

MORFOLOGI CENDAWAN TERBAWA BENIH PADI ASAL SENTRA PERTANAMAN PADI KALIMANTAN UTARA*Morphology of Seed-Borne Fungi From Rice-Growing Centers in North Kalimantan***Muh. Adiwen^{1*}, Joni Pangestu², Alisa Nurhafida³, Irrena Zahwa Khairany⁴, Abdul Rahim⁵**^{1,2,3,4}*Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan*⁵*Prodi Magister Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Borneo Tarakan**Jl. Amal Lama No. 1 Kota Tarakan Indonesia*^{1*}*wena@borneo.ac.id***ABSTRAK**

Cendawan merupakan mikroorganisme eukariotik yang dapat terbawa oleh benih padi dan bersifat patogenik, menurunkan kualitas, daya tumbuh, dan hasil panen. Spora atau hifa cendawan dapat bertahan dalam kondisi dorman pada benih. Identifikasi morfologi seperti warna koloni, hifa, dan konidia penting untuk deteksi awal. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi morfologi cendawan terbawa benih padi di Kalimantan Utara sebagai dasar pengendalian penyakit sejak tahap perbenihan. Penelitian dilakukan di empat kecamatan sentra padi Kalimantan Utara: Tanjung Selor, Tanjung Palas, Tanjung Palas Tengah, dan Tanjung Palas Utara pada tahun 2020 menggunakan metode snowball sampling hingga mencapai 75% petani. Dari tiap responden diambil 200 gram benih padi. Deteksi cendawan menggunakan blotter test dan diinkubasi selama satu minggu. Identifikasi dilakukan dengan mikroskop stereo (400x dan 1000x) berdasarkan hifa dan konidia. Kabupaten Bulungan, Kalimantan Utara, merupakan sentra produksi padi dengan 14 varietas benih yang digunakan petani. Dari sampel benih di empat kecamatan, ditemukan empat genus cendawan, yakni *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, dan *Rhizopus*. Cendawan tersebut memiliki karakteristik morfologi berbeda dan dapat bersifat patogen maupun bermanfaat.

Kata kunci: *Benih padi, Kalimantan Utara, morfologi cendawan, sentra padi***ABSTRACT**

Fungi are eukaryotic microorganisms that can be seed-borne in rice and act as pathogens, reducing seed quality, germination rate, and yield. Fungal spores or hyphae can remain dormant within seeds. Morphological identification—such as colony color, hyphae, and conidia—is crucial for early detection. This study aims to identify the morphology of seed-borne fungi in rice from North Kalimantan as a basis for early disease control during the seed phase. The research was conducted in four rice-producing subdistricts of North Kalimantan: Tanjung Selor, Tanjung Palas, Tanjung Palas Tengah, and Tanjung Palas Utara in 2020, using a snowball sampling method covering 75% of farmers. From each respondent, 200 grams of rice seed were collected. Fungal detection was carried out using the blotter test and incubated for one week. Identification was done using a stereo microscope (400x and 1000x magnification) based on hyphae and conidia characteristics. Bulungan Regency in North Kalimantan is a major rice-producing area with 14 seed varieties used by farmers. From seed samples across the four subdistricts, four fungal genera were found: *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor*, and *Rhizopus*. These fungi have distinct morphological characteristics and may be either pathogenic or beneficial.

Keywords: *Fungal morphology, North Kalimantan, rice-growing centers, rice seeds***PENDAHULUAN**

Cendawan adalah mikroorganisme dengan tingkat keragaman yang sangat tinggi. Jika ditarik garis keturunannya, cendawan tergolong dalam kelompok eukariotik yang ditandai adanya inti yang jelas. Sel kelompok eukariotik memiliki membran inti yang

membungkus DNA, sehingga DNA tidak bersentuhan langsung dengan organel lain di dalam sel. Sel eukariotik juga memiliki organel – organel seperti mitokondria, ribosom, retikulum endoplasma, aparatus golgi dan lisosom yang memiliki fungsi masing-masing dalam proses metabolisme sel

(Riquelme & SanSanchez-Leon, 2024). Banyak jenis cendawan yang tumbuh di pohon dan tanah dengan membentuk badan buah sehingga dapat terlihat dengan mata telanjang (Thomas & Patel, 2019). Sementara cendawan yang membutuhkan alat bantu dalam pengamatannya tergolong dalam cendawan bersel satu. Meski berbeda secara morfologi, keduanya memiliki struktur reproduksi yang sama. Morfologi digunakan untuk menggambarkan karakteristik fisik organisme, seperti ukuran dan bentuk tubuh, warna dan pola pada tubuh, dan struktur internal organisme. Beberapa karakteristik morfologi yang umum diamati dan digunakan untuk mengidentifikasi jenis cendawan bersel satu adalah warna koloni dan bentuk koloni pada media sintetik seperti potato dextrose agar (PDA). Sementara pada pengamatan di bawah mikroskop berfokus pada hifa dan konidia (Liu *et al.*, 2021).

Hifa adalah struktur utama pada cendawan yang berupa benang-benang halus yang membentuk jaringan miselium yang kompleks. Hifa dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu hifa septat dan hifa aseptat atau hifa tanpa dinding sel. Hifa memiliki dinding sel tipis yang memisahkan sel-sel hifa, sehingga membentuk ruang kecil yang disebut septa. Sedangkan pada hifa aseptat atau hifa tanpa dinding sel, tidak memiliki

septas yang memisahkan sel-sel hifa, sehingga aliran sitoplasma dan inti sel dapat bergerak bebas di sepanjang seluruh hifa. Hifa aseptat sering ditemukan pada cendawan tertentu seperti *Rhizopus* sp. (Smith & Jones, 2023).

Cendawan terbawa benih adalah kondisi di mana biji tanaman mengandung spora atau hifa dari cendawan tertentu. Cendawan terbawa oleh benih padi bisa berbeda-beda tergantung pada varietas benih, kondisi lingkungan tempat benih ditanam dan teknik pengolahan benih yang digunakan (Salvato, *et al.*, 2023). Cendawan dapat menyebar pada benih melalui berbagai cara, seperti melalui biji yang terinfeksi, melalui udara, air, atau tanah yang terkontaminasi, atau melalui serangga dan hewan yang membawa spora cendawan dari tanaman yang terinfeksi. Cendawan dapat bertahan pada benih dalam bentuk spora yang menempel pada permukaan kulit luar benih atau masuk ke dalam biji melalui celah atau luka pada kulit biji dan kemudian berkembang biak di dalam biji. Cendawan dapat bertahan dalam benih pada keadaan laten selama bertahun-tahun dan akan aktif saat kondisi lingkungan mendukung pertumbuhannya dan dorman, yaitu dalam keadaan tidak aktif serta tidak menunjukkan gejala infeksi (Kowalska *et al.*, 2023).

Cendawan terbawa benih umumnya dianggap tidak bermanfaat, meskipun ada beberapa jenis cendawan yang menguntungkan. Cendawan seperti *Fusarium* sp. dan *Aspergillus* sp. yang sering ditemukan pada benih tanaman dapat menyebabkan penyakit pada tanaman, menurunkan kualitas dan daya tumbuh benih, serta mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman (Turner & Reynolds, 2021). Namun, terdapat beberapa cendawan yang dapat dimanfaatkan dalam produksi benih dengan cara khusus. Beberapa jenis cendawan dapat digunakan dalam proses fermentasi benih untuk meningkatkan daya tumbuh dan kualitas benih yakni *Trichoderma* sp. atau *Rhizopus* sp. Selain itu, ada pula Mikoriza yang dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Mahfud *et al.*, 2025; Li & Chen, 2020).

Berdasarkan pemaparan di atas, maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengidentifikasi morfologi cendawan yang terbawa pada benih padi di Provinsi Kalimantan Utara. Informasi mengenai karakter morfologi ini diharapkan menjadi dasar penting dalam upaya deteksi dini dan pengendalian penyakit tanaman padi sejak tahap awal, yaitu proses perbenihan.

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada tahun 2020 dan diawali dengan pengambilan data sebaran benih di Kecamatan Tanjung Selor, Tanjung Palas, Tanjung Palas Tengah dan Tanjung Palas Utara yang merupakan sentra padi Kalimantan Utara serta Laboratorium Proteksi Tanaman Universitas Borneo Tarakan.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian adalah kuesioner, alat tulis, wadah sampel, erlenmeyer, cawan petri diameter 9 cm, pinset, *autoclave*, *laminar air flow*, pipet tetes, kaca preparat dan gunting,

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah akuades, *wrapping plastic*, aluminium foil, benih padi, kertas saring dan selotip.

Deteksi Cendawan Terbawa Benih Padi

Metode deteksi cendawan dilakukan dengan menggunakan blotter test. Kertas saring diletakkan di dalam cawan petri, kemudian disterilkan menggunakan autoclave pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm. Setelah itu, 3 ml akuades steril dituangkan ke atas kertas saring yang telah disterilkan. Sebanyak 30 benih padi ditempatkan di atas kertas saring menggunakan pinset. Kelembaban kertas dijaga dengan menambahkan 1 ml akuades

steril setiap hari. Selama proses inkubasi selama satu minggu, dilakukan pengamatan terhadap cendawan yang tumbuh pada benih.

Identifikasi Cendawan

Proses identifikasi cendawan diawali dengan mengamati benih yang ditumbuhi cendawan. Setelah itu menempelkan permukaan selotip bening yang lengket pada permukaan benih yang ditumbuhi cendawan. Selotip yang berperan sebagai cover glass kemudian diletakkan di kaca preparat. Hifa dan konidia cendawan diidentifikasi menggunakan mikroskop stereo perbesaran 400x dan 1000x.

Parameter Pengamatan

Terdapat dua parameter pengamatan pada penelitian ini, yakni sebaran varietas

benih padi di tiap kecamatan yang berada pada sentra pertanaman padi Kalimantan Utara dan keberadaan cendawan terbawa benih padi yang diperoleh dari keempat kecamatan tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kabupaten Bulungan adalah salah satu daerah penghasil padi yang cukup besar di provinsi Kalimantan Utara, Indonesia. Produksi padi pada tahun 2020 di daerah tersebut mencapai 119.271 ton. Beberapa kecamatan yang menjadi sentra produksi padi yakni Tanjung Selor, Tanjung Palas, Tanjung Palas Tengah dan Tanjung Palas Utara. Dari keempat kecamatan yang menjadi lokasi pengambilan sampel ditemukan 14 varietas seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Benih yang digunakan petani di sentra padi Kalimantan Utara

Varietas	Kecamatan			
	Tanjung Selor	Tanjung Palas	Tanjung Palas Tengah	Tanjung Palas Utara
64	-	-	√	-
Ciliwung	√	-	√	-
Cimalaya	-	-	-	√
Impari	√	-	-	-
Ir	-	-	√	√
Ketan	-	√	-	-
Ketan Hitam	-	√	-	-
Ketan Unggul	-	-	√	-
Padi Cina	-	√	-	-
Padi Sawah	-	√	-	-
Padi Unggul	-	√	-	-
Rajawali	-	-	√	-
Roti	√	-	√	-
Semenanjung	-	√	-	-

Sumber: Data primer (2020)

Berdasarkan hasil survei yang dilakukan, petani meletakkan dasar pemilihan benih pada ketersediannya, pengaruh dari rekan sesama petani, produktivitas yang tinggi serta ketahanannya terhadap hama dan penyakit tertentu. Penggunaan benih yang berbeda dalam setiap lokasi budidaya dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti iklim, kondisi tanah, resistensi terhadap hama dan penyakit, kebutuhan hasil panen, preferensi konsumen serta ketersediaan benih. Iklim memiliki pengaruh besar terhadap pertumbuhan tanaman padi. Beberapa varietas padi mungkin tumbuh lebih baik di daerah dengan iklim tropis, sedangkan varietas lain mungkin lebih cocok untuk iklim subtropis atau iklim yang lebih kering (Nguyen & Tran, 2023). Kualitas dan karakteristik tanah juga mempengaruhi pemilihan varietas padi. Beberapa varietas mungkin tumbuh lebih baik di tanah dengan kandungan bahan organik tinggi, sementara yang lain mungkin lebih cocok untuk tanah dengan salinitas tinggi (Burman *et al.*, (2018). Dari sudut pandang organisme pengganggu tanaman, beberapa varietas padi lebih tahan terhadap serangan hama dan penyakit tertentu. Oleh karena itu, petani mungkin memilih varietas yang lebih tahan terhadap hama dan penyakit yang umum di daerah mereka. Petani juga mempertimbangkan

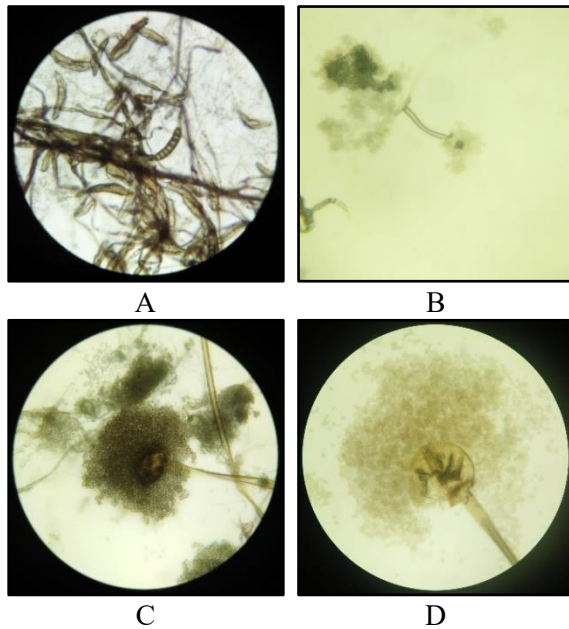
kebutuhan hasil panen saat memilih varietas padi. Preferensi konsumen terhadap tekstur, aroma, atau rasa yang berbeda juga menjadi pertimbangan petani dalam memilih benih. faktor terakhir yang mempengaruhi pemilihan benih adalah ketersediaan benih (Aristya *et al.*, 2021). Petani lebih memilih varietas yang lebih mudah didapatkan dengan harga yang lebih terjangkau.

Dari 14 varietas, ditemukan empat genus cendawan yakni *Alternaria*, *Aspergillus*, *Mucor* dan *Rhizopus* seperti yang terlihat pada tabel 2. Setiap cendawan memiliki karakteristik yang berbeda. Karakteristik mikroskopis *Alternaria* sp. yang diperoleh adalah hifa yang bersekat, konidiofir bercabang, dinding konidiofor halus, tidak memiliki fialid, memiliki sporangium yang berbentuk seperti kacang polong (Gambar 1A). Sementara pada *Aspergillus* sp. hifanya bersepta dan bercabang. Konidiofor muncul dari foot cell (miselium yang bengkak dan berdinding tebal) membawa stigmata dan disitu akan tumbuh konidia (Gambar 1B). Hasil pengamatan mikroskopis *Mucor* sp. terlihat hifa yang tidak bersekat, sporangium berbentuk bulat, kolumela berbentuk bulat dengan spora yang juga berbentuk bulat dan halus (Gambar 1C). *Rhizopus* sp. menunjukkan ciri mikroskopis rizoid yang bercabang dan

Tabel 2. Cendawan pada benih padi di sentra padi Kalimantan Utara

Varietas	Spesies Cendawan			
	<i>Alternaria</i> sp.	<i>Aspergillus</i> sp.	<i>Mucor</i> sp.	<i>Rhizopus</i> sp.
64	-	√	-	-
Ciliwung	√	√	√	-
Cimalaya	√	√	√	-
Impari	-	√	√	-
Ir	√	√	√	√
Ketan	-	√	-	-
Ketan Hitam	-	√	-	-
Ketan Unggul	-	√	-	-
Padi Cina	-	-	√	√
Padi Sawah	-	-	√	√
Padi Unggul	-	-	√	√
Rajawali	√	√	-	-
Roti	-	√	√	-
Semenanjung	-	-	-	√

Sumber: Data primer (2020)



Gambar 1. Empat spesies cendawan pada benih padi: A) *Alternaria* sp.; B) *Aspergillus* sp.; C) *Mucor* sp.; D) *Rhizopus* sp.

stolon licin. Spora yang dimiliki bulat atau setengah bulat dan memiliki hifa yang

senositik yaitu memiliki banyak inti sehingga hifanya tidak bersekat (Gambar 1D).

Alternaria sp. mengacu pada genus jamur dalam divisi Ascomycota. Jamur ini dikenal sebagai patogen tanaman utama yang menyebabkan berbagai penyakit tanaman. Di Indonesia, spesies *Alternaria porri* menyebabkan penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah di Palu (Sudewi *et al.*, 2023). Spesies lainnya, yakni *Alternaria solani* ditemukan menyebabkan penyakit hawar daun pada tanaman tomat (Yulia *et al.*, 2021). Meski demikian, beberapa spesies *Alternaria* telah dipelajari potensinya sebagai agen biokontrol terhadap spesies tanaman invasif dan diketahui menghasilkan metabolit bioaktif sebagai mikroorganisme endofit. Hal

ini sesuai dengan pendapat Pratiwi (2018) yang menyampaikan bahwa *Alternaria* memproduksi racun penyebab hawar daun yang disebut Tentosin. Lawrie *et al.*, (2001) bahkan telah membuat formulasi heribisida dalam bentuk glanular berbahan aktif *Alternaria alternata* dan *Trematophoma lignicola*.

Aspergillus merupakan salah satu jenis cendawan yang secara alami dapat ditemukan pada biji-bijian dan tumbuhan. Chein *et al.* (2019) menemukan *Aspergillus* pada kacang tanah, sementara Goko *et al.* (2021). menemukan *Aspergillus* pada jagung pipilan. Pada penelitian lainnya, Nurtjahja *et al.* (2022) menemukan *Aspergillus* pada biji kakao.

Sementara spesies *Aspergillus* yang dapat menyebabkan penyakit pada tanaman padi adalah *Aspergillus flavus* dan *Aspergillus niger*. *A. flavus* dapat menyebabkan infeksi pada biji padi dan menghasilkan aflatoksin, senyawa yang beracun bagi manusia dan hewan jika dikonsumsi dalam jumlah yang banyak (Lai *et al.*, 2015). Sedangkan *A. niger* dapat menyebabkan infeksi pada daun dan buah padi dan menghasilkan patulin, senyawa yang beracun dan dapat menyebabkan keracunan pada manusia jika dikonsumsi dalam jumlah yang banyak (Hidayat *et al.*, 2016).

Rhizopus termasuk famili Rhizopodaceae (dahulu Mucoraceae) dan anggota ordo Mucorales. Kebanyakan spesies *Rhizopus* bersifat saprofit, artinya mereka hidup dengan memakan materi organik mati seperti sisa tumbuhan dan hewan (Richardson, 2009). *Rhizopus* juga memiliki enzim yang mampu mendegradasi berbagai polutan organik, termasuk lignin dan selulosa. Kemampuan ini menjadikannya agen bioremediasi yang potensial untuk membersihkan tanah dan air yang terkontaminasi. Namun, ada juga beberapa spesies yang bersifat parasit atau patogen yang bisa menyerang tumbuhan. Namun, beberapa spesies seperti *Rhizopus microsporus* bersifat patogen tanaman, menyebabkan ‘rice seedling blight’ dan mukormikosis pada manusia melalui produksi toksin oleh endobakteri (Lämmle *et al.*, 2025).

Rhizopus memiliki ciri khas berupa miselium bercabang yang terdiri dari tiga jenis hifa: stolon, rizoid, dan sporangiofor. Stolon adalah hifa yang menjalar di permukaan, rizoid berfungsi untuk menambatkan jamur ke substrat, dan sporangiofor adalah hifa tegak yang menghasilkan spora aseksual di bagian ujungnya. Sporangium berwarna hitam, berbentuk bulat, dan menghasilkan banyak

spora berinti banyak yang tidak bergerak (Sarkar *et al.*, 2020; Zhou *et al.*, 2023). *Rhizopus* juga bisa bereproduksi secara seksual jika ada dua miselium yang kompatibel bertemu (Kumar & Dubey, 2021).

Beberapa strain *Rhizopus* sp. menunjukkan potensi sebagai biopestisida dalam mengendalikan jamur patogen tanaman. *Rhizopus* sp. mengendalikan patogen melalui beberapa mekanisme: ia bersaing untuk mendapatkan nutrisi dan ruang, menghasilkan senyawa antifungal yang membunuh patogen, serta melakukan serangan langsung ke hifa patogen (Sudarma & Darmiati, 2024; Zhang *et al.*, 2024). Sebagai contoh, penelitian *in vitro* menunjukkan bahwa *Rhizopus* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Lasiodiplodia theobromae* (penyebab busuk buah srikaya) hingga sekitar 83%, performa yang setara atau lebih baik daripada *Aspergillus niger* (~81%) dalam kondisi yang sama (Sudarma & Darmiati, 2024). Mekanisme yang dilaporkan termasuk antibiosis langsung dan kompetisi nutrisi/ruang selama kultur bersama. Lebih lanjut, isolat *Rhizopus* dari biji kakao terbukti mampu menurunkan produksi mikotoksin ochratoxin A oleh *Aspergillus carbonarius*, menunjukkan potensi tambahan untuk mengendalikan

kontaminan mikroba pasca-panen (Brou *et al.*, 2025).

Beberapa strain *Mucor* sp. menonjol sebagai biopestisida alami dalam mengendalikan patogen jamur pada tanaman. *Mucor* sp. mengendalikan patogen melalui beberapa mekanisme utama: kompetisi untuk nutrisi dan ruang hidup, produksi metabolit antifungal yang efektif melawan patogen, serta serangan langsung terhadap hifa patogen (Sari & Putra, 2023; Li *et al.*, 2024). Sebagai contoh, studi *in vitro* menunjukkan bahwa *Mucor* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum*, patogen penyebab busuk akar, hingga mencapai penghambatan 75 % lebih efektif daripada *Trichoderma harzianum* dalam kondisi serupa (Sari & Putra, 2023). Mekanisme yang diidentifikasi mencakup antibiosis langsung serta pengurangan akses nutrisi melalui kolonisasi cepat. Lebih lanjut, isolat *Mucor* dari kulit kentang terbukti menurunkan produksi mikotoksin deoxinivalenol (DON) oleh *Fusarium graminearum*, menunjukkan kemampuan tambahan untuk mengurangi risiko kontaminasi pasca panen (Wang *et al.*, 2025).

Dalam mengembangkan pertanian padi, penting bagi petani untuk memilih varietas yang paling cocok dengan kondisi lokal dan kebutuhan mereka. Mempelajari

dan menguji berbagai varietas padi dapat membantu petani menemukan varietas terbaik untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan pertanian mereka.

KESIMPULAN DAN SARAN

Cendawan yang berhasil diidentifikasi dari benih padi dari sentra budidaya padi Kalimantan Utara yaitu *Aspergillus* sp., *Rhizopus* sp., *Mucor* sp., dan *Alternaria* sp. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka disarankan kepada petani untuk memberikan perlakuan benih sebelum ditanam guna mencegah risiko cendawan terbawa benih yang dapat menyebabkan kerugian jangka pendek dan jangka panjang terutama jika benih didistribusikan ke berbagai wilayah luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Aristya, V.E., Trisyono, Y.A., & Mulyo, J.H. (2021). Participatory varietal selection for promising rice lines. *Sustainability*, 13(12), 6856.
- Brou, D.K., Hamdouche, Y., Sika, A.E., Durand, N., Tachon-Fontana, A., Montet, D., & Guehi, T.S. (2025). *Rhizopus* sp. as antagonist fungi against ochratoxin A production by *Aspergillus carbonarius* in raw cocoa beans. *Journal of Advances in Biology & Biotechnology*, 28(1), 176–192.
- Burman, D., Maji, B., Singh, S., Mandal, S., Sarangi, S.K., Bandyopadhyay, B.K., Bal, A.R., Sharma, D.K., Krishnamurthy, S.L., Singh, H.N., & Villanueva, D. (2018). Participatory evaluation guides the development and selection of farmers' preferred rice varieties for salt-and flood-affected coastal deltas of South and Southeast Asia. *Field Crops Research*, 220, 67-77.
- Chein, S.H., Sadiq, M.B., Datta, A., & Anal, A.K. (2019). Prevalence and identification of *Aspergillus* and *Penicillium* species isolated from peanut kernels in central Myanmar. *Journal of Food Safety*, 39(6), e12686.
- Goko, M.L., Murimwa, J.C., Gasura, E., Rugare, J.T., & Ngadze, E. (2021). Identification and characterisation of seed-borne fungal pathogens associated with maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Microbiology*, 2021(1), 6702856.
- Hidayat, N., Sumarsih, S., & Putri, A.I. (2016). *Mikologi Industri*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Kowalska, M., Nowak, J., & Zielinski, R. (2023). Diversity of seed-borne fungi in soybean after storage. *Pathogens*, 13(9), 769.
- Kumar, R., & Dubey, R.C. (2021). *Fungal Biology and Biotechnology*. Springer Nature. London.
- Lai, X., Zhang, H., Liu, R., & Liu, C. (2015). Potential for aflatoxin B1 and B2 production by *Aspergillus flavus* strains isolated from rice samples. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 22(2), 176–180.
- Lawrie, J., Down, V.M., & Greaves, M.P. (2001). Effects of storage on viability and efficacy of granular formulations of the microbial herbicides *Alternaria alternata* and *Trematophoma lignicola*. *Biocontrol Science and Technology*, 11, 283–295.
- Lämmle, C., Jenkins, R., & Partida-Martinez, L.P. (2025). Tomato rot by *Rhizopus microsporus* alters native fungal community composition and secondary metabolite production. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1508519.
- Li, J., Zhang, W., & Liu, Y. (2024). Antagonistic activity and secondary metabolites of *Mucor* sp. against plant-pathogenic fungi. *Mycobiology*, 52(1), 85–93.
- Li, Y., & Chen, H. (2020). Advances in Trichoderma mediated mycoparasitism

- against seed-borne pathogens. *Biological Control Journal*, 15(4), 305–317.
- Liu, X., Chen, Y., & Zhao, L. (2021). Fungal colony morphology on PDA for species identification - a review. *Mycology Journal*, 12(3), 145–158.
- Mahfud, N. A., Purnawati, A., & Suryaminarsih, P. (2025). Effectiveness soaking duration of rice seed with *Trichoderma* sp. for controlling seed-borne pathogenic fungi. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*, 11(1), 162–172.
- Nguyen, P. T., & Tran, L. T. (2023). Adoption of climate-smart rice varieties in response to drought and temperature variability: evidence from Vietnam. *Sustainability*, 14(23), 16035.
- Nurtjahja, K., Hastuti, L., Purnamasari, N., & Silitonga, G. N. (2022). Fungal contamination and toxigenicity of *Aspergillus flavus* on postharvest cacao beans in Northern Sumatera, Indonesia. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 32(3), 448–454.
- Richardson, M. (2009). The ecology of the Zygomycetes and its impact on environmental exposure. *Clinical Microbiology and Infection*, 15, 2-9.
- Pratiwi, F. A. (2018). *Uji Aktivitas Antijamur Ekstrak Daun Kelor (Moringa oleifera Lam.) terhadap Alternaria solani Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Tomat (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Skripsi. Universitas Brawijaya.
- Riquelme, M., & Sánchez-León, E. (2024). Distribution and dynamics of hyphal organelles in filamentous fungi. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 88(1), 27-23.
- Sari, D. P., & Putra, A. H. (2023). Inhibition of *Fusarium oxysporum* by mucoralean fungi: *Mucor* sp. as a potential biocontrol agent. *Journal of Plant Protection Research*, 63(2), 125–134.
- Sarkar, D., Roy, M., & Mitra, S. (2020). Morphological and reproductive biology of *Rhizopus* spp. *International Journal of Mycology and Plant Pathology*, 49(2), 115–122.
- Salvato, A., López-Herrera, C.J., & Tousey, C. (2022). Characteristics of seed-borne fungi and storage under gene bank conditions. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1–13.
- Smith, L.M., & Jones, P.R. (2023). Morphological classification of fungal hyphae: septate vs. aseptate. *Mycology Notes*, 45(2), 88–94.
- Sudarma, I.M., & Darmiati, N.N. (2024). *Aspergillus niger*, *Neurospora* sp. and *Rhizopus* sp. as antagonism fungi in inhibiting the growth of *Lasiodiplodia theobromae*. *International Journal of Agriculture and Research*, 7(3), 01–08.
- Sudewi, S., Ratnawati, R., Jaya, K., & Hardiyanti, S. (2023). Isolasi dan karakterisasi cendawan endofit asal rizosfer bawang merah “Lembah Palu” dan potensinya menghambat penyakit bercak ungu *Alternaria porri* (ELL) CIF. *Jurnal Agro*, 10(2), 278–292.
- Thomas, S. M., & Patel, R. (2019). Fruit body formation and biodiversity of macrofungi in forest ecosystems. *Fungal Diversity*, 98, 21–45.
- Turner, S. E., & Reynolds, L. K. (2021). Seed-borne *Fusarium* and *Aspergillus*: implications for seed viability and crop health. *Plant Pathology Review*, 28(3), 200–215.
- Wang, L., Chen, M., & Zhao, X. (2025). Suppressing DON production by *Fusarium graminearum* using *Mucor* sp. isolated from stored potato. *Food Mycotoxin Research*, 10(1), 45–59.
- Yulia, E., Bangun, R. T., Tohidin, T., & Hersanti, H. (2021). Pengaruh ekstrak kasar umbi udara binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) terhadap penghambatan koloni dan kejadian penyakit akibat *Alternaria solani* pada bibit tomat. *Agrikultura*, 32(3), 228–238.

- Zhang, R.L., & Huang, J.S. (2024). Mechanisms of fungal competition in spoilage fungi: focus on *Rhizopus* and its antifungal metabolites. *Food Spoilage Research*, 15(2), 45–56.
- Zhou, Y., Wang, L., & Chen, H. (2023). Structural and functional characterization of *Rhizopus sporangium* in relation to spore dispersion. *Fungal Biology Reviews*, 37(1), 27–35.