>
- Saragih, G., Hidayani, T. R., Mirnandaulia, M., Ginting, C. N., & Fachrial, E. (2023). Mikroba Endofit Dalam Dunia Kesehatan: Manfaat Dan Aplikasi. *PUBLIS PENERBIT UNPRI PRESS*, 1(1), 1-83.
- Soesanto, I. L., & Endang Mugiastuti, S. (2023). *Mikroba Endofit: Eksplorasi, Potensi, dan Pemanfaatan Mikroba Endofit Bagi Kesehatan Tanaman dan Manusia serta Keuntungan Ekonomi*. Penerbit Andi.
- Toghueo, R. M. K., & Boyom, F. F. (2020). Endophytic *Penicillium* species and their agricultural, biotechnological, and pharmaceutical applications. 3 *Biotech*, 10(3), 107.
- Wardani, E., Hariadi, P., & Yuliana, T. P. (2024). Uji Minyak Atsiri Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia* L) terhadap Diameter Zona Hambat *Staphylococcus aureus*. *Sinteza*, 4(1), 50-55.
- Yuliana, B. F., Zulkifli, L., Rasmi, D. A. C., & Sedijani, P. (2025). Isolation and Identification of IAA-Producing and Phosphate-Solubilizing Rhizobacteria from *Sesuvium portulacastrum* and In Vitro Growth-Promotion Effect on *Vigna radiata* L. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(4a), 736-746.