

SKRIPSI

**IDENTIFIKASI CENDAWAN YANG TUMBUH PADA
JARINGAN POHON PINUS (*Pinus merkusii*) DI DESA BONTO
LOJONG, KECAMATAN ULU ERE, KABUPATEN
BANTAENG**

Disusun dan diajukan oleh :

HESTY PRATIWI PUTRI

M011 18 1008



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2022

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Identifikasi Cendawan Yang Tumbuh Pada Jaringan Pohon Pinus (*Pinus merkusii*) Di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Ulu Ere, Kabupaten Bantaeng
Nama Mahasiswa : Hesty Pratiwi Putri
Nomor Pokok : M 011 18 1008

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin

Menyetujui,

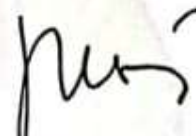
Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II



Mukrimin, S.Hut. M.P., Ph.D
NIP. 19780209 200812 1 001



Gusmiaty, S.P., M.P
NIP. 19791120 200912 2 002

Mengetahui,

**Ketua Departemen Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin**



Dr. Ir. Samsu Rijal, S.Hut. M.Si., IPU
NIP. 19770108 200312 1 003

Tanggal Lulus : 15 Agustus 2022

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hesty Pratiwi Putri

NIM : M011181008

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

“Identifikasi Cendawan yang Tumbuh pada Jaringan Pohon Pinus (*Pinus merkusii*) di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Ulu Ere, Kabupaten Bantaeng

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambil alihan tulisan orang lain bahwa skripsi saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 15 Agustus 2022

Yang menyatakan

Hesty Pratiwi Putri



ABSTRAK

HESTY PRATIWI PUTRI (M011 18 1008). Identifikasi Cendawan yang Tumbuh pada Jaringan Pohon Pinus (*Pinus merkusii*) di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Ulu Ere, Kabupaten Bantaeng. Di bawah Bimbingan Mukrimin dan Gusmiaty.

P. merkusii salah satu tanaman kayu berdaun jarum yang tumbuh secara alami di Aceh, Tapanuli, dan Kerinci. Tanaman ini digunakan untuk keperluan penyelamatan hutan yang mampu tumbuh dan beradaptasi dalam berbagai kondisi. Keberlangsungan perkembangbiakan tumbuhan dipengaruhi oleh pertumbuhan mikroorganisme yang biasanya berasosiasi pada bagian bawah tegakan, tanah, dan jaringan tumbuhan. Mikroorganisme berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi serasah bahan organik menjadi bahan anorganik. Tujuan dari penelitian ini untuk mengidentifikasi keanekaragaman cendawan yang tumbuh dan berasosiasi pada jaringan pohon *P. merkusii* dari lokasi penelitian di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Ulu Ere, Kabupaten Bantaeng. Penelitian ini menggunakan tahap isolasi yakni dengan metode langsung dan metode pengenceran, tahap peremajaan dan identifikasi cendawan. Hasil penelitian ini menunjukkan ditemukan 87 isolat cendawan, 9 (sembilan) genera cendawan yaitu *Phytium*, *Aspergillus*, *Tricoderma*, *Penicilium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Gliocladium*, *Mortirella zychae*, dan *Humicola*. Genus *Rhizopus* ditemukan lebih banyak dibandingkan dengan genus lainnya. Jumlah isolat cendawan adalah paling dominan pada jaringan akar dan paling sedikit pada jaringan batang. Seluruh cendawan tersebut adalah bersifat patogen, parasit, dan saprofit yang berperan sebagai dekomposer bahan organik, pelarut fosfat, melindungi tanaman dari serangga, dan bersifat antagonis

Kata Kunci: *Pinus merkusii*, Jaringan Pohon, Identifikasi Cendawan, Desa Bonto Lojong, *Rhizopus*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas limpahan anugerah, rahmat, Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “**Identifikasi Cendawan yang Tumbuh pada Jaringan Pohon Pinus (*Pinus merkusii*) di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Ulu Ere, Kabupaten Bantaeng**” sebagai bentuk upaya penyelesaian masa studi Kehutanan di Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada orang tua tercinta, ayahanda **P. Abdul Latif** dan Ibunda **P. Kartini** serta saudara saya **Chaerul Pratama Putra**, dan **Chaeril Prasetya** yang selalu memberikan motivasi, dukungan serta doa di berbagai kondisi. Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih khususnya kepada:

1. Bapak **Mukrimin, S. Hut, M.P., Ph. D** dan Ibu **Gusmiaty, S.P., M.P** selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam meluangkan waktu, tenaga, pikiran untuk membantu penulis menyelesaikan skripsi ini.
2. Ibu **Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M. P** dan **Dr. Risma Illa Maulany, S. Hut., M. Nat., Rest** selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran, bantuan serta koreksi dalam penyusunan skripsi.
3. Kepada **Andi Wafiqah Mufli Murtdha S. Hut, Riska Amalia, Ananda Fadiya Indah Ramadhani, Andi Mustainah Rusli, Syamsu Marlin dan Aznan Aznawi S. Hut** yang telah membantu dalam proses penelitian.
4. Kak **Musdalifah S.Hut, Yushariana Yahya S.Hut , Sriayu Ramli, S.Hut, Nurul Musdalifah S.Hut, Aqdia Adila S.Hut, Atisa Muslimin S.Hut**, dan **Siti Aminah, S.P.** selaku orang-orang yang telah membantu saya selama penelitian di lapangan dan di laboratorium
5. Kepada teman-teman “**Wanita Solehah**” (**Andi Rezki tenriola dan Andi Bunayya Andini**) terima kasih atas motivasinya dan bantuannya selama masa perkuliahan.

6. Kepada **Keluarga Mahasiswa Kehutanan Sylva Indonesia (PC.) Universitas Hasanuddin**. Terima kasih untuk segala ilmu, kesempatan dan pengalaman berharganya.
7. **“UKM BELANTARA KREATIF SYLVA INDONESIA (PC.) UNIVERSITAS HASANUDDIN”** terima kasih telah menjadi wadah pembelajaran selama proses perkuliahan.
8. Teman-teman **“TALENTA 17”** yang telah menyukseskan pentas karya talenta 17 **“Palungeng Ase”**.
9. Keluarga besar **“Kelas A, SOLUM 2018 dan seluruh teman-teman Bioteknologi”** terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya selama masa perkuliahan.
10. Orang-orang berjasa namun tidak mampu disebutkan namanya, terima kasih karena senantiasa memberikan cerita pahit dan manis dalam kehidupan saya selama proses perkuliahan.

Dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Bertolak dari itulah, penulis mengharapkan adanya koreksi, kritik dan saran yang membangun, dari berbagai pihak sehingga menjadi masukan bagi penulis untuk peningkatan di masa yang akan datang. Akhir kata penulis mengharapkan penyusunan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Makassar, 21 Juli 2022

Hesty Pratiwi Putri

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 <i>Pinus merkusii</i>	3
2.1.1 Klasifikasi	3
2.1.2 Penyebaran	3
2.1.3 Morfologi.....	4
2.1.4 Habitat	4
2.1.5 Kegunaan	4
2.2 Mikroorganisme	6
2.3 Cendawan (Jamur)	7
2.3.1 Pengertian	7
2.3.2 Morfologi.....	8
2.3.3 Reproduksi.....	10
2.3.4 Cendawan Endofit	11

2.4	Klasifikasi Cendawan	12
2.4.1	<i>Pythium</i>	12
2.4.2	<i>Aspergillus</i>	13
2.4.3	<i>Trichoderma</i>	13
2.4.4	<i>Penicilium</i>	14
2.4.5	<i>Mucor</i>	14
2.4.6	<i>Rhizopus</i>	15
2.4.7	<i>Gliocladium</i>	16
2.4.8	<i>Mortirella zychae</i>	16
2.4.9	<i>Humicola</i>	16
III.	METODE PENELITIAN	14
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2	Alat dan Bahan	18
3.3	Prosedur Penelitian	18
3.3.1	Pengambilan Sampel	18
3.3.2	Pembuatan Media Cendawan	19
3.3.3	Isolasi Cendawan	20
3.3.4	Pertumbuhan dan Peremajaan Cendawan	21
3.3.5	Identifikasi Cendawan	21
3.4	Variabel Pengamatan	22
3.5	Analisis Data	22
3.6	Analisis Data	20
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1	Deskripsi Lokasi Penelitian	23
4.2	Isolasi Cendawan	23
4.3	Karakteristik Morfologi	27

4.4	Identifikasi Cendawan	30
4.5	Analisis Kluster Genus Cendawan Pohon Pinus (<i>P. merkusii</i>) Berdasarkan Analisis Heatmap	45
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1	Kesimpulan	47
5.2	Saran	47
	DAFTAR PUSTAKA	54
	LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Hasil Isolasi Cendawan Metode (a) Langsung, (b) Pengenceran, Hasil Pemurnian Metode (c) Langsung (d) Pengenceran	24
Gambar 2.	Jumlah Isolat Cendawan berdasarkan Metode Isolasi Jaringan Pohon Pinus (<i>P. merkusii</i>)	25
Gambar 3.	Jumlah Isolat Cendawan Pada Pohon Pinus (<i>P. merkusii</i>)	26
Gambar 4.	Hasil Isolasi Cendawan pada Sepuluh Sampel Pohon Pinus (<i>P. merkusii</i>).....	27
Gambar 5.	Tekstur Cendawan (a) Kapas Halus, (b) Kapas Kasar, (c) Beludru ...	28
Gambar 6.	Sketsa Perbandingan Jumlah Genus Cendawan Pada Jaringan Pohon Pinus (<i>Pinus merkusii</i>)	31
Gambar 7.	Total Persentase Genus Cendawan Pada Jaringan Pohon Pinus (<i>Pinus merkusii</i>).....	32
Gambar 8.	Genus <i>Pythium</i>	33
Gambar 9.	Genus <i>Aspergillus</i>	34
Gambar 10.	Genus <i>Trichoderma</i>	35
Gambar 11.	Genus <i>Penicilium</i>	36
Gambar 12.	Genus <i>Mucor</i>	37
Gambar 13.	Genus <i>Rhizopus</i>	38
Gambar 14.	Genus <i>Gliocladium</i>	39
Gambar 15.	Genus <i>Mortirella zychae</i>	40
Gambar 16.	Genus <i>Humicola</i>	41
Gambar 17.	Jumlah Rata-Rata Isolat Cendawan dan Standar Error pada Jaringan Pohon Pinus (<i>P. merkusii</i>).....	44
Gambar 18.	Analisis Kluster Genus Cendawan Pohon Pinus (<i>Pinus merkusii</i>).....	45

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Kode Isolat, Diameter Pertumbuhan, Tekstur dan Warna Cendawan Pada Jaringan Pohon Pinus (<i>Pinus merkusii</i>) selama 7 setelah diidolasi pada media PDA	29
Tabel 2.	Genus dan peran terhadap host/tanaman inangnya.....	41
Tabel 2.	Analisis Korelasi Diameter, Tinggi, dan Kondisi Lingkungan Terhadap Jumlah Isolat Cendawan.....	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Dokumentasi pengambilan sampel di lapangan.....	55
Lampiran 2.	Data tinggi, diameter dan kondisi lingkungan	56
Lampiran 3.	Dokumentasi penelitian	58
Lampiran 4.	Hasil Identifikasi mikroskopis Cendawan	59
Lampiran 5.	Kode isolat, diameter pertumbuhan, tekstur dan warna cendawan pada jaringan pohon Pinus (<i>Pinus merkusii</i>) selama 7 hari setelah diisolasi pada media PDA	42

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Hutan pinus merupakan salah satu hasil kekayaan keanekaragaman hayati yang ada di Indonesia. Hutan pinus yang banyak tersebar adalah hutan pinus jenis *P. merkusii*. Persebaran *P. merkusii* berada pada pulau Sumatera, Aceh, Tapanuli, dan Kerinci. Selain di Indonesia, *P. merkusii* juga banyak dijumpai tumbuh alami di berbagai negara yaitu Vietnam, Kamboja, Thailand, Burma, India, dan Philipina (Sallata, 2013). Perkembangan hutan pinus jenis *P. merkusii* telah lama dibudidayakan sejak zaman kolonial Belanda karena dianggap sebagai tanaman pionir dengan persentase (60 %) yang ditanam untuk keperluan penyelamatan hutan terutama dalam hal kegiatan reboisasi yang mampu tumbuh dan beradaptasi dalam berbagai kondisi (Indrajaya & Handayani, 2008).

Pemanfaatan *P. merkusii* di Indonesia digunakan dalam hal produksi kayu dan getah sehingga banyak yang menganggap bahwa pohon *P. merkusii* merupakan pohon serbaguna karena kayunya dapat dimanfaatkan dalam produksi kayu dan industri kayu seperti korek api, pulp, dan kertas serat panjang. Selain kayunya yang digunakan dalam hal produksi dan industri kayu, getah dari pohon *P. merkusii* juga dapat dimanfaatkan dalam hal perindustrian di Indonesia. Tegakan dari pohon *P. merkusii* yang berada pada kawasan hutan lindung juga dimanfaatkan sebagai objek wisata karena menghasilkan oksigen yang cukup baik dan menstabilkan kondisi hidrologis (Hidayati *et al.*, 2020).

Keberlangsungan perkembangbiakan tumbuhan dipengaruhi oleh pertumbuhan mikroorganisme yang biasanya berasosiasi pada bagian bawah tegakan (serasah), tanah, dan jaringan tumbuhan (akar, batang, kulit, dan daun) yang memberikan dampak menguntungkan dan merugikan bagi tanaman. Mikroorganisme atau yang sering disebut dengan mikroba merupakan organisme yang berukuran kecil dan mampu hidup pada seluruh jaringan pohon karena mikroba mampu berinteraksi dengan lingkungannya (Mayasari, 2020). Mikroba secara umum berperan sebagai produsen, konsumen, maupun reducen. Jasad produsen menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik dengan energi sinar matahari. Menurut pandangan Louis Pasteur yang dikenal sebagai ahli mikrobiologi

mengatakan bahwa perkembangan mikroba pada awalnya berasal dari udara bebas yang pembagiannya tidak merata dan cara pembebasan bahan-bahan dari mikroba dilakukan dengan cara sterilisasi (Nurhayati, 2012).

Mikroba secara spesifik memiliki manfaat yaitu dapat digunakan sebagai pupuk hayati (*Biofertilizer*), biopeptisida, pengomposan, dan sebagainya (Golongan yang termasuk ke dalam mikroba adalah bakteri, cendawan atau jamur tingkat rendah, ragi yang menurut sistematik masuk golongan jamur, ganggang, hewan bersel satu atau protozoa, dan virus yang hanya terlihat dengan mikroskop elektron (Pangaribuan, 2018). Cendawan merupakan salah satu mikroba yang memiliki peran penting dalam siklus biogeokimia tanah, siklus hara, dan membantu proses dekomposisi bahan organik dalam ekosistem hutan (Khayati & Warsito, 2018). Keberlangsungan pertumbuhan cendawan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti faktor substrat, cahaya, kelembaban, suhu, derajat keasaman substrat (pH) dan senyawa-senyawa kimia di lingkungannya (Usuman & Fitriyaningsih, 2011).

Kemampuan cendawan *rhizosfer* dalam mengoptimalkan penguraian di dalam tanah telah dilakukan pada pohon mahoni (*Swietenia mahagoni*) dalam penelitian Mukrimin *et al.*, (2021a). Selain berasosiasi di daerah perakaran, cendawan juga mampu berasosiasi dengan baik pada jaringan pohon (akar, batang, kulit batang, dan daun). Hasil penelitian Mukrimin *et al.*, (2021b), bahwa terdapat keanekaragaman genus cendawan yang dapat berasosiasi dalam jaringan pohon eboni (*Dyospiros celebica Bakh.*). Penelitian sebelumnya terkait Identifikasi cendawan pada jaringan pohon, serasah, dan tanah Pinus Rombeng (*Pinus sp.*) telah dilakukan oleh Riskayana, (2021). Informasi penelitian identifikasi cendawan pada jaringan pohon *P. merkusii* belum didapatkan sehingga penelitian ini dilakukan.

1.2. Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keanekaragaman cendawan yang tumbuh dan berasosiasi pada jaringan pohon *P. merkusii* dari lokasi penelitian di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Ulu Ere, Kabupaten Bantaeng. Kegunaan dari penelitian ini sebagai bahan informasi terdapatnya keragaman cendawan pada jaringan pohon Pinus *P. merkusii* di Desa Bonto Lojong, Kecamatan Ulu Ere, Kabupaten Bantaeng.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Pinus merkusii*

2.1.1. Klasifikasi

P. merkusii merupakan salah satu tanaman kayu berdaun jarum yang tumbuh secara alami pada beberapa daerah di Indonesia. Di Indonesia jenis ini secara alami tumbuh di Aceh, Tapanuli, Sulawesi, dan Kerinci (Jambi) . Klasifikasi taksonomi *P. merkusii* adalah sebaagi berikut : (Marfi, 2018)

Kingdom : Plantae
Sub kingdom : Tracheobionta
Super divisi : Spermatophyta
Divisi : Coniferophyta
Kelas : Pinopsida
Ordo : Pinales
Famili : Pinaceae
Genus : Pinus
Spesies : *Pinus merkusii*

2.1.2. Penyebaran

P. merkusii secara geografis tersebar antara 2⁰ LS – 22⁰ LU dan 95⁰ 30' BB – 120⁰ 31' BT dan mampu tumbuh hingga ketinggian 200 mdpl - 2.000 mdpl (Kalima *et al.*, 2005). Persebaran *P. merkusii* meliputi wilayah Indonesia, Vietnam, Kamboja, Thailand, Burma (Myanmar), India, dan Filipina (Sallata, 2013). Menurut Cooling (1968) dalam (Suhaendi, 2005) menyatakan bahwa populasi *P. merkusii* di Indonesia tumbuh secara alami pada tiga tempat yaitu Aceh, Tapanuli, dan Kerinci. Perbedaan pendapat dalam hal penyebutan dan penamaan dari populasi ini di kemukakan oleh Lamb dan Cooling (1967) yang menamakan bahwa populasi tersebut "strain", sedangkan Cooling (1968) menyebutnya "provenansi". Jika dilihat dari persebaran alamiahnya, *P. merkusii* yang paling banyak ditemui adalah *strain* Aceh sedangkan *strain* Tapanuli dan *strain* Kerinci tidak banyak dijumpai karena tercampur dengan jenis-jenis kayu daun lebar. Sedangkan *strain* Aceh sangat banyak karena hampir menyerupai hutan tanaman (Suhaendi, 2005).

2.1.3. Morfologi

Pohon *P. merkusii* merupakan jenis pohon yang berasal dari *famili Pinaceae* yang dapat tumbuh hingga ketinggian 20-40 m dengan diameter 70-90 cm. Pohon *P. merkusii* yang sudah tua memiliki diameter pohon yang mampu mencapai 100-145 cm dengan tinggi bebas cabang sekitar 2-23 m. *P. merkusii* adalah salah satu genus pinus yang memiliki daun berbentuk jarum, jumlahnya sepasang, dan tersusun spiral (Kalima *et al.*, 2005). Pola persebaran *P. merkusii* yang banyak dijumpai di lapangan dalam kondisi lahan miring mempunyai bentuk pohon yang tinggi, lurus dengan bentuk tajuk yang khas (payung atau kerucut simetris atau asimetris) (Suhaendi, 2005).

2.1.4 Habitat

Pohon *P. merkusii* dapat tumbuh pada daerah dataran tinggi yang memiliki iklim sejuk dan hidup secara bergerombol dengan daun yang tumbuh pada dahan atau ranting bagian tengah. Kondisi tanah untuk pertumbuhan Pohon *P. merkusii* adalah tanah yang bersifat asam dan memiliki serapan air yang baik. (Rochidayat & Sukawi, 1979). Pohon *P. merkusii* memiliki akar tunggang dengan sistem perakaran yang dalam dan kuat sehingga cocok untuk tumbuh pada tanah dengan tekstur yang ringan hingga sedang. Selain itu, habitat *P. merkusii* juga dipengaruhi oleh tingkat keasaman tanah atau pH tanah (Hadi, 1980).

Pohon *P. merkusii* dapat hidup diberbagai ketinggian dan tempat terbaik pertumbuhannya berada pada ketinggian 400 mdpl sampai 2000 mdpl. Pada ketinggian dibawah atau kurang dari 400 mdpl maka akan tumbuh dengan kondisi tidak optimal karena suhu udara yang tinggi. Sedangkan jika di tanam di ketinggian 2000 mdpl juga tidak akan tumbuh dengan kondisi optimal karena proses fotosintesis yang akan terhambat (Suharlan *et al.*, 1980).

2.1.5 Kegunaan

P. merkusii telah banyak ditemukan sejak zaman kolonial belanda dengan tujuan untuk reboisasi dan dapat tumbuh di berbagai kondisi. Produk utamanya yaitu sebagai penghasil getah dan banyak ditanam oleh Perum Perhutani di Pulau Jawa.. Chanan (2009), menjelaskan bahwa *P. merkusii* memiliki manfaat baik dari segi ekonomi, sosial, dan ekologi. Manfaat dari segi ekonomi yaitu getah pinus

mampu menjadi sumber komoditi perdagangan yang menguntungkan, cukup banyak menyerap tenaga kerja setempat, dan penghasil bahan industri. Manfaat dari segi sosial yaitu dapat memberikan dampak langsung dari manfaat ekonomi dari hutan pinus yang dimanfaatkan secara baik dapat memperbaiki penghidupan masyarakat di sekitarnya. Sedangkan dari segi ekologis *P. merkusii* merupakan jenis kayu yang mampu membentuk penutupan vegetasi permanen bersama jenis-jenis tumbuhan lain, sehingga fungsi hidrologi dan konservasi tanah dapat tercapai (Mampi *et al.*, 2018).

Rahayu dan Mutaqin (2012) menambahkan, beberapa keuntungan yang didapatkan dari tanaman *P. merkusii* antara lain, yaitu pertumbuhan relatif cepat, tidak memerlukan tempat tumbuh dengan syarat tertentu, dapat tumbuh mulai 200-2000 mdpl, dan perakaran cukup kuat dan cukup dalam hingga dapat mencegah atau mengurangi bahaya erosi pada tanah kritis. Tanaman ini pada awalnya digunakan sebagai tanaman reboisasi dan penghijauan karena pertumbuhannya yang cepat serta merupakan jenis tanaman pionir (Mampi *et al.*, 2018).

Hutan pinus merupakan jenis hutan dengan tanaman yang bersifat homogen. Pohon *P. merkusii* sendiri hanya dapat hidup di daerah yang mempunyai kondisi iklim yang sedang. Tanaman pinus memiliki berbagai manfaat untuk kesehatan dan keperluan industri. Manfaat tanaman *P. merkusii* dari aspek kesehatan antara lain, mengandung *Flavanoid* dan Vitamin C. Pada tahun 1940-an peneliti Prancis menemukan bahwa kulit pohon *P. merkusii* dan daun jarumnya mengandung banyak vitamin C. Selain itu, ditemukan juga bahwa pohon *P. merkusii* kaya akan antioksidan, yaitu *Flavonol* dan *Bioflavonoid*. Senyawa ini kemudian diekstraksi menjadi *Pycnogenol* dan dipasarkan menjadi suplemen diet. *Pycnogenol* juga digunakan sebagai obat jet lag, meringankan peredaran darah, nyeri lutut, kram menstruasi, bahkan obat untuk meningkatkan memori pada orang lanjut usia. Sedangkan dari manfaat industri, tanaman *Pinus merkusii* disadap untuk menghasilkan getah pinus (oleoresin). *P. merkusii* yang disadap tersebut kemudian diolah untuk menghasilkan gondorukem dan terpening yang merupakan bahan baku industri lanjutan.

Gondorukem digunakan sebagai bahan baku dalam industri kertas, keramik, plastik, cat, batik, tinta cetak, politur, farmasi, dan kosmetik. Sementara itu,

terpenting dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam industri kosmetik, minyak cat, campuran bahan pelarut, antiseptik, kamper, dan farmasi. Selain getah, bagian lain yang dimanfaatkan dari pohon *P. merkusii* untuk keperluan industri adalah kayunya yang digunakan untuk konstruksi ringan, mebel, pulp, korek api dan sumpit. Tak hanya kayunya, bunga pinus juga kini telah banyak diolah menjadi berbagai macam kerajinan seperti rangkaian bunga untuk dekorasi pesta, bingkai foto, dan beragam kerajinan lainnya yang punya daya jual yang cukup menguntungkan.

2.2. Mikroorganisme

Mikroorganisme atau mikroba adalah organisme yang berukuran beberapa mikron atau bahkan sangat kecil sehingga diperlukan alat bantuan untuk mengamatinya. Mikroorganisme umumnya terdapat dimana-mana seperti di dalam tanah, lingkungan akuatik, berkisar dari aliran air sampai lautan, dan atmosfer. Golongan yang termasuk ke dalam mikroorganisme adalah bakteri, cendawan atau jamur tingkat rendah, ragi yang menurut sistematik masuk golongan jamur, ganggang, hewan bersel satu atau protozoa, dan virus yang hanya terlihat dengan mikroskop elektron (Pangaribuan, 2018).

Menurut Wicaksono (2015) dalam (Tambunan, 2019) menjelaskan bahwa mikroorganisme berperan dalam proses dekomposisi dan mineralisasi serasah bahan organik menjadi bahan anorganik. Pertumbuhan mikroorganisme dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti tersedianya nutrisi, air dan pH tanah. Jasad renik heterotrof membutuhkan nutrisi untuk kehidupan pertumbuhannya yaitu sebagai:

- a. sumber karbon,
- b. sumber nitrogen,
- c. sumber energi,
- d. dan faktor pertumbuhan (mineral dan vitamin)

Sel jasad renik memerlukan air untuk hidup dan berkembang biak. Pertumbuhan jasad renik di dalam suatu bahan sangat dipengaruhi oleh jumlah air yang tersedia. Tidak semua air yang tersedia dapat digunakan oleh jasad renik. Nilai pH medium sangat berpengaruh pada jenis mikroba yang tumbuh. Jasad renik pada umumnya dapat tumbuh pada kisaran pH 3-6. Kebanyakan bakteri mempunyai pH optimum, yakni pH dimana pertumbuhan optimum sekitar pH 6,5-7,5. Pada pH

dibawah 5,0 dan diatas 8.5 bakteri tidak dapat tumbuh dengan baik, kecuali bakteri asam asetat dan bakteri yang mengoksidasi sulfur (Suharman, 2020).

2.3 Cendawan (Jamur)

2.3.1. Pengertian

Cendawan merupakan istilah umum untuk jamur makro yang merupakan salah satu keanekaragaman hayati di hutan tropis Indonesia. Cendawan memiliki peran penting dalam siklus biogeokimia tanah, siklus hara, dan membantu proses dekomposisi bahan organik dalam ekosistem hutan. Kelompok cendawan secara nyata mempengaruhi jaring-jaring makanan di hutan, seperti kelangsungan hidup atau perkecambahan anakan-anakan pohon dan pertumbuhan pohon. Pada awal musim penghujan merupakan waktu bagi pertumbuhan beberapa cendawan. Di mana, beberapa cendawan dapat membentuk badan buah, namun ada juga beberapa jenis lainnya tidak dapat membentuk badan buah. Munculnya badan buah (*fruiting body*) akan mempermudah dalam pengamatan, sayangnya kemunculan badan buah cendawan tergantung pula pada musim penghujan. Cendawan tumbuh dengan baik pada musim penghujan dan akan mati setelah musim kemarau tiba (Khayati & Warsito, 2018).

Faktor lingkungan sangat menentukan penyebaran dan pertumbuhan suatu organisme dan setiap spesies hanya dapat hidup pada kondisi abiotik tertentu yang berada dalam kisaran toleransi tertentu yang cocok bagi organisme tersebut. Menurut Tampubolon (2010) dalam (Khayati & Warsito, 2018) cahaya, suhu dan air secara ekologis merupakan faktor lingkungan yang penting. Intensitas penyinaran cahaya matahari akan mempengaruhi suhu dan kelembaban udara di sekitar tempat tumbuh cendawan makroskopis yang ditemukan. Intensitas penyinaran yang tinggi akan menghambat pertumbuhan populasi cendawan, karena akan menghambat pembentukan struktur alat-alat reproduksi dan spora cendawan. cendawan umumnya tumbuh di tempat yang lembab pada kisaran suhu 20–30°C.

Identifikasi jamur dapat dilakukan dengan dua acara berdasarkan makroskopis dan mikroskopis. Proses identifikasi berdasarkan pada ciri-ciri makroskopis dan mikroskopisnya. Ciri-ciri makroskopis diidentifikasi berdasarkan pada karakter koloni seperti: warna dan permukaan koloni, garis-garis radial dari

pusat koloni ke arah tepi koloni, serta lingkaran-lingkaran konsentris (Ristiari *et al.*, 2018). Pengamatan 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* untuk membantu mengamati struktur mikroskopisnya. Setelah itu, preparat ditutup dengan *cover glass* dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 400X. Ciri-ciri mikroskopis yang diamati meliputi struktur hifa dan struktur reproduksi. Identifikasi jamur mengacu pada buku identifikasi *Illustrated General of Imperfect Fungi*, watanabe (2010), pengenalan Kapang Tropik Umum, *Description of Medical Fungi Second Edition*, dan *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi* (Khayati & Warsito, 2018).

2.3.2 Morfologi

Menurut Gandjar *et al.*, (2006) morfologi jamur yaitu diantaranya:

a. Hifa

Hifa memiliki bentuk menyerupai seuntai benang panjang yang terbentuk dari pertumbuhan spora atau konidia. Bagian tubuh fungi yang mencolok adalah miselium yang terbuat dari kumpulan hifa yang bercabang-cabang membentuk suatu jala yang umumnya berwarna putih. Hifa berisi protoplasma yang dikelilingi oleh suatu dinding yang kuat.

b. Dinding Sel

Dinding sel memberikan bentuk kepada sel dan melindungi isi sel dari lingkungan. Meskipun kokoh, dinding sel tetap bersifat permeable untuk nutrient-nutrien yang diperlukan fungi bagi kehidupannya. Komponen penting dalam dinding sel sebagian besar fungi adalah kitin, suatu polisakarida yang juga merupakan komponen utama dari kerangka luar serangga dan artropoda lainnya. Kitin adalah polimer linear dari N-asetilglukosamin yang subunit-subunitnya dihubungkan oleh ikatan β -(1-4) glukosida.

- c. Septum
Septum merupakan suatu sekat yang membagi hifa menjadi kompartemen-kompartemen. Meskipun demikian protoplasma dari sel-sel masih saling berhubungan karena septum tersebut mempunyai lubang-lubang.
- d. Mitokondria
Mitokondria terdapat dalam sitoplasma sel fungi, dapat berbentuk lingkaran, oval atau memanjang.
- e. Ribosom
Ribosom terdapat bebas dalam sitoplasma, tetapi ada juga yang terikat pada permukaan retikulum endoplasma atau pada membran nukleus. Dalam ribosom terjadi sintesis polipeptida. Ribosom terdapat dalam matriks mitokondria.
- f. Aparatus Golgi
Aparatus golgi mempunyai aneka peran, antara lain memproses dan menyekresi glikoprotein yang akan menjadi bagian dari dinding sel, menyekresi bahan-bahan ekstraseluler seperti *cell coat* pada pembelahan spora dari suatu sitoplasma yang multinukleat, menghasilkan vesikel yang berperan dalam pertumbuhan dinding sel.
- g. Microbodies
Microbodies, antara lain: peroksisom (mengandung katalase), glioksisom (mengandung enzim-enzim yang terlibat dalam oksidasi asam lemak dan dalam siklus glio-oksalat), hidrogenosom (mengandung hidrogenase untuk reaksi-reaksi yang anaerob dalam sel), lisosom (mengatur pemecahan komponen-komponen sel, misalnya pemecahan septum agar inti sel bisa bergerak dari sel yang satu ke sel yang lain dan pada fungi yang parasit untuk memecah dinding sel dari inang).
- h. Vesikel
Bagian dalam sel terdapat vesikel-vesikel, yaitu struktur-struktur mirip kantung, dalam jumlah besar di lokasi-lokasi pertumbuhan dinding sel, terutama pada hifa apikal. Vesikel tersebut mengosongkan isinya di antara plasmalema dan dinding sel. Beberapa vesikel mengandung enzim-enzim yang melunakkan dinding sel yang sudah ada agar kemudian dapat meluas

(bertambah), karena ada vesikel-vesikel lain mengandung bahan-bahan untuk membentuk dinding sel. Peran vesikel juga pada pengikatan zat warna dan fungisida yang racun untuk sel, serta untuk mengekskresi enzim-enzim ekstraselular. Di samping vesikel-vesikel tersebut di atas masih ada vesikel-vesikel yang sangat kecil, yaitu kitosom (*chitosomes*), yang mengandung enzim kitin-sintetase dan berperan dalam membentuk fibril kitin dari prekursornya.

2.3.3. Reproduksi Cendawan (Jamur)

Cendawan berkembang biak secara alami dengan seksual dan aseksual. Koes Irianto (2002) dalam Diana (2018) menyatakan bahwa perkembang biakan cendawan secara seksual yaitu berupa peleburan nukleus dari sel induknya. Sedangkan perkembang biakan secara aseksual yaitu dengan pembelahan, penguncupan, dan pembentukan spora.

Pada pembelahan suatu sel cendawan membagi diri untuk membentuk dua sel anakan yang serupa dan dapat pula secara seksual dengan peleburan nukleus dari dua sel induknya. Pada penguncupan suatu sel anak tumbuh dari penonjolan kecil pada sel inangnya. Spora aseksual berfungsi untuk menyebarkan spesies dibentuk dalam jumlah besar. Adapun macam-macam spora aseksual yaitu sebagai berikut :

a. Konidiospora atau konidium

Konidiospora dibagi menjadi dua yaitu makronidium dan mikronidium. Makronidium merupakan konidium besar dan bersel banyak sedangkan mikronidium memiliki konidium kecil dan bersel satu.

b. Sporangiospora

Sporangium merupakan spora bersel satu yang terbentuk di dalam kantung. Sporangiofor terdapat pada ujung hifa.

c. Oidium atau artrospora

Oidium merupakan spora bersel satu yang terbentuk karena terputusnya sel hifa.

d. Klamidospora

Sel hifa somatik terbentuk karena spora bersel satu yang berdinding tebal sangat resisten terhadap keadaan yang buruk.

e. Blatospora

Blatospora merupakan tunas pada sel-sel khamir.

2.3.4. Cendawan Endofit

Endofit adalah mikroorganisme yang mengoloni bagian dalam tanaman tanpa menimbulkan pengaruh yang merugikan pada tanaman inangnya, sebaliknya dapat membantu menginduksi ketahanan tanaman terhadap gangguan biotik maupun abiotik. Setiap spesies tanaman dilaporkan merupakan inang bagi cendawan endofit. Cendawan endofit mempunyai peranan meningkatkan toleransi terhadap kekeringan serta menghambat perkembangan serangga herbivora, cendawan patogen, virus dan nematoda yang menyerang perakaran. Sebagai agen biokontrol cendawan endofit memiliki mekanisme parasitisme, antibiosis, kompetisi nutrisi, dan induksi ketahanan. Cendawan endofit berpotensi sebagai agens biokontrol karena keberadaan cendawan endofit ini sangat beragam dan berlimpah, dapat ditemukan baik pada tanaman maupun pada rumput-rumputan (Legiastuti & Aminingsih, 2012).

Cendawan endofit dikenal sebagai cendawan yang banyak ditemukan pada bagian jaringan tanaman seperti akar, batang, daun, akar, dan buah hingga sampai pada bagian rhizosfer tanah. Cendawan jenis ini banyak digunakan sebagai antijamur, biostimulan, antibakteri, dan lain-lain (Rahayu *et al.*, 2019). Cendawan endofit adalah cendawan yang mengoloni jaringan tanaman sehat tanpa menimbulkan gejala penyakit. Cendawan endofit banyak dilaporkan bersimbiosis secara mutualisme dengan inangnya satu dengan yang lainnya (Ramdan *et al.*, 2013).

Menurut (Schulz & Boyle, 2005) dalam (Saragih *et al.*, 2019) interaksi yang terjadi antara cendawan endofit dan tanaman tidak menyebabkan gejala penyakit dimungkinkan karena hubungan antara endofit dan tanaman bersifat antagonisme yang seimbang interaksi antara mikroba endofit dengan inangnya. Endofit akan mendapat keuntungan berupa adanya pasokan nutrisi,

terlindungi dari tekanan lingkungan yang kurang menguntungkan yang membantu dalam upaya reproduksi dan kolonisasi. Tanaman inang pada umumnya dapat memperoleh keuntungan berupa adanya penginduksian ketahanan terhadap berbagai tekanan, baik oleh faktor biotik maupun abiotik, juga dapat meningkatkan pertumbuhannya yaitu melalui produksi fitohormon, peningkatan akses terhadap mineral dan nutrisi serta sintesis metabolit antagonis.

Banyak kelompok cendawan endofit mampu memproduksi senyawa antibiotik yang aktif melawan bakteri dan cendawan patogen tumbuhan. Senyawa antimikroba yang dihasilkan cendawan endofit mampu melindungi tanaman inang dari infeksi patogen. Pengembangan teknologi baru ramah lingkungan untuk mengendalikan cendawan patogen menggunakan metabolit cendawan endofit belum banyak dikembangkan (Waruwu *et al.*, 2016).

2.4 Klasifikasi Cendawan

2.4.1. *Pythium*

Pythium merupakan cendawan dari Filum *Heterokontophyta*, kelas *Oomycetes*, ordo *Pythiales*, famili *Pythiaceae*. *Pythium* adalah cendawan patogen tular tanah (*soil borne diseases*) penyebab penyakit pada benih berbagai tanaman dan menyebabkan penyakit rebah semai (*damping off*) (Octriana, 2016). *Pythium* juga dapat dimanfaatkan dalam memperbaiki kesuburan tanah karena cendawan ini dapat hidup saprofit di tanah lembab. Saprofit yaitu merupakan cendawan pelapuk dan pengubah susunan zat organik yang mati (Rosfiansyah *et al.*, 2017).

Cendawan saprofit menyerap makanannya dari organisme yang telah mati seperti kayu tumbang dan buah jatuh. Sebagian besar cendawan saprofit mengeluarkan enzim hidrolase pada substrat makanan untuk mendekomposisi molekul kompleks menjadi molekul sederhana sehingga mudah diserap oleh hifa. Selain itu, hifa dapat juga langsung menyerap bahan-bahan organik dalam bentuk sederhana yang dikeluarkan oleh inangnya. Dapat dengan cepat menyebar pada tanaman baik pada tanaman yang sedang dalam masa pertumbuhan maupun pembuahan/pembuangan. Dampak yang ditimbulkan dari penyerangan cendawan

ini terhadap tumbuhan adalah dapat menghambat pertumbuhan, pembuahan, dan pembungaan (Rosyfiansyah *et al.*, 2018).

2.4.2 *Aspergillus*

Aspergillus berasal dari Filum *Amastigomycota*, Kelas *Deutromycetes*, Ordo *Moniliales*, Famili *Moniliaceae* yang biasanya terdapat di dalam tanah dan semua lingkungan yang memiliki jumlah oksigen yang besar. Hal ini dikarenakan *Aspergillus* memiliki sifat yang cepat menyebar dan sering terkontaminasi. Rao (1994) dalam (Payangan *et al.*, 2019) menyatakan bahwa salah satu cendawan yang memiliki sifat yang hampir sama dengan humus dalam tanah merupakan *Aspergillus*.

Cendawan *Aspergillus* dikenal sebagai cendawan yang mampu dimanfaatkan sebagai agensia hayati. Hal ini dikarenakan cendawan *Aspergillus* mampu menghasilkan metabolit sekunder melalui tahap biosintetik yaitu *tenyuiic acid*. Dari hasil metabolit tersebut *Aspergillus* bersifat antagonis terhadap penyakit. Potensi untuk melarutkan asam-asam organik seperti asam format, asetat, propionat, laktat, glikolat, fumarat, dan suksinat sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman dan menjaga serta meningkatkan kualitas tanah. Berdasarkan potensinya tersebut maka cendawan *Aspergillus* juga dapat dijadikan sebagai pengganti pupuk non-organik dan bermanfaat bagi tumbuhan (Mawarni *et al.*, 2021).

Sucipto *et al.*, (2015) dalam penelitiannya menggunakan cendawan *Aspergillus* dalam hal pengendalian hama *Helopeltis spp* pada tanaman kakao. Dari penelitiannya ditemukan bahwa efektifitas penggunaan cendawan *Aspergillus* dalam pengendalian hama sangat menguntungkan dikarenakan peningkatan mortalitas hama setiap minggu.

2.4.3. *Trichoderma*

Cendawan *Trichoderma* merupakan salah satu jenis cendawan yang habitat tumbuhnya di dalam tanah. Cendawan ini termasuk ke dalam Filum *Ascomycota*, kelas *Ascomycete*, Ordo *Hypocreales*, dan Famili *Hypocreaceae* dengan spora yang berwarna hijau keputihan, struktur permukaan tidak licin dan berbentuk melingkar menyerupai obat nyamuk. Berbagai kemampuan yang dimiliki yaitu

mempunyai potensi degradasi dekomposisi berbagai macam substrat heterogen di tanah, interaksi positif dengan inang, memproduksi enzim untuk perbaikan nutrisi bagi tanaman. Sama dengan cendawan *Aspergillus*, cendawan *Trichoderma* juga termasuk kedalam agen biokontrol karena bersifat antagonis bagi jamur lainnya melalui kegiatan persaingan, parasitisme, predasi, atau pembentukan toksin seperti antibiotik (Novianti, 2018)

2.4.4. *Penicilium*

Cendawan *Penicilium* merupakan cendawan yang berasal dari Kingdom *Fungi*, Filum *Ascomycetes*, Kelas *Eurotiomycetes*, Ordo *Eurotiales*, Famili *Trichocomaceae*. *Penicilium* memiliki ciri berupa hifa bersepta dan membentuk badan spora yang disebut dengan konidium. Konidium yang dimiliki bercabang-cabang yang disebut sebagai phialides sehingga membentuk sebuah gerumbul. Tangkai konidium disebut konidiofor, dan spora yang dihasilkan disebut konidia. Konidia pada Cendawan *Penicilium* merupakan spora yang dibentuk pada ujung hifa (Sanjaya, 2016).

Jenis cendawan yang bersporulasi hijau termasuk Cendawan *Penicilium*. Pada waktu memasuki usia muda rata-rata spesies konidia berwarna hijau dan kemudian berubah menjadi kecoklatan. Gams *et al.*, (1987) dalam (Sanjaya, 2016) menyatakan bahwa koloni dari Cendawan *Penicilium* yaitu biasanya berwarna hijau, putih, dan Sebagian besar memiliki konidiofor. Cendawan *Penicilium* banyak dijumpai di dalam tanah sehingga termasuk kedalam cendawan saprofit yang menghasilkan antibiotik yang berguna untuk mematikan hama-hama tertentu pada tanaman dan dapat diisolasi dengan mudah karena terdapat pada beberapa jaringan pohon dan rhizosfer tanah.

2.4.5. *Mucor*

Mucor merupakan cendawan yang paling umum ditemukan pada bagian dalam tanah. Cendawan ini secara makroskopis hampir sama dengan *Rhizopus*. Perbedaannya yakni miseliumnya seperti kapas tetapi warnanya lebih putih dibandingkan dengan *Rhizopus* sp. dan secara mikroskopis jamur ini memiliki stolon tetapi tidak memiliki rhizoid dan sporangiofornya lebih pendek dibanding

dengan Rhizopus. Cendawan ini termasuk kedalam kelas *Zygomycetes* (perkembangbiakan secara seksual dengan zygospora yakni peleburan dua gametangium dan aseksual dengan spora yang diproduksi oleh sporangium), ordo *Mucorales*, famili *Mucoraceae* (Purwantisari & Hastuti, 2009).

Biakan koloni cendawan *Mucor* secara makroskopis memiliki ciri-ciri tumbuh pada suhu 25-30°C, strukturnya halus dengan tinggi beberapa cm menyerupai permen kapas. Koloni *Mucor* berwarna putih, krem hingga menjadi abu-abu dan coklat pada koloni yang sudah tua karena perkembangan spora (Zefanya *et al.*, 2018). Ferdianz (1989) dalam (Zefanya *et al.*, 2018) menyatakan bahwa secara mikroskopis *Mucor* memiliki ciri-ciri konidia berbentuk semibulat hingga bulat dengan warna merah kecoklatan hingga coklat cerah. Hifa tidak berseptat kadang-kadang membentuk cabang, sporangiospora tumbuh pada seluruh bagian miselium, kolumela berbentuk bulat, dan tidak membentuk stolon.

2.4.6. *Rhizopus*

Rhizopus merupakan genus cendawan saprofit yang umum pada tanaman dan parasit terspesialisasi pada hewan. Klasifikasi cendawan *Rhizopus* berasal dari Kingdom *Myceteae*, Filum *Zygomycota*, Kelas *Zygomycetes*, Ordo *Mucorales*, dan Famili *Mucoraceae*. Pengamatan secara mikroskopis memperlihatkan rhizoid berwarna coklat dan bercabang, stolon licin dan berwarna coklat kekuningan. Spora yang dimiliki bulat atau setengah bulat dengan dinding berwarna coklat tua. Hal ini sesuai dengan karakteristik yang dikemukakan Samson dan van Reenen-Hoekstra (1988) dalam (Yuniarti *et al.*, 2013) menyatakan bahwa cendawan *Rhizopus* mempunyai koloni yang berwarna putih sampai abu-abu, rhizoid berwarna coklat dan bercabang, stolon licin dan berwarna coklat kekuningan dan spora yang dimiliki bulat atau setengah bulat dengan dinding berwarna coklat tua (Yuniarti *et al.*, 2013).

2.4.7. *Gliocladium*

Cendawan *Gliocladium* merupakan mikroba tanah yang dapat diisolasi dari daerah perakaran tanaman (Hidayat *et al.*, 2020). *Gliocladium* termasuk ke dalam Filum *Ascomycota*, Ordo *Hypocreales* Famili *Hypocreaceae* dan kelas

Deuteromycetes yang mempunyai ciri-ciri konidia berwarna hijau, konodiofor yang bersekat, konidia berbentuk bulat telur pendek, dan hifa yang bersekat. Cendawan *Gliocladium* memiliki sifat anagonistik terhadap hama dan penyakit pada tanaman inangnya. Mekanisme antagonis yang dimiliki terhadap organisme lain berupa kompetisi, antibiosis, lisis, dan parasitisme. Bahan anti jamur yang dimiliki oleh cendawan *Gliocladium* yaitu senyawa gliotoxin dan viridin yang berfungsi untuk menekan pertumbuhan pathogen (Rizal, 2017).

2.4.8. *Mortirella zychae*

Cendawan *Mortirella zychae* berasal dari Filum *Zygomycota*, Kelas *Zygomycetes*, Ordo *Mortierellales*. Famili *Mortierellaceae* dan merupakan cendawan yang berpotensi sebagai agen antagonis dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman (Aryani *et al.*, 2019). Cendawan *Mortirella zychae* banyak ditemukan pada bagian perakaran, daun yang membusuk, dan bahan organik lainnya. Keberlangsungan dari cendawan ini tergantung pada faktor ketinggian tempat, lingkungan seperti suhu dan pH tanah (Telagathoti *et al.*, 2021). Bonfante (2017) dalam Telagathoti *et al.*, (2021) menyatakan bahwa famili dari cendawan *Mortirella zychae* tidak hanya berinteraksi dengan jamur dan tanaman lain, tetapi berinteraksi erat dengan bakteri lainnya. Cendawan *Mortirella zychae* merupakan cendawan psikrofilik, yaitu cendawan yang mampu hidup pada suhu yang rendah. Akan tetapi, cendawan ini di alam berkembang dengan baik ditanah pada suhu 40-42 °C (Rosfiansyah *et al.*, 2017).

2.4.9. *Humicola*

Cendawan *Humicola* berasal dari divisi *Ascomycota* Kelas *Sordariomycetes* Ordo *Sordariales* dan Famili *Chaetomiaceae* yang merupakan cendawan pengurai selulosa dan perombak bahan organik. Secara umum cendawan ini ditemukan pada tanah yang mengandung banyak bahan organik. Cendawan *Humicola* merupakan cendawan termofilik yang mempunyai peranan dalam proses kesuburan tanah melalui proses dekomposisi humus di tanah (Rosfiansyah *et al.*, 2017). Cendawan ini mampu berinteraksi baik dengan tanaman (Nasution, 2021). Warna koloni secara makroskopis berwarna hijau tua, diameter koloni 5-8 cm, dan memiliki

warna sebalik berwarna kuning. Secara mikroskopis cendawan ini memiliki bentuk koloni yang bulat, konidia berbentuk bulat hingga semibulat, konodiofor memanjang dan tidak bercabang, berdinding agak tebal, dan berwarna coklat (Nasution, 2021).