

Isolasi dan Karakterisasi Mikrofungi di Rhizosfer Hutan Sekebitung, Ciparanje, Universitas Padjadjaran

Yasmin Nur Azizah¹

¹Departemen Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Padjadjaran Jalan Ir. Soekarno KM. 21 Jatinangor, Kab. Sumedang, 45363 - Jawa Barat

¹Corresponding Author : yasmin2100@mail.unpad.ac.id

Penerbit

FKIP Universitas
Timor, NTT-
Indonesia

ABSTRAK

Rhizosphere is an area around plant roots that plays a very important and ideal role as a place to grow and develop diverse soil microbes, this is supported by moist soil conditions that are suitable for fungi to grow. These rhizosphere fungi can be utilized as biological control agents because they are antagonistic to other fungi. Rhizosphere fungi themselves have the ability to induce the plant's immune system against disease, support plant fertility, and also play a role in improving soil fertility. This study was conducted to determine the presence and characteristics of microfungi isolated from forest soil in Sekebitung, Ciparanje, Padjadjaran University. This research was conducted using a descriptive-explorative method using qualitative data collection. Qualitative data collection was carried out by isolating microfungi from forest rhizosphere soil samples using the pour cup method followed by observation of their macroscopic and microscopic characteristics. The results of this study indicate that there are two types of microfungi isolated from rhizosphere soil samples of Sekebitung forest, Ciparanje, Padjadjaran University, namely *Penicillium* spp. and *Aspergillus* spp. which are common microfungi found in soil because they can produce secondary metabolite compounds that are beneficial to soil and plants.

Kata kunci: Rhizosphere; Soil Microfungi; *Penicillium* spp.; *Aspergillus* spp.; Pour Plate Method.



This PSH : Prosiding Pendidikan Sains dan Humaniora is licensed under a CC BY-NC-SA ([Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/))

1 PENDAHULUAN

Tanah merupakan salah satu host dengan tingkat diversitas dan kelimpahan kehidupan mikroorganisme yang tinggi dan tersusun sebagian besar oleh bakteri dan jamur (Tiwari et al., 2021). Daerah tanah yang memainkan peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut adalah daerah rhizosfer. Rhizosfer merupakan daerah di sekitar perakaran tanaman yang memiliki peran sangat penting dan ideal sebagai tempat pertumbuhan dan perkembangan mikroba tanah yang beragam, hal ini didukung oleh kondisi tanah yang lembap sehingga cocok digunakan oleh jamur untuk berkembang biak (Bakker et al., 2013; Ristiari et al., 2018). Jamur rhizosfer dapat dimanfaatkan sebagai agen pengendali hayati karena sifat antagonisnya terhadap jamur lain. Jamur rhizosfer sendiri memiliki kemampuan untuk menginduksi sistem imun sebuah tanaman terhadap penyakit, mendukung kesuburannya, dan berperan juga dalam meningkatkan kesuburan tanah, di mana jamur ini akan membantu proses dekomposisi dan pembentukan nutrisi di dalam tanah, serta patogen akan diserang terlebih dahulu oleh jamur rhizosfer sebelum menginfeksi dan menyebar ke bagian tanah dan tanaman yang lain (Ristiari et al., 2018; Berendsen et al., 2012).

Mikrofungi atau jamur mikroskopis merupakan salah satu mikroorganisme eukariotik yang memiliki peran penting dalam ekosistem, di mana jamur ini dapat berperan sebagai penyeimbang biodiversitas, dekomposer, maupun bersimbiosis dengan tanaman dalam proses sintesis dan pengikatan unsur maupun senyawa yang dibutuhkan oleh sebuah tanaman (Tiwari et al., 2021). Jamur menggunakan berbagai senyawa organik yang tersedia di alam untuk menguraikannya kemudian menyerap dan menggunakan sebagai faktor serta nutrisi yang membantu pertumbuhan dan perkembangan jamur. Di alam, khususnya pada tanaman, jamur dapat berperan sebagai patogen maupun menguntungkan untuk tanaman, di mana biasanya jamur ini dapat berperan dalam menyerapan nutrisi, melindungi tanaman dari patogen, meningkatkan kekuatan dan pertumbuhan tanaman, serta bersimbiosis dengan faktor abiotik lainnya dalam mendukung kesuburan tempat tanaman tumbuh (Noerfitriyani & Hamzah, 2018; Tiwari et al., 2021).

Oh et al. (2019) menyatakan bahwa sebagian besar jamur yang diisolasi dari rhizosfer adalah berasal dari kelompok genus *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Trichoderma*. Ketiga jamur tersebut diketahui memiliki peranan yang penting di ekosistem karena memiliki banyak manfaat untuk tanah. Baik *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Trichoderma*, ketiganya diketahui dapat mensekresikan metabolit sekunder yang bermanfaat sebagai biological control agent atau agen pengendali hayati yang bermanfaat untuk mengurangi pengaruh musuh alami yang menyerang sebuah tanaman karena bersifat antagonis terhadap pertumbuhan jamur pathogen melalui parasitisme, predasi, persaingan, dan pembentukan antibiotic yang dapat menghambat pertumbuhan jamur lain (Novianti, 2018).

Ciparanje merupakan daerah dengan ketinggian ± 700 mdpl yang ada di Jatinangor, tepatnya di bagian atas Universitas Padjadjaran yang dimanfaatkan dengan baik oleh mahasiswa dan masyarakat setempat dalam berbagai aktivitas sehari-hari di dalamnya, seperti tempat praktikum (wet laboratory), penelitian, pertanian, perkebunan, peternakan, dan pengolahan air yang disalurkan ke seluruh bagian Universitas Padjadjaran. Dari banyaknya aktivitas yang dilakukan di wilayah tersebut, tentunya komponen penyusun wilayah Ciparanje ini saling mempengaruhi dan berkaitan satu sama lain. Oleh karena itu, isolasi dan karakterisasi

mikrofungi rhizosfer dari kawasan hutan Ciparanje Universitas Padjadjaran ini dapat dijadikan suatu indikator terkait kesuburan tanah dan tanaman di kawasan tersebut.

2 METODE

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode deskriptif-eksploratif yang melibatkan pengumpulan data secara kualitatif. Pengumpulan data secara kualitatif dilakukan dengan cara mengisolasi mikrofungi dari sampel tanah rhizosfer hutan dengan metode pour plate yang dilanjutkan dengan pengamatan karakteristiknya secara makroskopis dan mikroskopis.

2.1. Waktu dan Tempat Penelitian



Gambar 1 Koordinat dan Titik Sampling Tanah Rhizosfer

Penelitian ini akan dilakukan di kawasan hutan Sekebitung, Ciparanje, Universitas Padjadjaran, di mana sampel tanah yang digunakan merupakan berasal dari ini dengan koordinat $6^{\circ}54'36"S$ $107^{\circ}46'12"E$ dan elevasi sekitar 812 meter. Wilayah ini tersusun dari sawah, hutan, perkebunan, dan sumber air jalatista yang dikelola oleh masyarakat bersama-sama dengan pihak Universitas Padjadjaran. Sampel tanah yang digunakan untuk penelitian ini dilakukan pada wilayah yang masih ditemukan tumbuhan hijau, karena tanah disekitarnya cenderung kering karena adanya sisa pembakaran sampah.

2.2. Prosedur Kerja

2.2.1. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan untuk penelitian ini terdiri atas plastik zip lock, sendok/spatula, *cool box*, tabung reaksi, rak tabung reaksi, mikropipet, *fintips* steril, gelas ukur, pembakar bunsen, *vortex*, sumbat tabung, cawan petri, label, kertas pembungkus, aluminium foil, labu erlenmeyer, jarum ose, plastik *wrap*, kaca objek, *cover glass*, pipet tetes, *hot plate* dan *magnetic stirrer*, neraca analitik, mikroskop, autoklaf, inkubator, dan lemari pendingin. Alat yang diharuskan steril seperti tabung reaksi beserta sumbatnya, cawan petri, dan *fintips* disterilisasi terlebih dahulu menggunakan autoklaf pada suhu $121^{\circ}C$, tekanan 15 psi, selama 15 menit.

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini terdiri atas *aquadest*, alkohol 70%, alkohol 95%, sampel tanah, NaCl fisiologis, dan medium umum pertumbuhan jamur *Potato Dextrose Agar* (PDA). Pembuatan NaCl fisiologis dan medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) disesuaikan dengan keperluan, di mana mula-mula bahan ditimbang sesuai dengan kebutuhan dalam satuan w/v (berat per volume), lalu ditambahkan pelarut *aquadest* sesuai jumlah yang telah dihitung, kemudian diaduk hingga homogen dan sambil dipanaskan jika diperlukan. Selanjutnya, reagen dan medium yang telah homogen disterilkan di dalam autoklaf pada suhu $121^{\circ}C$, tekanan 15 psi, selama 15 menit.

2.2.2. Sampling

Pengambilan sampel tanah diambil pada titik hutan di kawasan Sekebitung, Ciparanje, di mana sampel tanah yang diambil adalah pada bagian rhizosfer. Untuk mengambil sampel tanah rhizosfer, tanah diambil langsung dari daerah perakaran tanaman target sebanyak \pm 100 gram, selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik *zip lock* yang sudah diberi identitas, kemudian disimpan di dalam *cooling box* dan dibawa ke laboratorium untuk dianalisis

2.2.3. Isolasi dan Purifikasi

Sampel yang didapat kemudian ditimbang sebanyak 1 gram, lalu dimasukkan ke dalam 10 mL larutan NaCl fisiologis, dan dihomogenkan menggunakan *vortex*. Selanjutnya, dilakukan pengenceran bertingkat (*serial dilution*) hingga pengenceran 10^{-5} . Sampel yang sudah diencerkan tersebut (tepatnya pada pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5}) dipipet sebanyak 1 mL dan masukkan ke dalam cawan petri steril. Tahap berikutnya, ke dalam cawan petri berisi larutan sampel tersebut ditambahkan sebanyak \pm 15 – 20 mL medium PDA yang suhunya tidak terlalu panas, dan diaduk perlahan hingga seluruhnya homogen. Setelah selesai, sampel diinkubasi pada suhu 25°C selama 3 – 5 hari, karena jamur biasa tumbuh pada suhu yang cenderung lembap, selain itu inkubasi dilakukan 3-5 hari bertujuan untuk mengoptimalkan pertumbuhan jamur yang biasanya baru muncul setelah 48 – 72 jam setelah inkubasi (Lestari *et al.*, 2018).

Tahap permurnian dilakukan dengan cara mengamati koloni yang sesuai dengan ciri-ciri koloni jamur, dan selanjutnya koloni jamur diambil menggunakan jarum ose, dan diinokulasikan ke dalam medium PDA baru, di mana hasil purifikasi ini dijadikan kultur isolat jamur tunggal (Mahendra *et al.*, 2022). Selanjutnya, dilakukan inkubasi pada suhu 25°C selama 3 – 5 hari sebelum dilakukan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis.

2.2.4. Identifikasi secara Makroskopis

Karakterisasi secara makroskopis dari jamur diidentifikasi pada medium PDA berdasarkan karakter koloni seperti bentuk, permukaan, warna, konsistensi, produksi spora, tepian, dan elevasi dari koloni jamur mengacu pada buku identifikasi berdasarkan deskripsi oleh Barnett dan Hunter (1998) serta Watanabe (2002) (Salvamani & Nawawi, 2014; Suanda, 2019).

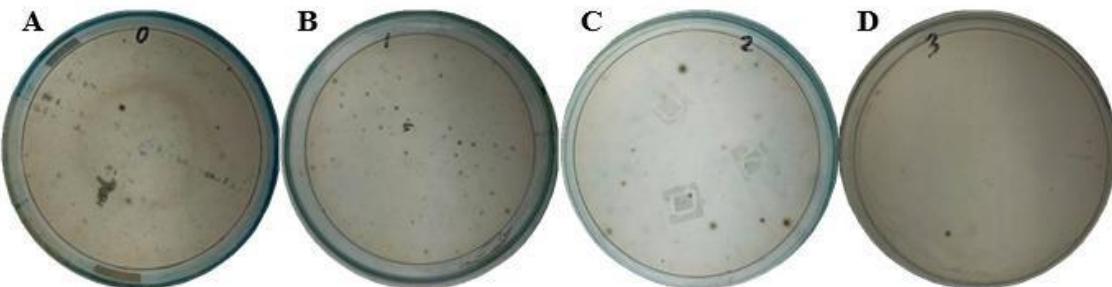
2.2.5. Identifikasi secara Mikroskopis

Karakterisasi secara mikroskopis dilakukan dengan cara biakan murni jamur diambil secara aseptis menggunakan jarum preparat dan diletakkan di atas permukaan object glass, lalu diberi pewarna yakni *lactophenol cotton blue* (LCB) untuk membantu mengamati struktur mikroskopisnya. Setelah itu, preparat ditutup dengan *cover glass* dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 400X. Lalu pengamatan mikroskopis yang diamati meliputi struktur hifa dan struktur reproduksi (Ristiari *et al.*, 2018).

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Identifikasi Makroskopis Koloni Jamur

Identifikasi isolat jamur secara makroskopis dilakukan dengan cara mengamati bentuk, warna, ukuran, dan tepian (*margin*) dari tiap isolat yang berbeda. Dari hasil pengamatan yang dilakukan, bentuk koloni yang tumbuh pada setiap pengenceran dari sampel tanah ini adalah sirkular, berwarna hijau pekat, berukuran kecil, dan pinggirannya rata (*entire*).



Gambar 3.1 Hasil Isolasi Jamur dari Tanah Hutan Ciparanje: A: Pengenceran 10^0 ; B: Pengenceran 10^{-1} ; C: Pengenceran 10^{-2} ; D: Pengenceran 10^{-3} .

Jamur yang tumbuh pada medium selanjutnya dipurifikasi dengan cara memilih koloni yang diduga jamur, dan selanjutnya dilakukan pengamatan makroskopis dan mikroskopisnya. Identifikasi isolat jamur secara makroskopis dilakukan dengan cara mengamati bentuk, warna, ukuran, dan tepian (*margin*) dari tiap isolat berbeda yang sudah dipurifikasi. Sedangkan pengamatan mikroskopisnya dilakukan dengan cara mengamati struktur konidium, fialid, metullae, konidiofor, dan tipe hifa (Saif *et al.*, 2019).

Tabel 1 Hasil Purifikasi Jamur dari Tanah Hutan Ciparanje

Kode Isolat	Gambar Koloni	Kode Isolat	Gambar Koloni
CP0		CP1	

Tabel 2 Karakteristik Makroskopis Jamur dari Tanah Hutan Ciparanje

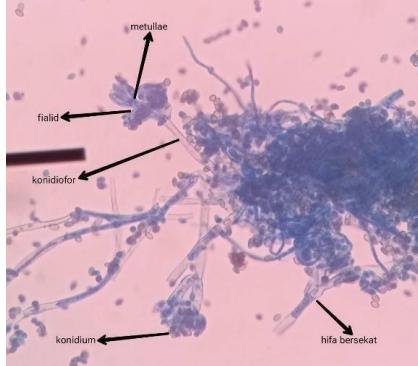
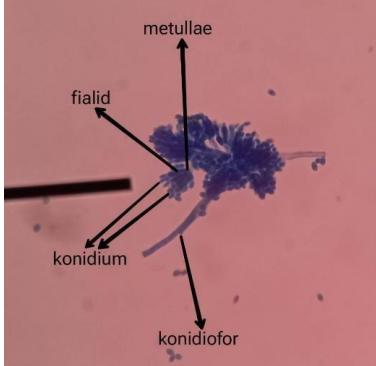
Kode Isolat	Karakteristik Makroskopis Isolat							
	Bentuk	Permukaan	Konsistensi	Warna	Pigmen Terlarut (Dasar Koloni)	Produksi Spora	Tepian	Elevasi
CP0	Irregular	Berserabut (seperti kapas/beludru)	Kering	Hijau tua disertai tepian berwarna putih	Rata	Berspora (<i>entire</i>)	Timbul	

CP1	<i>Irregular</i>	Berserabut (seperti kapas/beludru)	Kering	Hijau tua disertai tepian berwarna putih	Rata	Berspora (<i>entire</i>)	Timbul
-----	------------------	---------------------------------------	--------	--	------	----------------------------	--------

Hasil pengamatan makroskopis koloni jamur yang dilakukan kemudian dibandingkan dengan literatur. Berdasarkan ciri-ciri makroskopis koloni yang didapat, diduga bahwa koloni yang tumbuh dan diamati adalah *Aspergillus* spp. atau *Penicillium* spp., di mana menurut Ristiari *et al.* (2018), koloni *Aspergillus* spp. memiliki permukaan koloni berwarna hijau tua/gelap dengan tepian berwarna putih, tekstur permukaan seperti beludru/kapas, dan dasarnya berwarna putih kekuningan. Sedangkan menurut Saif *et al.* (2019), koloni *Penicillium* spp. berwarna hijau tua yang pekat dengan tepian berwarna putih saat masih awal pertumbuhan, dan tepiannya akan menjadi berwarna seperti bagian tengah koloninya saat sudah menua. Selain itu, pada bagian dasar koloni terdapat pigmen terlarut berwarna kuning, konsistensi koloni kasar, bentuknya sirkular/elips/irregular dengan tepian rata, miselium berwarna kuning, dan permukaan koloni berserabut.

3.2. Identifikasi Mikroskopis Koloni Jamur

Tabel 3. Karakteristik Mikroskopis Jamur dari Tanah Hutan Ciparanje

Kode Isolat	Gambar Koloni	Kode Isolat	Gambar Koloni
CP0		CP1	

Dari kedua isolat jamur yang sudah diidentifikasi secara mikroskopis, terlihat struktur konidium yang tunggal dan berbentuk bulat, fialidnya berkumpul membentuk susunan seperti garpu, terdapat metulae pada bagian di bawah fialid, konidiofor panjang, dan hifanya bersekat. Berdasarkan hasil identifikasi mikroskopis yang telah dilakukan, struktur yang terlihat diduga adalah genus *Penicillium* spp. Hal ini sesuai dengan acuan menurut Singh *et al.* (1991) bahwa *Penicillium* spp. memiliki struktur konidium yang berbentuk bulat hingga elips berwarna gelap, uniseluler, hifa hialin bening bersekat, hifa panjang dan halus, konidiofornya muncul tegak dari miselium dan bercabang mendekati bagian ujung serta berakhir pada percabangan ujung yang dikenal dengan metulae, dan pada ujung konidiofor ini terdapat sekumpulan fialid yang diatasnya terdapat konidium.

Pengamatan makroskopis dan mikroskopis yang dilakukan terhadap koloni jamur yang diisolasi dari sampel tanah hutan ini berdasarkan ciri-ciri koloninya menunjukkan bahwa genusnya diduga *Penicillium* spp. atau *Aspergillus* spp. yang memiliki ciri yang hampir mirip terutama pada warna, bentuk, dan tekstur permukaannya. Secara mikroskopis, ciri-ciri yang ditunjukkan mengarah pada genus *Penicillium* spp., di mana

untuk memastikan kembali genus dan spesiesnya perlu diuji secara molekuler.

Keberadaan *Penicillium* spp. dan *Aspergillus* spp. pada sampel tanah ini sangat mungkin untuk terjadi, karena kedua jamur ini sangat umum untuk dijumpai pada tanah. *Penicillium* spp. merupakan jenis jamur yang biasa ditemukan pada tanah, terutama pada bagian rhizosfer. Genus fungi ini beberapa di antaranya dapat memproduksi fosfor, siderofor, dan fitohormon seperti indol asetat dan asam giberelat yang bermanfaat untuk kesehatan tumbuhan (Park et al., 2020). Selain itu, menurut Anggraeni & Usman (2015), *Penicillium* spp. memiliki sifat antagonis terhadap patogen tular tanah, di mana jamur ini dapat mengeluarkan senyawa alkaloid berupa agroklavin dan ergometrin yang memiliki sifat antijamur.

Spesies *Penicillium* banyak tersebar di alam terutama dalam berbagai jenis tanah, seperti tanah budidaya, tanah hutan, tanah gurun, tanah pantai, maupun habitat laut (Park et al., 2014). *Penicillium* diketahui dapat memproduksi senyawa bioaktif seperti mikotoksin, antibiotik, herbisida, antioksidan, insektisida, dan senyawa antikanker (Babu et al., 2015). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa beberapa spesies *Penicillium* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui mekanisme produksi fitohormon (giberelin, auksin, sitokin, siderofor), pelarutan mineral, dan mekanisme antagonis terhadap fitopatogen. Selain itu, jika tanah diperkaya dengan jamur *Penicillium* diketahui juga dapat meningkatkan pertumbuhan, serapan fosfor (P) di tanah oleh akar tanaman seperti gandum, wijen, dan delima (Wakelin et al., 2006). Adapun genus *Aspergillus* spp. merupakan jamur filamentous yang biasa ditemukan di dalam tanah dengan berbagai vegetasi, dan berkembang secara saprofit. Pada tanah, *Aspergillus* spp. dapat mensekresikan metabolit sekunder yang dikenal dengan mikotoksin yang diproduksi melalui reaksi enzimatis melalui berbagai lintasan biokimia. Fungsi dari mikotoksin ini adalah mengganggu fungsi fagositosis pada jamur, pembunuhan intraseluler, dan produksi senyawa superokksida spontan (Mousavi et al., 2016). *Aspergillus* diketahui dapat ditemukan pada sebagian besar tanah terutama tanah tropis dan subtropis. Jamur ini memiliki daya tahan hidup yang baik sehingga dapat ditemukan pada berbagai variasi pH dan konsentrasi oksigen. Interaksi spesies *Aspergillus* dengan komponen biotik dan abiotik akan menjadi faktor penentu untuk jenis dan peran sekunder metabolit sekunder, seperti aflatoksin, gliotoksin, patulin, asam siklopiazonat, dan okratoksin, yang akan diproduksi (Nji et al., 2023). Selain itu, *Aspergillus* spp. juga memiliki kemampuan untuk melarutkan senyawa fosfat dan asam organik, mampu menghasilkan protease yang berperan dalam perubahan secara organik nitrogen di dalam tanah yang sebelumnya berbentuk protein/limbah organik menjadi NH₄⁺ (Ristiari et al., 2018).

Pertumbuhan jamur pada sampel tanah hutan ini dipengaruhi oleh adanya pH dan suhu, di mana pH medium yang ideal untuk pertumbuhan fungi pada medium Potato Dextrose Agar adalah $5,6 \pm 0,2$ dan suhu optimal yang diperlukan oleh fungi adalah pada suhu ruang yang lembap atau sekitar 22 – 25°C (Mustafa et al., 2023). Selain itu, keragaman jamur yang sedikit pada sampel rhizosfer tanah hutan dapat disebabkan oleh faktor alam atau tanah itu sendiri, misalnya karena kurangnya nutrisi yang dapat mendukung pertumbuhannya, dan nutrisi ini dapat hilang karena adanya aktivitas manusia yang tidak menggunakan tanah seefisien mungkin seperti penggunaan pupuk anorganik, dan dapat dikarenakan juga oleh adanya pengelolaan tumbuhan di hutan tersebut yang tidak tepat dan bijaksana (Conte et al., 2022), hal ini berkorelasi dengan kondisi tanah hutan di wilayah Sekebitung, Ciparanje sendiri, di mana tanah hutan yang diteliti tersebut cenderung kering dan didominasi oleh sisa pembakaran hutan sehingga kemungkinan nutrisinya telah habis. Ketidakadiran nutrisi pada tanah ini memungkinkan pH dari tanah tersebut menjadi tidak seimbang sehingga jamur lain tidak dapat

beradaptasi dengan baik, serta faktor lain yang dapat mempengaruhi keragaman jamur ini adalah adanya gangguan tanah contohnya kegiatan pembakaran, kosongnya tutupan pada permukaan tanah, serta perubahan faktor edafik lainnya (Conte et al., 2022).

4 KESIMPULAN

Peneliti berhasil menemukan koloni jamur yang diduga genus *Penicillium* spp. dan *Aspergillus* spp. ketika melakukan pengulangan prosedur menggunakan perlakuan yang berbeda, di mana genus tersebut didapatkan ketika dianalisis secara makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis, koloni jamur yang ditemukan memiliki bentuk irregular, berwarna hijau tua dengan tepian berwarna putih, bagian dasarnya berwarna putih kekuningan, serta tekstur permukaannya seperti beludru/kapas. Sedangkan secara mikroskopis, jamur yang ditemukan memiliki struktur yang terdiri atas konidium, fialid, metullae, konidiofor, dan hifa yang bersekat. Seluruh jamur yang ditemukan pada penelitian ini bersifat umum ditemukan pada berbagai tanah, dan memiliki kemampuan untuk menghambat pertumbuhan jamur lain karena adanya senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan.

5 DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni, D. N., & Usman, M. (2015). Uji Aktivitas dan Identifikasi Jamur Rhizosfer pada Tanah Perakaran Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*) terhadap Jamur Fusarium. *BioLink: Jurnal Biologi Lingkungan, Industri, Kesehatan*. 1(2): 89 – 98.
- Babu, A. G., Kim, S. W., Yadav, D. R., Hyum, U., Adhikari, M., & Lee, Y. S. (2015). *Penicillium menonorum: A Novel Fungus to Promote Growth and Nutrient Management in Cucumber Plants*. *Mycobiology*. 43(1): 49 – 56. <http://dx.doi.org/10.5941/MYCO.2015.43.1.49>.
- Bakker, P. A. H. M., Berendsen, R. L., Doornbos, R. F., Wintermans, P. C. A., & Pieterse, C. M. J. (2013). The rhizosphere revisited: root microbiomics. *Frontiers in Plant Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00165>.
- Barnett, H. L., & Hunter, B. (1998). *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Columbia: The American Phytopathological Society St. Paul Columbia
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., & Bakker, P. A. H. M. (2012). The rhizosphere microbiome and plant health. *Trends in Plant Science*, 17(8), 478–486. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2012.04.001>.
- Conte, E. D., Magro, T. D., Bem, L. C., Dalmina, J. C., Matté, J. A., Schenkel, V. O., & Schwambach, J. (2022). Use of *Trichoderma* spp. in No-Tillage System: Effect on Soil and Soybean Crop. *Biological Control*. 171(2022): 1 – 9.
- Lestari, L. A., Harmayani, E., Utami, T., Sari, P. M., & Nurviani, S. (2018). *Dasar-dasar Mikrobiologi Makanan di Bidang Gizi dan Kesehatan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mahendra, M. I., Martosudiro, M., & Choliq, F. A. (2022). Eksplorasi Jamur Tanah yang Berpotensi sebagai Bioremediator Fungisida Berbahan Aktif Propineb pada Tanaman Jeruk (*Citrus reticulata* L.). *Jurnal HPT*. 10(4): 174 – 186.
- Mousavi, B., Hidayati, M. T., Hidayati, N., Ilkit, M., & Syedmousavi, S. (2016). *Aspergillus Species in Indoor Environments and Their Possible Occupational and Public Health Hazards*. *Current Medical Mycology*. 2(1): 36 – 42.
- Mustafa, H. K., Anwer, S. S., & Zrary, T. J. (2023). Influence of pH, Agitation Speed, and Temperature on Growth of Fungi Isolated from Koya, Iraq. *Kuwait Journal of Science*. 50(4): 657 – 664.
- Nji, Q. N., Babalola, O. O., & Mwanza, M. (2023). Soil *Aspergillus* Species,

- Pathogenicity and Control Perspectives. *Journal of Fungi*. 9: 766. <https://doi.org/10.3390/jof9070766>.
- Noerfitryani, N., & Hamzah, H. (2018). Inventarisasi Jenis – Jenis Cendawan Pada Rhizosfer Pertanaman Padi. *Jurnal Galung Tropika*, 7(1), 11. <https://doi.org/10.31850/jgt.v7i1.282>.
- Novianti, D. (2018). Perbanyak Jamur Trichoderma sp. pada Beberapa Media. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*. 15(1): 35 - 41
- Oh, S. Y., Park, M. S., & Lim, Y. W. (2019). The Influence of Microfungi on the Mycelial Growth of Ectomycorrhizal Fungus Tricholoma matsutake. *Microorganisms*, 7(6), 169. <https://doi.org/10.3390/microorganisms7060169>.
- Park, M.S., Fong, J.J., Oh, S.Y., Kwon, K.K., Sohn, J.H., & Lim, Y. W. (2014). Marine-derived Penicillium in Korea: diversity, enzyme activity, and antifungal properties. *Antonie Van Leeuwenhoek*. 106: 331 – 345.
- Park, M. S., Lee, J. W., Kim, S. H., Park, J. H., You, Y. H., & Lim, Y. W. (2020). Penicillium from Rhizosphere Soil in Terrestrial and Coastal Environments in South Korea. *Mycobiology*. 48(6): 431 - 442
- Ristiari, N. P. N., Julyasih, K. S. M., & Suryanti, I. A. P. (2018). Isolasi dan Identifikasi Jamur Mikroskopis pada Rizosfer Tanaman Jeruk Siam (*Citrus nobilis* Lour.) di Kecamatan Kintamani, Bali. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*. 6(1): 10 – 19.
- Saif, F. A., Alameen, A. S., Mane, S. B., & Undre, P. B. (2019). Identification of Penicillium Species of Fruits Using Morphology and Spectroscopic Methods. *Journal of Physics: Conference Series*. 1644(2020): 1 – 11.
- Salvamani, S., & Nawawi, N. M. (2014). Macroscopic And Microscopic Approaches for Identification of Fungi from Plant Soil of Cameron Highlands. *Bioremediation Science and Technology Research*, 2(1), 14–18. <https://doi.org/10.54987/bstr.v2i1.68>
- Singh, K., Frisvad, J. C., Thrane, U., & Mathur, S. B. (1991). An Illustrated Manual on Identification of Some Seedborne Aspergilli, Fusaria, Penicillia, and their Mycotoxins. Denmark: AiO Tryk Odense.
- Suanda, I. W. (2019). Karakterisasi Morfologis Trichoderma sp. Isolat JB dan Daya Hambatnya terhadap Jamur Fusarium sp. Penyebab Penyakit Layu dan Jamur Akar Putih pada Beberapa Tanaman. *Jurnal Widya Biologi*. 10(2): 99 – 112.
- Tiwari, P., Bose, S. K., & Bae, H. (2021). Plant Growth-Promoting Soil Microbiomes: Beneficial Attributes and Potential Applications. *Sustainable Development and Biodiversity*. 27(1): 1 – 30.
- Wakelin, S.A., Anstis, S.T., Warren, R.A., & Ryder, M. H. (2006). The role of pathogen suppression on the growth promotion of wheat by *Penicillium radicum*. *Australasian Plant Pathology*. 35: 253 – 258.
- Watanabe, T. (2002). *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species*. USA: CRC Press LLC.