

**JAMUR PATOGEN PADA TANAMAN PANGAN DAN
HORTIKULTURA DI WILAYAH TROPIS KERING: KAJIAN
LITERATUR TENTANG PATOGENESIS DAN STRATEGI
PENGENDALIAN**

***Fungal Pathogens in Food Crops and Horticultural Plants in Dry
Tropical Regions: A Literature Review on Pathogenesis and
Disease Management Strategies***

Ewinda Isensi Feni¹, Hisreidi Funome²

Universitas San Pedro, Jl. Soekarno, Kelurahan Fonteín, Kecamatan Kota Raja, Kota
Kupang^{1,2},
ewindafeni06@gmail.com¹

Abstrak

Jamur patogen merupakan kendala utama dalam produksi tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis kering, menyebabkan penurunan hasil, kualitas, dan keberlanjutan sistem pertanian. Artikel ini merupakan review literatur sistematis yang bertujuan untuk merangkum keanekaragaman jamur patogen, mekanisme patogenesis, serta implikasinya terhadap strategi pengendalian penyakit. Kajian mencakup patogen daun, pascapanen, dan tular tanah atau vaskular, seperti *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* spp., *Curvularia* spp., dan *Colletotrichum* spp. Hasil sintesis menunjukkan bahwa patogen daun dan pascapanen menyebabkan kerusakan lokal melalui penetrasi epidermis, enzim degradasi dinding sel, dan toksin, sedangkan patogen tular tanah dan vaskular mampu mengkolonisasi jaringan xilem, menimbulkan gangguan sistemik, serta berpotensi menyebabkan kematian tanaman. Faktor lingkungan tropis kering termasuk fluktuasi kelembapan, kondisi tanah, praktik budidaya, dan sanitasi pascapanen memperkuat intensitas infeksi. Strategi pengendalian yang efektif harus bersifat terintegrasi dan adaptif, mencakup identifikasi patogen yang akurat, pengelolaan mikroklimat, rotasi tanaman, penggunaan agen hayati, serta metode deteksi dini dan karantina. Temuan ini memberikan pemahaman komprehensif mengenai interaksi patogen-lingkungan, mendukung perumusan strategi pengendalian penyakit yang berkelanjutan pada agroekosistem tropis kering.

Kata Kunci: *Jamur Patogen, Tanaman Pangan, Hortikultura, Tropis Kering, Patogenesis, Pengendalian Terpadu.*

Abstract

*Fungal pathogens are a major constraint in the production of food crops and horticultural plants in dry tropical regions, leading to reduced yield, quality, and sustainability of agricultural systems. This article presents a systematic literature review aimed at summarizing the diversity of fungal pathogens, their pathogenic mechanisms, and implications for disease management strategies. The review covers leaf, postharvest, and soil- or vascular-borne pathogens, including *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Alternaria* spp., *Curvularia* spp., and *Colletotrichum* spp. The synthesis reveals that leaf and postharvest pathogens cause localized damage through epidermal penetration, cell wall-degrading enzymes, and toxins, whereas soil- and vascular-borne pathogens can colonize xylem tissues, disrupt systemic functions, and potentially lead to plant death. Environmental factors in dry tropical regions including moisture fluctuations, soil conditions, cultivation practices, and postharvest sanitation intensify infection pressure. Effective management strategies must be integrated and adaptive, involving accurate pathogen identification, microclimate management, crop rotation, biocontrol agents, as well as early detection and quarantine measures. These findings provide a comprehensive understanding of pathogen-host-environment interactions and support the development of sustainable disease management strategies in dry tropical agroecosystems..*

Keywords: *Fungal Pathogens, Food Crops, Horticulture, Dry Tropics, Pathogenesis, Integrated Management.*

PENDAHULUAN

Penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen masih menjadi salah satu faktor pembatas utama dalam produksi tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis. Kondisi iklim tropis dengan suhu relatif tinggi, fluktuasi kelembapan yang ekstrem, serta praktik budidaya yang belum optimal menjadikan tanaman rentan terhadap infeksi berbagai patogen jamur, baik yang menyerang jaringan daun, buah, akar, maupun sistem vaskular tanaman (Chiu et al., 2022; Priyadarshani et al., 2023). Serangan patogen tersebut tidak hanya menurunkan hasil dan kualitas panen, tetapi juga berdampak langsung pada pendapatan petani dan keberlanjutan sistem pertanian lokal.

Berbagai kelompok jamur patogen telah dilaporkan berasosiasi dengan tanaman pangan dan hortikultura utama, seperti padi (*Oryza sativa*), tomat (*Solanum lycopersicum*), bawang merah (*Allium cepa*), dan pisang (*Musa* spp.). Patogen seperti *Fusarium oxysporum*, *Alternaria* spp., *Colletotrichum* spp., *Curvularia* spp., hingga *Aspergillus* spp. menunjukkan variasi kemampuan infeksi, agresivitas, dan mekanisme patogenesis yang berbeda, tergantung pada jenis tanaman inang, organ tanaman yang diserang, serta kondisi lingkungan (Gupta et al., 2025; Naz et al., 2021; Sanna et al., 2023; Terna et al., 2024; Wang et al., 2024; Yohana et al., 2024; Zhou et al., 2019). Interaksi tersebut selaras dengan konsep

segitiga penyakit (*host-pathogen-environment*), yang menjelaskan bahwa intensitas penyakit merupakan hasil dari keseimbangan dinamis ketiga komponen tersebut.

Mekanisme patogenesis jamur patogen umumnya melibatkan penetrasi melalui stomata, luka, atau sistem perakaran, diikuti dengan produksi enzim pendegradasi dinding sel seperti pektinase, selulase, dan xilanase, serta toksin yang mempercepat kerusakan jaringan tanaman. Perbedaan mekanisme ini menyebabkan variasi gejala penyakit, mulai dari bercak nekrotik pada daun, pembusukan buah pascapanen, pembusukan umbi, hingga layu permanen dan kematian tanaman (Gunasinghe et al., 2024; Kurrata et al., 2021; Ramos et al., 2016). Pada tanaman hortikultura dan pangan, variasi gejala tersebut berimplikasi langsung terhadap penurunan mutu hasil, daya simpan produk, dan nilai ekonomi komoditas.

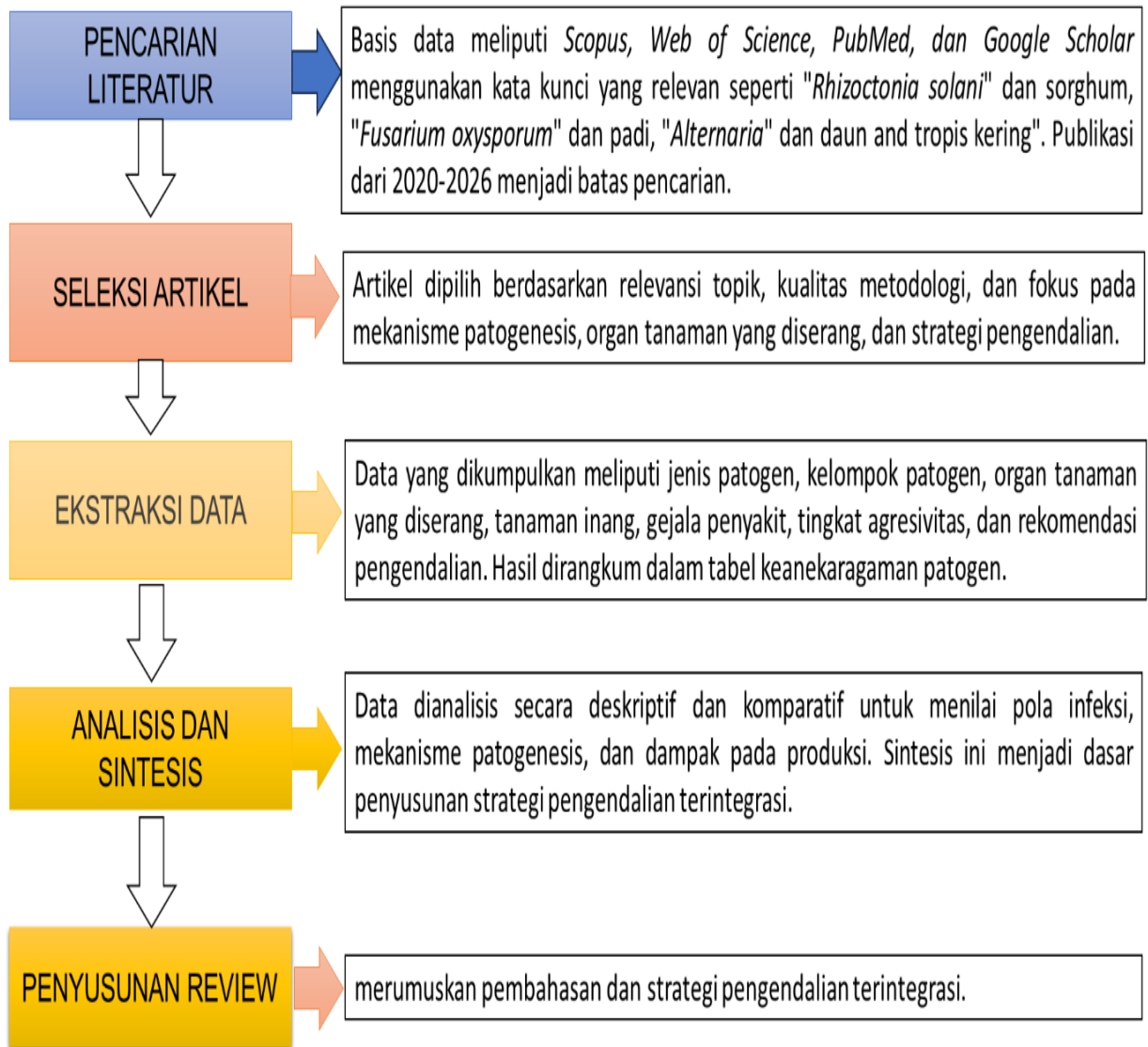
Selain faktor patogen dan inang, lingkungan tropis kering turut berperan penting dalam dinamika infeksi penyakit. Kelembapan tinggi pada musim hujan, drainase lahan yang buruk, sistem monokultur, serta sanitasi lahan dan pascapanen yang kurang memadai dapat meningkatkan intensitas serangan jamur patogen (Roeswitawati & Sukorini, 2022; Zhou et al., 2024). Kondisi ini memperbesar risiko epidemi penyakit, baik di lahan produksi maupun pada tahap pascapanen dan distribusi hasil pertanian.

Upaya pengendalian penyakit jamur selama ini masih banyak bergantung pada penggunaan fungisida kimia, yang dalam jangka panjang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, kesehatan, dan munculnya resistensi patogen (dela Cruz et al., 2024; Michalska et al., 2024; Tagele & Gachomo, 2025). Oleh karena itu, pemahaman yang komprehensif mengenai jenis jamur patogen, mekanisme patogenesis, tingkat agresivitas, serta interaksinya dengan lingkungan menjadi dasar penting dalam merumuskan strategi pengendalian yang efektif dan berkelanjutan. Pendekatan pengendalian terpadu, termasuk penggunaan agen hayati, pengelolaan lingkungan budidaya, rotasi tanaman, serta deteksi dini patogen, menjadi semakin relevan untuk diterapkan di wilayah tropis kering.

Berdasarkan latar belakang tersebut, artikel review ini bertujuan untuk mengkaji dan membandingkan hasil-hasil penelitian terkait jamur patogen pada tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis kering, dengan fokus pada aspek identifikasi patogen, mekanisme patogenesis, dampak ekonomi, serta implikasinya terhadap strategi pengendalian penyakit tanaman. Diharapkan, kajian ini dapat menjadi sumber referensi ilmiah dan dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan penyakit tanaman yang lebih efektif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan review literatur sistematis untuk mensintesis hasil penelitian sebelumnya terkait jamur patogen pada tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis kering. Fokus kajian mencakup identifikasi spesies patogen, mekanisme patogenesis, serta implikasi terhadap strategi pengendalian penyakit (Angelotti et al., 2024; Kybartaitė et al., 2020; Rai et al., 2026). Proses review dilakukan secara terstruktur melalui beberapa tahap, yakni:



HASIL DAN PEMBAHASAN

Keanekaragaman Jamur Patogen pada Tanaman Pangan dan Hortikultura di Wilayah Tropis Kering

Berdasarkan hasil kajian literatur, jamur patogen yang ditemukan menunjukkan variasi kelompok infeksi, organ tanaman sasaran, serta tingkat agresivitas yang berbeda. Gambaran keanekaragaman patogen dan tanaman inangnya dirangkum dalam Tabel berikut.

Tabel 1. Keanekaragaman Jamur Patogen pada Tanaman Pangan dan Hortikultura di Wilayah Tropis Kering

Jenis Patogen	Kelompok Patogen	Organ Diserang	Tanaman Inang	Karakteristik Infeksi	Referensi
<i>Fusarium oxysporum</i>	Tular tanah & vaskular	Akar, xilem	Tomat, bawang, pisang	Sistemik; gangguan transport air; layu permanen.	(Heikal et al., 2025; Muhorakeye et al., 2024; Simamora et al., 2025; Tanjung et al., 2023)
<i>Alternaria spp.</i>	Patogen daun	Daun	Padi, bawang	Bercak daun, nekrosis lokal	(Absalan et al., 2024; Chauhan et al., 2023; Deden & Wijaya, 2023; L et al., 2017; Simamora et al., 2025)
<i>Colletotrichum spp.</i>	Patogen daun & buah	Daun/buah	Tomat, cabai	Antraknosa, pembusukan lokal	(Nguyen et al., 2025; Pangestu et al., n.d.; Rumahlewang et al., 2024; Shahriar et al., 2023)
<i>Curvularia spp.</i>	Patogen daun	Daun	Padi, jagung, pisang,	Bercak coklat kehitaman, sering dengan tepi lebih gelap	(Chowhan et al., 2025; Das et al., 2024; Larbitopi et al., 2024)

<i>Helminthosporium sp.</i>	Patogen daun	Daun	Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i>)	Hawar daun; spesifik varietas Lokal Hitam dan Numbu	(Kiran et al., 2020; rawpixelcom, 2023; Rusae et al., 2018; Wei et al., 2023)
<i>Aspergillus spp.</i>	Pascapanen	Buah	Jeruk, Pisang, Tomat	Pembusukan buah	(Agus et al., 2020; Ezeonuegbu et al., 2024; Simamora et al., 2022; Tarigan et al., 2025)
<i>Rhizoctonia solani</i>	Tular tanah	Akar, kecambah	Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i>)	Busuk akar, damping-off; penurunan viabilitas kecambah	(Feni et al., 2023; N et al., 2025; Nafisa et al., 2021; Rashad et al., 2023).

Hasil kajian literatur menunjukkan bahwa tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis kering menunjukkan keanekaragaman jamur patogen tinggi, termasuk patogen daun (*Alternaria spp.*, *Curvularia spp.*, *Helminthosporium sp.*), patogen daun dan buah (*Colletotrichum spp.*), patogen pascapanen (*Aspergillus spp.*), serta patogen tular tanah dan vaskular (*Rhizoctonia solani*, *Fusarium oxysporum*). Patogen daun dan buah menimbulkan kerusakan lokal seperti bercak, nekrosis, dan pembusukan, sedangkan patogen tular tanah dan vaskular menyebabkan infeksi sistemik, gangguan transport air dan nutrisi, busuk akar, serta damping-off, berdampak langsung pada pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Kompleksitas ini dipengaruhi oleh interaksi patogen - inang -lingkungan, terutama fluktuasi kelembapan dan suhu ekstrem. Pemahaman tipe patogen, organ yang diserang, dan kondisi lingkungan menjadi kunci dalam merancang strategi pengendalian yang efektif dan berkelanjutan.

Perbedaan Mekanisme Patogenesis dan Hubungannya dengan Gejala Penyakit

Perbedaan gejala penyakit yang muncul pada berbagai tanaman inang berkaitan erat dengan mekanisme patogenesis masing-masing patogen. Patogen daun seperti *Alternaria porri*, *A. padwickii*, dan *Drechslera oryzae* umumnya menginfeksi melalui stomata atau langsung menembus epidermis, kemudian menghasilkan enzim pendegradasi dinding sel dan toksin yang menyebabkan nekrosis jaringan. Infeksi ini bersifat lokal, namun dapat berkembang cepat pada kondisi kelembapan tinggi.

Pada patogen pascapanen, seperti *Aspergillus spp.* dan *Penicillium lanosum*, mekanisme infeksi terutama memanfaatkan jaringan buah yang terluka atau telah

mengalami kematangan fisiologis. Aktivitas enzim hidrolitik pada jaringan buah menyebabkan pelunakan dan pembusukan, tanpa melibatkan infeksi sistemik. Meskipun demikian, kerugian ekonomi yang ditimbulkan cukup besar karena menurunkan mutu dan daya simpan produk hortikultura. Berbeda dengan kedua kelompok tersebut, *Fusarium oxysporum* dan *F. oxysporum* f.sp. *cubense* TR4 memiliki mekanisme patogenesis yang lebih kompleks dan destruktif. Patogen ini menginfeksi tanaman melalui akar, kemudian mengkolonisasi jaringan xilem dan menghasilkan enzim pektinase, selulase, serta metabolit toksik yang menghambat aliran air. Akibatnya, tanaman menunjukkan gejala layu sistemik yang bersifat permanen dan sering berujung pada kematian tanaman.

Tingkat Agresivitas Patogen dan Dampaknya terhadap Produksi Tanaman

Berdasarkan kajian komparatif antarartikel, tingkat agresivitas jamur patogen bervariasi tergantung pada tipe infeksi dan organ tanaman yang diserang. Patogen pascapanen umumnya memiliki agresivitas rendah hingga sedang karena hanya menyerang jaringan buah yang telah dipanen. Patogen daun menunjukkan agresivitas sedang, dengan potensi epidemi tinggi pada kondisi lingkungan yang mendukung. Sementara itu, patogen tular tanah dan vaskular memiliki agresivitas tinggi hingga sangat tinggi karena menyebabkan kerusakan sistemik dan sulit dikendalikan.

Dampak ekonomi dari serangan jamur patogen juga berbeda antar komoditas. Pada tanaman padi, infeksi patogen daun dan batang menurunkan luas daun fotosintetik dan mengganggu pengisian bulir, sehingga menurunkan hasil panen (Danso et al., 2025; Mehta et al., 2025; Ramadhan et al., 2023). Pada tomat dan bawang merah, kerusakan terjadi baik pada fase produksi maupun pascapanen, menyebabkan penurunan kuantitas dan kualitas hasil. Kasus paling serius dilaporkan pada tanaman pisang yang terserang *F. oxysporum* f.sp. *cubense* TR4, karena infeksi dapat menyebabkan kematian tanaman secara massal dan membatasi pemanfaatan lahan dalam jangka panjang (Akalazu & Duru, 2024; Henry et al., 2020; C. H. Nguyen et al., 2025; Pambudi et al., 2026).

Literatur yang dikaji menunjukkan bahwa faktor lingkungan memegang peranan penting dalam meningkatkan intensitas serangan jamur patogen di wilayah tropis kering. Kelembapan tinggi pada musim hujan, drainase lahan yang buruk, sistem monokultur, serta sanitasi lahan dan pascapanen yang rendah dilaporkan sebagai faktor pemicu utama peningkatan infeksi penyakit. Patogen daun dan pascapanen sangat dipengaruhi oleh kelembapan udara dan kondisi penyimpanan, sedangkan patogen tular tanah lebih dipengaruhi oleh kelembapan dan pH tanah serta praktik budidaya.

Implikasi terhadap Strategi Pengendalian Terintegrasi pada Penyakit Tanaman

Hasil kajian menunjukkan bahwa pengendalian penyakit jamur pada tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis kering tidak dapat dilakukan melalui pendekatan tunggal. Kompleksitas interaksi antara patogen, inang, dan lingkungan menuntut penerapan strategi berbasis pengelolaan penyakit terpadu (*integrated disease management/IDM*) yang sistemik dan adaptif. Identifikasi patogen yang akurat menjadi fondasi utama karena kesalahan diagnosis berpotensi menyebabkan ketidaktepatan tindakan pengendalian serta meningkatkan risiko resistensi patogen terhadap fungisida. Pada patogen daun dan pascapanen, penguatan sanitasi, pengelolaan mikroklimat, dan sistem penanganan pascapanen yang higienis terbukti efektif dalam menurunkan tekanan inokulum dan kehilangan hasil.

Sebaliknya, pada patogen tular tanah seperti *Fusarium oxysporum*, pendekatan ekologis dan biologis menunjukkan efektivitas jangka panjang yang lebih berkelanjutan dibandingkan penggunaan fungisida kimia secara tunggal. Rotasi tanaman, aplikasi bahan organik, dan pemanfaatan agen antagonis seperti *Trichoderma* spp. mampu meningkatkan sifat tanah supresif dan menekan populasi patogen. Pada kasus patogen dengan agresivitas tinggi seperti *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense Tropical Race 4 (TR4), strategi pengendalian harus difokuskan pada deteksi dini berbasis molekuler, karantina wilayah, serta pencegahan distribusi bahan tanam terinfeksi. Dengan demikian, integrasi pendekatan ekologis, biologis, molekuler, dan regulatif menjadi kunci dalam memperkuat ketahanan agroekosistem terhadap dinamika penyakit di bawah variabilitas iklim tropis kering.

Tabel 2. Strategi Pengendalian Terintegrasi Penyakit Jamur Tanaman Pangan dan Hortikultura

Strategi	Dasar Konseptual	Rekomendasi Tindakan	Keunggulan	Keterbatasan	Referensi
Identifikasi patogen secara akurat	Identifikasi morfologi dan molekuler sebagai dasar pengendalian berbasis bukti	Isolasi kultur murni, karakterisasi morfologi, PCR dengan primer spesifik	Ketepatan diagnosis tinggi dan mendukung pengendalian tepat sasaran	Memerlukan fasilitas laboratorium dan keahlian teknis	(Hariharan & Prasannath, 2021; Rustiani et al., 2021; Simamora et al., 2025))
Sanitasi dan pengelolaan mikroklimat	Penurunan sumber inokulum dan modifikasi lingkungan yang mendukung infeksi	Pemangkasan jaringan terinfeksi, sterilisasi alat, pengaturan jarak tanam dan kelembapan	Efektif untuk patogen daun dan pascapanen	Bergantung pada konsistensi penerapan di lapangan	(Asmaliyah & Rostiwati, 2015; González- et al., 2020; Santosa et al., 2019)
Pengelolaan pascapanen	Pencegahan infeksi sekunder selama penyimpanan dan distribusi	Sortasi hasil panen, penyimpanan suhu terkendali, pengemasan higienis	Menekan kehilangan hasil secara signifikan	Membutuhkan infrastruktur penyimpanan memadai	(Khalid et al., 2020; Saha et al., 2025; Yan et al., 2022; Ziv & Fallik, 2021))
Rotasi tanaman dan penerapan bahan organik	Pemutusan siklus hidup patogen dan peningkatan tanah supresif	Rotasi dengan tanaman non-inang, aplikasi kompos, perbaikan struktur dan biologi tanah	Berkelanjutan dan ramah lingkungan	Efektivitas relatif jangka menengah panjang	(Khalid et al., n.d.; Larkin, 2021; Ngabito & Yulia, 2025; Oferlina et al., 2025)

Pengendalian hayati	Pemanfaatan mikroorganisme antagonis untuk menekan patogen tular tanah	Aplikasi <i>Trichoderma spp.</i> atau agen antagonis lain pada tanah/benih	Mengurangi ketergantungan fungisida kimia	Efektivitas lapangan dapat berfluktuasi	(Atlagić et al., 2025; Feni, 2023; Iqbal et al., 2024; Larkin, 2021; Sainong et al., 2025; Widiati et al., 2026)
Deteksi dini dan penerapan karantina	Pencegahan penyebaran patogen dengan tingkat virulensi tinggi	Surveilans rutin, pembatasan distribusi bahan tanam, karantina wilayah	Krusial untuk pengendalian TR4 dan patogen invasif	Memerlukan dukungan kebijakan dan koordinasi lintas sektor	(Ashari et al., 2024; Hamid et al., 2020; Nani et al., 2023; Pratama et al., 2018)
Sistem peringatan dini berbasis molekuler	Deteksi cepat dan spesifik menggunakan penanda genetik	PCR primer spesifik, integrasi diagnostik molekuler dalam sistem surveilans	Sensitivitas dan spesifisitas tinggi	Biaya relatif tinggi dan membutuhkan laboratorium molekuler	(Dwimartina et al., 2022; Löhrer et al., 2022; Nani et al., 2023; Purwaningtyas et al., 2026; Zhang et al., 2024)

SIMPULAN

Jamur patogen pada tanaman pangan dan hortikultura di wilayah tropis kering menunjukkan keanekaragaman tinggi, termasuk patogen daun, pascapanen, dan tular tanah/vaskular seperti *Fusarium oxysporum* dan *Rhizoctonia solani*. Perbedaan mekanisme patogenesis memengaruhi gejala dan agresivitas: patogen daun atau pascapanen merusak tanaman lokal melalui enzim dan toksin, sedangkan patogen tular tanah atau vaskular dapat menimbulkan gangguan sistemik hingga kematian tanaman, berdampak pada produktivitas dan mutu hasil. Faktor lingkungan tropis kering kelembapan, kondisi tanah, praktik budidaya, dan sanitasi meningkatkan intensitas infeksi. Strategi pengendalian harus terintegrasi dan adaptif, meliputi identifikasi patogen, pengelolaan mikroklimat, rotasi tanaman, agen hayati, serta deteksi dini dan karantina, untuk memperkuat ketahanan tanaman dan menjaga produktivitas agroekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Absalan, S., Armand, A., Jayawardena, R. S., McKenzie, E. H. C., Hyde, K. D., & Lumyong, S. (2024). Diversity of Pleosporalean Fungi Isolated from Rice (*Oryza sativa* L.) in Northern Thailand and Descriptions of Five New Species. *Journal of Fungi*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/jof10110763>
- Agus Setiawati, R., Rusmianto, E. P., Hadari Nawawi, J. H., & Barat, K. (2020). Isolasi Dan Identifikasi Jamur Pascapanen Penyebab Busuk Buah Pisang Ambon (*Musa paradisiaca* L.) (Vol. 9, Number 2).
- Akalazu, J. N., & Duru, C. E. (2024). Novel Fungicide from Waste Oil Palm Fruit Bunch for Sustainable Management of Tomato Wilt Disease Caused by *Fusarium oxysporum* - experimental and in silico studies. *Journal of Natural Pesticide Research*, 10. <https://doi.org/10.1016/j.napere.2024.100095>.
- Angelotti, F., Hamada, E., & Bettiol, W. (2024). A Comprehensive Review of Climate Change and Plant Diseases in Brazil. In *Plants* (Vol. 13, Number 17). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/plants13172447>.
- Ashari, A. A., Parawansa, A. K., & Tasrif, A. (2024). Fungal Pathogen Detection And Identification On Potato Tuber In South Sulawesi. *Jurnal AGrotekMAS*, 5(2). <https://jurnal.fp.umi.ac.id/index.php/agrotekmas>.
- Asmaliyah, & Rostiwati, T. (2015). Pengaruh Pengaturan Jarak Tanam Terhadap Perkembangan Serangan Hama Dan Penyakit Pulai Darat (*Alstonia angustiloba*). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 11.
- Atlagić, K., Cvetić Antić, T., Lukičić, J., Kruščić, K., Živić, M., Unković, N., Pajić, T., Stevanović, K., & Todorović, N. V. (2025). Biocontrol Potential of Native *Trichoderma* Strains Toward Soil-Borne Phytopathogenic and Saprotrophic Fungi. *Journal of Fungi*, 11(7). <https://doi.org/10.3390/jof11070535>.
- Chauhan, S. S. A., Islam, S., Prasad, L., Singh, S., Ellur, R. K., & Tomar, B. S. (2023). Screening of onion (*Allium cepa*) genotypes to find out novel resistant source against purple blotch (*Alternaria porri*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 93(11), 1208–1213. <https://doi.org/10.56093/ijas.v93i11.124103>.
- Chiu, M. C., Chen, C. L., Chen, C. W., & Lin, H. J. (2022). Weather fluctuation can override the effects of integrated nutrient management on fungal disease incidence in the rice fields in Taiwan. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-08139-7>.
- Chowhan, P., Swarnakar, S., & Chakraborty, A. P. (2025). GC MS analysis of toxic metabolites produced by *Curvularia lunata* causing leaf spot disease in *Musa*

- paradisiaca*. *Discover Plants*, 2(1). <https://doi.org/10.1007/s44372-025-00415-w>.
- Danso Ofori, A., Zheng, T., Titriku, J. K., Appiah, C., Xiang, X., Kandhro, A. G., Ahmed, M. I., & Zheng, A. (2025). The Role of Genetic Resistance in Rice Disease Management. In *International Journal of Molecular Sciences* (Vol. 26, Number 3). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/ijms26030956>.
- Das, D., Chowhan, P., Mandal, P., & Chakraborty, A. P. (2024). Studies on variability in mode of infection by the isolates of leaf pathogens isolated from diseased leaves of *Musa paradisiaca* from Uttar Dinajpur District. *F1000Research*, 13, 370. <https://doi.org/10.12688/f1000research.136445.1>.
- Deden, D., & Wijaya, W. (2023). Efektivitas Agen Hayati (*Rhodopseudomonas palustris*) untuk Mengendalikan Penyakit Bercak Daun (*Alternaria porri*) pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 5(2), 92–100. <https://doi.org/10.36423/agroscript.v5i2.1212>.
- dela Cruz, J. A., Camenzind, T., Xu, B., & Rillig, M. C. (2024). Limited role of fungal diversity in maintaining soil processes in grassland soil under concurrent fungicide stress. *Environmental Sciences Europe*, 36(1). <https://doi.org/10.1186/s12302-024-00983-w>.
- Dwimartina, F. F., Laila, F. & Al, & Asad, F. (2022). Deteksi Molekuler Burkholderia Glumae Pada Varietas Padi Mekongga di Kecamatan Indramayu. *Gema Wiralodra*, 13(1), 23–33.
- Ezeonuegbu BA, Nwankwo CC, & Agunwa CC. (2024). Fungi Associated with Spoilage of Post-Harvest Orange and Tomato Fruits Sold in Selected Markets of Port Harcourt Nigeria. <https://doi.org/10.51244/IJRSI>.
- Feni, E. I. (2023). Pengaruh *Trichoderma viride* Dalam Meningkatkan Ketahanan Sorgum Terhadap Jamur *Rhizoctonia solani* Penyebab Busuk Akar.(Tesis) Universitas Kristen Satya Wacana.
- Feni, E. I., Kasmiyati, S., & Irene Meitiniarti, V. (2023). Resistance selection of local sorghum varieties in East Nusa Tenggara, Indonesia against *Rhizoctonia solani*. *Biodiversitas*, 24(10), 5309–5318. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241012>.
- González-Domínguez, E., Fedele, G., Salinari, F., & Rossi, V. (2020). A general model for the effect of crop management on plant disease epidemics at different scales of complexity. *Agronomy*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/agronomy10040462>.
- Gunasinghe, N., Vaghefi, N., Shivas, R. G., Tan, Y. P., Jordan, D., Mace, E., & Martin, A. (2024). Diversity and pathogenicity of *Fusarium* spp. isolated from cultivated

- sorghum stems and roots in eastern Australia. *Plant Pathology*, 73(9), 2563–2573. <https://doi.org/10.1111/ppa.13985>.
- Gupta, D. R., Paul, S. K., Ino, M., Oowatari, Y., & Ueno, M. (2025). *Bacillus safensis* NI2B displays strong antagonistic activities against rice blast pathogen *Pyricularia oryzae* through the production of volatile compounds. *Phytopathology Research*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s42483-025-00340-6>.
- Hamid, H., Abubakar, H., & Rahmat Jahuddin. (2020). Early Detection of Fungus Carried Imported Cotton Seeds in South Sulawesi. *Journal Agroecotech*.
- Hariharan, G., & Prasannath, K. (2021). Recent Advances in Molecular Diagnostics of Fungal Plant Pathogens: A Mini Review. In *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology* (Vol. 10). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fcimb.2020.600234>.
- Heikal, Y. M., Albahi, A. M., Alyamani, A. A., Abdelmigid, H. M., Haroun, S. A., & Soliman, H. M. (2025). Integrated Management of Tomato *Fusarium* Wilt: Ultrastructure Insights into Zn Nanoparticles and Phytohormone Applications. *Cells*, 14(14). <https://doi.org/10.3390/cells14141055>.
- Henry Prabowo, Y., Widiyanti, F., & Noor Istifadah, dan. (2020). Penekanan Penyakit Busuk Pangkal (*Fusarium oxysporum* f.sp. cepae) pada Bawang Merah oleh Beberapa Jenis Bahan Organik. *Jurnal Agrikultura*, 2020(2), 145–156.
- Iqbal, S., Ashfaq, M., Rao, M. J., Khan, K. S., Malik, A. H., Mehmood, M. A., Fawaz, M. S., Abbas, A., Shakeel, M. T., Naqvi, S. A. H., Alrefaei, A. F., & Duan, M. (2024). *Trichoderma viride*: An Eco-Friendly Biocontrol Solution Against Soil-Borne Pathogens in Vegetables Under Different Soil Conditions. *Horticulturae*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121277>.
- Khalid, S., Majeed, M., Ullah, M. I., Shahid, M., Riasat, A. R., Abbas, T., Aatif, H., & Farooq, A. (n.d.). Effect of storage conditions and packaging material on postharvest quality attributes of strawberry. *JOURNAL OF HORTICULTURE AND POSTHARVEST RESEARCH*, 2020(2), 195–208. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2019.2826.1093>.
- Khalid, S., Majeed, M., Ullah, M. I., Shahid, M., Riasat, A. R., Abbas, T., Aatif, H., & Farooq, A. (2020). Effect of storage conditions and packaging material on postharvest quality attributes of strawberry. *JOURNAL OF HORTICULTURE AND POSTHARVEST RESEARCH*, 2020(2), 195–208. <https://doi.org/10.22077/jhpr.2019.2826.1093>.
- Kiran, B. M., Patil, P. V., & Sindhu, M. M. (2020). Epidemiological Studies on Leaf Blight of Sweet Sorghum caused by *Exserohilum turcicum* (Pass.) Leonard and

- Suggs. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(4), 321–327. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.904.038>.
- Kurrata, G., Tutik Kuswinanti, & Andi Nasruddin. (2021). Keparahan Penyakit Blas *Pyricularia oryzae* dan Analisis Gen Virulensi Menggunakan Metode Sequence Characterized Amplified Region. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 17(1), 19–27. <https://doi.org/10.14692/jfi.17.1.19-27>.
- Kybartaitė, J., Šernaitė, L., Rasiukevičiūtė, N., & Valiuškaitė, A. (2020). Optimization of ornamental and garden plant assortment, technologies and environment Scientific articles *PLANTS AND FUNGAL PATHOGENS UNDER CLIMATE CHANGE, A REVIEW* (Vol. 2020, Number 16).
- L, Q., S, G., M, M., M, A., & A, O. (2017). Morphological Characterization Of *Alternaria Padwickii* In Rice Leaves (*Oryza sativa* L.) And Its Prevalence In The Departments Of Itapúa, Misiones And Caazapa. *International Journal of Advanced Research*, 5(5), 1109–1112. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/4221>.
- Larbi-Koranteng, S., Adomako, J., & Bukari, T. (2024). *Curvularia* species complex Associated with Brown Leaf Spot of Rice. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-5193189/v1>.
- Larkin, R. P. (2021a). Use of Crop Rotations, Cover Crops and Green Manures for Disease Suppression in Potato Cropping Systems. *Global Journal of Agricultural Innovation, Research & Development*, 8, 153–168. <https://doi.org/10.15377/2409-9813.2021.08.12>.
- Löhrer, M., Vogel, L., Petrescu Dita Singer, S., Erwes, S., Heupel, M., & Schaffrath, U. (2022). PCR diagnostics for rapid detection of fungi associated with black root rot of strawberries. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 129(5), 1053–1062. <https://doi.org/10.1007/s41348-022-00594-8>.
- Mehta, A., Singh, S. K., Basu, U., Ahanger, S. A., Sharma, S., Singh, B., Vaid, A., Ali, H. M., Alsakkaf, W. A. A., & Basandrai, A. K. (2025). Determination of yield losses against sheath rot caused by *Sarocladium oryzae* in rice varieties with differential resistance. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05104-y>.
- Michalska-Smith, M., Schlatter, D. C., Pombubpa, N., Castle, S. C., Grandy, A. S., Borer, E. T., Seabloom, E. W., & Kinkel, L. L. (2024). Plant community richness and foliar fungicides impact soil *Streptomyces inhibition*, resistance, and resource use phenotypes. *Frontiers in Microbiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2024.1452534>.
- Muhorakeye, M. C., Namikoye, E. S., Khamis, F. M., Wanjohi, W., & Akutse, K. S. (2024a). Biostimulant and antagonistic potential of endophytic fungi against

- fusarium wilt pathogen of tomato *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-66101-1>.
- N, S., AG, M., A, Y., K, S., M, S., & S, R. (2025). Influence of nutrition, temperature, and pH on the mycelial growth and sclerotial development of *Rhizoctonia solani* Kühn, an incitant of rice sheath blight. *International Journal of Agriculture and Food Science*, 7(11), 78–88. <https://doi.org/10.33545/2664844x.2025.v7.i11b.943>.
- Nafisa, M., Nayogyani, A., & Kasiamdari, R. S. (2021). Characterization and Pathogenicity of *Rhizoctonia solani* Kühn Associated with Sheath Blight in Local Rice Varieties (*Oryza sativa* L.) of Special Region of Yogyakarta. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 25(2), 148. <https://doi.org/10.22146/jpti.67557>.
- Nani, M., Harahap, E. O. R., Khastini, R. O., & Ahmad, F. (2023). Deteksi Penyakit Layu *Fusarium* pada Pisang-Pisang Lokal di Pandeglang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 19(4), 133–144. <https://doi.org/10.14692/jfi.19.4.133-144>.
- Naz, R., Bano, A., Nosheen, A., Yasmin, H., Keyani, R., Shah, S. T. A., Anwar, Z., & Roberts, T. H. (2021). Induction of defense-related enzymes and enhanced disease resistance in maize against *Fusarium verticillioides* by seed treatment with *Jacaranda mimosifolia* formulations. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79306-x>.
- Ngabito, A., & Yulia, O. G. (2025). Dampak Rotasi Tanaman Terhadap Kesuburan Tanah dan Produksi Tanaman di Lahan Pertanian Subur Tropis. *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*.
- Nguyen, C. H., Nguyen, T. T., Mostert, D., Viljoen, A., Kearsley, E., & Blomme, G. (2025). The Evolving Threat of *Fusarium* Wilt TR4 to Small-Scale Mixed Cultivar Banana Production in the Red River Basin of Northern Vietnam. *Journal of Fungi*, 11(9). <https://doi.org/10.3390/jof11090653>.
- Nguyen, H. T., Le, T. L., Nguyen, T. D. H., Truong, T. T. T., & Nguyen, T. T. T. (2025). Biological Control of *Streptomyces murinus* against *Colletotrichum* causing Anthracnose Disease on Tomato Fruits. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 19(1), 542–557. <https://doi.org/10.22207/JPAM.19.1.44>.
- Oferlina Harefa, David Trisman Jaya Zega, & Niatman Harefa. (2025). Pengaruh Rotasi Tanaman Terhadap Kesuburan Tanah dan Pengendalian Hama. *Flora : Jurnal Kajian Ilmu Pertanian Dan Perkebunan*, 2(1), 199–207. <https://doi.org/10.62951/flora.v2i1.267>.
- Pambudi, A., Effendi, Y., Sudirman, L. I., & Miftahudin. (2026). Silicon Enhances Banana Resistance to *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense through Ethylene Signaling Modulation and Root Tissue Protection. *HAYATI Journal of Biosciences*, 33(2), 360–370. <https://doi.org/10.4308/hjb.33.2.360-370>.

- Pratama, Y., Wibowo, A., Widiastuti, A., Subandiyah, S., Widinugraheni, S., & Rep, M. (2018). Evaluation of Some Specific Primer Sets Development for Detecting *Fusarium oxysporum* f. sp. cubense Tropic Race 4 (Foc TR4) Originating from Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 22(1), 82. <https://doi.org/10.22146/jpti.25037>.
- Priyadarshani, T. D. C., Wickramasinghe, W. M. D. M., Egodawatta, W. C. P., Tharsini, P., Benaragama B, D. I., & Devasinghe, D. A. U. D. (2023). Effect of Nutrient Management and Weeds on Incidence of Fungal Diseases in Rice. In *Journal of Tropical Crop Science* (Vol. 10, Number 2). www.j-tropical-crops.com.
- Purwaningtyas, W. E., Sholekha, S., & Putra, H. N. A. (2026). Pendekatan baru pada identifikasi patogen tanaman berbasis DNA: Suatu Kajian Pustaka. *Jurnal Biologi Udayana*, 29(2), 179–192. <https://doi.org/10.24843/JBIOUNUD.2025.v29.i02.p06>.
- Rai Sushil, Nepal Ankita, & Rai Rameshwar. (2026). Detection And Prevention Of Fungal Pathogens In Horticultural And Kiwifruit Products: A Comprehensive Review. *Agrobiological Records*, 23. <https://doi.org/10.47278/journal.abr/2026.001>.
- Ramadhan, S., Afifah, L., Adhi, S. R., & Irfan, B. (2023). Intensitas Penyakit Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.) Varietas Ciherang Pada Aplikasi Beberapa Teknik Pengendalian Disease Intensity Of Rice (*Oryza Sativa* L.) Ciherang Variety In The Application Of Some Control Techniques. In *Jurnal Agrotech* (Vol. 13, Number 2).
- Ramos, A. M., Gally, M., Szapiro, G., Itzcovich, T., Carabajal, M., & Levin, L. (2016). Crecimiento in vitro y producción de enzimas degradadoras de pared celular vegetal de aislamientos argentinos de *Macrophomina phaseolina*, agente causal de la podredumbre carbonosa en maíz. *Revista Argentina de Microbiologia*, 48(4), 267–273. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2016.06.002>.
- Rashad, Y. M., Al Tami, M. S., & Abdalla, S. A. (2023a). Eliciting transcriptomic and antioxidant defensive responses against *Rhizoctonia* root rot of sorghum using the endophyte *Aspergillus oryzae* YRA3. *Scientific Reports*, 13(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-023-46696-7>.
- Roeswitawati Dyah, & Sukorini Henuk. (2022). *Penyakit Tumbuhan*. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Rumahlewang, W., Talahaturuson, A., & Uruilal, C. (2024). Insidensi Penyakit Antraknosayang Disebabkan *Colletotrichum* Sp. Pada Buah Cabai Rawit: *Capsicum Frutescens* dan Cabai Besar: *Capsicum annum*. In *Journal of Comprehensive Science p-ISSN* (Vol. 3, Number 5).

- Rusae, A., Metboki, B., & Atini, B. (2018). Identifikasi Cendawan Patogen pada Tanaman Sorgum di Timor Tengah Utara. *Savana Cendana*, 3(04), 69–71. <https://doi.org/10.32938/sc.v3i04.463>.
- Rustiani, U. S., Sinaga, M. S., Hidayat, S. H., Wiyono, S., & Siala, D. R. D. (2021). Potensi Pengusulan Jenis Baru *Peronosclerospora sorghi* Asal Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 17(1), 35–40. <https://doi.org/10.14692/jfi.17.1.35-40>.
- Saha, C. K., Biswas, S., Ahamed, S., Udoy, M. M., Prodhan, Md. A. Y., & Sarkar, S. (2025). Evaluation of a smart horticultural cooler for minimizing post-harvest losses of perishable crops in Bangladesh. *Discover Agriculture*, 3(1). <https://doi.org/10.1007/s44279-025-00330-4>.
- Sainong, D. S., Iswati, R., Nurdin, N., Solihin, A. P., Purnomo, S. H., & Pulogu, S. I. (2025). Evaluasi Efektivitas Aplikasi Kompos *Trichoderma reesei* (Isolat TZ31DU1) Sebagai Agen Hayati dalam Menekan Serangan Penyakit Penting pada Tanaman Jagung. *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 7(1), 109–125. <https://doi.org/10.36423/agroscript.v7i1.2244>.
- Sanna, M., Martino, I., Guarnaccia, V., & Mezzalama, M. (2023). Diversity and Pathogenicity of Fusarium Species Associated with Stalk and Crown Rot in Maize in Northern Italy. *Plants*, 12(22). <https://doi.org/10.3390/plants12223857>.
- Santosa, S. J., Siswadi, E., Istiana, L., Fitriani, A., & Wicaksono, A. (2019). Kajian Macam Jarak Tanam Pada Tiga Varietas Kedelai Terhadap Intensitas Serangan Hama Dan Patogen Study Of Types Of Planting Distance On Three Soybean Varieties To The Intensity Of Pest And Pathogen Attacks. 4(1).
- 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). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010226>.
- Simamora, A. V, Hahuly, M. V, Ishaq, L. F., Nenotek, P. S., Ola, A. R. B., Hosang, E. Y., & Fitriadi, B. R. (2025). Identifikasi Penyakit Pada Tanaman Padi Di Kelurahan Oesao, Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur. *AGRICA*, 18(1), 60–75. <https://doi.org/10.37478/agr.v18i1.5337>.
- Simamora, A. V, Henuk, J. B. D., Nenotek, P. S., Hahuly, M. V, Serangmo, D. Y. L., & Kapitan, W. (2022). Identifikasi Jamur Pascapanen Pada Buah Tomat Yang Dijual Di Beberapa Pasar Tradisional Di Kupang Identification Of Postharvest Fungi On Tomatoes Sold In Some Traditional Markets In Kupang. 11(2), 54–65.

- Tagele, S. B., & Gachomo, E. W. (2025). A comparative study: impact of chemical and biological fungicides on soil bacterial communities. *Environmental Microbiome*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s40793-025-00713-6>.
- Tanjung, M. R., Munif, A., Effendi, Y., & Tondok, E. T. (2023). The Severity of Fusarium Wilt Disease in Correlation to the Abundance of *Fusarium oxysporum* and *Phytonematodes*: Case Study at Banana Plantation PTPN VIII Parakansalak. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 18(5), 222–230. <https://doi.org/10.14692/jfi.18.5.222-230>.
- Tarigan, E. S. B., Sartini, S., Rahmiati, R., & Lubis, R. (2025). Karakteristik Makroskopis Dan Mikroskopis Jamur Kontaminan Pascapanen Pada Buah Jeruk Madu Berastagi di Desa Seribu Jandi Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 7(1), 14–23. <https://doi.org/10.31289/jibioma.v7i1.6110>.
- Terna, P. T., Mohamed Nor, N. M. I., Azuddin, N. F., & Zakaria, L. (2024). Molecular identification and pathogenicity of endophytic fungi from corn ears. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68428-1>.
- Wang, D., Zhu, F., Wang, J., Ju, H., Yan, Y., Qi, S., Ou, Y., & Tian, C. (2024). Pathogenicity Analyses of Rice Blast Fungus (*Pyricularia oryzae*) from Japonica Rice Area of Northeast China. *Pathogens*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/pathogens13030211>.
- Wei, G., Zhao, W., Hu, A., Ren, M., Huang, Y., & Xu, H. (2023). Identification of a New Pathogenic fungi Causing Sorghum Leaf Spot Disease and Its Management Using Natural Product and Microorganisms. *Microorganisms*, 11(6). <https://doi.org/10.3390/microorganisms11061431>.
- Widiati, B. R., Herwati, A., Sadat, M. A., Awaluddin, ;, Abi, ;, & Abdillah, A. (2026). Pemanfaatan Trichoderma sp. sebagai Agens Hayati untuk Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* dan Pembuatan Trichokompos di Desa Cenrana Baru. *Abdimas Universal*, 8(1), 105–113. <https://doi.org/10.36277/abdimasuniversal.v8i1.2781>.
- Yan, H., Li, W., Chen, H., Liao, Q., Xia, M., Wu, D., Liu, C., Chen, J., Zou, L., Peng, L., Zhao, G., & Zhao, J. (2022). Effects of Storage Temperature, Packaging Material and Wash Treatment on Quality and Shelf Life of Tartary Buckwheat Microgreens. *Foods*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/foods11223630>.
- Yohana Avelia, S., Fibrianti Shinta Dewi, & Arrohmatus Syafaqoh Li'aini. (2024). Isolasi, Identifikasi dan Karakterisasi Jamur *Pyricularia oryzae* Penyebab Penyakit Blas pada Tanaman Padi di Kediri, Jawa Timur. *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 8(2), 167–174. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v8i2.669>.

- Zhang, Y., Tu, Y., Chen, Y., Fang, J., Chen, F., Liu, L., Zhang, X., Wang, Y., & Lv, W. (2024). Quantification of the fungal pathogen *Didymella segeticola* in *Camellia sinensis* using a DNA-based qRT-PCR assay. *Plant Methods*, 20(1). <https://doi.org/10.1186/s13007-024-01284-2>.
- Zhou, D., Jing, T., Chen, Y., Wang, F., Qi, D., Feng, R., Xie, J., & Li, H. (2019). Deciphering microbial diversity associated with *Fusarium* wilt-diseased and disease-free banana rhizosphere soil. *BMC Microbiology*, 19(1). <https://doi.org/10.1186/s12866-019-1531-6>.
- Zhou, J., Zhang, X., Qu, Z., Zhang, C., Wang, F., Gao, T., Yao, Y., & Liang, J. (2024). Progress in Research on Prevention and Control of Crop Fungal Diseases in the Context of Climate Change. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 14, Number 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/agriculture14071108>.
- Ziv, C., & Fallik, E. (2021). Postharvest storage techniques and quality evaluation of fruits and vegetables for reducing food loss. In *Agronomy* (Vol. 11, Number 6). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061133>.