

**IDENTIFIKASI *Trichoderma* spp. ASAL RIZOSFER KELAKAI
(*Stenochlaena palustris*) BERDASARKAN MORFOLOGI**

SKRIPSI



**OLEH
AYU TRIYA NAPRI
223020903020**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA
PALANGKA RAYA
2026**

PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Identifikasi *Trichoderma* spp. Asal Rizosfer Kelakai (*Stenochlaena palustris*) Berdasarkan Morfologi” adalah karya sendiri yang dibuat dengan arahan dari dosen pembimbing. Semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk dalam skripsi ini telah saya nyatakan dengan benar. Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Palangka Raya.

Palangka Raya, 09 Juli 2026

Nama : Ayu Triya Napri

NIM : 223020903020

Tanda Tangan :



HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Identifikasi *Trichoderma* spp. Asal Rizosfer Kelakai
(*Stenochlaena palustris*) Berdasarkan Morfologi

Nama : Ayu Triya Napri

NIM : 223020903020

Palangka Raya, 09 Juli 2026

Disetujui Oleh

1. Dosen Pembimbing I : Dr.Vinsen Willi Wardhana, M.Si.
2. Dosen Pembimbing II : Desimaria Panjaitan, M.Si.
3. Dosen Penguji I : Febri Nur Ngazizah, M.Si.
4. Dosen Penguji II : Faridah Tsuraya, M.Si.



Diketahui Oleh

Dekan FMIPA



Prof. Dr. Agus Haryono, M.Si.
NIP.19640805 198903 1 003

Koordinator Program Studi



Wahyu Anggar Wanto, S.Si., M.Si.
NIP. 19941227 202203 1 006

Nama : Ayu Triya Napri
Program Studi : Biologi
Judul : Identifikasi *Trichoderma* spp. Asal Rizosfer Kelakai
(*Stenochlaena palustris*) Berdasarkan Morfologi

ABSTRAK

Trichoderma merupakan jamur antagonis yang banyak dimanfaatkan sebagai agen pengendali hayati patogen tanaman. Isolat *Trichoderma* yang berasal dari lahan gambut Kalimantan Tengah berpotensi memiliki kemampuan adaptasi yang lebih baik terhadap kondisi lingkungan setempat sehingga berpeluang dikembangkan sebagai agen hayati lokal. Namun, pemanfaatan isolat tersebut memerlukan informasi mengenai identitas spesiesnya. Hingga saat ini, karakter morfologi dan identitas spesies isolat *Trichoderma* asal rizosfer kelakai (*Stenochlaena palustris*) belum diketahui secara jelas. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi spesies *Trichoderma* spp. asal rizosfer kelakai berdasarkan karakter morfologi. Penelitian ini menggunakan lima isolat *Trichoderma*, yaitu Trk1, Trk2, Trk10, Trk18, dan Trk23 koleksi Laboratorium Biologi FMIPA Universitas Palangka Raya. Pengamatan makroskopis dan mikroskopis dilakukan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) dan *Malt Extract Agar* (MEA) dengan mengamati 26 karakter morfologi meliputi koloni, konidiofor, fialid, konidia, dan klamidospora. Data dianalisis secara deskriptif dan dibandingkan dengan literatur taksonomi *Trichoderma*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat Trk1, Trk2, dan Trk23 diidentifikasi sebagai *Trichoderma atroviride*, isolat Trk18 sebagai *T. pseudokoningii*, dan isolat Trk10 sebagai *T. viride*. Ukuran konidia masing-masing spesies pada media MEA cenderung lebih besar dibandingkan yang ditumbuhkan pada media PDA, sedangkan ukuran fialid relatif seragam pada kedua jenis media.

Kata kunci: Agen Hayati, Jamur Antagonis, Morfologi, Rizosfer Kelakai, *Trichoderma*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan karunia-Nya. Penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Identifikasi *Trichoderma* spp. Asal Rizosfer Kelakai (*Stenochlaena palustris*) Berdasarkan Morfologi”.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada Dr. Vinsen Willi Wardhana, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing I dan Desimaria Panjaitan, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing II serta semua pihak yang turut membantu menyusun dan memberikan bimbingan, arahan, saran, nasihat, dan petunjuk dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Agus Haryono, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya.
2. Bapak Wahyu Anggar Wanto, S.Si., M.Si selaku Koordinator Program Studi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya.
3. Ibu Meyta Wulandari, S.Si, M.Sc. selaku Kepala Laboratorium Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya.
4. Ibu Febri Nur Ngazizah, M.Si. selaku dosen penguji I.
5. Ibu Faridah Tsuraya, M.Si. selaku dosen penguji II.
6. Bapak Fernandes, M.Pd. selaku staf Prodi Biologi Universitas Palangka Raya.
7. Seluruh tenaga pendidik dan staf Prodi Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Palangka Raya.

Akhir kata, Penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Palangka Raya, 09 Juli 2026



Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kelakai (<i>Stenochlaena palustris</i>)	6
2.2 Rizosfer sebagai Habitat Mikrob Tanah	7
2.3 Jamur <i>Trichoderma</i>	8
2.4 Media Pertumbuhan Jamur.....	10
2.4.1 Media <i>Malt Extract Agar</i> (MEA)	11
2.4.2 Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	11
2.5 Pencirian Morfologi <i>Trichoderma</i>	11
2.6 Karakter Morfologi Beberapa Spesies <i>Trichoderma</i>	14
2.6.1 <i>Trichoderma atroviride</i> P.Karsten	14
2.6.1 <i>Trichoderma aureoviride</i> Rifai	15
2.6.3 <i>Trichoderma harzianum</i> Rifai	15
2.6.4 <i>Trichoderma inhamatum</i> Veerkamp & W.Gams	17
2.6.5 <i>Trichoderma koningii</i> Oud	17

2.6.6 <i>Trichoderma viride</i> Pers	18
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat	19
3.2 Alat dan Bahan	19
3.3 Prosedur Penelitian	19
3.3.1 Diagram Alir	19
3.3.2 Pembuatan Media	20
3.3.3 Peremajaan Isolat Jamur <i>Trichoderma</i> spp.	20
3.3.4 Pencirian Morfologi <i>Trichoderma</i> spp.	20
3.3.5 Analisis Data	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Identifikasi Morfologi <i>Trichoderma</i> spp.	23
4.2 Deskripsi Morfologi Jenis-Jenis <i>Trichoderma</i>	26
4.2.1 <i>Trichoderma atroviride</i> P.Karsten, Finl. Mögelsvamper p. 21 = Bidr. Känned. Finl. Natur Folk 51:363. 1892 (Gambar 4.2) ..	26
4.2.2 <i>Trichoderma pseudokoningii</i> Rifai, Mycol. Pap. 116:45. 1969. (Gambar 4.3)	28
4.2.3 <i>Trichoderma viride</i> Pers., Römer's neues Mag. Bot.1:92.1794. Fries, Syst. mycol. 3:215. 1829. (Gambar 4.4)	31
4.3 Perbandingan Ukuran Fialid dan Konidia Antar Media pada Masing- Masing Spesies	35
4.3.1 Perbandingan Ukuran Fialid pada Media MEA dan PDA	35
4.3.2 Perbandingan Ukuran Konidia pada Media MEA dan PDA	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	39
DAFTAR PUSTAKA	40
LAMPIRAN	50
RIWAYAT HIDUP	61

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Perbandingan karakter makroskopis dan mikroskopis dari spesies <i>Trichoderma</i>	23
Tabel 4.2	Hasil penelitian terdahulu dan literatur pendukung mengenai potensi beberapa spesies <i>Trichoderma</i> sebagai agen hayati ..	33
Tabel 4.2	Perbandingan ukuran fialid pada media MEA dan PDA	36
Tabel 4.3	Perbandingan ukuran konidia pada media MEA dan PDA	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tumbuhan kelakai.....	7
Gambar 2.2	Komunitas mikroba rizosfer.....	8
Gambar 2.3	Koloni <i>Trichoderma asperelloides</i> (A) Tampilan atas dan (B) Tampilan bawah.....	10
Gambar 2.4	Variasi karakter morfologi koloni <i>Trichoderma</i> yang menunjukkan perbedaan warna, topografi permukaan, sporulasi, dan keberadaan cincin konsentris.....	12
Gambar 2.5	Struktur konidiofor <i>T. citrinoviride</i> . (a) konidia, (b) fialid, (c) cabang konidiofor, dan (d) cabang utama konidiofor. Skala = 20 μ m	13
Gambar 2.6	Morfologi beberapa spesies <i>Trichoderma</i> spp. (1) <i>T. viride</i> , (2) <i>T. atroviride</i> , (3) <i>T. harzianum</i> , (4) <i>T. inhamatum</i> , (5) <i>T. aureoviride</i> dan (6) <i>T. koningii</i>	16
Gambar 3.1	Bagan alir penelitian	19
Gambar 3.2	Perhitungan diameter koloni pada media PDA dan MEA.....	21
Gambar 4.1	Perbandingan morfologi antar spesies; (A) Koloni, (B) Konidiofor dan fialid (400 $\times$ dan 1000 $\times$), serta (C) Konidia (1000 $\times$)	24
Gambar 4.2	<i>T. atroviride</i> , Trk2; (A) Koloni tampak depan, (B) Koloni tampak belakang, (C) Konidiofor muda (100 $\times$), (D) Konidiofor dan Fialid (1000 $\times$), (E) <i>Gloeoid heads</i> (gumpalan konidia) (400 $\times$), (F) Klamidospora (400 $\times$), (G) Konidia (1000 $\times$). Kultur ditumbuhkan pada MEA 2% selama 7 hari dengan suhu $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$	27
Gambar 4.3	<i>T. pseudokoningii</i> , Trk18; (A) Koloni tampak depan, (B) Koloni tampak belakang, (C) Konidiofor muda (100 $\times$), (D) Konidiofor dan Fialid (1000 $\times$), (E) <i>Gloeoid heads</i> (gumpalan konidia) (400 $\times$), (F) Klamidospora interkalar (400 $\times$), (G) Klamidospora terminal (400 $\times$), (H) Konidia	

	(1000×). Kultur ditumbuhkan pada MEA 2% selama 7 hari dengan suhu $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$	30
Gambar 4.4	<i>T. viride</i> , Trk10; (A) Koloni tampak depan, (B) Koloni tampak belakang, (C) Konidiofor muda (400×), (D) Konidiofor dan Fialid (400×), (E) <i>Gloeoid heads</i> (gumpalan konidia) (400×), (F) Konidia (1000×), (G) Klamidospora (1000×). Kultur ditumbuhkan pada MEA 2% selama 7 hari dengan suhu $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Karakter Morfologi Makroskopis.....	50
Lampiran 2	Karakter Morfologi Mikroskopis.....	51
Lampiran 3	Acuan Bentuk Fialid dan Konidia.....	52
Lampiran 4	Dokumentasi <i>Trichoderma</i> spp. pada Media PDA.....	54
Lampiran 5	Dokumentasi <i>Trichoderma</i> spp. pada Media MEA.....	57
Lampiran 6	Dokumentasi Kegiatan.....	60

DAFTAR PUSTAKA

- Abdul-Halim, A. M. A.-A., Shivanand, P., Krishnamoorthy, S., & Taha, H. (2023). A review on the biological properties of *Trichoderma* spp. as a prospective biocontrol agent and biofertilizer. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*. doi: 10.7324/JABB.2023.11504
- Andrzejak, R., & Janowska, B. (2022). *Trichoderma* spp. Improves Flowering, Quality, and Nutritional Status of Ornamental Plants. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 23, Issue 24). MDPI. doi: 10.3390/ijms232415662
- Atanasova, L., Knox, B. P., Kubicek, C. P., Druzhinina, I. S., & Baker, S. E. (2013). The polyketide synthase gene *pks4* of *Trichoderma reesei* provides pigmentation and stress resistance. *Eukaryotic Cell*, 12(11), 1499–1508. doi: 10.1128/EC.00103-13
- Awad, N. E., Kassem, H. A., Hamed, M. A., El-Feky, A. M., Elnaggar, M. A. A., Mahmoud, K., & Ali, M. A. (2018). Isolation and characterization of the bioactive metabolites from the soil derived fungus *Trichoderma viride*. *Mycology*, 9(1), 70–80. doi: 10.1080/21501203.2017.1423126
- Bell, T. H., Kaminsky, L. M., Gugino, B. K., Carlson, J. E., Malik, R. J., Hockett, K. L., & Trexler, R. V. (2019). Factoring Ecological, Societal, and Economic Considerations into Inoculant Development. *Trends in Biotechnology*, 37(6), 572–573. doi: 10.1016/j.tibtech.2019.02.009
- Benatar, G. V., Nurhayati, Y., & Febryani, N. (2023). Identifikasi *Colletotrichum asianum* Penyebab Antraknosa Mangga Kultivar Golek di Indramayu. *Media Pertanian*, 8(1), 1–13. doi: 10.37058/mp.v8i1.6900
- Bhale, U. N., Wagh, P. M., & Rajkonda, J. N. (2013). Antagonistic confrontation of *Trichoderma* spp against fruit rot pathogens on Sapodilla (*Manilkara zapota* L.). *Journal of Yeast and Fungal Research*, 4(1), 5–11. doi: 10.5897/JYFR12.029
- Bissett, J. (1983). A revision of the genus *Trichoderma*. I. Section Longibrachiatum sect. nov. *Canadian Journal of Botany*, 62, 924–931. Retrieved from www.nrcresearchpress.com
- Bissett, J. (1991). A revision of the genus *Trichoderma*. II. Infrageneric classification. *Canadian Journal of Botany*, 69, 2357–2372. Retrieved from www.nrcresearchpress.com
- Błaszczuk, L., Siwulski, M., Sobieralski, K., Lisiecka, J., & Jędryczka, M. (2014). *Trichoderma* spp. - Application and prospects for use in organic farming and industry. In *Journal of Plant Protection Research* (Vol. 54,

Issue 4, pp. 309–317). De Gruyter Open Ltd. doi: 10.2478/jppr-2014-0047

Bunbury-Blanchette, A. L., & Walker, A. K. (2019). *Trichoderma* species show biocontrol potential in dual culture and greenhouse bioassays against *Fusarium* basal rot of onion. *Biological Control*, 130, 127–135. doi: 10.1016/j.biocontrol.2018.11.007

Cao, Z. J., Zhao, J., Liu, Y., Wang, S. X., Zheng, S. Y., & Qin, W. T. (2023). Diversity of *Trichoderma* species associated with green mold contaminating substrates of *Lentinula edodes* and their interaction. *Frontiers in Microbiology*, 14. doi: 10.3389/fmicb.2023.1288585

Chamkhi, I., El Omari, N., Balahbib, A., El Meniyi, N., Benali, T., & Ghoulam, C. (2022). Is the rhizosphere a source of applicable multi-beneficial microorganisms for plant enhancement? In *Saudi Journal of Biological Sciences* (Vol. 29, Issue 2, pp. 1246–1259). Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.09.032

Cotter, A., Dracatos, P., Beddoe, T., & Johnson, K. (2024). Isothermal Detection Methods for Fungal Pathogens in Closed Environment Agriculture. In *Journal of Fungi* (Vol. 10, Issue 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). doi: 10.3390/jof10120851

Daryaei, A., Jones, E. E., Glare, T. R., & Falloon, R. E. (2016). Nutrient amendments affect *Trichoderma atroviride* conidium production, germination and bioactivity. *Biological Control*, 93, 8–14. doi: 10.1016/j.biocontrol.2015.11.003

de Souza Ramos, A., Batista Fiaux, S., Gomes Ferreira Leite, S., & Oswaldo Cruz, F. (2008). Production Of 6-Pentyl-A A A A A-Pyrone By *Trichoderma Harzianum* In Solid-State Fermentation. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39, 712–717.

Dutta, P., Bhowmick, P., & Boruah, S. (2018). Effect of Extracellular Metabolites of *Trichoderma pseudokoningii* on Radial Growth of *Fusarium oxysporum*, *Colletotrichum capsici*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia sclerotiorum*. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(1), 874–879. doi: 10.20546/ijcmas.2018.701.106

Ekwomadu, T. I., & Mwanza, M. (2023). *Fusarium* Fungi Pathogens, Identification, Adverse Effects, Disease Management, and Global Food Security: A Review of the Latest Research. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 9). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). doi: 10.3390/agriculture13091810

El-Dawy, E. G. A. M., Gherbawy, Y. A., Ioan, P., & Hussein, M. A. (2025). Identification of *Trichoderma* spp., Their Biomanagement Against

Fusarium proliferatum, and Growth Promotion of *Zea mays*. *Journal of Fungi*, 11(9). doi: 10.3390/jof11090683

- Elfina, Y., Ali, M., & Saputra, R. (2016). Penggunaan bahan organik dan kombinasinya Penggunaan Bahan Organik dan Kombinasinya dalam Formulasi Biofungisida Berbahan Aktif Jamur *Trichoderma pseudokoningii* Rifai. untuk Menghambat Jamur *Ganoderma boninense* Pat. secara in vitro. *Jurnal Natur Indonesia*, 16(2), 79–90.
- Elgorban, A. M., Al-Rahmah, A. N., Sayed, S. R., Hirad, A., Mostafa, A. A. F., & Bahkali, A. H. (2016). Antimicrobial activity and green synthesis of silver nanoparticles using *Trichoderma viride*. *Biotechnology and Biotechnological Equipment*, 30(2), 299–304. doi: 10.1080/13102818.2015.1133255
- Erayya, Shukla, N., Arzoo, K., M, K., & Kumar, J. (2025). Morphological Characterization of *Trichoderma* Isolates Purified from the Rhizosphere Soil, Collected from Copper Mining Areas of Uttarakhand, India. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 28(8), 981–989. doi: 10.9734/jabb/2025/v28i82771
- Fadhila, D., Hamidah, S., & Tyas Istikowati, W. (2023). Kerapatan Stomata, Warna dan Kadar Klorofil Daun Kelakai (*Stenochlaena palustris* (Burm.F) Beddome) berdasarkan Perbedaan Lokasi Tumbuh dan Tingkat Umur Daun. *Journal of Forest Science Avicennia*, 6, 78–84. doi: 10.22219/avicennia.v6i1
- Febiolasari, S. (2023). *Eksplorasi dan Potensi Trichoderma spp. Rizosfer Kelakai Asal Lahan Gambut Sebagai Agens Pengendali Colletotrichum sp. Penyebab Antraknos pada Tanaman Cabai (Capsicum annum L.)*. Universitas Palangka Raya.
- Garstecka, Z., Antoszewski, M., Mierek-Adamska, A., Krauklis, D., Niedojadło, K., Kaliska, B., Hryniewicz, K., & Dąbrowska, G. B. (2023). *Trichoderma viride* Colonizes the Roots of *Brassica napus* L., Alters the Expression of Stress-Responsive Genes, and Increases the Yield of Canola under Field Conditions during Drought. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(20). doi: 10.3390/ijms242015349
- Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M. del C., Fadji, A. E., Hyder, S., Babalola, O. O., & Santoyo, G. (2023). *Trichoderma* Species: Our Best Fungal Allies in the Biocontrol of Plant Diseases—A Review. *Plants*, 12(3). doi: 10.3390/plants12030432
- Hacquard, S., Spaepen, S., Garrido-Oter, R., & Schulze-Lefert, P. (2017). Interplay Between Innate Immunity and the Plant Microbiota. *Annual Review of Phytopathology*, 22(13), 24. doi: 10.1146/annurev-phyto-080516

- Harini, D., & Vignesh, K. (2026). Preparation and Composition of Different Culture Media (PDA, OMA and MEA). *Agri Magazine*, 3(5), 418–421. Retrieved from <http://www.agrimagazine.in>
- Heriyanto. (2019). Kajian Pengendalian Penyakit Layu Fusarium dengan *Trichoderma* pada Tanaman Tomat. *Jurnal Triton*, 10(1), 45–58.
- Hodiyah, I., Benatar, G. V., Sudartini, T., Febryani, N., Fitria, A. D., Juhaeni, A. H., & Aisyah. (2024). Antagonistic Potential of *Trichoderma* Isolates from Bamboo and Cardamom Rhizospheres Against Chili Anthracnose Pathogen. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 19(6), 1847–1857. doi: 10.18280/ij dne.190602
- Huey, C. J., Gopinath, S. C. B., Uda, M. N. A., Zulhaimi, H. I., Jaafar, M. N., Kasim, F. H., & Yaakub, A. R. W. (2020). Mycorrhiza: a natural resource assists plant growth under varied soil conditions. In *3 Biotech* (Vol. 10, Issue 5). Springer. doi: 10.1007/s13205-020-02188-3
- Index Fungorum Partnership. (2026). *Trichoderma Pers., Neues Magazin für die Botanik, 1: 92 (1794)*. Index Fungorum. Retrieved from <https://www.indexfungorum.org>
- Istiqomah, D., & Rahayuniati, R. F. (2025). Efektivitas *Trichoderma atroviride* dalam Pengendalian Penyakit dan Peningkatan Pertumbuhan Bibit Cengkeh. *Jurnal Agro Wiralodra*, 8(8), 44–50.
- Ivonne, G. eacute z R., Geraldine, T. R. iacute guez, Nubia, M. S., Mar iacute a, X. R. iacute guez B., & Dolly, M. (2015). Carbon and nitrogen sources differently influence *Penicillium* sp. HC1 conidiation in solid and liquid culture. *African Journal of Microbiology Research*, 9(47), 2290–2299. doi: 10.5897/ajmr2015.7779
- Jambhulkar, P. P., Singh, B., Raja, M., Ismaiel, A., Lakshman, D. K., Tomar, M., & Sharma, P. (2024). Genetic diversity and antagonistic properties of *Trichoderma* strains from the crop rhizospheres in southern Rajasthan, India. *Scientific Reports*, 14(1). doi: 10.1038/s41598-024-58302-5
- Jaroszuk-ściseł, J., Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., Majewska, M., Hanaka, A., Tyśkiewicz, K., Pawlik, A., & Janusz, G. (2019). Phytohormones (Auxin, gibberellin) and ACC deaminase in vitro synthesized by the mycoparasitic trichoderma DEMTKZ3A0 strain and changes in the level of auxin and plant resistance markers in wheat seedlings inoculated with this strain conidia. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(19). doi: 10.3390/ijms20194923
- Kamala, T., Devi, S. I., Sharma, K. C., & Kennedy, K. (2015). Phylogeny and taxonomical investigation of *Trichoderma* spp. from Indian region of Indo-Burma Biodiversity hot spot region with special reference to

Manipur. *BioMed Research International*, 2015. doi: 10.1155/2015/285261

Karim, A., & Fauziah, I. (2020). Isolasi dan Uji Antagonis *Trichoderma* Terhadap *Fusarium oxysporum* Secara In Vitro. *Jurnal Biosains*, 6(1). doi: 10.24114/jbio.v6i1.16839

Khan, I. H., & Javaid, A. (2020). In vitro biocontrol potential of *Trichoderma pseudokoningii* against *Macrophomina phaseolina*. *International Journal of Agriculture and Biology*, 24(4), 730–736. doi: 10.17957/IJAB/15.1494

Khan, S., Srivastava, S., Karnwal, A., & Malik, T. (2023). *Streptomyces* as a promising biological control agents for plant pathogens. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 14). Frontiers Media SA. doi: 10.3389/fmicb.2023.1285543

Kirk, P. M., Cannon, P. F., Minter, D. W., & Stalpers, J. A. (2008). *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* (10th ed.). Wallingford, UK: CAB International. Retrieved from www.indexfungorum.org

Kubicek, C. P., & Harman, G. E. (1998). *Trichoderma and Gliocladium Volume I. Basic Biology, Taxonomy and Genetics* (Christian P. Kubicek & G. E. Harman, Eds.; Vol. 1). London, UK: Taylor & Francis Ltd.

Kumar, S., Shukla, V., Dubey, M. K., & Upadhyay, R. S. (2021). Activation of defense response in common bean against stem rot disease triggered by *Trichoderma erinaceum* and *Trichoderma viride*. *Journal of Basic Microbiology*, 61(10), 910–922. doi: 10.1002/jobm.202000749

Li, J., Wang, C., Liang, W., & Liu, S. (2021). Rhizosphere Microbiome: The Emerging Barrier in Plant-Pathogen Interactions. In *Frontiers in Microbiology* (Vol. 12). Frontiers Media S.A. doi: 10.3389/fmicb.2021.772420

Li, X., Sossah, F. L., Tuo, Y., Hu, J., Wei, Q., Li, S., Rong, N., Wiafe-Kwagyan, M., Li, C., Zhang, B., Li, X., & Li, Y. (2023). Characterization and fungicide sensitivity of *Trichoderma* species causing green mold of *Ganoderma sichuanense* in China. *Frontiers in Microbiology*, 14. doi: 10.3389/fmicb.2023.1264699

Lücking, R., Aime, M. C., Robbertse, B., Miller, A. N., Ariyawansa, H. A., Aoki, T., Cardinali, G., Crous, P. W., Druzhinina, I. S., Geiser, D. M., Hawksworth, D. L., Hyde, K. D., Irinyi, L., Jeewon, R., Johnston, P. R., Kirk, P. M., Malosso, E., May, T. W., Meyer, W., ... Schoch, C. L. (2020). Unambiguous identification of fungi: Where do we stand and how accurate and precise is fungal DNA barcoding? *IMA Fungus*, 11(1). doi: 10.1186/s43008-020-00033-z

- Mendoza-Mendoza, A., Esquivel-Naranjo, E. U., Soth, S., Whelan, H., Alizadeh, H., Echaide-Aquino, J. F., Kandula, D., & Hampton, J. G. (2024). Uncovering the multifaceted properties of 6-pentyl-alpha-pyrone for control of plant pathogens. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 15). Frontiers Media SA. doi: 10.3389/fpls.2024.1420068
- Meraj-ul-Haque, & Nandkar PB. (2012). Antagonistic effect of rhizospheric *Trichoderma* isolates against tomato damping-off pathogen, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *Int. J. Res. BioSciences*. 27 *International Journal of Research in BioSciences*, 1(2), 27–31. Retrieved from <http://www.ijrbs.in>
- Moo-Koh, F. A., Cristóbal-Alejo, J., Andrés, M. F., Martín, J., Reyes, F., Tun-Suárez, J. M., & Gamboa-Angulo, M. (2022). In Vitro Assessment of Organic and Residual Fractions of Nematicidal Culture Filtrates from Thirteen Tropical *Trichoderma* Strains and Metabolic Profiles of Most-Active. *Journal of Fungi*, 8(1). doi: 10.3390/jof8010082
- Mukherjee, P. K., & Kenerley, C. M. (2010). Regulation of morphogenesis and biocontrol properties in *Trichoderma virens* by a VELVET Protein, vell1. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(7), 2345–2352. doi: 10.1128/AEM.02391-09
- Nisa, A. C., Rupaedah, B., & Putri, D. H. (2026). *Trichoderma* as an antifungal agent to inhibit Ganoderma growth in oil palm plantation: A Review. *BIOSCIENCE*, 10, 65–79. doi: 10.24036/2r328009
- Nwachukwu, B. C., Ayangbenro, A. S., & Babalola, O. O. (2021). Elucidating the rhizosphere associated bacteria for environmental sustainability. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 11, Issue 1, pp. 1–18). MDPI AG. doi: 10.3390/agriculture11010075
- O’Callaghan, M., Ballard, R. A., & Wright, D. (2022). Soil microbial inoculants for sustainable agriculture: Limitations and opportunities. In *Soil Use and Management* (Vol. 38, Issue 3, pp. 1340–1369). John Wiley and Sons Inc. doi: 10.1111/sum.12811
- Odelade, K. A., & Babalola, O. O. (2019). Bacteria, fungi and archaea domains in rhizospheric soil and their effects in enhancing agricultural productivity. In *International Journal of Environmental Research and Public Health* (Vol. 16, Issue 20). MDPI. doi: 10.3390/ijerph16203873
- Oksal, E., Ayuchecaria, N., Agnestisia, R., Ariska, R., Tampubolon, M. J. L., Dewi, S. A., Maulana, I., & Rizkita, A. D. (2023). Review Article: Antioxidant Activity In Kalakai (*Stenochlaena palustris*). *ALOTROP*, 7(2), 1–9. doi: 10.33369/alo.v7i2.29209
- Parnell, J. J., Berka, R., Young, H. A., Sturino, J. M., Kang, Y., Barnhart, D. M., & Dileo, M. V. (2016). From the lab to the farm: An industrial

perspective of plant beneficial microorganisms. *In Frontiers in Plant Science* (Vol. 7, Issue AUG2016). Frontiers Media S.A. doi: 10.3389/fpls.2016.01110

Pasalo, N. M., Kandou, F. E. F., & Singkoh, M. F. O. (2022). Uji Antagonisme Jamur *Trichoderma* sp. Terhadap Patogen *Fusarium* sp. Pada Tanaman Bawang Merah *Allium cepa* Isolat Lokal Tonsewer Secara In vitro. *Jurnal Ilmu Alam Dan Lingkungan*, 13(2), 1–7. Retrieved from <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2>

Permatasari, N. A., Suswati, D., Arief, F. B., Aspan, A., & Akhmad, A. (2021). Identifikasi Beberapa Sifat Kimia Tanah Gambut Pada Kebun Kelapa Sawit Rakyat Di Desa Rasau Jaya Ii Kabupaten Kubu Raya. *In AGRITECH* (Issue 2).

Pulogu, I. S., Iswati, R., Apriliani, S., Isami, D., & Reska Lamatenggo. (2026). Respon Pertumbuhan *Trichoderma brevicompectum* Indigenus Gorontalo pada Beberapa Media Limbah Pertanian. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 26(1), 1–8. doi: 10.25181/jppt.v26.1.4529

Putri, R. R., Rozirwan, & Agustriani, F. (2019). Isolasi Dan Identifikasi Jamur Simbion Pada Karang Lunak *Sinularia polydactyla* Di Perairan Pulau Tegal Dengan Menggunakan Media Yang Berbeda. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(1).

Rahayu, R., Yulianty, Y., Azizah, E., & Irawan, B. (2026). Keanekaragaman Jamur Patogen pada Buah Kapulaga (*Amomum compactum* Sol. ex Maton) di Pasar Tradisional Kecamatan Kedaton, Bandar Lampung. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 6(1), 403–412. doi: 10.54082/jupin.2162

Rai, S., Kashyap, P. L., Kumar, S., Srivastava, A. K., & Ramteke, P. W. (2016). Identification, characterization and phylogenetic analysis of antifungal *Trichoderma* from tomato rhizosphere. *SpringerPlus*, 5(1). doi: 10.1186/s40064-016-3657-4

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. *In Journal of Natural Products* (Vol. 80, Issue 3, pp. 756–770). American Chemical Society. doi: 10.1021/acs.jnatprod.6b01085

Ramadhan, H., Chandra, M. A., & Forestryana, D. (2024). Education and Training on Making Kelakai Syrup (*Stenochlaena palustris* (Burn. F) Bedd.) as a Medicinal Plant. *Dinamisia : Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 8(1), 182–189. doi: 10.31849/dinamisia.v8i1.12082

Rayauda, H. (2024). Pengaruh Pemberian *Trichoderma* spp. Asal Rizosfer Kelakai Terhadap Besaran Penyakit Bercak Daun (*Cercospora*

- arachidicola*) pada Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*). Universitas Palangka Raya.
- Rifai, M. A. ., & Puryadi, Dedi. (2008). *Glosarium biologi*. Pusat Bahasa, Departemen Pendidikan Nasional.
- Royal Botanic Gardens, K. (2026). *Stenochlaena palustris* (Burm.f.) Bedd. First published in *Ferns Brit. India, Suppl.*: 26 (1876). Plants of the World Online. Retrieved from <https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:17223880-1#other-data>
- Ruangwong, O.-U., Wonglom, P., Suwannarach, N., Kumla, J., Thaochan, N., Chomnunti, P., Pitija, K., & Sunpapao, A. (2021). Volatile Organic Compound from *Trichoderma asperelloides* TSU1: Impact on Plant Pathogenic Fungi. *J. Fungi*, 7, 187. doi: 10.3390/jof
- Samuels, G. J., Dodd, S., Lu, B. S., Petrini, O., Schroers, H. J., & Druzhinina, I. S. (2006). The *Trichoderma koningii* aggregate species. *Studies in Mycology*, 56, 67–133. doi: 10.3114/sim.2006.56.03
- Saputri, I., Setiawati, I., Sidratul An, W., Afni Afdella, N., & Komari, N. (2024). Potensi Senyawa Kimia Ekstrak Etanol Kelakai (*Stenochlaena palustris*) Sebagai Antitrombotik. *Herbal Medicine Journal*, 7(7), 16–27. Retrieved from <http://www.swissadme.ch>
- Shahriar, S. A., Husna, A., Paul, T. T., Eaty, M. N. K., Quamruzzaman, M., Siddique, A. B., Rahim, M. A., Ahmmed, A. N. F., Uddain, J., & Siddiquee, S. (2023). *Colletotrichum truncatum* Causing Anthracnose of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) in Malaysia. *Microorganisms*, 11(1). doi: 10.3390/microorganisms11010226
- Siddiquee, S. (2017). *Practical Handbook of the Biology and Molecular Diversity of Trichoderma Species from Tropical Regions* (V. K. Gupta & M. G. Tuohy, Eds.; Fungal Biology). Cham: Springer Nature. doi: 10.1007/978-3-319-64946-7
- Sinaga, L., Lingga, R., Afriyansyah, B., & Hudatwi, alimah. (2020). Identifikasi Jamur Mikroskopik dari Tambak Udang *Litopenaeus vannamei* Sistem Semi-Intensif. *Ekotonia: Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi Dan Mikrobiologi*, 5(1), 17–25.
- Singh, J., Singh, P., Vaishnav, A., Ray, S., Rajput, R. S., Singh, S. M., & Singh, H. B. (2021). Belowground fungal volatiles perception in okra (*Abelmoschus esculentus*) facilitates plant growth under biotic stress. *Microbiological Research*, 246, 126721. doi: 10.1016/j.micres.2021.126721

- Sobianti, S., Soesanto, L., & Hadi, S. (2020). Inventarisasi Jamur Patogen Tular-Benih pada Lima Varietas Padi. *Agro Bali : Agricultural Journal*, 3(1), 1–15. doi: 10.37637/ab.v3i1.416
- Sofyaningrum, A. N. L., Martosudiro, M., Choliq, F. A., & Pramono, A. (2024). Pengaruh Sistem Perairan dan Bahan Organik Terhadap Perkembangan Penyakit Bercak Coklat Sempit *Cercospora oryzae* dan Hawar Pelepah Daun *Rhizoctonia* sp. Pada Tanaman Padi. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 12(1), 1–16. doi: 10.21776/ub.jurnalhpt.2024.012.1.1
- Sood, M., Kapoor, D., Kumar, V., Sheteiwy, M. S., Ramakrishnan, M., Landi, M., Araniti, F., & Sharma, A. (2020). *Trichoderma*: The “secrets” of a multitasking biocontrol agent. In *Plants* (Vol. 9, Issue 6, pp. 1–25). MDPI AG. doi: 10.3390/plants9060762
- Sousa, T. F., Vieira Reça, B. N. P., Castro, G. S., da Silva, I. J. S., Caniato, F. F., de Araújo Júnior, M. B., Yamagishi, M. E. B., Koolen, H. H. F., Bataglioni, G. A., Hanada, R. E., & da Silva, G. F. (2023). *Trichoderma agriamazonicum* sp. nov. (Hypocreaceae), a new ally in the control of phytopathogens. *Microbiological Research*, 275. doi: 10.1016/j.micres.2023.127469
- Steyaert, J. M., Weld, R. J., & Stewart, A. (2010). Isolate-specific conidiation in *Trichoderma* in response to different nitrogen sources. *Fungal Biology*, 114(2–3), 179–188. doi: 10.1016/j.funbio.2009.12.002
- Tedersoo, L., Bahram, M., & Zobel, M. (2020). How mycorrhizal associations drive plant population and community biology. *Science*, 367(6480). doi: 10.1126/science.aba1223
- Thilakarathna, M. S., & Raizada, M. N. (2017). A meta-analysis of the effectiveness of diverse rhizobia inoculants on soybean traits under field conditions. In *Soil Biology and Biochemistry* (Vol. 105, pp. 177–196). Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.soilbio.2016.11.022
- Tyskiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuk-Ścisiel, J. (2022). *Trichoderma*: The Current Status of Its Application in Agriculture for the Biocontrol of Fungal Phytopathogens and Stimulation of Plant Growth. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 23, Issue 4). MDPI. doi: 10.3390/ijms23042329
- Werghemmi, W., Abou Fayssal, S., Mazouz, H., Hajjaj, H., & Hajji, L. (2022). Olive and green tea leaves extract in *Pleurotus ostreatus* var. florida culture media: Effect on mycelial linear growth rate, diameter and growth induction index. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1090(1). doi: 10.1088/1755-1315/1090/1/012020

- Yin, C., Casa Vargas, J. M., Schlatter, D. C., Hagerty, C. H., Hulbert, S. H., & Paulitz, T. C. (2021). Rhizosphere community selection reveals bacteria associated with reduced root disease. *Microbiome*, 9(1). doi: 10.1186/s40168-020-00997-5
- Yuwati, T. W., Rachmanadi, D., Pratiwi, Turjaman, M., Indrajaya, Y., Nugroho, H. Y. S. H., Qirom, M. A., Narendra, B. H., Winarno, B., Lestari, S., Santosa, P. B., Adi, R. N., Savitri, E., Putra, P. B., Wahyuningtyas, R. S., Prayudyaningsih, R., Halwany, W., Nasrul, B., Bastoni, & Mendham, D. (2021). Restoration of degraded tropical peatland in indonesia: A review. *Land*, 10(11). doi: 10.3390/land10111170
- Zannah, F., Amin, M. Y., Suwono, H., & Lukiati, B. (2016). Ethnobotany Study of Kelakai (*Stenochlaena palustris* Bedd) as an Endemic Fern at Central of Kalimantan. *Environmental Science*. Retrieved from <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:56086019>