

**SKRIPSI**  
**FORMULASI MEDIA AGEN BIOSTIMULAN UNTUK**  
**TANAMAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* L.**  
**Nielsen)**

**Disusun dan Diajukan Oleh :**

**REGINA TIKU LANGI**  
**M011191265**



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN**  
**FAKULTAS KEHUTANAN**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2023**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**FORMULASI MEDIA AGEN BOSTIMULAN UNTUK  
TANAMAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen)**

**Disusun dan Diajukan Oleh:**

**REGINA TIKU LANGI**

**M011191265**

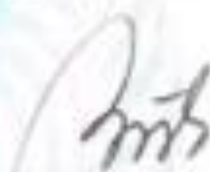
Telah di pertahankan dihadapan Panitia Ujian dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi  
Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanoddin  
Pada tanggal 14 Juli 2023  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat  
Menyetujui:

**Pembimbing Utama**



Dr. Ir. Siti Halimah Larekeng, S.P., MP  
NIP.19820209 201504 2 002

**Pembimbing Pendamping**



Dr. Rumella Simarmata, M. Biotech  
NIP.19800314 20052 2 002

**Ketua Program Studi**



Dr. Ir. Siti Nuraeni, M.P.  
NIP. 19680410 199512 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Regina Tiku Langi  
NIM : M011191265  
Program Studi : Kehutanan  
Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulisan saya berjudul

“FORMULASI MEDIA AGEN BIOSTIMULAN UNTUK TANAMAN  
SENGON (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen)”

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

Makassar, 25 Juni 2023

Yang menyatakan



10000  
METEPAJ  
TEMPEL  
95CA0058804476

Regina Tika Langi

## ABSTRAK

**REGINA TIKU LANGI (M011 19 1265) Formulasi Media Aden Biostimulan untuk Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) dibawah bimbingan Siti Halimah Larekeng dan Rumella Simarmata.**

Pembangunan Hutan Tanaman Industri merupakan kegiatan yang diprioritaskan dalam pembangunan kawasan hutan Indonesia. Pembangunan HTI ini memerlukan tanaman berkayu yang unggul salah satunya adalah tanaman sengon. Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen) adalah jenis tanaman berkayu *fast growing*. Tujuan dari penelitian ini untuk menguji beberapa paket formulasi agen biostimulan yang berbahan aktif bakteri rizosfer dan endofit dan mengaplikasikannya sebagai inokulan untuk memacu pertumbuhan sengon dalam masa pembibitan dan adaptasi di lingkungannya. Pertumbuhan suatu tanaman dipengaruhi oleh mikroba rizosfer dan endofit. Mikroba rizosfer adalah mikroorganisme yang berada di daerah perakaran tanaman sedangkan mikroba endofit adalah mikroorganisme yang berada di dalam jaringan tanaman. Percobaan dirancang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) pola faktorial yang terdiri dari 5 perlakuan yaitu pemberian pupuk hayati CMC, pupuk hayati dedak, pupuk NPK, KN 50% dan kontrol dengan masing-masing ulangan sebanyak 10 ulangan sehingga berjumlah 50 bibit. Variabel pertumbuhan yang diamati adalah tinggi, diameter dan jumlah daun. Data dianalisis secara statistic dengan Analisis Sidik Ragam dan dilanjutkan dengan uji Tukey. Hasil penelitian ini menunjukkan 9 isolat dari tanaman bawang merah mampu bertahan dalam bahan pembawanya sehingga dapat diaplikasikan ke tanaman sengon. Pertumbuhan sengon dengan perlakuan pupuk hayati CMC dan dedak memberi pengaruh yang nyata dan dapat bersaing dengan pupuk kimia yang juga digunakan untuk perlakuan.

**Kata Kunci : CMC, Dedak, Endofit, Pupuk Hayati, Mikroba**

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan anugerah, berkat, kekuatan dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Formulasi Media Agen Biostimulan untuk Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* L. Nielsen)**”, guna memenuhi syarat dalam menyelesaikan Pendidikan di Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan yang tulus kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian jga dalam proses penyusunan skripsi ini, terutama kepada Ibu **Dr. Siti Halimah Larekeng, S.P., MP** dan Ibu **Dr. Rumella Simarmata, M. Biotech** 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 orang tua tercinta, Ayahanda **Salmon Salo, SE (Alm)** dan Ibunda **Martha Mettang** serta saudara saya **Lawdri Jaya Kusuma** yang mencurahkan kasih sayang, perhatian, pengorbanan, doa dan motivasi yang kuat serta segala jerih payahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini. Dengan segala kerendahan hati penulis juga mengucapkan terima kasih khususnya kepada :

1. Ibu **Dr. Astuti, S.Hut, M.Si, IPU** dan Bapak **Iswanto, S.Hut, M.Si** selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran, bantuan serta koreksi dalam penyusunan skripsi ini.
2. Seluruh **Pegawai Kelompok Riset Interaksi Mikroba Tanaman Badan Riset dan Inovasi Nasional** yang telah meluangkan waktu dan perhatian dalam penyelesaian penelitian.
3. Seluruh **Dosen Pengajar** dan **Staf Administrasi** Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin.

4. Sahabat saya **Ranti, Arya, Devi, Putri, dan Lina** sepupu penulis yang selalu memberikan motivasi dan bantuan yang tiada henti kepada penulis dalam mengerjakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.
5. Sahabat saya **Bacoters (Aurin, Sela dan Talia)** saya ucapkan banyak terima kasih untuk segala bantuan, motivasi selama masa perkuliahan, mengerjakan penelitian dan penyusunan skripsi. Suka duka di masa perkuliahan hingga masa akhir perkuliahan adalah hal yang selalu penulis syukuri dan akan selalu menjadi hal yang menyenangkan.
6. Teman-teman saya geng **Sister** yang juga memberikan dukungan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi ini.
7. Rekan-rekan **Bioteknologi 19** terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi.
8. **Aril Karaeng** yang menjadi tempat penulis berkeluh kesah serta selalu memberikan dukungan yang tiada henti, bimbingan, doa dan mentransfer energi kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian dan skripsi ini.

Dengan keterbatasan ilmu dan pengetahuan, penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Dari situlah penulis mengharapkan kritik, saran dan koreksi yang membangun dari berbagai pihak sehingga akan menjadi masukan bagi penulis di masa yang akan datang dan penyempurnaan skripsi ini. Akhir kata kiranya skripsi ini dapat berguna bagi semua pihak.

Makassar, 25 Juni 2023

Regina Tikun Langi

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	Error! Bookmark not defined.
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>x</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian dan Kegunaan Penelitian .....	3
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>5</b>
2.1 <i>Paraserianthes Falcataria</i> .....	5
2.2.1 Sistematika .....	5
2.2.2 Klasifikasi .....	5
2.2.3 Persyaratan dan Padanan Sengon .....	6
2.2 <i>Plant Growth Promoting Bacteria</i> (PGPB) .....	6
2.3 Mikroba Rizosfer.....	7
2.4 Mikroba Endofit.....	7
2.5 Pupuk Hayati.....	8
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>10</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	10
3.2 Alat dan Bahan.....	10
3.2.1 Alat.....	10
3.2.2 Bahan .....	10
3.3 Prosedur Penelitian.....	11
3.3.1 Bakteri .....	11
3.3.2 Pupuk Hayati .....	13

3.3	Variabel Penelitian .....	15
3.4	Analisis Data .....	15
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>16</b>
4.1	Peremajaan Bakteri .....	16
4.2	Uji Toleran Isolat Terhadap Kekeringan .....	17
4.3	Pengenceran Bertingkat.....	19
4.4	Pengukuran Sengon.....	21
4.4.1	Tinggi Sengon .....	21
4.4.2	Diameter Tanaman Sengon .....	23
4.4.3	Jumlah Daun .....	25
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>29</b>
5.1	Kesimpulan .....	29
5.2	Saran .....	29
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>30</b>
	<b>Lampiran 1. Analisis Anova.....</b>	<b>36</b>
	<b>Lampiran 2. Hasil Uji Tukey .....</b>	<b>37</b>
	<b>Lampiran 3. Dokumentasi .....</b>	<b>40</b>



## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1.	Grafik Pertumbuhan Tinggi Tanaman Sengon (cm) Selama 9 Minggu .....	22
Gambar 2	Histogram Uji Tukey Tinggi Tanaman Sengon .....	23
Gambar 3.	Grafik Pertumbuhan Diameter Tanaman Sengon selama 9 minggu ...	24
Gambar 4.	Histogram Uji Tukey Diameter Tanaman Sengon .....	25
Gambar 5.	Grafik Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Sengon selama 9 minggu .....	25
Gambar 6.	Histogram Hasil Uji Tukey Jumlah Daun Tanaman Sengon .....	27

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1.	Isolat Yang Berpotensi Sebagai PGPB .....	16
Tabel 2.	Optical Density bakteri dengan tekanan osmotik 0 MPa pada $\lambda$ 570 .....	17
Tabel 3.	Optical Density bakteri dengan tekanan osmotik -0,73 MPa pada $\lambda$ 570 .....	18
Tabel 4	Data Perhitungan Jumlah Koloni pada Pupuk Hayati Dedak.....	19
Tabel 5	Data Perhitungan Jumlah Koloni pada Formulasi Pupuk Hayati CMC .....	20
Tabel 6.	Hasil Analisis Anova Pengaruh Perlakuan Terhadap Pertambahan Tinggi Sengon .....	22
Tabel 7.	Hasil Analisis Anova Perlakuan Terhadap Pertumbuhan Diameter Tanaman Sengon .....	24
Tabel 8.	Hasil Analisis Anova Perlakuan Terhadap Pertumbuhan Jumlah Daun Tanaman Sengon .....	26

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Pembangunan hutan tanaman industri (HTI) merupakan serangkaian kegiatan yang diprioritaskan untuk menambah dan meningkatkan potensi kawasan hutan terutama pada areal yang tidak produktif. Pemerintah merespon dengan manggalakkan pengembangan HTI sebagai lahan penyedia bahan baku kayu.

Pembukaan dan pengembangan HTI memerlukan benih tanaman tegakan berkayu dalam jumlah yang banyak. Benih tanaman HTI yang banyak dibutuhkan salah satunya sengon (*Parasianthes falcataria*). Jenis pohon ini merupakan tanaman industri yang diprioritaskan dalam pembangunan kehutanan Indonesia. Hal ini didasarkan pada pertimbangan kebutuhan kayu yang semakin meningkat terutama untuk bahan mentah industri bubur kertas, bahan baku kayu pertukangan, industri serat maupun kayu energi. Tanaman sengon memiliki pertumbuhan yang cepat, kualitas kayunya yang baik dan kemampuan toleransi terhadap berbagai jenis tanah dan lingkungan (*National Research Council, 2007*).

Sebaran tanaman sengon terbesar berada di pulau Jawa khususnya di Jawa Barat dan Jawa Tengah. Keluhan petani dalam budidaya tanaman sengon sekarang ini adalah serangan penyakit karat puru (*gall rust*). Penyakit yang menyerang mulai dari pembibitan sampai pada tegakan. Jika hal ini tidak ditangani dengan tepat dan benar akan memberi dampak pada pertumbuhan tanaman yang ada sehingga dapat menyebabkan penurunan kualitas kayu, dampak pada produktivitas tanaman yang besar dari tumbuhan dapat mempengaruhi ekosistem.

Faktor pembatas lingkungan juga mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Faktor pembatas adalah faktor-faktor fisika dan kimia (komponen abiotik) yang menentukan organisme dapat hidup dan berkembang dalam suatu ekosistem. Faktor pembatas lingkungan mempengaruhi pertumbuhan sengon terhambat, jika tumbuh di puncak perbukitan karena dangkalnya sistem pengakaran sengon. Pada tanah masam, perkembangan akar terhambat karena tingginya konsentrasi aluminium di lapisan bawah, dan juga bisa disebabkan oleh faktor lain seperti (P) fosfor tersedia yang rendah, dan sifat fisik tanah (misalnya kepadatan tanah yang

tinggi dan aerasi tanah yang rendah). Permasalahan ini membutuhkan agen hayati yang berperan sebagai pemacu pertumbuhan dan mengendalikan serangan penyakit yang dapat mencegah pertumbuhan tanaman sengon.

*Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) merupakan bakteri yang dapat berasosiasi dengan tanaman yang berasal dari perakaran (rizosfer), permukaan daun (filosfir) ataupun dari bagian tanaman (endofit). PGPB berperan sebagai promotor tumbuhan, agen antagonis dan meningkatkan ketahanan tanaman (Khabbaz *et al.*, 2019). Keunggulan rizosfer menjadi agen antagonis untuk bakteri dan endofit sebagai agen pengendali hayati yang mampu meningkatkan ketersediaan nutrisi, menghasilkan hormon pertumbuhan dan mengendalikan penyakit tumbuhan serta dapat menginduksi ketahanan tanaman.

Tersedianya organisme tanah yang melimpah merupakan salah satu faktor yang dapat meningkatkan produktivitas tanaman berkayu *P. falcataria*. salah satu jenis organisme tanah yang sudah banyak diteliti dan digunakan adalah rizobakteria. Rizobakteria merupakan kelompok bakteri yang hidup dan berkembang di daerah rizosfer tanaman dan berpotensi meningkatkan produktivitas dan pertumbuhan tanaman (Gray & Smith 2005). Bakteri rizosfer memiliki banyak peran, seperti nutrisi bagi tanaman, melindungi tanaman dan infeksi bakteri patogen (terutama di daerah perakaran) serta menghasilkan hormon pertumbuhan seperti *indol acetic acid*, pelarut fosfat, pengikat nitrogen dan lain-lain. Bakteri rizosfer juga dapat memberi pengaruh terhadap ketersediaan dan siklus nutrisi tanaman dengan cara menjaga kestabilan tekstur tanah (Susilawati *et al.*, 2016).

Penggunaan bakteri endofit termasuk salah satu alternatif pengendalian nematoda parasit tanaman yang dapat mengendalikan serangan penyakit yang terdapat pada tanaman khususnya sengon. Mikroba endofit adalah organisme hidup yang berukuran mikroskopis (bakteri dan jamur) yang hidup di dalam jaringan tanaman (*xylem dan phloem*), daun, akar, buah dan batang (Tanaka *et al.*, 1999 dalam Rumella, 2007). Mikroba endofit hidup bersimbiosis saling menguntungkan, dalam hal ini mikroba endofit mendapatkan nutrisi dari hasil metabolisme tanaman dan memproteksi tanaman melawan herbivora, serangga atau jaringan yang patogen, sedangkan tanaman mendapatkan *derivate* nutrisi dan

senyawa aktif yang diperlukan selama hidupnya (Tanaka *et al.*, 1999 dalam Rumella, 2007). Banyaknya kemampuan bakteri rizosfer maka dapat dimanfaatkan secara optimal sebagai biofertilizer, biostimula dan biokontrol.

Biostimulan merupakan formulasi senyawa bioaktif tanaman atau mikroba yang dapat diaplikasikan pada tanaman dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, toleransi cekaman, abiotik, biotik dan kualitas tanaman. Agen biostimulan yang dimaksudkan adalah pupuk hayati.

Penggunaan pupuk hayati merupakan langkah yang tepat dalam penanggulangan dari masalah penyakit yang menyerang tanaman sengon dan merupakan suatu bahan amandemen yang mengandung mikroorganisme bermanfaat untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sengon melalui peningkatan aktivitas biologi yang akhirnya dapat berinteraksi dengan sifat-sifat fisik dan kimia media tumbuh (tanah). Pupuk hayati yang berbahan aktif bakteri sebagai pemacu tumbuh dan biokontrol perlu diformulasi untuk aplikasi pada tumbuhan (Nakkeeran *et al.* 2006).

Studi penelitian sebelumnya kebanyakan menggunakan pupuk berbahan kimia untuk memacu pertumbuhan bibit pada tanaman sengon (Basuki dan Sita, 2019). Penggunaan pupuk kimia dapat mengubah pH tanah dan membuatnya menjadi asam. Peningkatan keasaman ini dapat membunuh mikroba yang dibutuhkan oleh tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Penggunaan pupuk kimia secara terus-menerus juga dapat berdampak pada tanah yaitu dapat membuat tanah mengeras dengan membuat tanah kehilangan porositasnya. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut menggunakan pupuk hayati sehingga dapat memenuhi segala kebutuhan mikroba dalam memacu pertumbuhan bibit sengon. Parameter keberhasilan formulasi ini adalah kombinasi bakteri tersebut mampu bertahan pada bahan pembawa pada masa penyimpanan tertentu, mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman *P. falcataria* dan mampu menghambat penyakit yang menyerang tanaman ini.

## **1.2 Tujuan Penelitian dan Kegunaan Penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk menguji paket formulasi cair dan padat sebagai agen biostimulan yang berbahan aktif bakteri rizosfer dan bakteri endofit dan mengaplikasikannya sebagai inokulan untuk pemacu pertumbuhan sengon dalam masa pembibitan dan adaptasi di lingkungannya. Kegunaan penelitian ini dapat memberi informasi mengenai bakteri rizosfer dan bakteri endofit yang dapat digunakan untuk membuat pupuk hayati dan perannya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman sengon.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Paraserianthes Falcataria*

#### 2.2.1 Sistematika

Berikut ini merupakan sistematika ilmiah dari tanaman sengon (Warisno, 2009):

Kingdom : Plantae  
Subkingdom : Trachebionta  
Superdivision : Spermathophyta  
Division : Magnoliophyta  
Classis : Mangnoliopsida  
Subclassis : Rosidae  
Ordo : Fabales  
Familia : Fabaceae  
Genus : *Paraserianthes*  
Spesies : *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen

*Paraserianthes falcataria* merupakan nama ilmiah dari tanaman sengon, tetapi juga sering disebut *Albizzia falcataria*. Kedua nama ilmiah ini dibenarkan secara ilmiah. Tetapi *Paraserianthes falcataria* lebih disarankan penggunaannya sengon (Warisno, 2009).

#### 2.2.2 Klasifikasi

Pohon sengon tercatat sebagai salah satu pohon yang tercepat pertumbuhannya di dunia. Pada umur 1 tahun dapat mencapai tinggi 7 m dan pada umur 12 tahun dapat mencapai tinggi 39 m dengan diameter lebih dari 60 cm dan tinggi cabang 10-30 m. diameter pohon yang sudah tua dapat mencapai 1 m, bahkan kadang lebih. Batang umumnya tidak berbanir, tumbuh lurus dan silindris.

Pohon sengon memiliki kulit licin, berwarna abu-abu, atau kehijauhijauan. Tajuknya berbentuk perisai, jarang dan selalu hijau. Pohon sengon memiliki daun majemuk dengan Panjang bisa mencapai 40 cm. dalam satu tangkai daun terdiri 15-25 daun dengan daun erbentuk lonjong (Hardiatmi, 2010).

### **2.2.3 Persyaratan dan Padanan Sengon**

Sengon sangat cocok tumbuh di daerah beriklim basah dengan curah hujan anantara 1.500-4.000 mm per tahun, bahkan Filipina sampai 4.500 mm per tahun tanpa bulan kering dengan tipe iklim A sampai B. Di Maluku, sengon tumbuh alami di daerah bercurah hujan lebi dri 1.700 mm/tahun dengan jumlah bulan kering 3 bulan dan termasuk tipe iklim C. Sengon dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah bahkan pada jenis tanah yang drainaseny jelek atau tanahnya tandus masih dapat tumbuh. Tanaman ini dapat tumbuh baik pada jenis tanah regosol, alluvial dan latosol. Tanah-tanah tersebut bertekstur lempung berdebu dengan tingkat kemasaman agak masam sampai netral. Pada tanah yang sangat masam pertumbuhannya kerdil. Padanan terbaik untuk sengon berkisar 10-800 m dpl, tetapi dapat juga tumbuh sampai ketinggian 1.600 mdpl.

## **2.2 *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB)**

*Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB) merupakan bakteri yang dapat berasosiasi dengan tanaman yang berasal dari sekitar perakaran (rizosfer), permukaan daun (filosfir) ataupun dari bagian tanaman (endofit). PGPB memiliki peran yaitu sebagai pemasok pertumbuhan, agen antagonis dan meningkatkan ketahanan tanaman (Khabbaz *et al.*, 2019).

Mekanisme PGPB ketika diaplikasikan pada tanaman berupa langsung maupun tidak langsung. Secara langsung diartikan dapat mendorong pertumbuhan tanaman melalui produksi auksin, ACC deaminase, sitokinin, giberilin, fiksasi nitrogen, pelarut fosfat dan sekuestrasi zat besi oleh siderofor. Mekanisme PGPB secara tidak langsung dicirikan adanya aktivitas penghambatan terhadap mikroba patogen (Agustin *et al.*, 2021). Mekanisme tidak langsung berupa produksi enzim deaminase, antibiotik, enzim



pendegradasi dinding sel, kompetisi, ISR (*Induced Systemic Resistance*) dan siderofor,

Kemampuan PGPB dalam menginduksi ketahanan tanaman merupakan pendekatan pengendalian dari dalam tanaman. Mekanisme ini memungkinkan tanaman membangun sistem pertahanan sendiri terhadap patogen sehingga akan lebih efisien dan bersifat berkelanjutan (Dewi *et al.*, 2020).

### **2.3 Mikroba Rizosfer**

Istilah rizosfer mengarah kepada bagian tanah yang terpengaruh oleh perakaran tanaman. Rizosfer dicirikan oleh lebih banyaknya kegiatan mikrobiologis dibandingkan kegiatan di dalam tanah yang jauh dari perakaran tanaman. Intensitas kegiatan semacam ini tergantung dari panjangnya jarak tempuh yang dicapai oleh eksudasi sistem perakaran.

Perkembangan mikroorganisme sangat banyak berkembang di tanah, terutama pada tanaman rizosfer, yaitu lapisan tanah yang menyelimuti permukaan akar tanaman yang masih dipengaruhi oleh aktivitas akar, contohnya seperti *micrococcus*, *bacillus*, dan lain-lain. Diketahui bahwa sejumlah besar bakteri dan spesies jamur memiliki hubungan fungsional dengan tanaman yang mampu memberi efek menguntungkan pada pertumbuhan tanaman, yakni dengan saling meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi keduanya (Odelade and Babalola, 2019; Jacoby *et al.*, 2017).

### **2.4 Mikroba Endofit**

Mikroba endofit termasuk sumber keanekaragaman dari berbagai macam genetik yang dapat diandalkan, dengan sumber keanekaragaman jenis baru yang belum dideksripsikan (Prasetyoputri dan Atmosukarto, 2006). Mikroba endofit yang tidak menimbulkan efek negaif pada jaringan tumbuhan menunjukkan terjadinya hubungan simbiosis mutualisme antara inang dan mikroba endofit (Leiwakabessy dan Latupeirissa, 2013).

Kurang lebih 300.000 jenis tanaman yang tumbuh di muka bumi ini, setiap tanaman mengandung satu atau lebih mikroba endofit baik dari cendawan maupun bakteri (G.A. Stobel, 2003). Bakteri endofit dapat diperoleh dengan cara

mengekstrak bagian dari tanaman untuk memperoleh bakteri yang berada di dalam jaringan tanaman, bakteri dapat juga diperoleh dengan cara isolasi bagian tanaman dengan sterilisasi permukaan terlebih dahulu (Ryan *et al.*, 2008; Aqlinia *et al.*, 2020; Sepria dan Parlindo, 2019).

Bakteri endofit merupakan mikro simbiotik yang hidup dan membentuk koloni di dalam jaringan tanaman sehat selama periode tertentu dari siklus hidupnya dan tidak menimbulkan efek negatif pada tanaman inangnya (Bhore *et al.*, 2010; Susilowati *et al.*, 2018; Yahya *et al.*, 2017). Tempat hidup bakteri endofit sangat unik sifatnya karena tumbuh di dalam jaringan tanaman, Bakteri endofit memiliki potensi sebagai penghasil metabolit sekunder yang dapat dimanfaatkan seperti yang terkandung pada tanaman inangnya (Iqlima *et al.*, 2017; Rori *et al.*, 2020).

Keberadaan bakteri-bakteri endofit di dalam jaringan tanaman berkontribusi dalam perbaikan pertumbuhan tanaman (*plant growth promotion*) dan kemampuannya memproduksi zat pengatur tumbuh, memfiksasi nitrogen, memobilisasi fosfat serta berperan dalam kesehatan tanaman (*plant health promotion*) (Bhore *et al.*, 2010; Munif *et al.*, 2012). Bakteri endofit memiliki kemampuan dalam meningkatkan pertahanan tanaman terhadap gangguan patogen. Bakteri endofit juga mampu menghasilkan senyawa enzim, etilena, antimikroba, asam salisat dan senyawa sekunder sehingga dapat berperan mempertahankan tanaman (Herlina *et al.*, 2016).

## **2.5 Pupuk Hayati**

Pupuk hayati merupakan formulasi senyawa bioaktif tanaman atau mikroorganisme yang dapat diaplikasikan pada tanaman dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, toleransi cekaman, abiotik, atau kualitas tanaman. Strategi untuk meningkatkan keberhasilan aplikasi pupuk hayati adalah pupuk hayati yang berbasis isolat mikroba terpilih dan memiliki viabilitas yang tinggi dalam bahan pembawanya serta penetapan Teknik aplikasi dan dosis yang tepat berdasarkan hasil pengujian.

Pupuk hayati mengandung mikroba-mikroba yang berfungsi untuk menambat nitrogen, melarutkan fosfat, melarutkan kalium, merombak bahan organik, menghasilkan fitohormon, menghasilkan antibiotik bagi tanaman dan sebagai biopestisida tanaman, serta mereduksi akumulasi kadar logam berat yang terkandung dalam tanah. Keberadaan mikroba di dalam pupuk hayati dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui fiksasi nitrogen, membuat hara lebih tersedia dalam pelarutan fosfat atau meningkatkan akses tanaman untuk mendapatkan unsur hara yang memadai (Fadiluddin, 2009).

Sejauh ini penggunaan pupuk hayati rata-rata dalam bentuk cair sehingga pengembangan kemasan pupuk hayati dan biofungisida perlu dilakukan untuk memudahkan aplikasi pada tanaman. Aplikasi dalam bentuk formulasi kombinasi rizosfer dan endofit baik dalam bentuk serbuk maupun granul dimaksudkan agar mudah disimpan, didistribusikan dan diaplikasikan di lapangan.