

IDENTIFIKASI DAN KARAKTERISTIK KAPANG ENDOFIT ASAL TANAMAN DIWOKA (*PIPER MACROPIPER PENNANT.*) SEBAGAI AGEN BIOPESTISIDA DI WILAYAH PAPUA PEGUNUNGAN

Oleh :

Siti Latifa Wulandari¹⁾, Nuraisyah Takdir²⁾, Santi Ferro Kogoya³⁾

^{1,2,3} Universitas Amal Ilmiah Yapis Wamena
email: sitalatifawulandari812@gmail.com

Informasi Artikel

Riwayat Artikel :

Submit, 21 Februari 2026
Revisi, 26 Mei 2026
Diterima, 29 Mei 2026
Publish, 31 Mei 2026

Kata Kunci :

Kapang,
Endofit,
Diwoka,
Biopestisida.



ABSTRAK

Pengembangan produk tanaman pangan dan hortikultura di Wamena masih terkendala oleh belum diterapkannya teknologi budidaya sesuai anjuran, keterbatasan lahan, dan rendahnya produktivitas. Permasalahan utama lainnya adalah serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang secara signifikan memengaruhi hasil pertanian. Pengendalian hama saat ini mulai beralih ke penggunaan biopestisida berbahan alami. Tanaman Diwoka (*Piper macropiper Pennant.*), yang merupakan tanaman lokal dan dimanfaatkan oleh suku Dani di Wamena, menunjukkan potensi besar sebagai sumber agen biopestisida. Penelitian ini bertujuan untuk menguji aktivitas dan mengidentifikasi kapang endofit dari jaringan tanaman Diwoka sebagai agen biopestisida. Metode penelitian meliputi isolasi dan identifikasi kapang endofit, serta uji daya hambat kapang endofit terhadap patogen tanaman. Dari batang dan daun tanaman Diwoka diperoleh lima isolat kapang endofit yang disimpan dalam media PDA miring. Karakteristik makroskopis menunjukkan adanya variasi mikroba endofit, yang mengindikasikan adanya interaksi kompleks antara endofit dengan tanaman inang maupun mikroorganisme lainnya.

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



Corresponding Author:

Nama: Siti Latifa Wulandari
Afiliasi: Universitas Amal Ilmiah Yapis Wamena
Email: sitalatifawulandari812@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Sektor pertanian di Wamena, khususnya dalam pengembangan tanaman pangan dan hortikultura, masih menghadapi berbagai tantangan serius seperti rendahnya penerapan teknologi budidaya, keterbatasan lahan, serta serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT). Kondisi ini menuntut strategi pengendalian hama yang lebih efektif dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif potensial adalah penggunaan biopestisida berbahan alami yang mampu menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen tanaman.

Sistem pertanian di Papua Pegunungan bercirikan pertanian organik tradisional dengan pengelolaan lahan yang masih sangat sederhana. Masyarakat lokal umumnya hanya membuka lahan, menanam, dan menunggu hingga panen, menunjukkan minimnya intervensi teknologi modern. Beberapa komoditas penting seperti bawang merah

dan sayuran sering mengalami serangan OPT yang menyebabkan penurunan produktivitas. Kondisi iklim Papua Pegunungan yang sejuk dengan kelembapan dan curah hujan tinggi juga sangat mendukung perkembangan OPT.

Saat ini, pengendalian organisme pengganggu tanaman mulai beralih ke penggunaan biopestisida berbahan alami yang memiliki sifat antimikroba, antivirus, dan antijamur. Biopestisida bekerja dengan menghambat pertumbuhan patogen tanaman dan menawarkan alternatif yang lebih aman bagi lingkungan serta kesehatan manusia. Salah satu sumber alami yang potensial adalah mikroorganisme endofit, khususnya kapang endofit, yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit dan sering menghasilkan metabolit sekunder dengan aktivitas biologis tinggi.

Tanaman Diwoka (*Piper macropiper Pennant.*) merupakan tanaman lokal yang banyak

dimanfaatkan oleh masyarakat suku Dani di Papua Pegunungan. Pengetahuan etnobotani ini mengindikasikan adanya potensi bioaktif dalam tanaman tersebut. Namun, penelitian ilmiah terkait pemanfaatan kapang endofit dari tanaman Diwoka sebagai agen biopestisida masih sangat terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi dan mengkarakterisasi kapang endofit dari tanaman Diwoka serta mengevaluasi aktivitas biopestisidanya terhadap patogen tanaman.

2. METODE PENELITIAN

Asal dan Preparasi Tanaman Diwoka

Tanaman Diwoka dikoleksi dari habitat alaminya di wilayah Wamena, Provinsi Papua Pegunungan. Sampel berupa batang dan daun diambil secara acak dari tanaman sehat tanpa gejala penyakit. Sampel dicuci bersih dengan air mengalir, kemudian disterilkan secara bertahap menggunakan etanol 70%, larutan natrium hipoklorit, dan dibilas dengan air steril. Efektivitas sterilisasi diuji dengan menginkubasi air bilasan terakhir pada media PDA.

Isolasi dan Identifikasi Kapang Endofit

Segmen jaringan tanaman steril dipotong secara aseptis dan diletakkan pada media PDA yang ditambahkan antibiotik kloramfenikol. Cawan petri diinkubasi pada suhu ruang hingga koloni kapang tumbuh. Koloni yang muncul dipindahkan ke media PDA murni. Identifikasi dilakukan berdasarkan karakter morfologi makroskopis dan mikroskopis menggunakan pewarnaan Lactophenol Cotton Blue. Lima isolat terpilih disimpan dalam media PDA miring.

Uji Aktivitas Daya Hambat

Uji daya hambat dilakukan menggunakan metode dual culture terhadap patogen tanaman *Fusarium oxysporum*. Persentase daya hambat dihitung berdasarkan perbandingan diameter pertumbuhan koloni patogen pada perlakuan dan kontrol.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan uji ANOVA satu arah pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dan dilanjutkan dengan uji Duncan apabila terdapat perbedaan nyata.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan Karakteristik Kapang Endofit

Hasil isolasi dari daun tanaman Diwoka menunjukkan keberadaan tiga isolat kapang endofit dengan kode Daun P1, Daun P4, dan Daun G4. Ketiga isolat menunjukkan karakteristik makroskopis yang berbeda, seperti warna koloni, bentuk, dan tekstur, sebagaimana disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Karakterisasi Makroskopik

Kode Isolat	Bentuk	Elevasi	Margin	Warna Koloni	Tekstur
Daun P1	Circular	Raised	Filiform	Hijau	Granular
Daun P4	Fillame nteus	Flat	Filiform	Hitam	Granular
Daun G4	Fillame	Raised	Filiform	Hijau	Granular

G4 nteus

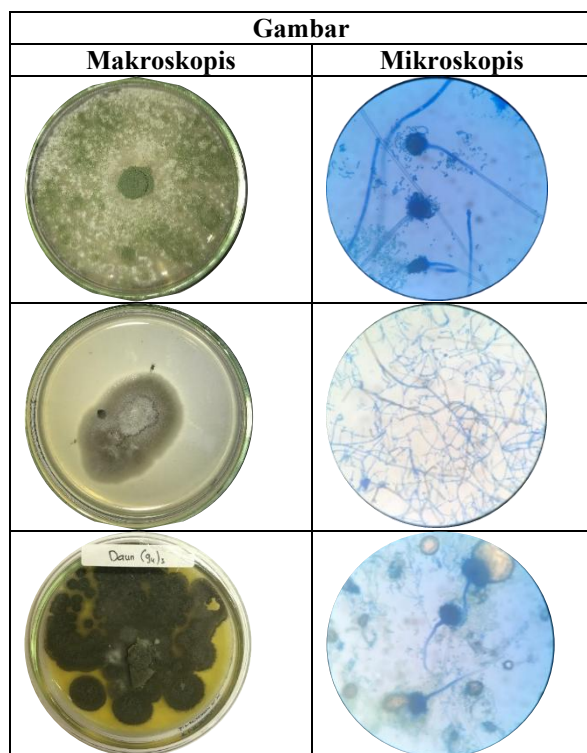
Perbedaan karakteristik ini menunjukkan adanya keragaman morfologi kapang endofit dalam jaringan tanaman Diwoka. Keragaman ini penting karena berkaitan dengan potensi perbedaan metabolit sekunder yang dihasilkan, yang berkontribusi terhadap aktivitas biopestisida. Umumnya, kapang endofit memiliki bentuk koloni circular dengan elevasi raised dan margin filiform. Warna koloninya adalah hijau, yang sering dikaitkan dengan genus kapang seperti *Aspergillus* atau *Penicillium*.

Berbeda dengan Daun P1, kedua isolat lainnya, Daun P4 dan Daun G4, menunjukkan bentuk koloni filamentous dan margin filiform. Bentuk filamentous ini umum ditemukan pada sebagian besar kapang. Meskipun keduanya filamentous, terdapat perbedaan pada elevasi dan warna koloni. Isolat Daun P4 menampilkan elevasi flat dengan warna koloni hitam. Warna hitam pada kapang seringkali disebabkan oleh produksi pigmen melanin, yang dapat ditemukan pada genera seperti *Aspergillus niger* atau *Alternaria spp.* Sementara itu, isolat Daun G4 memiliki elevasi raised dan warna koloni hijau, mirip dengan Daun P1 dari segi warna, namun berbeda dalam bentuk dan elevasi. Variasi karakteristik makroskopik ini penting karena dapat menjadi petunjuk awal dalam membedakan dan mengidentifikasi genus atau bahkan spesies kapang endofit. Bentuk, elevasi, margin, dan warna koloni merupakan parameter kunci dalam taksonomi kapang. Perbedaan ini juga menunjukkan bahwa tanaman Diwoka dapat menjadi inang bagi berbagai jenis kapang endofit, masing-masing dengan potensi karakteristik fisiologis dan metabolik yang unik (Singh *et.al.* 2021).

Hasil pengamatan mikroskopis pada ketiga isolat kapang endofit (Daun P1, Daun P4, dan Daun G4) yang berhasil diisolasi dari tanaman Diwoka (Tabel 2) menunjukkan kesamaan morfologi mikroskopis yang signifikan. Semua isolat memperlihatkan hifa bersekat, yang merupakan ciri khas kapang dari filum *Ascomycota*. Keberadaan *kleistotesia* dan *askospora* pada ketiga isolat merupakan indikator kuat yang mengarah pada identifikasi genus *Aspergillus*. *Kleistotesia* adalah struktur reproduksi seksual tertutup yang mengandung askospora, dan keberadaannya sering ditemukan pada beberapa spesies *Aspergillus* yang mampu bereproduksi secara seksual atau pada fase teleomorfinya (Erfandoust *et.al.* 2020).

Tabel 2. Hasil Pengamatan Mikroskopis

Kode Isolat	Mikroskopis	Hasil Identifikasi
Daun P1	Hifa bersekat, kleistotesia, ascospora	<i>Aspergillus sp.</i>
Daun P4	Hifa bersekat, kleistotesia, ascospora	<i>Aspergillus sp.</i>
Daun G4	Hifa bersekat, kleistotesia, ascospora	<i>Aspergillus sp.</i>



Berdasarkan kombinasi karakteristik makroskopis dan mikroskopis, ketiga isolat secara konsisten teridentifikasi sebagai *Aspergillus* sp. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun terdapat variasi makroskopis, seperti perbedaan warna dan bentuk koloni—di mana isolat Daun P4 berwarna hitam, sedangkan Daun P1 dan Daun G4 berwarna hijau—struktur reproduksi mikroskopis ketiga isolat menunjukkan kesamaan yang erat. Kesamaan ini mengonfirmasi bahwa ketiga isolat tersebut termasuk dalam genus yang sama, yaitu *Aspergillus*.

Ditemukannya hanya genus *Aspergillus* sp. dari tiga isolat yang diteliti mengindikasikan adanya dominansi ekologis *Aspergillus*. Genus ini dikenal sebagai salah satu kelompok kapang yang paling kosmopolitan dan dominan di berbagai habitat, termasuk sebagai endofit pada tumbuhan. Spesies *Aspergillus* memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan serta kapasitas kompetitif yang kuat dalam berinteraksi dengan mikroorganisme lain. Dalam konteks tanaman Diwoka, kemungkinan spesies *Aspergillus* tertentu secara alami mendominasi komunitas kapang endofit di organ daun.

Identifikasi kapang dalam penelitian ini dilakukan berdasarkan karakteristik morfologi makroskopis dan mikroskopis. Metode ini memiliki keterbatasan karena beberapa spesies dalam satu genus, khususnya *Aspergillus*, memiliki kemiripan morfologi yang tinggi, sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan identifikasi pada tingkat spesies. Oleh karena itu, identifikasi lanjutan menggunakan pendekatan molekuler berbasis sekuensing gen ITS (Internal Transcribed Spacer) sangat direkomendasikan pada penelitian selanjutnya

guna memperoleh konfirmasi spesies secara lebih akurat dan valid.

Uji Aktivitas Daya Hambat Kapang Endofit terhadap Pertumbuhan Patogen Tanaman

Hasil uji aktivitas daya hambat kapang endofit terhadap pertumbuhan patogen tanaman disajikan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Hasil Uji Daya Hambat Kapang Endofit terhadap Pertumbuhan Patogen Tanaman

No	Kode Isolat	Rk	R1	PGI (%)
1	Daun P1 (U1)	3,7 cm	2 cm	45
2	Daun P4 (U2)	3,5 cm	2,1 cm	40
3	Daun G4 (U1)	4,2 cm	2,4 cm	42

Keterangan:

- Rk = Jari-jari pertumbuhan kontrol cendawan patogen dari titik inokulasi hingga tepi koloni.
- R1 = Jari-jari koloni cendawan patogen yang arah pertumbuhannya mendekati kapang endofit.
- PGI (%) = *Percentage Growth Inhibition* (persentase penghambatan pertumbuhan).

Untuk mengevaluasi potensi biopestisida, isolat kapang endofit diuji kemampuan daya hambatnya terhadap pertumbuhan patogen target, yaitu *Fusarium oxysporum*, yang merupakan penyebab utama penyakit layu pada berbagai tanaman hortikultura. Hasil uji aktivitas daya hambat menunjukkan adanya variasi efektivitas antar-isolat.

Pengujian daya hambat kapang endofit yang diisolasi dari tanaman Diwoka (*Piper macropiper* Pennant.) menunjukkan potensi yang menjanjikan sebagai agen biopestisida. Perbedaan nilai daya hambat mengindikasikan bahwa setiap isolat memiliki kemampuan antagonistik yang berbeda terhadap patogen.

Tabel 3 menyajikan hasil lengkap uji daya hambat ketiga isolat kapang endofit terhadap pertumbuhan cendawan patogen. Parameter yang diamati meliputi jari-jari pertumbuhan kontrol patogen (Rk), jari-jari pertumbuhan patogen yang berhadapan langsung dengan kapang endofit (R1), serta persentase penghambatan pertumbuhan (PGI%).

Berdasarkan data pada Tabel 3, semua isolat kapang endofit menunjukkan kemampuan untuk menghambat pertumbuhan cendawan patogen yang diuji, yang ditunjukkan oleh nilai PGI (%) yang positif. Nilai PGI yang lebih tinggi mengindikasikan efektivitas penghambatan yang lebih besar. Isolat Daun P1 (U1) menunjukkan persentase penghambatan tertinggi sebesar 45 %. Ini berarti isolat ini paling efektif dalam menekan pertumbuhan patogen dibandingkan dengan dua isolat lainnya. Kemampuan penghambatan isolat ini didukung oleh nilai R1 yang relatif kecil (2,0 cm) dibandingkan dengan Rk (3,7 cm) dari pertumbuhan patogen tanpa kehadiran endofit.

Isolat Daun G4 (U1) berada di posisi kedua dengan nilai PGI sebesar 42 % sedangkan Isolat Daun P4 (U2) memiliki PGI sebesar 40 % . Meskipun ada sedikit perbedaan dalam efektivitas penghambatan di antara ketiga isolat, ketiganya secara konsisten menunjukkan aktivitas antagonis.

Perbedaan kecil ini mungkin disebabkan oleh variasi galur atau spesies kapang endofit yang berbeda, meskipun semuanya diisolasi dari daun *Piper macropiper*. Setiap galur mungkin memiliki kapasitas yang berbeda dalam memproduksi metabolit antimikroba atau menerapkan mekanisme antagonisme lainnya, seperti kompetisi nutrisi dan ruang, atau mikoparasitisme. Hasil ini mengindikasikan bahwa daun *Piper macropiper* adalah sumber yang menjanjikan untuk kapang endofit dengan potensi biopestisida. Temuan ini selaras dengan banyak penelitian yang menunjukkan bahwa endofit dari tanaman endemik atau yang secara tradisional digunakan memiliki kemampuan bioaktif unik (Strobel & Daisy, 2003).

Hasil daya hambat Kapang Endofit yang diisolasi dari Daun Diwoka memiliki daya hambat yang cukup baik. Dengan nilai PGI berkisar antara 40% hingga 45 %, mempunyai potensi sebagai agen biokontrol. Mekanisme penghambat oleh endofit *Aspergillus* bisa melalui produksi senyawa bioaktif, metabolit sekunder yang memiliki aktivitas antijamur, antibakteri, anti-inflamasi dan bahkan antikanker. Senyawa-senyawa ini dapat secara langsung menghambat pertumbuhan patogen (El-Hawary *et.al.* 2020). Endofit bersaing dengan patogen untuk mendapatkan nutrisi dan ruang di dalam jaringan tanaman, sehingga membatasi pertumbuhan patogen (Youssef *et.al.* 2021). Beberapa endofit dapat memicu sistem pertahanan alami tanaman, membuat tanaman lebih tahan terhadap serangan patogen (Mengistu, 2020).

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa *Aspergillus* spp. *A. niger*, *A. flavus*, *A. fumigatus* yang diisolasi dari padi dapat menghambat pertumbuhan *Aspergillus* patogen lainnya (termasuk yang menghasilkan mikotoksin) dengan zona inhibisi yang signifikan 13-17 mm. Ini menunjukkan potensi *Aspergillus* endofit untuk melindungi komoditas pangan (Susilowati & Haryono, 2018). *Aspergillus* endofit dari tanaman obat seringkali menghasilkan senyawa bioaktif yang kuat. Misalnya, *Aspergillus versicolor* telah dilaporkan menghasilkan *aniduquinolone A*, senyawa antibakteri. Ini menunjukkan bahwa tanaman dengan sifat medis seringkali menjadi inang bagi endofit yang kaya akan metabolit sekunder (Hashem *et.al* 2023). Penelitian menunjukkan bahwa spesies *Aspergillus* seperti *A. tubingensis* dan *A. alabamensis* sebagai endofit dapat secara signifikan mengurangi keparahan penyakit layu fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada tanaman cabai, bahkan hingga 83.33% melalui aplikasi tanah. Mereka juga meningkatkan pertumbuhan tanaman dan mengaktifkan sistem pertahanan tanaman (Attia *et al.* 2024).

Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa perbedaan nilai PGI antar-isolat tidak signifikan pada taraf 5% ($p > 0,05$). Meskipun terdapat perbedaan numerik pada rata-rata PGI (Daun P1 tertinggi, diikuti Daun G4, dan Daun P4 terendah), perbedaan

ini tidak cukup besar untuk dianggap signifikan secara statistik, kemungkinan karena variabilitas yang cukup tinggi dalam kelompok Daun P1 dan Daun G4, serta ukuran sampel yang relatif kecil.

Hasil Uji Daya hambat Endofit *Aspergillus* yang diamati pada isolate P1 sebesar 45 % termasuk dalam kategori daya hambat Kuat. Kategori daya hambat berdasarkan persentase atau diameter zona hambat adalah: lemah (<30% atau <5 mm), sedang (30-40% atau 5-10 mm), kuat ($\geq 40\%$ atau 10-20 mm), dan sangat kuat (≥ 20 mm) (Kumowal *et.al* 2019). Penelitian ini mengisolasi kapang Endofit yang berasal dari tanaman inang yang belum banyak diteliti yaitu Tanaman Diwoka yang dapat di jadikan sebagai sumber endofit penghasil agen Biopestisida, Temuan ini membuka jalur baru dalam pengembangan agen biopestisida alami berbasis endofit untuk pengendalian hama dan penyakit pada tanaman, mengingat sebagian besar penelitian sebelumnya berfokus pada pendekatan kimiawi atau genetik. Potensi kapang endofit dari tanaman local Diwoka ini memberikan alternatif berkelanjutan yang belum banyak dieksplorasi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi kapang endofit dari Tanaman Diwoka (*Piper Macropiper Pennant*) oleh Suku Dani Jayawijaya. Papua Pegunungan, yang menunjukkan aktivitas daya hambat signifikan terhadap pertumbuhan patogen tanaman *Fusarium sp.* Isolat Daun P1 dengan PGI 45% menunjukkan bahwa Tanaman Diwoka adalah sumber baru yang menjanjikan untuk penemuan agen Biopestisida Alami. Penelitian ini tidak hanya memperluas pemahaman kita tentang keanekaragaman fungsional endofit, tetapi juga memberikan dasar baru yang penting untuk pengembangan strategi Pengendalian hama dan penyakit tanaman yang lebih berkelanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh hibah dari Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Tahun 2024. Dukungan tersebut memberikan motivasi dan fasilitas yang sangat berarti dalam pelaksanaan penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih atas kepercayaan dan kesempatan yang telah diberikan.

5. REFERENSI

Abdel-Azeem, A. M., Abdel-Azeem, M. A., Abdul-Hadi, S. Y., & Darwish, A. G. (2019). *Aspergillus: Biodiversity, ecological significances, and industrial applications*. In Recent advancement in white biotechnology through fungi: Volume 1: Diversity and enzymes perspectives (pp. 121–179). Springer.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-10480-1_4

- Afifah, N., Susanti, A., & Febrianti, R. (2022). Eksplorasi jamur indigenous tanaman jambu bol gondang manis pada cekaman kemarau. *Agrosaintifika*, 4(2), 273–282. <https://ejournal.unwaha.ac.id/index.php/agriwarta/article/view/2481>
- Affifi, L. N., & Rukmi, M. I. (2017). Uji antagonis kapang endofit duwet (*Syzygium cumini* (L.) Skeels) terhadap *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit moler pada bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) secara in vitro. *Jurnal Akademika Biologi*, 6(1), 79–87. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/biologi/article/view/19526>
- Attia, M. S., Salem, M. S., & Abdelaziz, A. M. (2024). Endophytic fungi *Aspergillus* spp. reduce fusarial wilt disease severity, enhance growth, metabolism, and stimulate the plant defense system in pepper plants. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 14(14), 16603–16613. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-022-03607-6>
- El-Hawary, S. S., Moawad, A. S., Bahr, H. S., Abdelmohsen, U. R., & Mohammed, R. (2020). Natural product diversity from the endophytic fungi of the genus *Aspergillus*. *RSC Advances*, 10(37), 22058–22079. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlehtml/2020/ra/d0ra04290k>
- Erfandoust, R., Habibipour, R., & Soltani, J. (2020). Antifungal activity of endophytic fungi from Cupressaceae against human pathogenic *Aspergillus fumigatus* and *Aspergillus niger*. *Journal de Mycologie Médicale*, 30(3), 100987. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1156523320300925>
- Fitriana, F., Amirah, S., Rahman, S., & Sukmawati, S. (2023). Aktivitas antimikroba ekstrak etanol batang wole wole terhadap mikroba patogen menggunakan difusi agar. *As-Syifaa Jurnal Farmasi*, 15(1), 54–60. <https://doi.org/10.56711/jifa.v15i1.967>
- Hashem, A. H., Attia, M. S., Kandil, E. K., Fawzi, M. M., Abdelrahman, A. S., Khader, M. S., & Abdelaziz, A. M. (2023). Bioactive compounds and biomedical applications of endophytic fungi: A recent review. *Microbial Cell Factories*, 22(1), 107. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12934-023-02118-x>
- Icha, T. M. (2025). *Pemanfaatan cuka kayu tanaman karet (Hevea brasiliensis Muell. Arg.) sebagai biopestisida terhadap rayap tanah (Macrotermes gilvus) di Kabupaten Tulang Bawang Barat* [Doctoral dissertation, UIN Raden Intan Lampung]. <https://repository.radenintan.ac.id/id/eprint/37018>
- Jaramillo, A. M., Londoño, L. F., Orozco, J. C., Patiño, G., Belalcazar, J., Davrieux, F., & Talsma, E. F. (2018). A comparison study of five different methods to measure carotenoids in biofortified yellow cassava (*Manihot esculenta*). *PLoS One*, 13(12), e0209702. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0209702>
- Kameubun, K. M., Rehiara, R., & Deminggus, F. (2020). Pemanfaatan tumbuhan Diwoka (*Piper macropiper* Pennant.) oleh suku Dani, Wamena. *Jurnal Ilmu Pendidikan Indonesia*, 8(1), 37–45. <https://core.ac.uk/download/pdf/304914922.pdf>
- Kusumawati, D. E., & Istiqomah, I. (2020). Potensi agensia hayati dalam menekan laju serangan penyakit blas (*Pyricularia oryzae*) pada tanaman padi. *VIABEL*, 14(2), 1–13. <https://ejournal.unisbablitar.ac.id/index.php/viabel/article/view/1235>
- Mohamed, A. H., Balbool, B. A., & Abdel-Azeem, A. M. (2021). *Aspergillus* from different habitats and their industrial applications. In *Industrially Important Fungi for Sustainable Development* (pp. 85–106). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-67561-5_3
- Vega, F. E. (2018). The use of fungal entomopathogens as endophytes in biological control: A review. *Mycologia*, 110(1), 4–30. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00275514.2017.1418578>
- Wijesekara, T., & Xu, B. (2023). Health-promoting effects of bioactive compounds from plant endophytic fungi. *Journal of Fungi*, 9(10), 997. <https://www.mdpi.com/2309-608X/9/10/997>
- Wen, J., Okyere, S. K., Wang, S., Wang, J., Xie, L., Ran, Y., & Hu, Y. (2022). Endophytic fungi: An effective alternative source of plant-derived bioactive compounds for pharmacological studies. *Journal of Fungi*, 8(2), 205. <https://www.mdpi.com/2309-608X/8/2/205>
- Zakiah, A., & Radiastuti, N. (2015). Aktivitas antibakteri kapang endofit dari tanaman kina (*Cinchona calisaya* Wedd.). *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 8(2), 51–58. <https://journal.uinjkt.ac.id/index.php/kauniyah/article/view/2690>
- Zuraidah, Z., Gunawan, A., & Agustina, E. (2021). Uji daya hambat ekstrak daun sirih terhadap pertumbuhan *Candida albicans*. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*, 12(2). <http://journal-old.unhas.ac.id/index.php/jai2/article/view/17587>