

**KARAKTERISASI MOLEKULER BIOELISITOR FUNGI ENDOFIT
YANG DIISOLASI DARI TANAMAN SAMBILOTO
(*Andrographis paniculata*)**

SKRIPSI

**VIKA SRI RIJKI
A221059**



**SEKOLAH TINGGI FARMASI INDONESIA
YAYASAN HAZANAH
BANDUNG
2026**

**KARAKTERISASI MOLEKULER BIOELISITOR FUNGI ENDOFIT
YANG DIISOLASI DARI TANAMAN SAMBILOTO
(*Andrographis paniculata*)**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Farmasi

**VIKA SRI RIJKI
A221059**



**SEKOLAH TINGGI FARMASI INDONESIA
YAYASAN HAZANAH
BANDUNG
2026**

**KARAKTERISASI MOLEKULER BIOELISITOR FUNGI ENDOFIT
YANG DIISOLASI DARI TANAMAN SAMBILOTO (*Andrographis
paniculata*)**

**VIKA SRI RIJKI
A221059**

Juli, 2026

Disetujui oleh

Pembimbing



Himalaya Wana Kelana, M.Pd

Pembimbing



Nur Asni Setiani, M.Si

Kutipan atau saduran baik sebagian ataupun seluruh naskah, harus menyebut nama pengarang dan sumber aslinya, yaitu Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah SWT, skripsi ini kupersembahkan untuk diriku sendiri, Vika Sri Rijki, yang telah berjuang dengan penuh kesabaran, keteguhan, dan semangat hingga mampu menyelesaikan perjalanan ini. Teristimewa untuk kedua orang tuaku tercinta, terima kasih atas doa yang tak pernah putus, kasih sayang yang tulus serta setiap pengorbanan yang telah menjadi tempatku bersandar dan penyemangat dalam setiap proses yang kulalui.

ABSTRAK

Fungi endofit merupakan mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menimbulkan gejala penyakit serta berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber bioelisor. Pada fungi endofit yang diisolasi dari tanaman sambiloto (*Andrographis paniculata*), karakterisasi gen *Polyketide Synthase* (PKS) sebagai dasar pengembangan bioelisor masih terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi secara molekuler bioelisor fungi endofit yang diisolasi dari tanaman sambiloto berdasarkan gen PKS pada miselium aktif dan terinaktivasi. Penelitian meliputi karakterisasi morfologi, identifikasi molekuler melalui daerah *Internal Transcribed Spacer* (ITS), analisis BLAST dan filogenetik, desain primer gen PKS, amplifikasi gen PKS menggunakan *Polymerase Chain Reaction* (PCR), serta visualisasi hasil amplifikasi dengan elektroforesis gel agarosa pada sampel Larutan Miselium (LM) dan Larutan Miselium Terinaktivasi (LMT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat PD2A teridentifikasi sebagai *Cladosporium* sp. berdasarkan analisis BLAST (*Query Coverage* 100% dan *E-value* 0,0), serta pohon filogenetik menunjukkan kekerabatan dengan *Cladosporium* sp. Gen PKS terdeteksi pada sampel LM dengan pita DNA pada kisaran 500-600 bp, sedangkan pada LMT pita DNA target tampak lebih lemah. Gen PKS lebih jelas terdeteksi pada miselium aktif dibandingkan miselium terinaktivasi, sehingga isolat fungi endofit PD2A berpotensi dikembangkan sebagai sumber bioelisor.

Kata kunci: *Cladosporium* sp., fungi endofit, gen *polyketide synthase*, sambiloto, sekuensing ITS

ABSTRACT

*Endophytic fungi are microorganisms that inhabit plant tissues without causing disease symptoms and have potential as sources of bio-elicitors. However, molecular characterization of the Polyketide Synthase (PKS) gene in endophytic fungi isolated from *Andrographis paniculata* as a basis for bio-elicitor development remains limited. This study aimed to molecularly characterize bio-elicitor-producing endophytic fungi isolated from *A. paniculata* based on the PKS gene in active and inactivated mycelia. The study included morphological characterization, molecular identification using the Internal Transcribed Spacer (ITS) region, BLAST and phylogenetic analyses, PKS primer design, PKS gene amplification by Polymerase Chain Reaction (PCR), and visualization of PCR products by agarose gel electrophoresis using Mycelial Suspension (LM) and Inactivated Mycelial Suspension (LMT) samples. The results showed that isolate PD2A was identified as *Cladosporium* sp. based on BLAST analysis (100% query coverage and E-value of 0.0), and phylogenetic analysis confirmed its close relationship with *Cladosporium* sp. The PKS gene was detected in the LM sample, showing a DNA band at approximately 500–600 bp, whereas the target band in the LMT sample was weaker. The PKS gene was more clearly detected in active mycelium than in inactivated mycelium, indicating that the PD2A endophytic fungal isolate has potential for development as a bio-elicitor source.*

Keywords: *Cladosporium* sp., endophytic fungi, ITS sequencing, Polyketide Synthase gene, sambiloto

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala berkah rahmat dan ridho-Nya penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “**Karakterisasi Molekuler Bioelisor Fungi Endofit yang Diisolasi dari Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata*)**”. Penelitian dan penulisan skripsi ini dilakukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana pada Program Studi Sarjana Farmasi Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia. Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing Himalaya Wana Kelana, M.Pd dan Nur Asni Setiani, M.Si atas bimbingan, nasihat, dukungan, serta pengorbanan yang diberikan. Pada kesempatan ini, tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. apt. Adang Firmansyah, M.Si., selaku Ketua Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
2. Dr. apt. Diki Prayugo, M.Si., selaku Wakil Ketua I Bidang Akademik,
3. Dr. apt. Hesti Riasari, M.Si., selaku Ketua Program Studi Sarjana Farmasi,
4. Dr. apt. Hesti Riasari, M.Si., selaku Dosen Wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis,
5. Seluruh staf dosen, staf administrasi, serta karyawan Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia,
6. Teman-teman keilmuan bioteknologi, yang telah kebersamaan selama berada di laboratorium dan berperan besar dalam membantu kelancaran proses penelitian ini,
7. Teman seperjuangan angkatan 2022, yang telah memberikan banyak pelajaran dan motivasi kepada penulis selama menempuh pendidikan di Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia.

Dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kesalahan dan kekurangan karena pengetahuan yang masih sangat terbatas. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati diharapkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun untuk perbaikan di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga tugas akhir ini akan memberikan manfaat bagi penulis sendiri dan juga bagi pihak lain yang berkepentingan.

Bandung, Juli 2025
Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
KUTIPAN.....	ii
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Kegunaan Penelitian.....	2
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Tanaman Sambiloto (<i>Andrographis paniculata</i>).....	4
2.2 Fungi Endofit.....	5
2.2.1 Interaksi Fungi Endofit dengan Tanaman Inang.....	6
2.2.2 Fungi Endofit sebagai Sumber Metabolit Bioaktif	7
2.3 Identifikasi Fungi	7
2.3.1 Morfologi	8
2.3.2 Fisiologi.....	8
2.3.3 Molekuler	9
2.4 Elisitor	9
2.3.1 Klasifikasi elisitor	9
2.3.2 Bioelisitor Berbasis Fungi Endofit.....	10
2.5 Analisis Molekuler	10
BAB III TATA KERJA	12
3.1 Alat.....	12
3.2 Bahan.....	12
3.3 Metode Penelitian.....	12
3.3.1 Peremajaan Isolat Fungi Endofit.....	12
3.3.2 Identifikasi Morfologi Fungi Endofit.....	12
3.3.3 Identifikasi Molekuler Fungi Endofit.....	12
3.3.4 Analisis Filogenetik	12
3.3.5 Pembuatan Bioelisitor Fungi Endofit.....	13
3.3.6 Karakterisasi Bioelisitor Fungi Endofit Secara Molekuler	13
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Peremajaan Isolat Fungi Endofit	15
4.2 Karakterisasi Morfologi Fungi Endofit	17
4.2.1 Karakteristik Makroskopik.....	18
4.2.2 Karakteristik Mikroskopik	19
4.3 Identifikasi Molekuler Fungi Endofit.....	20
4.3.1 Kuantifikasi DNA	20

4.3.2	Elektroforesis Gel Fungi Endofit	20
4.3.3	Sequensing DNA.....	22
4.4	Analisis Filogenetik.....	24
4.4.1	Identifikasi Genus atau Spesies menggunakan BLAST NCBI	24
4.4.2	Kontruksi Pohon Filogenetik	25
4.5	Karakterisasi Molekuler Gen <i>Polyketide Synthase</i> (PKS)	27
4.5.1	Desain Primer Gen PKS.....	27
4.5.2	Amplifikasi Polymerase Chain Reaction (PCR)	28
4.5.3	Elektroforesis Gel Gen PKS.....	29
BAB V SIMPULAN DAN ALUR PENELITIAN SELANJUTNYA.....		33
5.1	Simpulan.....	33
5.2	Alur Penelitian Selanjutnya.....	33
DAFTAR PUSTAKA		34
LAMPIRAN.....		40

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Hasil Peremajaan Isolat Fungi Endofit pada Media PDA dan MEA	15
4.2 Karakterisasi Makroskopik dan Mikroskopik.....	18
4.3 Hasil urutan basa nukleotida yang telah dilakukan <i>Sequence Assembly</i>	23
4.4 Hasil BLAST teratas terhadap NCBI.....	24
4.5 Hasil desain primer gen PKS	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Tanaman sambiloto	4
2.2 Struktur senyawa andrografolid	5
2.3 Kolonisasi dan interaksi endofit pada tanaman inang.....	7
2.4 Bentuk-Bentuk Koloni	8
4.1 Pengamatan peremajaan isolat fungi endofit	16
4.2 Hasil subkultur isolat fungi endofit.....	17
4.3 Karakteristik mikroskopik fungi endofit.....	19
4.4 Hasil elektroforesis.....	21
4.6 Pohon filogenetik isolat fungi endofit.....	26
4.7 Hasil elektroforesis produk PCR gen PKS	30

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil Kuantifikasi DNA	40
2. <i>Raw</i> Data Sekuensing	41
3. Hasil 10 Teratas BLAST Terhadap NCBI.....	43
4. Visualisasi Larutan Miselium dan Larutan Miselium Terinaktivasi	44
5. Grafik Amplifikasi DNA hasil PCR	45

DAFTAR PUSTAKA

- Al-daim, S. A. (2023). *Comparison between Four Types of Buffers for DNA Agarose Gel Electrophoresis*. 47–52.
- Aldina, S. N., Wahyuni, S., Indria, T., Khoiriyah, Z., & Ariesaka, K. M. (2025). *Desain Primer PCR Spesifik Secara In Silico Untuk Amplifikasi Gen Cox-1 (Cytochrome Oxidase Subunit I) DNA Mitokondria Pada Aedes aegypti*. 18(1), 23–32.
- Annisyah, M. N. U. R., & Akhyar, M. (2024). *Exploration of Endophytic Fungi in Sweet Maizes (Zea mays saccharata L .) and Their Potential as Entomopathogenic Fungi*. 7, 65–70.
- Azalia, S. N., Achyar, A., & Wahyuni, I. (2024). Perbandingan Metoda Pewarnaan Elektroforesis Dengan Menggunakan Gel Red (Pre-Cast, Direct-Staining dan Post-Staining). *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 3(2), 1266–1272.
- Bhaskar, R., Xavier, L. S. E., Udayakumaran, G., Kumar, D. S., Venkatesh, R., & Nagella, P. (2022). Biotic elicitors: a boon for the in-vitro production of plant secondary metabolites. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 149(1–2), 7–24.
- Black, W. D. (2020). *A comparison of several media types and basic techniques used to assess outdoor airborne fungi in Melbourne , Australia*. 1–25.
- Bogas, A. C., Cruz, F. P. N., Lacava, P. T., & Sousa, C. P. (2024). Endophytic fungi: an overview on biotechnological and agronomic potential. *Brazilian Journal of Biology*, 84, 1–9.
- Chandrakant, G., Yadav, K., Vashisht, M., & Srivastava, S. (2025). Plant Stress Synergistic activity of endophytic phytobiome enhances stress tolerance and secondary metabolite production in plants. *Plant Stress*, 19(November 2025), 101140.
- Chen, F., Ren, C. G., Zhou, T., Wei, Y. J., & Dai, C. C. (2016). A novel exopolysaccharide elicitor from endophytic fungus Gilmaniella sp. AL12 on volatile oils accumulation in *Atractylodes lancea*. *Scientific Reports*, 6(September), 1–17.
- Chinnasamy, S., Nariyampet, S. A., Jaffar, A., Hajamohideen, A., Zeeshan, M., Dawlath, W., Waheed, A., Pakir, M., & Afreen, S. (2023). *Molecular Identification of Ascomycota Fungi Using Its Region as DNA Barcodes*. 14, 45–49.
- Chunletia, R. S., & Kumar, M. (2020). *Characterization of Mushroom Strains on the Basis of Physiological Conditions and Enzymatic Activity*. 9(3), 1898–1905.
- Crossley, B. M., Bai, J., Glaser, A., Maes, R., Porter, E., Killian, M. L., Clement, T., & Toohey-kurth, K. (2020). *Guidelines for Sanger sequencing and molecular assay monitoring*.
- Cynthia, P., Demeni, E., Herv, P., Foko, A. D., Assam, J. A., Bite, M. B. A., Ngalani, E., Molisa, N., Ndjakou, B., Ayong, L., & Ascension, M. (2025). *Morphological and molecular characterization of endophytic fungi isolated Alstonia boonei De Wild*. 27(September 2024).
- Dea Cahya Ningsih, Hayatiningsih Gubali, S. A. (2025). Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Elisitor Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Dua Varietas Tanaman Jagung Lokal (*Zea mays L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, Vol 13, No.
- Dwijayanti, N. L. P. (2024). *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Fungi Endofit*

- Isolat RA1 Asal Tumbuhan RUI (Harrisonia perforata (Blanco) Merr dari Fermentasi Medium PDB DAN CDB. 05(04), 4020–4028.*
- Dwivedi, M. K., Sonter, S., Mishra, S., Singh, P., & Singh, P. K. (2021). Secondary metabolite profiling and characterization of diterpenes and flavones from the methanolic extract of *Andrographis paniculata* using HPLC-LC-MS/MS. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 7(1).
- Dyah, L., Arini, D., Pramonodjati, F., & Natasya, M. A. (2026). *Identifikasi Karakteristik Mikroskopik dan Makroskopik pada Jamur Rhizopus sp ., Aspergillus sp ., dan Penicillium sp .*,
- Eltivitasari, A., Wahyuono, S., & Astuti, P. (2021). Jamur Endofit *Arthrimum sp.*, Sumber Potensial Senyawa Obat Review. *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 8(3), 228.
- Escobar, L. P. B., & Ríos, K. C.-. (2021). *Methods For The Culture Conservation Of Edible and Medicinal Fungi. 2014*, 620–625.
- Fadiji, A. E., & Babalola, O. O. (2020). Elucidating Mechanisms of Endophytes Used in Plant Protection and Other Bioactivities With Multifunctional Prospects. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 8(May), 1–20.
- Fajarningsih, N. D. (2016). *Internal Transcribed Spacer (ITS) as DNA Barcoding To Identity Fungal Secies : a review. 11(2)*, 37–44.
- Fitriana, F., Abdullah, A. A., & Achmar, A. A. (2019). Profil Bioautogram Ekstrak Fermentat Isolat Fungi Endofit dari Daun Galing-Galing (*Cayratia trifolia* L) sebagai Antibakteri. *Jurnal Ilmiah As-Syifaa*, 11(1), 17–23.
- Gouda, S., Das, G., Sen, S. K., Shin, H. S., & Patra, J. K. (2016). Endophytes: A treasure house of bioactive compounds of medicinal importance. *Frontiers in Microbiology*, 7(SEP), 1–8.
- Handoyo, G. C., Meysanti, G. D., Bachtiar, A. S., Maharani, R., Pradesta, D., Maqrifatulloh, S. N., Novitaningrum, D., Yusman, Z. A., Steffi, T., & Kartika, A. D. (2024). Seminar Nasional Pengabdian dan CSR Ke-4 Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret , Surakarta Pemanfaatan Elisitor Sebagai Senyawa Pemicu Respon Pertahanan Tanaman di * Corresponding Author : ganicahyo@staff.uns.ac.id E-ISSN : 2829-3134 Seminar Nasiona. *Universitas Sebelas Maret*, 4(1), 43–50.
- Hasanah, U. (2018). *Kurva Pertumbuhan Jamur Endofit Antijamur Candida dari Tumbuhan Raru (Cotylelobium melanoxyton) Genus Aspergillus. 4(2)*, 102–107.
- Hashem, A. H., Attia, M. S., Kandil, E. K., Fawzi, M. M., Abdelrahman, A. S., Khader, M. S., Khodaira, M. A., Emam, A. E., & Goma, M. A. (2023). Bioactive compounds and biomedical applications of endophytic fungi : a recent review. *Microbial Cell Factories*, 1–23.
- Heirina, A., & Hendri, M. (2020). *Isolasi dan aktivitas antibakteri jamur endofit pada mangrove Sonneratia alba dari Tanjung Carat Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. 22(1)*, 16–24.
- Ibrahim, M., Oyebanji, E., Fowora, M., Aiyeolemi, A., Orabuchi, C., Akinlawo, B., & Adekunle, A. A. (2021). *Extracts of endophytic fungi from leaves of selected Nigerian ethnomedicinal plants exhibited antioxidant activity. 3*, 1–13.
- Jain, D., Bisht, S., Parvez, A., Singh, K., Bhaskar, P., & Koubouris, G. (2024). Effective Biotic Elicitors for Augmentation of Secondary Metabolite

- Production in Medicinal Plants. *Agriculture (Switzerland)*, 14(6).
- Jamiołkowska, A. (2020). Natural compounds as elicitors of plant resistance against diseases and new biocontrol strategies. *Agronomy*, 10(2).
- Kartikasari, M. N. D. (2022). *Tanaman Obat Keluarga* (S. Wafi (ed.)). PT. Global Eksekutif Teknologi.
- Kelana, J. S. dan T. F. I. (2025). *Evaluation of Myo-Inositol Influence on Andrographolide Production in Andrographis paniculata*. 14(1), 62–71.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., Tamura, K., Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2016). *Mega X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms Mega X: Molecular Evolutionary Genetics Analysis across Computing Platforms*.
- Li, Q., Chen, X., Jiang, Y., & Jiang, C. (2016). *Cultural, Physiological, and Biochemical Identification of Actinobacteria*.
- Lubis, M. E. dan S. S. (2023). Karakterisasi dan Uji Potensi Jamur Endofit Paa Daun Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) sebagai Pengendali Patogen *Fusarium* sp. dan *Alternaria* sp. *Journal of Biological Sciences and Applied Biology*, Vol. 3.
- Lucena-aguilar, G., Mari, A., Barbera, C., Carrillo-a, A., & Lo, A. (2016). *DNA Source Selection for Downstream Applications Based on DNA Quality Indicators Analysis*. 14(4), 264–270.
- Madduppa, H., Sani, L. M. I., & Mursawal, A. (2020). *eModul DNA Barcoding for Beginners Online Course*. Laboratorium Biodiversitas dan Biosistemika Kelautan IPB dan Oceanogen Laboklinikum.
- Manoharan, G., Sairam, T., Thangamani, R., Ramakrishnan, D., K. Tiwari, M., Lee, J.-K., & Marimuthu, J. (2019). Identification and characterization of type III polyketide synthase genes from culturable endophytes of ethnomedicinal plants. *Enzyme and Microbial Technology*, 131, 109396.
- Maryam, S., Naid, T., & Maryana. (2018). Penelusuran fungsi endfit sebagai penghasil senyawa antibiotika dari daun anans (*Ananas cosmosus* L. meyer). *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Masnaini, M., Achyar, A., Chatrri, M., Putri, D. H., Ahda, Y., & Irdawati, Y. (2023). *Primer Design and Optimization of PCR Methods for Detecting Mixed Rat Meat in Food*. Atlantis Press International BV. <https://doi.org/10.2991/978-94-6463-166-1>
- Mishra, Yash, A. S., Batra, A., & Sharma, and M. M. (2017). Understanding the Biodiversity and Biological Applications of Endophytic Fungi: A Review. *Microbial & Biochemical Technolog*.
- Ndruru, H. S., Telambanua, P. H., Nazara, R. V., & Gulo, S. D. (2024). Pemanfaatan Elisitor pada Tanaman. *Sapta Agrica*, 3(1), 39–51.
- Panel, Thakur, M., Bhattacharya, S., Khosla, P. K., & Puri, S. (2019). Improving production of plant secondary metabolites through biotic and abiotic elicitation. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 12, 1–12.
- Perangin, T., Y Ayuk Purwaningru, Yenni Asbur, Murni Sari Rahayu, & Nuthsyati. (2019). Pemanfaatan kandungan metabolit sekunder yanag dihasilkan tanamanpada cekaman biotik. *Agriland*, 7(1)(1), 39–47.
- Picoli, B., Hans, G., Silva, T., Vitor, L., Rissi, B., & Avila, S. De. (2026). *Steps for primer development using open - access platforms*. 1–15.

- Pikoli, M. R., Rahmah, F. A., Sari, A. F., Astuti, P., & Solihat, N. A. (2020). *Memancing Mikroba dari Sampah: Isolasi Mikroorganisme Pendegradasi Mikroplastik dari Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Sampah*.
- Pramesti. (2022). *Morphological and textural feature extractions from fungi images for development of automated morphology-based fungi identification system*. 9(October), 227–236.
- Pratiwi, E., Widodo, L. I., Pratiwi, E., Kesehatan, T. D., Kesehatan, K., Pratiwi, E., Widodo, L. I., & Hasil, K. (2020). *Kuantifikasi Hasil Ekstraksi Gen Sebagai Faktor Kritis untuk Keberhasilan Pemeriksaan RT-PCR*. 4(1), 1–9.
- Rahmawati, D., & Shabrina, H. (2024). *Analisis Molekuler dan Bioinformatika*. Seameo Biootrop.
- Raja, H. A., Miller, A. N., Pearce, C. J., & Oberlies, N. H. (2017). *Fungal Identification Using Molecular Tools: A Primer for the Natural Products Research Community*.
- Ramalingam, G., Muthukumar, A., Prajapati, A. K., Aridass, D., & Ganesan, S. T. (2026). *Advancements and challenges in molecular diagnostics for infectious diseases*. June, 1–12.
- Rizki Wijaya, Ratih Restiyani, D. A. (2020). *Pengaruh Kitosan terhadap Produksi Saponin Kultur Kalus Daun Ginseng Jawa (Talinum paniculatum (Jacq .) Gaertn .) Tanaman ginseng jawa (Talinum paniculatum (Jacq .) Gaertn .) memiliki budidaya tanaman secara aseptis pada suatu diketahui berkontribusi*. September, 253–262.
- Rumaisha, A. (2025). *Isolasi dan Identifikasi Fungi Endofit dari Tanaman Sambiloto (Andrographis Paniculata (Burm.f.) Wall. ex Nees)*.
- Rusli, R., Nurung, A. H., & Sandyna, M. I. (2024). *Antibacterial Activity of Endophytic Fungi Isolated from Parang Romang (Boehmeria virgata (G.Forst) Guill) Leaves Against Gastrointestinal Pathogens*. *Journal Microbiology Science*, 4(2), 152–160.
- Sabila, R., Megantara, S., & Amelia Saputri, F. (n.d.). *Review: Sintesis Senyawa Turunan Andrografolid dengan Modifikasi pada Gugus Hidroksil C-14*. *Journal of Pharmacy Science and Practice I*, 7(2), 55–63.
- Sagita, R., Quax, W. J., & Haslinger, K. (2021). *Current State and Future Directions of Genetics and Genomics of Endophytic Fungi for Bioprospecting Efforts*. 9(March).
- Sahadeva, M. L., & N. P. D. Pertiwi1. (2023). *Konstruksi Pohon Filogenetik Spesies dalam Famili Berdasarkan Marka Gen matK Kloroplas : Studi in Silico Orchidaceae*. 17(3), 12–27.
- Sari, N. (2020). *Review fungi endofit sebagai agen biokontrol serangan patogen pada tanaman*. *Gontor Agrotech Science Journal*, 6(1), 55–73.
- Septiyanto, A. F. (2022). *An Improved Method for Prioritizing Polymerase Chain Reaction (PCR) Primer Design in Sanger Sequencing*. *2022 6th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, 443–448.
- Sholihah, N. F., Saula, L. S., & Sholih, M. G. (2022). *Comparison of Antibacterial of Sambiloto (Andrographis paniculata) Leaf and Kemangi (Ocimum sanctum) Leaf Extract Against Staphylococcus aureus*. *J of Pharmaceutical and Sciences*, 5(2), 279–285.
- Shuhaib, A., Baqur, M., Shuhaib, S. Al, & Hashim, H. O. (2023). *Mastering DNA*

- chromatogram analysis in Sanger sequencing for reliable clinical analysis. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 6.
- Sucahyo, A. I., Manalu, K., & Nasution, R. A. (2023). *Isolasi dan Identifikasi Mikroba Penyebab Kontaminasi dari Udara di Laboratorium Kultur Jaringan Tumbuhan UIN-SU Medan*. 1, 1–12.
- Suhartono, S., Sholehah, D. N., & Murdianto, R. S. (2020). Respon Pertumbuhan dan Produksi Andrographolida Tanaman Sambiloto (*Andrographis paniculata* Nees) Akibat Perbedaan Dosis Pupuk Guano. *Rekayasa*, 13(2), 164–171.
- Swetha, P. R., Resmi, M. S., & Vivek, P. J. (2024). *Polyketides Synthase From Endophytic Fungi : A Review*. 4, 104–117.
- Syamsafitri, Mahyuddin, dan A. O. S. (2021). Agriland Inhibition test of endophytic fungi isolated from the leaves of rubber clone BPM 1 against pathogenic fungi *Colletotrichum gloeosporioides* in the laboratory. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 9(3), 110–114.
- Tindi, M., Mamangkey, N. G. F., & Wullur, S. (2017). DNA Barcode dan analisis filogenetik molekuler beberapa jenis bivalvia asal perairan Sulawesi Utara berdasarkan gen COI. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 5(2), 32–38.
- Toro, G. V., & Hernández, C. G. (2018). *Morphology and mycelial growth rate of Pleurotus spp . strains from the Mexican mixtec region*. 872, 861–872.
- Udompaisarn, S., Toopaang, W., Ueng, U. S., & Srisuksam, C. (2020). The polyketide synthase PKS15 has a crucial role in cell wall formation in *Beauveria bassiana*. *Scientific Reports*, 1–16.
- Verma, A., Gupta, P., Rai, N., Tiwari, R. K., Kumar, A., Salvi, P., Kamble, S. C., Singh, S. K., & Gautam, V. (2022). Assessment of Biological Activities of Fungal Endophytes Derived Bioactive Compounds Isolated from *Amoora rohituka*. *Journal of Fungi*, 8(3).
- Vu, D., Groenewald, M., Vries, M. De, Gehrmann, T., Stielow, B., Eberhardt, U., Groenewald, J. Z., Cardinali, G., Houbraken, J., Boekhout, T., Crous, P. W., & Robert, V. (2019). *Large-scale generation and analysis of filamentous fungal DNA barcodes boosts coverage for kingdom fungi and reveals thresholds for fungal species and higher taxon delimitation*. 154, 135–154.
- Wahyuni, D., Rosa, L. P., Murdiah, S., Studi, P., Biologi, P., Keguruan, F., & Jember, U. (2019). *Isolasi dan Identifikasi Fungi Endofit Tanaman Suruhan (Peperomia pellucida L . Kunth) Pandidikan Biologi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember*. 3(1), 8–26.
- Waqar, S., Bhat, A. A., & Khan, A. A. (2024). Endophytic fungi: Unravelling plant-endophyte interaction and the multifaceted role of fungal endophytes in stress amelioration. *Plan Phisiology and Biochemistry*, 206.
- Widodo, W. T. (2025). *Komponen, Tahapan dan Variasi Polimerase Chain Reaction : Artikel Review*. 6, 3350–3357.
- Winda Ayu Fietri, Abdul Razak, Y. A. (2021). *Analisis Filogenetik Ikan Tuna (Thunnus spp.) di Perairan Maluku Utara Menggunakan Coi (Cytochrome Oxydasei)*. 7168, 31–39.
- Wuye Ria Andayani, M. L. (2023). *Teknologi Untuk Ketahanan Tanaman*. Deepublish Publisher.
- Xin, T., Gan, Y., & Lou, Q. (2024). *Analysis of Whole-Genome facilitates rapid and precise identification of fungal species*. March, 1–14.
- Xu, D., Li, N., Gu, Y. Q., Huang, J., Hu, B. S., Zheng, J. Y., Hu, J. W., & Du, Q.

- (2023). Endophytic fungus *Colletotrichum* sp. AP12 promotes growth physiology and andrographolide biosynthesis in *Andrographis paniculata* (Burm. f.) Nees. *Frontiers in Plant Science*, 14(July), 1–14.
- Yastanto, A. J. (2020). *Karakteristik Pertumbuhan Jamur pada Media PDA dengan Metode Pour Plate*. 2(2), 33–39.
- Yuliandini Pangestika, Anto Budiharjo, H. P. (2015). *Analisis Filogenetik Curcuma zedoaria (Temu putih) Berdasarkan Gen Internal Transcribed Spacer (ITS)*. 4(4).
- Yunita, E. (2021). Senyawa Antioksidan. *Herb-Medicine Journal*, 4, 43–56.
- Yuselman, O., Putri, D. H., Ahda, Y., & B, A. A. (2023). *Primers Design and PCR Optimization for Developing Salmonella Sp . Detection Method on Refillable Drinking Water Sample*. Atlantis Press International BV.
- Yuyu Zuriyati, R.R Noor, R. R. . M. (2016). *Analisis Molekuler Genotipe Kappa Kasein (K -Kasein) dan Komposisi Susu Kambing Peranakan Etawah , Saanen dan Persilangannya*. 2001, 61–70.
- Zakariyah, R. F., Ajijolakewu, K. A., Ayodele, A. J., A, B. I. F., Samuel, E. P., Otuoze, S. O., Abdulrauf, L. B., & Ahmed, R. N. (2024). Progress in endophytic fungi secondary metabolites: biosynthetic gene cluster reactivation and advances in metabolomics. *Bulletin of the National Research Centre*.
- Zhao, C., Onyino, J., & Gao, X. (2024). Current Advances in the Functional Diversity and Mechanisms Underlying Endophyte–Plant Interactions. *Microorganisms*, 12(4), 1–23.
- Zielda, S., Program, D., D3, S., & Yannas Husada, F. (2019). *Pharmacological Activities of Andrographis paniculata*. 9(2), 229–239.