

**SKRIPSI**

**SELEKSI ISOLAT CENDAWAN PADA JARINGAN POHON,  
SERASAH, DAN TANAH PINUS ROMBENG (*Pinus sp*) YANG  
BERPOTENSI SEBAGAI PENDEGRADASI BAHAN  
ORGANIK**

**Disusun dan diajukan oleh :**

**AQDIA ADILA**

**M0 111 71 317**



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

**2021**

## HALAMAN PENGESAHAN

### SELEKSI ISOLAT CENDAWAN PADA JARINGAN POHON, SERASAH, DAN TANAH PINUS ROMBENG (*Pinus sp*) YANG BERPOTENSI SEBAGAI PENDEGRADASI BAHAN ORGANIK

**AQDIA ADILA**

**M0 111 71 317**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin pada tanggal 07 Desember 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

**Menyetujui,**

**Pembimbing Utama,**



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

**Pembimbing Pendamping,**



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



**Ketua Program Studi,**  
  
Dr. Forestry Muhammad Alif K.S., S.Hut., M.Si  
NIP. 19790831 200812 1 002

## PERNYATAAN KASLIAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aqdia Adila  
NIM : M011171317  
Program Studi : Kehutanan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

“Seleksi Isolat Cendawan Pada Jaringan Pohon, Serasah, dan Tanah Pinus Rombeng (*Pinus* sp) yang Berpotensi Sebagai Pendegradasi Bahan Organik “

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

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

Makassar, 07 Desember 2021

Yang menyatakan

A 1000 Rupiah adhesive stamp with a signature over it. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '1000', 'METERAL TEMPEL', and the serial number '7A6AJX577913964'.

Aqdia Adila

## ABSTRAK

### **AQDIA ADILA (M011171317) Seleksi Isolat Cendawan pada Jaringan Pohon, Serasah, dan Tanah Pinus Rombeng (*Pinus* sp) yang Berpotensi Sebagai Pendegradasi Bahan Organik**

Pinus (*Pinus merkusii*) merupakan salah satu jenis pohon konifer yang sangat menarik untuk diteliti karena memiliki peran penting dalam kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan serta pemanfaatan hasil hutan kayu dan bukan kayu. Pinus terdiri atas beberapa jenis yang berbeda, namun yang dikenal memiliki kualitas paling baik diantara jenis yang lain yakni *P. radiata* dan *P. merkusii*, di Kabupaten Bantaeng terdapat satu jenis pinus yang belum pernah dilaporkan, yaitu jenis Pinus Rombeng (*Pinus* sp). Cendawan merupakan salah satu jenis mikroorganisme dalam menghasilkan enzim, yang banyak dimanfaatkan karena tingkat kemampuannya dalam memproduksi enzim dan sumbernya yang melimpah. Penelitian ini dilakukan untuk menyeleksi isolat cendawan pada jaringan pohon, serasah dan tanah tegakan pinus rombeng yang memiliki kemampuan mendegradasi substrat amilum, selulosa, kitin, dan pektin. Proses pengujian dilakukan di Laboratorium Bioteknologi dan Pemuliaan Pohon, Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin, Makassar. Metode Penelitian dilakukan dengan cara menginokulasi isolat cendawan pada media CDA yang telah ditambahkan pewarna CBB serta substrat amilum, selulosa, kitin dan pektin. Hasil penelitian ini diperoleh cendawan kode isolat P6 (PRB) S.2.3 dengan genus *Gliocladium* yang efektif dalam mendegradasi substrat amilum, selulosa, kitin, dan pektin.

**Kata Kunci : Pinus merkusi, Pinus Rombeng, Cendawan endofit ,  
*Gliocladium*, Enzim**

## KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan anugerah, rahmat, Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi yang berjudul “ Seleksi Isolat Cendawan pada Jaringan Pohon, Serasah, dan Tanah yang Berpotensi Sebagai Pendegradasi Bahan Organik”. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian juga dalam proses penyusunan skripsi ini, terutama kepada **Mukrimin, S.Hut, M.P, Ph.D** dan **Gusmiaty, S.P., M.P** selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing serta memberi arahan dalam penyusunan skripsi ini.

Terkhusus salam hormat dan kasih sayang kepada orangtua tercinta, ayahanda **P. Mustari** dan Ibunda **P. Heriani** serta saudara saya **Fitria M, Almayana Muis**, dan **Azika Ayyana** yang selalu memberikan motivasi, dukungan serta doa. Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Ibu **Ira Taksirawati, S.Hut. M.Si. Ph.D** dan Bapak **Iswanto S.Hut.,M.Si** selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran, bantuan serta koreksi dalam penyusunan skripsi.
2. Kepada **Nurul Musdalifah S.Hut, Atisa Muslimin S.Hut, Sulastri Indriani**, yang telah membantu dalam proses penelitian.
3. **Musdalifah S.Hut, Yushariana Yahya S.Hut , Sriayu Ramli, S.Hut, Marwah Salam, S.Hut** selaku orang-orang yang berkesan dan mendukung saya selama ini.
4. Kepada teman-teman “**Apartemen**” terima kasih atas motivasinya dan bantuannya selama masa perkuliahan.
5. Keluarga besar “ **BIG BOSS** ”, terkhusus kepada **Husnul Akmalia, Febrianti, B, Sriwahyuni Jamir, Reski Amelia, Nurul Azma, dan Wanda Nopita Putri**, terima kasih atas dukungannya dalam pengerjaan skripsi ini.

6. Kelurga besar “**Kelas B dan seluruh teman-teman Bioteknologi**” terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya selama masa perkuliahan.
7. Keluarga besar “ **Fraxinus Angkatan 2017** ” saya ucapkan banyak terima kasih untuk segala bantuan, dukungan ataupun motivasinya. Suka duka di masa perkuliahan hingga masa akhir semester bersama kalian yang akan selalu menjadi hal yang menyenangkan.
8. Kepada **Keluarga Mahasiswa Kehutanan Sylva Indonesia (PC.) Universitas Hasanuddin**. Terima kasih untuk segala ilmu, kesempatan dan pengalaman berharganya.

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, 07 Desember 2021

Aqdia Adila

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN PENGESAHAN.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
PERNYATAAN KASLIAAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
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.....	3
2.1 Cendawan (Jamur).....	3
2.2 Serasah.....	4
2.3 Mikroorganisme .....	5
2.4 Enzim.....	7
2.4.1 Enzim Amilase .....	8
2.4.2 Enzim Selulase .....	9
2.4.3 Enzim Kitinase .....	10
2.4.4 Enzim Pektinase .....	11
III. METODE PENELITIAN.....	13
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	13
3.2. Alat dan Bahan .....	13
3.3. Metode Pelaksanaan .....	14
3.3.1. Pembuatan Media Biakan Mikroba .....	14
3.3.2. Proses Peremajaan.....	15
3.3.3. Pembuatan Media Uji Aktivitas Degradasi Substrat Amilum, Selulosa, Pektin dan Kitin.....	15
3.4. Analisis Data .....	16

IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	18
4.1.	Hasil Peremajaan Cendawan Rhizosfer.....	18
4.2.	Uji Aktivitas Enzim Amilase, Selulase, Kitinase, dan Pektinase pada Isolat Cendawan Pinus Rombeng.....	18
4.3.	Efektivitas Cendawan Berdasarkan Isolat .....	21
4.4.	Nilai Efektivitas Cendawan Berdasarkan Genus.....	24
4.5.	Efektivitas Cendawan Berdasarkan Enzim .....	27
4.6.	Efektivitas Cendawan Berdasarkan <i>Host/Inang</i> .....	29
4.7.	Analisis Kluster Enzim Cendawan Pinus Rombeng ( <i>Pinus</i> sp) Berdasarkan Heatmap .....	31
4.8.	Analisis Korelasi Antar Enzim Pendegradasi.....	32
V.	KESIMPULAN DAN SARAN .....	35
5.1	Kesimpulan.....	35
5.2	Saran .....	35
	DAFTAR PUSTAKA .....	36
	LAMPIRAN.....	42



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1	Skoring berdasarkan luas zona bening yang terbentuk .....	16
Gambar 2.	Hasil Degradasi Substrat Amilum dari Isolat Cendawan.....	19
Gambar 3.	Hasil Degradasi Substrat Selulosa dari Isolat Cendawan.....	19
Gambar 4.	Hasil Degradasi Substrat Kitin dari Isolat Cendawan .....	20
Gambar 5.	Hasil Degradasi Substrat Pektin dari Isolat Cendawan .....	20
Gambar 6.	Nilai Rata-rata Skoring Aktivitas Degradasi Amilum .....	21
Gambar 7.	Nilai Rata-rata Skoring Aktivitas Degradasi Selulosa .....	21
Gambar 8.	Nilai Rata-rata Skoring Aktivitas Degradasi Kitin .....	22
Gambar 9.	Nilai Rata-rata Skoring Aktivitas Degradasi Pektin .....	22
Gambar 10.	Nilai Skoring Aktivitas Degradasi pada setiap Genus .....	24
Gambar 11.	Nilai Rata-rata skoring aktivitas degradasi pada setiap genus .....	26
Gambar 12.	Nilai Rata-rata Skoring Aktivitas Degradasi Substrat pada setiap Enzim .....	28
Gambar 13.	Nilai Rata-rata Hasil Degradasi pada Setiap <i>Host</i> /Inang .....	29
Gambar 14.	Analisis Klaster Enzim Cendawan Pinus Rombeng .....	31

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1.	Isolat yang digunakan dalam penelitian yang diambil dari beberapa <i>host/inang</i> .....	13
Tabel 2.	Hasil Korelasi Isolat Cendawan Pada Setiap Tegakan Pinus Rombeng di Kabupaten Bantaeng.....	33

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1.	Pembuatan Media Biakan pada Cendawan Potato Dextrose Agar (PDA) .....	43
Lampiran 2.	Pembuatan Media Uji Isolat Cendawan dengan Substrat Amilase, Selulase, Kitin, dan Pektin.....	44
Lampiran 3.	Hasil Peremajaan Koleksi Isolat Cendawan pada Tegakan Pinus Rombeng di Kabupaten Bantaeng .....	45
Lampiran 4.	Hasil Pengamatan Skoring Degradasi Substrat Amilum pada Isolat Cendawan .....	49
Lampiran 5.	Hasil Pengamatan Skoring Degradasi Substrat Selulosa pada Isolat Cendawan .....	52
Lampiran 6.	Hasil Pengamatan Skoring Degradasi Substrat Kitin pada Isolat Cendawan .....	55
Lampiran 7.	Hasil Pengamatan Skoring Degradasi Substrat Pektin pada Isolat Cendawan.....	59
Lampiran 8.	Data Hasil Skoring pada Pengujian Enzim.....	63
Lampiran 9.	Data Hasil Rata-rata Degradasi pada Setiap Genus.....	65
Lampiran 10.	Data Hasil Rata-rata Degradasi pada Setiap Enzim .....	66
Lampiran 11.	Data Hasil rata-rata Degradasi pada Host/Inang .....	67

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pinus (*Pinus merkusii*) merupakan salah satu jenis pohon konifer yang sangat menarik untuk diteliti karena memiliki peran penting dalam kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan serta pemanfaatan hasil hutan kayu dan bukan kayu. *P.merkusii* yang merupakan jenis konifer adalah satu-satunya jenis pinus yang asli di Indonesia. Secara alami pinus juga dijumpai tumbuh di Aceh, Tapanuli dan daerah Kerinci, (Sumatera bagian Utara). Pinus terdiri atas beberapa jenis yang berbeda, namun yang dikenal memiliki kualitas paling baik diantara jenis yang lain yakni *P. radiata* dan *P. merkusii* (Juniarti dkk., 2013). Namun, di Kabupaten Bantaeng terdapat satu jenis pinus yang belum pernah dilaporkan, yaitu jenis Pinus Rombeng (*Pinus* sp.). Pinus ini memiliki ciri khas berbeda dengan *P. merkusi* dan menyerupai jenis pinus yang hidup di pegunungan Himalaya. Potensi Pinus Rombeng ini terbilang cukup minim, karena masyarakat sekitar kawasan hutan melakukan pembukaan lahan dengan pemanfaatan pola perkebunan.

*P. merkusi* merupakan tanaman yang bersimbiosis secara obligat dengan cendawan endofit. Ketergantungan pinus terhadap jamur endofit karena habitatnya atau availibilitasnya rendah. Jamur endofit merupakan sumber yang kaya akan metabolit sekunder bioaktif dan merupakan salah satu golongan mikroba endofit yang paling banyak ditemukan di alam. Jamur ini hidup berasosiasi secara simbiosis mutualisme dengan tumbuhan inangnya, jamur endofit menginfeksi tumbuhan sehat pada jaringan tertentu tanpa menimbulkan tanda-tanda adanya infeksi, kemudian menghasilkan enzim dan metabolit sekunder yang dapat bermanfaat bagi fisiologi dan ekologi tumbuhan inang, mikotoksin, dan juga antibiotik yang dimanfaatkan tumbuhan inang untuk melawan penyakit yang ditimbulkan oleh patogen tumbuhan. Sebaliknya, jamur endofit dapat memperoleh nutrisi untuk melengkapi siklus hidupnya dari tumbuhan inangnya (Sukapiring dkk., 2016).

Cara untuk mengetahui pertumbuhan pinus yang baik berdasarkan kualitas dan kuantitasnya, salah satunya dengan mengetahui unsur hara yang ada pada pohon pinus yang ditentukan oleh keberadaan mikroorganisme dalam tanah.

Mikroorganisme dalam tanah memiliki fungsi sebagai penyedia unsur hara, perombak bahan organik, memacu pertumbuhan tanaman, dan menjadi agen hayati pengendali hama dan penyakit tanaman. Cendawan merupakan salah satu jenis mikroorganisme dalam menghasilkan enzim, yang banyak dimanfaatkan oleh hewan maupun tumbuhan karena mikroorganisme cendawan memiliki daya tumbuh yang cepat dan dapat tumbuh pada berbagai jenis substrat, serta meningkatkan kualitas biologi tanah. Substrat ini kemudian akan diekskresikan ke berbagai jenis enzim yang bermanfaat membantu proses dekomposer yang dilakukan oleh cendawan (Darwo & Sugiarti, 2008).

Hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Riskayana, 2021) yang mengidentifikasi cendawan pada tegakan pinus rombeng. Hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut, adalah jenis cendawan pada jaringan pohon, tanah, dan serasah. Penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh (Mukrimin dkk., 2021) melakukan penelitian mengenai rhizosfer mahoni yang berpotensi sebagai bahan organik. Pada penelitian tersebut meneliti mengenai isolat pada rhizosfer mahoni. Sementara itu, seleksi dari berbagai jaringan pohon, serasah dan tanah yang berpotensi mendegradasi bahan organik belum pernah dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi mengenai keragaman pada pinus rombeng (*Pinus* sp).

## **1.2 Tujuan dan Kegunaan**

Penelitian ini bertujuan untuk menyeleksi isolat cendawan pada jaringan pohon (daun, batang, kulit, akar), serasah dan tanah tegakan Pinus Rombeng yang memiliki kemampuan mendegradasi substrat amilum, selulosa, kitin, dan pektin. Kegunaan penelitian ini yaitu sebagai bahan informasi mengenai keragaman cendawan pada pinus rombeng (*Pinus* sp).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Cendawan (Jamur)

Jamur merupakan tanaman yang tidak memiliki klorofil sehingga tidak bisa melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan makanan sendiri. Jamur hidup dengan cara mengambil zat-zat makanan seperti selulosa, glukosa, lignin, protein dan senyawa pati dari organisme lain. Zat-zat nutrisi tersebut biasanya telah tersedia dari proses pelapukan oleh aktivitas mikroorganisme. Jamur dalam bahasa Inggris disebut *mushroom* termasuk golongan fungi. Jamur hidup diantara jasad hidup (biotik) atau mati (abiotik), dengan sifat hidup heterotrop (organisme yang hidupnya tergantung dari organisme lain) dan saprofit (organisme yang hidup pada zat organik yang tidak diperlukan lagi atau sampah) (Nurhidayah dkk., 2014).

Jamur endofit berperan penting dalam industri farmasi karena kemampuannya dalam memproduksi senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, terpen, steroid, flavonoid, kuinon, fenol dan Selain itu keunggulan lain yang ditawarkan jamur endofit dalam pencarian sumber - sumber senyawa bioaktif baru adalah siklus hidup jamur endofit yang singkat dan senyawa - senyawa bioaktif yang dihasilkan dapat diproduksi dalam skala besar melalui proses fermentasi lain sebagainya yang mempunyai potensi besar sebagai senyawa bioaktif. Senyawa bioaktif yang berasal dari jamur endofit ada yang berpotensi sebagai antimikroba (menghambat pertumbuhan atau membunuh mikroba-mikroba patogen) (Mutmainna, 2015).

Banyak kelompok jamur endofit yang mampu memproduksi senyawa antibiotik yang aktif melawan bakteri maupun jamur patogen terhadap manusia, hewan dan tumbuhan, terutama dari genus *Coniothyrium* dan *Microsphaeropsis*. Selain menghasilkan senyawa yang bersifat antibakteri, jamur endofit juga menghasilkan senyawa antiviral, misalnya Cytonic acid A dan B, sebagai senyawa penghambat enzim Human Cytomegalovirus (CMV), diisolasi dari fermentasi jamur *Cytonaema sp*, senyawa antimalaria dihasilkan oleh jamur *Geotrichum sp*, jamur ini tumbuh pada tumbuhan *Crassocephalum crepidioides* (Noverita, Dinah Fitria, 2009).

## 2.2 Serasah

Serasah merupakan lapisan teratas pada permukaan tanah yang terdiri dari bagian-bagian tumbuhan yang telah mati antara lain guguran daun, ranting, cabang, bunga, buah dan kulit kayu serta bagian-bagian lainnya yang tersebar di permukaan tanah sebelum bahan tersebut mengalami dekomposisi (Kurniasari, 2009). Menurut (Budiman, 2014) yang mempengaruhi jatuhnya serasah baik dalam jumlah maupun kualitasnya adalah keadaan lingkungan antara lain iklim, ketinggian, kesuburan tanah, jenis tanaman dan waktu (musim dan umur).

Serasah yang jatuh ke permukaan tanah dapat melindungi permukaan tanah dari jatuhnya air hujan serta dapat mengurangi penguapan. Baik atau tidaknya peranan serasah ini ditentukan oleh kualitas bahan organik. Semakin buruk kualitas bahan, semakin lama bahan tersebut lapuk, sehingga terjadi akumulasi serasah yang cukup tebal pada permukaan tanah hutan. Serasah yang jatuh akan diurai oleh mikroorganisme sehingga dapat memberikan nutrisi bagi organisme yang hidup di sekitarnya (Abdurachman dkk., 2008) Limbah serasah secara umum tersusun dari senyawa lignoselulolitik, lignin, xylan (hemiselulosa) (Yulipriyanto, 2004).

Menurut (Mardhiansyah, 2012) serasah merupakan suatu bentuk dari sebagian besar unsur hara yang dikembalikan ke tanah untuk penyerapan ulang oleh tanaman. Unsur hara ini tidak dapat langsung diserap oleh tanaman, tetapi harus terlebih dahulu melalui proses dekomposisi. Unsur hara yang dihasilkan dari proses dekomposisi serasah di dalam tanah sangat penting karena merupakan sumber makanan bagi mikroorganisme tanah. Pada suatu ekosistem serasah berperan penting dalam proses keluar masuknya nutrisi. Serasah berfungsi sebagai penyimpan air sementara, dimana air tersebut akan dialirkan atau ditransfer secara berangsur dan juga bersamaan dengan bahan-bahan organik yang terlarut ke dalam tanah. Selain itu, serasah juga berfungsi untuk memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan kemampuan penyerapan tanah. Peran serasah pada proses penyuburan tanah dan tanaman sangat tergantung pada laju produksi dan laju dekomposisinya. Selain itu dekomposisi serasah akan

sangat menentukan dalam penambahan hara ke tanah dan dalam menciptakan substrat yang baik bagi organisme pengurai.

Serasah mempunyai hubungan dengan pemindahan energi dan unsur-unsur hara dari suatu ekosistem. Adanya suplai hara yang berasal dari daun, buah, ranting, dan bunga banyak mengandung hara mineral yang dapat memperkaya tanah dengan membebaskan sejumlah mineral melalui dekomposisi. Dekomposisi merupakan proses perubahan secara fisik maupun secara kimiawi yang sederhana oleh mikroorganisme tanah, dan terkadang disebut mineralisasi. Dekomposisi merupakan proses yang dinamis dan sangat dipengaruhi oleh keberadaan dekomposer baik jumlah maupun diversitasnya. Laju dekomposisi serasah dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Dharmawan dkk., 2016).

### **2.3 Mikroorganisme**

Tanah merupakan tempat bermukimnya berbagai kehidupan tumbuhan, hewan, dan jasad renik yang tidak terhitung banyaknya. Kehidupan di dalam tanah sangat beranekaragam, berkisar dari organisme bersel tunggal yang mikroskopis sampai hewan besar yang menggali liang. Masing masing ekosistem mempunyai kombinasi makhluk hidup dan sumberdaya abiotik yang unik yang berfungsi mempertahankan aliran energi dan hara yang berkesinambungan. Organisme tanah tinggal di lapisan serasah organik atau lapisan permukaan tanah, dan horizon tanah yang lebih dalam. Distribusi vertikal dan horizon tanah biasanya dibatasi oleh temperatur, kandungan air dan tekstur tanah. Dalam hal ini kandungan bahan organik mengendalikan proses biotik tanah. Distribusi organisme tanah mempunyai hubungan erat dengan pori tanah, partikel tanah, dan akar tanaman (Susilawati dkk., 2016).

Tanah merupakan salah satu ekosistem yang dapat menunjang kehidupan mikroba dengan baik, karena memiliki senyawa organik dan mineral. Banyak faktor yang mempengaruhi kehidupan mikroba di dalam lingkungan tanah seperti faktor abiotik (yang meliputi sifat fisik dan kimia tanah) dan biotik (adanya mikroba lain dan tanaman tingkat tinggi) yang ikut berperan dalam menentukan tingkat pertumbuhan dan aktivitas mikroba tersebut. Struktur tanah, jenis tanah, aerasi tanah, ketersediaan air dan suhu tanah merupakan sifat-sifat fisik yang



berperan dalam menentukan kelangsungan proses fisiologi mikroba (Sari dkk., 2016).

Mikroorganisme tanah fungsinya ialah yang membawa perubahan pada substansi-substansi didalam tanah, terutama perubahan persenyawaan organik yang mengandung karbon, nitrogen, sulfur dan fosfor menjadi persenyawaan anorganik atau disebut mineralisasi, didalamnya terlibat sejumlah besar perubahan kimiawi serta berperan berbagai macam spesies mikroba. Tanaman pinus juga memerlukan nutrisi yang cukup didalam tanah untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Tanah juga sebagai sumber unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Pengaruh unsur hara terhadap pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh keberadaannya (bentuk ketersediaan), konsentrasi maupun kesetimbangannya dengan unsur hara lain di dalam tanah (Yunus dkk., 2017).

(Subowo, 2015) mengatakan bahwa bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus. Bahan organik tanah harus terurai menjadi senyawa yang lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman secara optimal. Kandungan bahan organik merupakan kunci ketahanan terhadap kekeringan dan kelestarian produksi pangan (Bot dan Benitez). Bahan organik berperan dalam pelapukan dan proses dekomposisi organik tanah, sumber hara tanaman, pembentukan struktur tanah stabil dan pengaruh langsung pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman di bawah kondisi tertentu .

Menurut (Yunus dkk., 2017) sumber utama bahan organik tanah adalah jaringan tanaman, baik berupa serasah atau sisa-sisa tanaman serta kotoran-kotoran dan bangkai-bangkai hewan. Bahan organik tanah berpengaruh terhadap sifat fisik, biologi dan kimia tanah. Bahan organik adalah bahan pemantap agregat tanah yang sangat baik. Selain itu berperan sebagai sumber hara bagi tanaman dan sumber energi bagi organisme tanah.

## 2.4 Enzim

Enzim adalah biokatalis atau polimer biologis yang dihasilkan oleh tubuh untuk mengkatalisis reaksi kimia dan meningkatkan laju reaksi yang terjadi dalam jaringan tubuh dengan cara menurunkan energi aktivasi sehingga suatu reaksi dapat berjalan dengan cepat. Menurut (Samsuri dkk., 2010) Enzim merupakan katalis yang sangat selektif dan bersifat spesifik untuk macam-macam tipe reaksi yang dikatalisis maupun substrat yang berhubungan erat. Telah diketahui bahwa sebagian besar enzim adalah protein. Beberapa enzim digolongkan ke dalam protein sederhana karena hanya memerlukan struktur protein untuk aktivitas katalitiknya, sedangkan beberapa lainnya tergolong protein terkonjugasi karena memerlukan suatu komponen non protein yang disebut kofaktor.

Enzim adalah biokatalisator organik yang dihasilkan organisme hidup di dalam protoplasma, yang terdiri atas protein atau suatu senyawa yang berikatan dengan protein, berfungsi sebagai senyawa yang mempercepat proses reaksi tanpa habis bereaksi dalam *suatu reaksi kimia*. Hampir semua enzim merupakan protein. Pada reaksi yang dikatalisis oleh enzim, molekul awal reaksi disebut sebagai substrat, dan enzim mengubah molekul tersebut menjadi molekul-molekul yang berbeda, disebut produk. Jenis produk yang akan dihasilkan bergantung pada suatu kondisi/zat, yang disebut promotor. Semua proses biologis sel memerlukan enzim agar dapat berlangsung dengan cukup cepat dalam suatu arah lintasan metabolisme yang ditentukan oleh hormon sebagai promotor (Mukrimin dkk., 2021).

Secara umum, enzim menghasilkan kecepatan, spesifikasi, dan kendali pengaturan terhadap reaksi dalam tubuh. Enzim berfungsi sebagai katalisator, yaitu senyawa yang meningkatkan kecepatan reaksi kimia. Suatu enzim dapat mempercepat reaksi dibandingkan ketika reaksi tersebut tidak menggunakan katalis. Seperti katalis lainnya, enzim juga menurunkan atau memperkecil energi aktivasi suatu reaksi kimia. Dalam reaksi tersebut enzim mengubah senyawa yang selanjutnya disebut substrat menjadi suatu senyawa yang baru yaitu produk, namun enzim tidak ikut berubah dalam reaksi tersebut. Setiap enzim memiliki aktivitas maksimum pada suhu tertentu, aktivitas enzim akan semakin

meningkat dengan bertambahnya suhu hingga suhu optimum tercapai. Setelah itu kenaikan suhu lebih lanjut akan menyebabkan aktivitas enzim menurun (Rani Yuniati, Titania T. Nugroho, 2015).

Enzim dapat dihasilkan dari tanaman, hewan, dan mikroba. Tetapi enzim dari mikroba menunjukkan hasil yang lebih besar melalui teknik fermentasi dan lebih mudah untuk memperbaiki produktivitasnya dibandingkan enzim dari tanaman dan hewan. Enzim yang dihasilkan mikroba dapat dikontrol, misalnya dengan memberi bahan pemacu dalam medium, sementara penghambat umpan balik dapat diubah melalui teknik seleksi dan mutasi. Biodiversitas mikroba yang tinggi dapat digunakan sebagai penyedia sumber enzim yang dapat dieksplorasi secara terus menerus terutama di Indonesia (Ariandi, 2016).

#### **2.4.1 Enzim Amilase**

Salah satu enzim golongan hidrolitik yang memiliki aplikasi yang luas dalam berbagai bidang industri seperti pangan, kesehatan, dan lingkungan adalah enzim amilase. Dalam industri pangan, enzim amilase merupakan salah satu enzim ekstraseluler komersial karena berfungsi menyediakan gula hidrolisis, sehingga dapat dimanfaatkan untuk produksi glukosa atau fruktosa. Enzim amilase adalah enzim yang mempunyai kemampuan memecah ikatan gliokasida pada polimer pati. Kelompok enzim ini memiliki banyak variasi dalam aktivitasnya, sangat spesifik, tergantung pada tempatnya bekerja (Ningsih, Rastuti, dan Kamaludin, 2012).

Amilase adalah enzim yang mengkatalisis hidrolisis dari alpha-1,4 glikosidik polisakarida untuk menghasilkan dekstrin, oligosakarida, maltosa, dan D-glukosa. Amilase bisa berasal dari hewan, jamur, dan sumber tanaman. Pancreatin dan pancrelipase mengandung amilase yang berasal dari pankreas hewan, pancreas biasanya babi. Amilase juga berasal dari malt barley dan jamur *Aspergillus oryzae* (Ariandi, 2016).

Bahan organik serasah mengandung amilum yang cukup tinggi, sehingga dapat digunakan sebagai bahan dasar dalam pembuatan glukosa melalui proses pemecahan molekul amilum menjadi bagian-bagian penyusunnya yang lebih

seederhana, seperti glukosa. Hidrolisa pati dapat dilakukan dengan cara hidrolisa asam dan hidrolisa enzim. Hidrolisa enzim dilakukan dengan bantuan enzim amilase. Hidrolisa enzim juga dapat mencegah adanya reaksi efek samping karena sifat katalis enzim sangat spesifik, sehingga dapat mempertahankan flavor dan aroma bahan dasar (Hidayat dkk., 2020).

#### **2.4.2 Enzim Selulase**

Selulase merupakan salah satu enzim yang dapat dihasilkan oleh beberapa kelompok hewan yang mengandung bakteri selulolitik, tumbuhan dan beberapa jenis fungi. Enzim selulase yang telah dihasilkan oleh mikroorganisme dapat memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Beberapa hal yang dapat mempengaruhi karakteristik enzim selulase adalah faktor lingkungan seperti, pH, suhu, konsentrasi substrat tertentu, waktu inkubasi, dan lingkungan tempat enzim bekerja. Sebagian besar enzim memiliki suhu optimum pada 20-50°C dan kenaikan suhu tersebut pada umumnya dapat meningkatkan kecepatan reaksi kimia suatu enzim, tetapi suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan denaturasi enzim yaitu berubahnya struktur protein enzim (Wahyuningtyas dkk., 2013).

Salah satu kelompok organisme yang mampu menghasilkan enzim selulase adalah mikroorganisme. (Kosim dan Putra, 2010) menyatakan mikroorganisme merupakan sumber enzim dan lebih menguntungkan dibandingkan organisme lain karena pertumbuhannya cepat, dapat tumbuh pada substrat yang murah, lebih mudah ditingkatkan hasilnya melalui pengaturan kondisi pertumbuhan dan rekayasa genetika, serta mampu menghasilkan enzim yang ekstrim.

Enzim selulase diperoleh dari campuran enzim endoglukanase, eksoglukanase dan  $\beta$ -glukosidase. Selulase dapat diproduksi oleh jamur, bakteri, tumbuhan, dan ruminansia. Salah satu mikroorganisme utama yang dapat memproduksi selulase adalah jamur. Jamur berfilamen seperti *Trichoderma* dan *Aspergillus* adalah penghasil enzim selulase dan *crud enzyme* secara komersial. Enzim selulase banyak diaplikasikan pada industri tekstil, pada deterjen sebagai agen untuk meningkatkan kecerahan dan kelembutan kain, untuk meningkatkan

kualitas gizi dan pencernaan pakan ternak, pembuatan bioetanol (Ul-Haq dkk., 2005). Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa enzim yang dihasilkan oleh *Trichoderma* merupakan enzim selulase kompleks yang mempunyai kemampuan untuk menghidrolisis total selulosa murni yang tidak larut menjadi glukosa. Hal demikian menyebabkan ikatan hemiselulosa yang terdapat dalam substrat mudah didegradasi sehingga menurunkan kandungan kasar.

Pemanfaatan limbah daun sebagai kompos merupakan salah satu alternative yang telah banyak dikembangkan oleh industri. Kompos yang dihasilkan dari daun telah terbukti berpotensi dalam meningkatkan katalis tanah dan produktifitas tanaman, dan kompos juga tidak mencemari lingkungan. Limbah daun banyak mengandung senyawa organik kompleks dalam limbah tersebut dan yang terbesar adalah selulosa. Selain itu, enzim selulase banyak diaplikasikan pada industri tekstil, dan pembuatan bioetanol. (Chalimatus, 2013).

#### **2.4.3 Enzim Kitinase**

Kitinase adalah enzim yang menghidrolisis senyawa kitin  $\beta$ -1, 4-N-asetil-glukosamin menjadi monomer N-asetil-D-glukosamin yang terdistribusi di alam. Enzim kitinase dihasilkan oleh mikroorganisme kitinolitik yang sebagian besar terdapat di lingkungan tanah dan air. Karakteristik enzim kitinase bervariasi tergantung pada jenis mikroorganisme dan keberadaan substrat kitin. Sebagian besar enzim kitinase lebih spesifik terhadap substrat koloidal kitin. Aktivitas optimum enzim kitinase berada pada kisaran suhu 30-40°C dan pH 5-7. Kestabilan enzim kitinase berada pada kisaran 30-45°C dan pH 4-8. Enzim kitinase telah banyak digunakan untuk pengolahan limbah dan agen biokontrol hama tanaman (Orinda dkk., 2015).

Kitin merupakan biopolimer yang banyak terdapat di alam. Kitin menempati urutan terbesar kedua setelah selulosa dan banyak ditemukan pada berbagai organisme seperti bakteri, serangga, cendawan, tanaman dan hewan. Ukuran molekul kitin relatif besar dan kelarutan kitin rendah serta sulit diserap tubuh manusia, sehingga aplikasi kitin terbatas dan menyebabkan kitin menjadi sumber utama pencemaran senyawa organik (Haliza, 2016).

Kitin adalah enzim yang akan mengkatalisis pemecahan senyawa polimer kitin pada ikatan glikosidik  $\beta$ -1,4. Kitinase terdapat di berbagai organisme dan diklasifikasikan dalam famili 18, 19 dan 20 glikosida hidrolase. Enzim kitinase saat ini banyak digunakan sebagai agen biokontrol karena dapat mendegradasi kitin menjadi produk yang ramah lingkungan dan dapat digunakan dalam bidang kesehatan, pangan, industri dan lain-lain (Herdyastuti, Nuniek dan Matsjeh, 2009).

Produksi enzim kitinase dari mikroorganisme lebih baik dibandingkan kitinase dari sumber yang lain karena kemudahannya berkembang biak dalam waktu yang relatif singkat. Produksi enzim kitinase dilakukan dengan menumbuhkan isolat bakteri pada media yang mengandung kitin sebagai substrat dan inkubasi pada waktu, pH, dan suhu tertentu. Faktor waktu, pH, dan suhu inkubasi perlu dikontrol untuk mendapatkan produksi enzim yang maksimal (Kamil, 2004).

Secara umum, enzim kitin dimanfaatkan sebagai agen biokontrol hama tanaman dan untuk pengolahan limbah industri. Kitin merupakan biopolimer kedua di alam setelah selulosa, dan senyawa ini dapat ditemukan pada cangkang kepiting, dan dinding sel jamur. Kitin pada jamur merupakan komponen utama penyusunan dinding sel jamur, kandungan sel pada jamur tergantung spesies jamurnya. Kitin pada dinding sel jamur berkisar antara 22- 40 % (Corneliyawati dkk., 2018).

#### **2.4.4 Enzim Pektinase**

Pektinase adalah enzim yang digunakan dalam degradasi molekul pektin. Enzim pektinase dibagi menjadi tiga kelompok besar yaitu enzim yang melakukan deesterifikasi (pektin esterase), enzim yang melakukan depolimerisasi (hidrolase dan liase) dan protopektinase. Enzim deesterifikasi memotong ikatan ester antara gugus karboksil dari unit asam poligalakturonat dengan gugus metil. Enzim depolimerisasi membelah ikatan  $\alpha$ -1,4 glikosidik pada senyawa pektin. Sedangkan protopektinase adalah enzim pektinase yang melarutkan protopektinase (Mukrimin dkk., 2021).

Pektin merupakan polisakarida penguat tekstur dalam sel tanaman yang terdapat di antara selulosa dan hemiselulosa. Selulosa dan hemiselulosa membentuk jaringan dan memperkuat dinding sel tanaman. Senyawa-senyawa pektin ini juga merupakan perekat antara dinding sel yang satu dengan yang lainnya. Pektin terletak pada bagian tengah lamella pada dinding sel. Tanaman yang berfotosintesis tanpa kecuali mengandung pektin dalam jumlah yang berbeda tergantung pada jenis tanaman dan tingkat kematangannya (Prasetyowati dkk., 2009).

(Susilowati dkk., 2020) menjelaskan bahwa enzim pektinase dapat dihasilkan dari berbagai jenis mikroorganisme seperti jamur, cendawan dan bakteri. Aktivitas pektinase serta karakter enzim yang dihasilkan dipengaruhi oleh sumber mikroba dan kondisi lingkungan saat diproduksi. Pektinase dari *Aspergillus niger* mempunyai aktivitas maksimum pada pH 4, dan temperatur 50° C, untuk strain lain pada pH 4,5 dan suhu 35° C.

Pektinase banyak digunakan dalam produk-produk pangan sebagai zat pengemulsi, zat penstabil tekstur juga merupakan bahan tambahan makanan yang diizinkan penggunaannya di Indonesia. Pemanfaatan pektin pada bahan pangan seperti selai merupakan alternatif pada bahan yang kandungan pektinnya sedikit seperti buah nanas (Rompas, 2016).