

Identification and Potential of Wood-Decaying Fungi from Poteran Island as a Source of Manganese Peroxidase (MnP)

Arum Maulinda Putri^{1*}, Nengah Dwianita Kuswyasari¹, Endry Nugroho Prasetyo¹

¹Departemen Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

Article History

Received : October 09th, 2025

Revised : October 27th, 2025

Accepted : November 02th, 2025

*Corresponding Author: **Endry Nugroho Prasetyo**, Departemen Biologi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia;
Email: endry@its.ac.id

Abstract: Poteran Island is among the largest islands located within the Sumenep Regency, characterized by lowland agricultural areas with a dry E5 climate, allowing only one planting cycle of secondary crops per year. However, during the rainy season, the region tends to experience an abundance of wood-decaying fungi. This study aims to identify and evaluate the potential of wood-decaying fungi from Poteran Island as a source of MnP using morphological approaches. Screening of MnP-producing fungal isolates was carried out on L-MSM medium supplemented with methylene blue, and the clear zones were observed. The isolates were then identified macroscopically on petri dishes and microscopically using Lactophenol cotton blue, with reference to the book Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Based on the morphological examination of 20 fungal isolates, 11 isolates displayed white mycelium, 1 isolate had gray mycelium, 2 isolates showed greenish-white mycelium, and 2 isolates had yellowish-white mycelium. Furthermore, 14 isolates exhibited circular colony morphology, 3 isolates were semi-circular, and 3 isolates were filamentous (filiform) in shape. MnP-producing fungal isolates were screened using L-MSM medium supplemented with methylene blue. Only one isolate, DS 18, demonstrated MnP production potential, indicated by the decolorization of methylene blue on medium. Macroscopic and microscopic analyses confirmed that isolate DS 18 is *Trametes versicolor*, as it exhibited similar characteristics, including a cottony texture, white color, smooth colony edges, non-septate hyphae, elliptical spores, and hyphae with clamp connections.

Keywords: Fungi, ligninolytic, manganese-peroxidase, Poteran-Island, *Trametes versicolor*.

Pendahuluan

Pulau Poteran merupakan salah satu pulau terbesar yang terletak di Kabupaten Sumenep dan menjadi wilayah kesatuan kecamatan Talango (Koentjoro *et al.*, 2021). Pulau ini memiliki topografi landai dengan tingkat kemiringan rata-rata kurang dari 30% dan ketinggian di bawah 500 meter di atas permukaan laut, sehingga dapat digolongkan sebagai dataran rendah (Ferdiansyah *et al.*, 2019). Jika ditinjau dari segi ekologi, Pulau Poteran memiliki lahan pertanian dengan iklim yang kering dan masuk dalam kategori E5, yaitu lahan ini hanya cocok untuk menanam

tanaman palawija sekali dalam setahun, dengan kondisi suhu tanah yang panas dan kelembaban tanah yang cenderung kering (Sumenep, 2020).

Disisi lain, menurut Sintayehu (2018), perubahan iklim dapat menyebabkan perubahan keanekaragaman hayati dan ekosistem, yang diartikan bahwa saat musim hujan, tanah yang beriklim kering akan memiliki keanekaragaman hayati yang melimpah, seperti jamur pelapuk kayu. Jamur pelapuk kayu hanya dapat hidup dan tumbuh dalam cuaca tertentu dan *survival rate* yang terbatas. Jamur umumnya tumbuh dan berkembang dengan baik pada musim hujan, terutama pada kayu yang membusuk, serasah,

atau tumpukan jerami. Namun, ketika musim kemarau berlangsung, sebagian besar jamur cenderung mati (Norfajrina *et al.*, 2021).

Jamur pelapuk kayu merupakan kelompok jamur yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi selulosa dan lignin pada kayu yang mengakibatkan kayu tersebut mengalami pelapukan. Jamur tersebut tumbuh menempel pada kayu yang telah lapuk, batang pohon yang masih hidup, atau pada tumpukan daun yang membusuk (Herliyana *et al.*, 2011); (Swasono & Suryani, 2018). Jamur pelapuk kayu dibedakan menjadi tiga kelompok yaitu jamur pelapuk cokelat, pelapuk putih, dan pelapuk lunak ditentukan berdasarkan jenis sisa hasil pelapukan. Jamur pelapuk cokelat menghasilkan residu berwarna cokelat, sedangkan jamur pelapuk putih meninggalkan sisa berwarna putih (Li *et al.*, 2022; Jaya *et al.*, 2018).

Jamur pelapuk kayu umumnya memiliki masa hidup yang singkat, yakni hanya pada musim hujan dan akan mati saat musim kemarau (Norfajrina *et al.*, 2021). Jamur pelapuk kayu mampu menyekresikan berbagai enzim lignolitik secara ekstraseluler sebagai mekanisme resistensi terhadap lingkungan yang ekstrem. Selain itu, enzim tersebut juga berfungsi sebagai agen biodegradasi untuk memecah bahan lignoselulosa menjadi molekul yang lebih sederhana (Bhadra *et al.*, 2022; Efiyanti & Hidayat, 2017). Salah satu enzim yang dapat dihasilkan dan memiliki kemampuan oksidasi yang tinggi adalah *manganese peroxidase* (MnP) (Suryadi *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2022).

Manganese peroksidase (MnP, EC 1.11.1.13) adalah enzim glikoprotein peroksidase yang bergantung pada H_2O_2 dan mengandung heme sebagai kofaktor nya (Bilal *et al.*, 2023). MnP memiliki kapasitas tertinggi untuk aksi enzimatis dan sangat fleksibel di alam, dengan beragam aplikasi industri. MnP dapat diaplikasikan dalam berbagai industri, seperti pulp dan kertas, tekstil, makanan, dan biofuel serta enzim ini memiliki aplikasi bioteknologi yang penting, terutama dalam pengolahan limbah cair tekstil (Kumar & Arora, 2022). MnP disebutkan menjadi salah satu enzim yang paling dipelajari dan mudah beradaptasi di alam, dengan banyak aplikasi industri yang signifikan (Chowdhary *et al.*,

2019). Hasil penelitian sebelumnya Ruhimat *et al.*, (2022) melaporkan beberapa jamur pelapuk kayu di Kebun Raya Bogor dapat menghasilkan enzim MnP. Analisis in vitro menunjukkan bahwa enzim MnP yang dihasilkan memiliki kemampuan aktivitas enzimatis yang baik (Ruhimat *et al.*, 2022). Oleh karena kondisi alam Pulau Poteran yang ekstrem, ditengarai akan menghasilkan jamur pelapuk kayu dengan produksi MnP yang sangat aktif sehingga penelitian ini akan mengidentifikasi potensi jamur pelapuk kayu sebagai sumber *manganese peroxidase* (MnP) dengan pendekatan morfologi agar nantinya diperoleh sumber plasma nutfah baru produsen enzim yang unggul.

Bahan dan Metode

Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2024 sampai Desember 2024, dilakukan di Laboratorium Mikologi, Mikrobiologi dan Bioteknologi Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Analitika Data, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Alat dan bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Potato Dextrose Agar* (PDA), Na_2HPO_4 (2,4 g/L), K_2HPO_4 (2,0 g/L), NH_4NO_3 (0,1 g/L), $MgSO_4$ (0,01 g/L), $CaCl_2$ (0,01 g/L), dan lignin atau kraft lignin (1,0 g/L) 0,01% *methylen blue* (w/v), *lactophenol cotton blue*, lignosulfonate, akuades, agar, pepton, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$, kapas lemak, kasa steril, spirtus, alkohol 70%, *plastic wrap*. Kemudian alat yang digunakan meliputi *tube* 1,5 mL, cawan petri, gelas ukur, mikropipet, vortex, *laminar air flow* (LAF), botol semprot, neraca analitik, pembakar Bunsen, kertas label, kantung zip.

Persiapan media pertumbuhan jamur

Media pertumbuhan yang akan digunakan yaitu *Potato Dextrose Agar* (PDA). Sebanyak 42 g bubuk PDA dalam 1000 mL akuades, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu $121^\circ C$ dan tekanan 1,5 ATM selama 15 menit. Setelah itu, media dibiarkan sedikit dingin selanjutnya dituangkan dalam kondisi steril ke dalam cawan petri dan didinginkan hingga mengeras (Azzahra *et al.*, 2020).

Peremajaan dan purifikasi isolat jamur pelapuk kayu

Peremajaan isolat jamur pelapuk kayu yang berasal dari Pulau Poteran diinokulasikan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) yang telah dibuat sebelumnya. Inokulasi jamur pelapuk kayu menggunakan metode titik dan dilakukan dalam *Laminar Air Flow* untuk menciptakan kondisi yang steril. Setelah itu, jamur yang telah diinokulasi diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari. Jamur yang memiliki morfologi berbeda dimurnikan berulang kali pada media PDA steril, dan diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari untuk mendapatkan kultur murni. Dari satu badan buah hanya akan didapatkan 1 isolat (Arif *et al.*, 2020).

Screening Isolat Sumber Manganese peroxidase (MnP)

Uji kualitatif deteksi *manganese peroxidase* (MnP) dilakukan dengan medium uji terdiri dari *Lignin Minimal Salt Medium* (L-MSM) yang mengandung Na_2HPO_4 (2,4 g/L), K_2HPO_4 (2,0 g/L), NH_4NO_3 (0,1 g/L), MgSO_4 (0,01 g/L), CaCl_2 (0,01 g/L), dan lignin atau kraft lignin (1,0 g/L) yang ditambahkan dengan 0,01% *methylen blue* (w/v), serta 1 mL larutan glukosa 0,1% (w/v) per 100 mL medium uji kemudian ditambahkan agar sebanyak 2% (w/v). Medium ini selanjutnya disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1,5 ATM selama 15 menit dan secara aseptik dipindahkan ke dalam cawan, kemudian diinokulasikan dengan jamur uji dan diinkubasi pada suhu ruang dalam kondisi gelap. Cawan uji diperiksa secara rutin dan dipantau untuk munculnya zona bening maupun memudarnya warna di sekitar koloni jamur. Hilangnya warna biru pada cawan uji menandakan produksi *manganese peroxidase* (MnP). Isolat potensial sumber MnP yang telah didapat akan dipilih dari segi zona bening paling besar ataupun tingkat memudarnya warna paling tinggi di sekitar koloni jamur (Idris *et al.*, 2019).

Identifikasi Makroskopis dan Mikroskopis Jamur

Kultur murni isolat jamur pelapuk kayu yang potensial menghasilkan *manganese peroxidase* (MnP) selanjutnya dilakukan identifikasi berdasarkan karakteristik makroskopis pada cawan petri mencakup karakteristik koloni yang tampak pada isolat

seperti warna atas dan bawah isolat, tekstur isolat, bentuk koloni, bagian tepi koloni, serta diameter koloni. Kemudian secara mikroskopis dengan mengambil biakan murni jamur secara aseptik, kemudian menempatkannya di atas kaca objek dan mewarnainya menggunakan larutan *lactophenol cotton blue* untuk memperjelas struktur mikroskopis. Preparat tersebut selanjutnya ditutup dengan kaca penutup dan diamati di bawah mikroskop dengan pembesaran 400x. Pengamatan mikroskopis mencakup karakteristik hifa, konidia, dan spora. Proses identifikasi jamur dilakukan berdasarkan panduan dari buku identifikasi *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species* (Watanabe, 2002).

Hasil dan Pembahasan

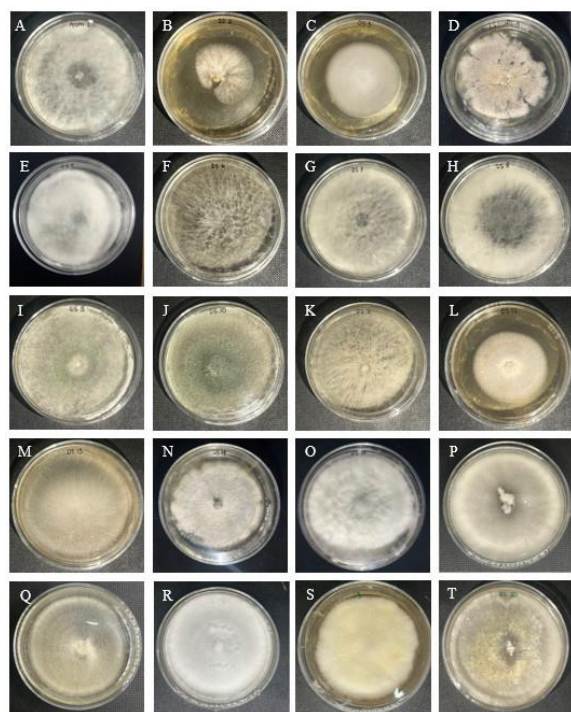
Peremajaan Jamur Pelapuk Kayu Sebagai Kandidat Penghasil MnP

Jamur pelapuk kayu yang berhasil diremajakan dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi ITS sebanyak 20 isolat. Didapatkan 20 isolat murni yang ditunjukkan pada Gambar 1. Berdasarkan identifikasi morfologi 20 isolat yang telah didapatkan, memiliki warna dan bentuk miselium yang beragam. Sebelas isolat memiliki warna miselium putih yaitu isolat DS 1, DS 2, DS 3, DS 4, DS 5, DS 7, DS 8, DS 11, DS 12, DS 13, DS 14, DS 15, DS 16, DS 17, dan DS 18. Satu isolat memiliki warna miselium abu-abu yaitu isolat DS 6. Dua isolat memiliki warna miselium putih kehijauan yaitu isolat DS 9 dan DS 10. Dua isolat memiliki warna miselium putih kekuningan yaitu DS 19 dan DS 20.

Selanjutnya 14 isolat memiliki bentuk koloni bulat (sirkuler), yaitu isolat DS 1, DS 3, DS 5, DS 6, DS 7, DS 8, DS 9, DS 10, DS 12, DS 15, DS 16, DS 17, DS 18, dan DS 20. Tiga isolat memiliki bentuk koloni semi-sirkuler, yaitu isolat DS 2, DS 14, dan DS 19. Kemudian 3 isolat memiliki bentuk filiform atau bentuk seperti filamen (garis), yaitu isolat DS 6, DS 11, dan DS 13. Berdasarkan teksturnya, 14 isolat memiliki tekstur menyerupai kapas (*cottony*), yaitu isolat DS 1, DS 2, DS 3, DS 5, DS 6, DS 7, DS 8, DS 11, DS 12, DS 13, DS 15, DS 16, DS 17, dan DS 18. Tiga isolat memiliki tekstur menyerupai beludru (*velvety*) yaitu isolat DS 4, DS 14, dan DS 19. Tiga isolat memiliki tekstur menyerupai serbuk

(powdery), yaitu isolat DS 9, DS 10, dan DS 20.

Jika ditinjau dari pertumbuhannya, 14 isolat memiliki pertumbuhan yang cepat yaitu isolat DS 1, DS 5, DS 6, DS 7, DS 8, DS 9, DS 10, DS 11, DS 13, DS 15, DS 16, DS 17, DS 18, dan DS 20 dikarenakan telah mengkolonisasi cawan petri. Sedangkan 6 isolat lainnya menunjukkan pertumbuhan yang cenderung lambat dikarenakan belum mampu mengkolonisasi cawan petri pada 14 hari inkubasi. Isolat tersebut adalah DS 2, DS 3, DS 4, DS 12, DS 14, dan DS 19. Bentuk morfologi makroskopis jamur pelapuk kayu hasil peremajaan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Isolat Jamur Hasil Purifikasi. (A) Isolat DS 1 (B) Isolat DS 2 (C) Isolat DS 3 (D) Isolat DS 4 (E) Isolat DS 5 (F) Isolat DS 6 (G) Isolat DS 7 (H) Isolat DS 8 (I) Isolat DS 9 (J) Isolat DS 10 (K) Isolat DS 11 (L) Isolat DS 12 (M) Isolat DS 13 (N) Isolat DS 14 (O) Isolat DS 15 (P) Isolat DS 16 (Q) Isolat DS 17 (R) Isolat DS 18 (S) Isolat DS 19 (T) Isolat DS 20.

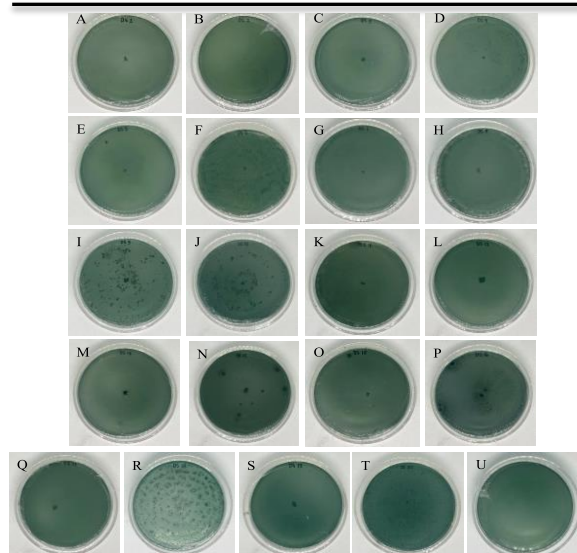
Produksi MnP tampaknya terbatas pada jenis jamur tertentu (Dix & Webster, 1995). Jamur dari kelas Basidiomycota dikenal sebagai mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi lignin khususnya oleh jamur pelapuk putih yang berlangsung secara oksidatif (Risdianto *et al.*, 2007). Isolat jamur pelapuk putih yang berpotensi menghasilkan MnP

menunjukkan variasi morfologi, baik secara makroskopis maupun mikroskopis. Warna koloni yang didapatkan dari Pulau Poteran bervariasi mulai dari putih hingga putih kehijauan. Bentuk permukaan koloni juga beragam, mencakup struktur yang menggunung menyerupai kapas (*cottony*), permukaan yang rata, hingga koloni dengan sekat yang jelas. Sementara pada tingkat mikroskopis, umumnya isolat jamur Basidiomycota menunjukkan variasi dalam struktur hifanya. Beberapa isolat memiliki hifa yang bersepta dengan banyak cabang, hifa yang tidak bersepta dan hifa bersepta yang dilengkapi konidia (Hasibuan *et al.*, 2021).

Screening Isolat Jamur Produsen *Manganese peroksidase* (MnP)

Screening isolat jamur dilakukan pada 20 isolat yang telah didapatkan ditunjukkan pada Gambar 2. dan diperoleh hanya 1 isolat yang potensial menghasilkan enzim MnP yaitu isolat DS 18. Hasil pada gambar 2 pada isolat DS 18 terdapat pemudaran warna biru dari *methylen blue* disekitar koloni sehingga menjadi isolat potensial MnP. Hal tersebut sesuai dengan (Khameswar & Qin, 2016), yang menyatakan bahwa penapisan MnP menggunakan medium L-MSM yang ditambahkan *methylen blue* diperiksa dan dipantau secara teratur dengan melihat munculnya zona bening maupun hilangnya warna di sekitar koloni jamur.

Hilangnya warna biru pada cawan petri mengonfirmasi produksi MnP (Kameshwar & Qin, 2016). Proses degradasi molekul *methylen blue* (MB) diawali dengan putusnya ikatan N-CH₃ yang terhubung ke atom karbon C7 atau C12 karena ikatan ini memiliki energi ikatan terendah (Zhou *et al.*, 2019). Pemutusan ikatan ini menyebabkan terjadinya proses demetilasi bertahap, mulai dari mono-demetilasi (satu gugus metil dilepas), di- demetilasi (dua gugus metil dilepas), tri- demetilasi (tiga gugus metil dilepas), hingga demetilasi total, sehingga seluruh gugus metil pada nitrogen dilepas. Setelah proses demetilasi selesai, struktur molekul MB menjadi lebih tidak stabil, yang memicu pembukaan cincin aromatik sehingga warna MB dapat hilang atau memudar (Zhou *et al.*, 2019).



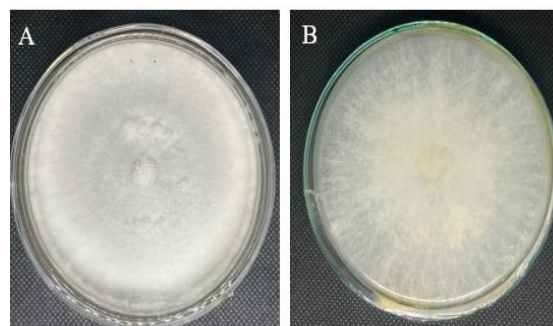
Gambar 2. Screening isolat penghasil MnP. (A) Isolat DS 1 (B) Isolat DS 2 (C) Isolat CB DS 3 (D) Isolat DS 4 (E) Isolat DS 5 (F) Isolat DS 6 (G) Isolat DS 7 (H) Isolat DS 8 (I) Isolat DS 9 (J) Isolat DS 10 (K) Isolat DS 11 (L) Isolat DS 12 (M) Isolat DS 13 (N) Isolat DS 14 (O) Isolat DS 15 (P) Isolat DS 16 (Q) Isolat DS 17 (R) Isolat DS 18 (S) Isolat DS 19 (T) Isolat 20 (U) Kontrol

Deskripsi Isolat Sumber MnP (Isolat DS 18)

Hasil pengamatan makroskopis selama hari ke-14 masa inkubasi, isolat DS 18 memperlihatkan ciri morfologi yang khas dengan tekstur koloni menyerupai kapas (*cottony*), yang menunjukkan pertumbuhan miselium aerial yang melimpah dan menjulang dari permukaan media. Pertumbuhan radial koloni berlangsung cepat, ditandai dengan pencapaian diameter koloni sekitar 9 cm pada hari ke-14, sehingga mengindikasikan kemampuan adaptasi dan penyebaran hifa yang efisien. Permukaan koloni tampak berwarna putih homogen, mencerminkan dominasi miselium muda tanpa adanya pigmentasi sekunder atau pembentukan struktur reproduktif yang kontras. Bagian basal atau sisi bawah koloni, terlihat warna putih kekuningan yang kemungkinan berkaitan dengan akumulasi pigmen atau perubahan warna media akibat aktivitas metabolik. Selain itu, tepi koloni tampak halus (*smooth*), menunjukkan pola pertumbuhan yang teratur tanpa tonjolan atau batas yang tidak beraturan ditunjukkan pada Gambar 4 (Watanabe, 2002). Hasil karakterisasi isolat jamur DS 18 secara morfologi disajikan pada Tabel 1 dan Gambar 3.

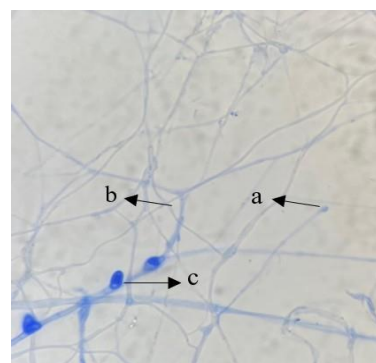
Tabel 1. Hasil Karakterisasi Morfologi Isolat DS 18

Karakter	Isolat DS 18
Warna permukaan koloni	Putih
Warna balik koloni	Putih kekuningan
Bentuk koloni	Sirkuler
Takstur koloni	Cottony
Tepi koloni	Smooth
Diameter (14 hari inkubasi)	9 cm



Gambar 3. Tampak Makroskopis Isolat DS 18 (A) Morfologi Permukaan Koloni DS 18 (B) Morfologi Balik Koloni DS 18

Pengamatan mikroskopis dengan perbesaran 1000X, isolat DS 18 mempunyai hifa yang tidak bersekat dan memiliki *clamp connection* (Gambar 4). Data pada gambar 4, isolat DS 18 memiliki hifa yang tidak bersekat, spora berbentuk elips, dan hifa memiliki *clamp connection* yang merupakan sambungan penjepit dengan struktur yang terbentuk antara dua sel hifa pada jamur kelompok Basidiomycota.



Gambar 4. Hasil Pengamatan Mikroskopis DS 18 dengan Perbesaran 1000X (a) spora, (b) hifa, (c) *clamp connection*

Hasil tersebut dikonfirmasi dikonfirmasi oleh Cody (2011) yang menyatakan bahwa secara mikroskopis, *Trametes* sp. memiliki hifa yang berdinding tebal, bersifat aseptat (tidak bersekat), dan dilengkapi dengan *clamp connection*, meskipun beberapa spesies dalam

famili Polyporaceae mungkin tidak memilikinya. Sporanya berbentuk elips, berwarna cokelat, dan sebagian besar bersifat hialin atau tembus cahaya. Hal ini juga didukung oleh Smith (1949) yang menyatakan bahwa spora pada genus *Trametes* umumnya memiliki warna khas dan dilengkapi dengan *clamp connection*, yang dapat diamati secara jelas menggunakan mikroskop.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penapisan 20 isolat jamur pelapuk kayu yang berasal dari Pulau Poteran diperoleh 1 isolat potensial penghasil MnP yaitu isolat DS 18 yang ditandai dengan adanya zona bening atau pemudaran warna *methylen blue* pada sekitar koloni. Analisis makroskopis dan mikroskopis mengonfirmasi bahwa isolat DS 18 merupakan *Trametes versicolor* karena memiliki karakteristik yang sama, yaitu tekstur menyerupai kapas (*cottony*), permukaan koloni berpigmen putih, bawah koloni berwarna putih kekuningan, tepi koloni tampak halus (*smooth*), memiliki hifa yang tidak bersekat, spora berbentuk elips, dan hifa memiliki *clamp connection*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Departemen Biologi ITS yang telah memfasilitasi kegiatan analisis fungi baik makroskopis dan mikroskopis di Laboratorium Mikrobiologi dan Bioteknologi.

Referensi

- Azzahra, M. J. & A. A., (2020). Perbandingan Pertumbuhan *Aspergillus fumigatus* pada Media Instan Modifikasi Carrot Sucrose Agar dan Potato Dextrose Agar. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 4(1), pp.168-174. DOI: [10.46638/jmi.v4i1.69](https://doi.org/10.46638/jmi.v4i1.69)
- Bhadra, F., Gupta, A., Vasundhara, M. & Reddy M. S., (2022). Endophytic fungi: a potential source of industrial enzyme producers. *Journal 3 Biotech*, 12(4), pp. DOI: [10.1007/s13205-022-03145-y](https://doi.org/10.1007/s13205-022-03145-y)
- Bilal, M., Zdart, J., Jesionowski, T. & Iqbal, H. M., (2023). Manganese peroxidases as robust biocatalytic tool — An overview of sources, immobilization, and

biotechnological applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, p. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123531>

- Chowdhary, P., Shukla, G., Raj, G. & Ferreira, L. F. R., (2019). Microbial manganese peroxidase: a ligninolytic enzyme and its ample opportunities in research. *Springer Nature Journal*, 1(45), pp. DOI: [10.1007/s42452-018-0046-3](https://doi.org/10.1007/s42452-018-0046-3)
- Cody, B. R., (2011). *Trametes versicolor* (L.) Lloyd.. North Carolina.: N. C. University.
- Dix, N. & J. Webster, (1995). *Fungal ecology*. London, UK: Chapman & Hall. https://doi.org/10.1007/978-94-011-0693-1_12
- Efiyanti, L. & Hidayat, A., (2017). Seleksi Jamur Pelapuk Putih Hutan Tropis Indonesia Sebagai Penghasil Enzim Lakase (Lac) dan Manganese peroksidase (MnP). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(3), pp.185-195. DOI: [10.20886/jphh.2017.35.3.185-195](https://doi.org/10.20886/jphh.2017.35.3.185-195)
- Ferdiansyah, H. I., Pratikto, I. & Suryono, (2019). Pemetaan Kesesuaian Lahan Untuk Budidaya Rumput Laut Di Perairan Pulau Poteran, Kabupaten Sumenep, Jawa Timur. *Journal of Marine Research*, 8(1), pp. 36-40. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v8i1.24324>
- Hasibuan, I. R., Antara, N. S. & Wijaya, I. M. M., (2021). Isolasi dan Karakterisasi Jamur Pelapuk Putih Pendegradasi Lignin dari Limbah Cair Pulp dan Kayu Lapuk Eukaliptus (*Eucalyptus* sp). *Jurnal Rekayasa dan Manajemen Agroindustri*, 9 (1), pp. 119-129. DOI: [10.24843/JRMA.2021.v09.i01.p12](https://doi.org/10.24843/JRMA.2021.v09.i01.p12)
- Herliyana, E. N., Maryam, L. F. & Hadi, Y. S., (2011). *Schizophyllum commune* Fr. Sebagai Jamur Uji Ketahanan Kayu Standar Nasional Indonesia pada Empat Jenis Kayu Rakyat : Sengon (*P. falcataria*), Karet (*H. brasiliensis*), Tusam (*P. merkusii*), Mangium (*A. mangium*). *Jurnal Silvikultur Tropika*, 2(3), p. 176 – 180. DOI: <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.2.3.%25p>
- Idris, Ramadhani, I., Kanti, A. & Sudiana, I. M., (2019). Screening of potential lignin-degrading fungi from the tropical forest for

- lignocellulose biotreatment. *Earth and Environmental Science*, pp. doi:10.1088/1755-1315/308/1/012014
- Jaya, G. P., Siregar, E. B. M. & Anna, N., (2018). Uji Potensi Fungi Pelapuk Putih Pada Kayu Karet Lapuk (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) Sebagai Pendegradasi Lignin Test of Potential White Rot Fungi at Rotten Karet Wood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) as degrading lignin. *Peronema Forestry Science Journal*, 4(2).
- Kameshwar, A. K. S. & Qin, W., (2016). Qualitative and Quantitative Methods for Isolation and Characterization of Lignin-Modifying Enzymes Secreted by Microorganisms. *Bioenerg. Res.*, pp. DOI 10.1007/s12155-016-9784-5
- Koentjoro, M. P., Masruroh, I., Isdiantoni & Prasetyo, E. N., (2021). Diseminasi Cara Hidup Sehat dan Sanitasi Di Kawasan Pesisir Pulauan Kecil Poteran, Sumenep Madura. *Jurnal Masyarakat Mandiri*, 5(3), pp. 1113-1120. DOI: 10.31764/jmm.v5i3.5011
- Kumar, A. & Arora, P. K., (2022). Biotechnological Applications of Manganese Peroxidases for Sustainable Management. *Front. Environ. Sci.*, Volume 10, p. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.875157>
- Li, T. et al., (2022). Wood decay fungi: an analysis of worldwide research. *Journal of Soils and Sediments*, Volume 22, p. 1688–1702. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-022-03225-9>
- Norfajrina, Istiqamah & Indriyani, S., (2021). Jenis-Jenis Jamur (Fungi) Makroskopis Di Desa Bandar Raya Kecamatan Tamban Catur. *Science and Local Wisdom Journal*, 1(1), pp. 17-33. DOI: <https://doi.org/10.18592/ak.v1i1.5156>
- Risdianto, H., Setiadi, T., Suhardi, S. H. & Niloperbowo, W., (2007). Pemilihan Spesies Jamur Dan Media Imobilisasi Untuk Produksi Enzim Ligninolitik. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia Dan Proses*, p. ISSN : 1411 – 4216.
- Ruhimat, R., Djajakirana, G. & Antonius, S., (2022). Fungi Dekomposer Penghasil Enzim Ekstraseluler Lakase, Mangan Peroksidase, dan Lignin Peroksidase dari Kawasan Kebun Raya Bogor: Isolasi, Seleksi, Identifikasi dan Kajian Aktivitas Enzimnya. *Jurnal Biologi Indonesia*, 18(1), p. DOI: 10.47349/jbi/18012022/111
- Smith, A. H., 1949. Mushroom in Their Natural Habitat. Michigan. s.l.: Hafner Press.
- Sumenep, B. K., 2020. Kabupaten Sumenep dalam Angka (B. K. Sumenep (ed.); 2020th ed.). ISSN: 0215.6199. <https://sumenepkab.go.id/uploads/document/books/SUMENEP-DALAM%20ANGKA-2020.pdf>
- Suryadi, H., Judono, J. J., Putri, M. R. & Ecclessia, A. D., (2022). Biodelignification of lignocellulose using ligninolytic enzymes from white-rot fungi. *Journal Heliyon*, p. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08865>.
- Swasono, M. N. & Suryani, T., (2018). Eksplorasi dan inventarisasi jamur pelapuk kayu di kawasan hutan bagian timur lereng Gunung Merapi, Jawa Tengah, via Selo Boyolali. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek III*. ISSN: 2527–533X.
- Watanabe, T., (2002). Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species. Ed ke-2 ed. USA: CRC Press. DOI: 10.1201/9781420040821
- Zhou, S., Du, Z., Li, X. & Zhang, Y., 2019. Degradation of methylene blue by natural manganese oxides: kinetics and transformation products. *The Royal Society*, p. <https://doi.org/10.1098/rsos.190351>