

SKRIPSI
ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN IDENTIFIKASI BAKTERI
DARI BINTIL AKAR TANAMAN SENGON (*Paraserianthes*
***falcataria* (L.) Nielsen) SEBAGAI PEMACU PERTUMBUHAN**
TANAMAN

Disusun dan Diajukan Oleh:
HAFIZHAH NURSYAHRIAH S
M011191251



PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023

HALAMAN PENGESAHAN

ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN IDENTIFIKASI BAKTERI DARI BINTIL AKAR TANAMAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) SEBAGAI PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN

Disusun dan Diajukan Oleh:

HAFIZHAH NURSYAHRIAH S
M011191251

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Pada Tanggal 11 Desember 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui:

Pembimbing Utama



Dr. Siti Halimah Larekeng, S.P.,M.P
NIP. 198202092015042002

**Pembimbing
Pendamping I**



Ir. Mukrimin, S.Hut., M.P., Ph.D., IPU
NIP. 197802092008121001

**Pembimbing
Pendamping II**



Tiwit Widowati, S.Pi., M.Si
NIP. 197401262007012001

Mengetahui,

**Ketua Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin**



Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P
NIP. 19680410199512 2 001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hafizhah Nursyahriah S

NIM : M011191251

Program Studi : Kehutanan

Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulisan saya berjudul

“ISOLASI, KARAKTERISASI, DAN IDENTIFIKASI BAKTERI DARI BINTIL
AKAR TANAMAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)
SEBAGAI PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN”

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, 11 Desember 2023

Yang menyatakan

Hafizhah Nursyahriah S



ABSTRAK

HAFIZHAH NURSYAHRIAH S (M011 19 1251) Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Bakteri dari Bintil Akar Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman

Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) merupakan jenis tanaman legum yang bersimbiosis dengan bakteri Rhizobia. Bakteri ini bekerja dengan menginfeksi tanaman di bagian perakaran, sehingga menimbulkan tonjolan yang disebut bintil akar. Sebagai bakteri yang mampu memacu pertumbuhan tanaman, PGPR merupakan sebuah komponen yang dapat mendukung kemandirian dalam peningkatan produktivitas tanaman yang lebih baik. Tujuan dari penelitian ini adalah mengisolasi, mengkarakterisasi, dan mengidentifikasi bakteri potensial dari bintil akar tanaman sengon (*P. falcataria* (L.) Nielsen) yang berasal dari Makassar dan Minahasa dalam memacu pertumbuhan tanaman. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari hingga Juli 2023, di Laboratorium Genomik dan Lingkungan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Prosedur penelitian terdiri dari pengambilan sampel, preparasi alat, bahan dan media, isolasi dan karakterisasi bakteri dari bintil akar, dan identifikasi molekuler bakteri potensial berdasarkan analisis sekuensing gen 16S rRNA. Hasil isolasi dan karakterisasi diperoleh 3 isolat potensial pemacu pertumbuhan tanaman dan toleran cekaman salinitas, pH dan kekeringan. Berdasarkan analisis sekuensing gen 16S rRNA, ketiga isolat teridentifikasi sebagai spesies *Enterobacter cloacae* SM 1.3 dan SM 1.4, dan *Rhizobium miluonense* SM 2.2.

Kata kunci : sengon, bintil akar, rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT., Maha Besar dengan segala kuasanya, melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada hamba-Nya. Maha Suci, Allah yang selalu memberi jalan keluar dari permasalahan hidup yang dihadapi oleh hamba-Nya. Shalawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW, beserta keluarganya, para sahabatnya, serta para pengikutnya. Maha suci Allah dengan segala nikmat dan ridho-Nya sehingga penulis dimampukan oleh-Nya dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Bakteri dari Bintil Akar Tanaman Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman”**. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya, kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, terutama untuk Ibu **Dr. Siti Halimah Larekeng, SP., MP**, Bapak **Ir. Mukrimin, S.Hut., M.P., Ph.D., IPU**, dan Ibu **Tiwit Widowati, S.Pi., M.Si.**, selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan memberikan kesempatan serta pengalaman yang luar biasa bagi penulis, baik dalam tahapan penelitian hingga penyusunan skripsi ini.

Skripsi ini terwujud berkat doa, bantuan, dukungan, serta motivasi dari orang-orang terkasih. Oleh karena itu, dengan kerendahan hati dan rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda **Muhammad Syakir Said** dan Ibunda **Haeriah Arief**, serta adik-adikku tersayang **Haerany Nursyahriah S, M. Yusuf Arief Said S**, dan **M. Yusran Arief Said S**, atas segala doa, kasih sayang, dan dukungan moral dan moril kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Ungkapan terima kasih sebesar-besarnya juga penulis hanturkan, atas segala doa, bantuan, dukungan, motivasi, kesempatan serta pengalaman yang luar biasa yang telah diberikan dari awal perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini, kepada :

1. Ibu **Gusmiaty, SP., M.P.** dan Ibu **Dr. Ir. Astuti Arif, S.Hut., M.Si., IPU** selaku dosen penguji yang telah memberikan saran dan masukan dalam menyempurnakan skripsi ini.
2. Seluruh **Dosen Fakultas Kehutanan** yang telah memberikan ilmu, pengetahuan dan pengalaman serta **Staf Fakultas Kehutanan** yang telah memberikan kemudahan dan pelayanan yang terbaik.
3. Ibu **Dr. Rumella Simarmata, M.Biotech**, selaku kepala tim riset yang telah memberikan kesempatan bergabung dan kepercayaan dalam melakukan penelitian dikelompok riset **Interaksi Mikroba Tanaman**. Ibu **Isye**, Ibu **Nana**, Ibu **Ike**, Ibu **Tita**, Ibu **Yeni**, dan Ibu **Ayu** yang telah memberikan kesempatan, pengetahuan, dan pengalaman yang sangat luar biasa.
4. Saudariku tercinta, **Asmaul Husna** dan **Nurul Istiqamah**, yang selalu ada mendoakan, menemani, memotivasi, serta mendukung penulis baik dalam suka maupun duka. Semoga yang dicita-citakan dapat terwujud dan selalu dalam lindungan Allah SWT.
5. Saudariku tercinta, **Putri Andini**, **Raodatul Jannah**, dan **Aura Aulia Aslan** yang telah membantu dan memotivasi penulis selama perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini. Semoga yang dicita-citakan dapat terwujud dan selalu dalam lindungan Allah SWT.
6. Saudariku tercinta, Kak **Dwi Sulastri, S.Hut.**, Kak **Satriani Gassing, S.P.**, dan Kak **Sisilia Banten Tomoron, S.Hut.**, yang telah menjadi keluarga, sahabat, dan rekan yang luar biasa suportif. Terima kasih telah hadir sebagai keluarga sekaligus rumah bagi penulis di masa penelitian dan penyusunan skripsi.
7. Tim *Rhizobium*, **Amara Syahdira** dan **Naufal Hilmi**, serta rekan-rekan **Kelompok Riset Interaksi Mikroba Tanaman** yang telah membantu dan memberikan suasana belajar yang menyenangkan selama penelitian.
8. Keluarga Besar **Unit Kegiatan Mahasiswa Belantara Kreatif Sylva Indonesia (PC.) Universitas Hasanuddin**, terkhusus teman-teman **Talenta 18**.
9. Keluarga Besar **Olympus 2019** dan **Laboratorium Bioteknologi dan Pemuliaan Pohon** yang telah memberikan pengalamana perkuliahan yang baik kepada penulis.

Kepada semua pihak yang telah hadir di dalam proses penulis menyelesaikan skripsi ini, semoga Allah SWT. Membalas kebaikan dan memberikan kemudahan atas segala urusannya. Dengan keterbatasan pengetahuan dan pemahaman penulis, skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan masukan yang bersifat membangun dari berbagai pihak, sehingga menjadi masukan bagi penulis di masa yang akan datang dan penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan pengetahuan bagi pembaca.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Makassar, 11 Desember 2023

Hafizhah Nursyahriah S

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen).....	3
2.1.1 Deskripsi.....	3
2.1.2 Morfologi.....	4
2.1.3 Habitat.....	4
2.2 Bintil Akar.....	5
2.3 <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> (PGPR).....	6
III. METODE PENELITIAN	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	9
3.3 Prosedur Penelitian.....	10
3.3.1 Pengambilan Sampel Bintil Akar Tanaman Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen).....	11
3.3.2 Preparasi Alat dan Bahan.....	11
3.3.3 Preparasi Media	11
3.3.4 Isolasi dan Pemurniaan Bakteri dari Bintil Akar.....	12
3.3.5 Karakterisasi Bakteri dari Bintil Akar	12
3.3.4 Identifikasi Molekuler berdasarkan Analisis Sekuensing Gen 16S rRNA	19
3.4 Variabel Penelitian	20

3.4.1 Kurva Standar <i>Indole Acetic Acid</i> (IAA).....	21
3.4.2 Kurva Standar Pelarut Fosfat.....	21
3.4.3 Kurva Standar Penambat Nitrogen	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1 Isolasi dan Pemurniaan Bakteri dari Bintil Akar Tanaman Sengon (<i>Paraserianthes falcataria</i> (L.) Nielsen).....	23
4.2 Karakterisasi Bakteri dari Bintil Akar.....	25
4.2.1 Karakterisasi Morfologi.....	25
4.2.2 Karakterisasi Fisiologi.....	29
4.2.3 Karakterisasi Ekologi.....	40
4.3 Identifikasi Molekuler berdasarkan Analisis Sekuensing Gen 16S rRNA..	49
V. KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Flowchart prosedur penelitian.....	10
Gambar 2.	Bintil akar tanaman sengon.....	23
Gambar 3.	Isolasi dan pemurnian bakteri dari bintil akar tanaman sengon di media YEMA+Congo red.	24
Gambar 4.	Pemurnian dan kultur bakteri dari bintil akar tanaman sengon di media YEMA cawan petri (a) dan tabung reaksi (b).....	25
Gambar 5.	Hasil pewarnaan Gram isolat bakteri	29
Gambar 6.	Grafik konsentrasi IAA isolat bakteri dari bintil akar tanaman sengon	30
Gambar 7.	Uji pelarut fosfat isolat bakteri dari bintil akar tanaman sengon pada media Pikosvkaya.....	31
Gambar 8.	Grafik IPF bakteri dari bintil akar tanaman sengon.....	32
Gambar 9.	Grafik konsentrasi pelarut fosfat isolat bakteri dari bintil akar tanaman sengon.....	33
Gambar 10.	Uji pelarut kalium isolat bakteri dari bintil akar tanaman sengon	34
Gambar 11.	Uji penambat nitrogen isolat bakteri dari bintil akar tanaman sengon menggunakan media NfB	35
Gambar 12.	Grafik konsentrasi ammonia isolat bakteri dari bintil akar tanaman sengon.....	37
Gambar 13.	Uji aktivitas enzim isolat bakteri dari bintil akar tanaman sengon ...	38
Gambar 14.	Grafik kepadatan populasi bakteri SM 1.4 dari bintil akar tanaman sengon pada media cekaman salinitas	41
Gambar 15.	Grafik kepadatan populasi bakteri SM 1.3 dari bintil akar tanaman sengon terhadap cekaman salinitas.....	42
Gambar 16.	Grafik kepadatan populasi bakteri SM 2.2 dari bintil akar tanaman sengon terhadap cekaman salinitas.....	43
Gambar 17.	Grafik kepadatan populasi bakteri SM 1.4 dari bintil akar tanaman sengon terhadap cekaman pH.....	44

Gambar 18. Grafik kepadatan populasi bakteri SM 1.3 dari bintil akar tanaman sengon terhadap cekaman pH.....	45
Gambar 19. Grafik kepadatan populasi bakteri SM 2.2 dari bintil akar tanaman sengon terhadap cekaman pH.....	46
Gambar 20. Grafik kepadatan populasi bakteri SM 1.4 dari bintil akar tanaman sengon terhadap cekaman kekeringan	47
Gambar 21. Grafik kepadatan populasi bakteri SM 1.3 dari bintil akar tanaman sengon terhadap cekaman kekeringan	48
Gambar 22. Grafik kepadatan populasi bakteri SM 2.2 dari bintil akar tanaman sengon terhadap cekaman kekeringan	49
Gambar 23. Hasil elektroforesis.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Karakterisasi morfologi bakteri dari bintil akar tanaman sengon asal Makassar.....	26
Tabel 2.	Karakterisasi morfologi bakteri dari bintil akar tanaman sengon asal Minahasa.....	26
Tabel 3.	Uji penambat nitrogen bakteri dari bintil akar tanaman sengon	35
Tabel 4.	Hasil uji aktivitas enzim isolat bakteri dari bintil akar tanaman sengon	39
Tabel 5.	Hasil identifikasi bakteri dari bintil akar tanaman Sengon menggunakan BLAST.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Karakterisasi Morfologi Bakteri dari Bintil Akar Tanaman Sengon Asal Makassar dan Minahasa	62
Lampiran 2.	Karakterisasi Fisiologi Bakteri dari Bintil Akar Tanaman Sengon Asal Makassar dan Minahasa.....	68
Lampiran 3.	Karakterisasi Ekologi Bakteri dari Bintil Akar Tanaman Sengon ...	70
Lampiran 4.	Hasil BioEdit	71
Lampiran 5.	Dokumentasi kegiatan	74

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen) merupakan salah satu jenis tanaman legum yang tumbuh cepat (*fast growing*) di daerah tropis. Tanaman ini memiliki potensi yang tinggi karena pertumbuhan kayunya relatif cepat, sifat kayunya tergolong kuat, dan pengelolaannya relatif rendah sehingga permintaan pasar akan tanaman ini cukup tinggi. Secara ekologis, tanaman sengon juga dapat dimanfaatkan secara luas untuk meningkatkan kualitas lingkungan, penghijauan dan reboisasi pada lahan-lahan kritis (Zulkarnain *et al.*, 2016).

Sengon merupakan jenis tanaman legum yang bersimbiosis dengan bakteri Rhizobia. Bakteri ini merupakan salah satu kelompok mikroorganisme tanah yang bersimbiosis dengan tanaman legum. Bakteri ini bekerja dengan menginfeksi tanaman di bagian perakaran, sehingga menimbulkan tonjolan yang disebut bintil akar. Keberadaan bintil akar ini berfungsi mengikat unsur nitrogen bebas di udara menjadi ammonia, yang akan diubah menjadi asam amino, kemudian diubah menjadi senyawa nitrogen, yang keberadaannya dimanfaatkan secara langsung oleh tanaman dalam membantu proses metabolisme. Menurut Suryantini (2015), proses fiksasi nitrogen tanaman legum tergantung pada pembentukan bintil oleh Rhizobia yang bersifat spesifik dan kecocokan antara bakteri dengan inang untuk memperoleh bintil yang efektif.

Rhizobia tergolong bakteri yang bermanfaat bagi tanaman, khususnya pada bagian perakaran atau dikenal sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Sari *et al.*, 2020). PGPR merupakan salah satu sumbangan bioteknologi dalam usaha peningkatan produktivitas tanaman, yang dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan atau sebagai agen biokontrol terhadap penyakit tanaman. Potensi rhizobakteri sebagai pemacu pertumbuhan tanaman melalui kemampuannya melarutkan fosfat, memfiksasi nitrogen atau memproduksi hormon tumbuh merupakan karakteristik rhizobakteri yang diinginkan (Sutariati *et al.*, 2014).

Beberapa karakter penting Rhizobia dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah menghasilkan hormon tumbuh seperti IAA, giberelin, memfiksasi nitrogen (N) dan melarutkan fosfat (P). Menurut Agustiansyah *et al.*, (2013), Rhizobia dapat mengeluarkan asam-asam organik seperti asam formiat, asetat dan laktat yang memiliki sifat dapat melarutkan bentuk-bentuk fosfat yang sukar larut sehingga menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Sebagai bakteri yang mampu memacu pertumbuhan tanaman, PGPR merupakan sebuah komponen yang dapat mendukung kemandirian dalam peningkatan produktivitas tanaman yang lebih baik. Sifatnya yang dapat meningkatkan pertumbuhan, sekaligus menekan penyakit tanpa meninggalkan residu pada produk tanaman, membuatnya cocok untuk digunakan dalam mendukung produk-produk yang sifatnya berkelanjutan.

Melihat besarnya kemampuan bakteri Rhizobia, maka keberadaan bakteri tersebut perlu dikonservasi dan diisolasi dalam bentuk koleksi kultur. Koleksi kultur bakteri dapat menjadi jaminan bahwa bakteri yang telah teridentifikasi spesiesnya tersimpan dengan baik dan aman, sehingga dapat digunakan setiap saat untuk keperluan di masa mendatang. Selanjutnya isolat-isolat bakteri dari suatu daerah apabila akan digunakan kembali di kawasan tersebut, mempunyai peluang keberhasilan yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan inokulan yang berasal dari daerah lain (Amanda, 2020).

Oleh sebab itu, perlu dilakukan isolasi, karakterisasi dan identifikasi untuk mengetahui aktivitas dan potensi bakteri dari bintil akar tanaman sengon dalam kemampuannya dalam memacu pertumbuhan tanaman dan bertahan hidup di berbagai kondisi.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, mengkarakterisasi secara morfologi, fisiologi dan ekologi serta mengidentifikasi bakteri potensial dari bintil akar tanaman sengon (*P. falcataria* (L.) Nielsen) yang berasal dari Makassar, Sulawesi Selatan dan Minahasa, Sulawesi Utara, serta memberikan informasi mengenai jenis dan potensi bakteri dari bintil akar tanaman sengon dalam memacu pertumbuhan tanaman.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen)

2.1.1 Deskripsi

Sengon atau yang dikenal dengan nama latin *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen merupakan tanaman famili *Leguminoceae*. Tanaman ini memiliki nilai sangat potensial untuk digunakan sebagai salah satu komoditas dalam upaya pembangunan hutan tanaman. Tanaman ini dipilih sebagai salah satu jenis tanaman hutan industri di Indonesia karena memiliki pertumbuhan yang sangat cepat, mampu beradaptasi di berbagai lingkungan dan umur panen yang tergolong relatif cepat dibandingkan dengan jenis tanaman kayu lainnya. Tanaman ini cukup terkenal keunggulannya sehingga menyebabkan permintaan kayu sengon di pasaran semakin tinggi dan mempengaruhi nilai ekonomi (Kurniawan, 2018).

Klasifikasi ilmiah tanaman sengon (Corryanti *et al.*, 2015) :

Regnum	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Fabales
Famili	: Leguminoceae
Genus	: <i>Paraserianthes</i>
Spesies	: <i>P. falcataria</i> (L.) Nielsen

Di Indonesia, tanaman sengon (*P. falcataria* (L.) Nielsen) memiliki beragam nama lokal mengikuti dialek budayanya, yaitu albisia, jeunjing (Jawa Barat), sengon laut, mbesiah (Jawa Tengah), sengon sebrang (Jawa Timur), jing laut (Madura), tedehu pute (Sulawesi), sikat (Banda), seia (Ambon), atau rawe (Maluku) (Corryanti *et al.*, 2015).

2.1.2 Morfologi

Sengon umumnya memiliki ukuran yang cukup besar, sengon dapat tumbuh hingga tinggi mencapai 30-45 m dengan tinggi bebas cabang 20 m dan diameter batang sekitar 70-80 cm, sementara diameter sengon dewasa dapat mencapai hingga 100 m. Sengon cenderung memiliki tajuk yang berbentuk seperti kubah atau payung dengan rimbun daun yang tidak terlalu lebat. Pada umumnya, sengon tidak memiliki banir meskipun di lapangan kadang ditemukan sengon dengan banir kecil. Batang sengon berwarna kelabu muda, bulat agak lurus dan memiliki kulit batang yang licin (Rismawati, 2019).

Sengon memiliki daun majemuk menyirip ganda dengan panjang sekitar 23-40 cm, anak daun berukuran kecil dan berpasangan, terdiri dari 8-15 pasang anak tangkai daun yang berisi 15-20 helai daun, berbentuk lonjong dan pendek di ujung. Permukaan daun bagian atas berwarna hijau dan tidak berbulu sedangkan permukaan daun bagian bawah berwarna lebih pucat dengan rambut-rambut halus (Rismawati, 2019).

Sengon memiliki sistem perakaran tunggang, akar rambutnya tidak terlalu besar, dan tidak menonjol ke permukaan tanah. Bagian akar sengon terdapat bintil akar atau nodul yang terbentuk karena adanya interaksi dengan bakteri *Rhizobia*. Akar rambut pada sengon berfungsi untuk menyimpan zat nitrogen sehingga di sekitar perakaran sengon tanahnya menjadi lebih subur (Rismawati, 2019).

2.1.3 Habitat

Sengon dapat tumbuh di beragam jenis tanah, mulai tanah kering, lembab bahkan tanah yang mengandung garam dan asam, dengan syarat memiliki drainase yang baik. Penelitian lain menginformasikan bahwa tanaman sengon dapat tumbuh dan berkembang baik di tanah-tanah regosol, aluvial atau latosol dengan tekstur lempung berpasir atau lempung berdebu dengan kemasaman tanah (pH) pada kisaran 6-7. Sengon termasuk tanaman tropis dengan suhu yang cocok untuk pertumbuhannya pada kisaran 18–27°C dengan kelembaban sekitar 50–75% (Corryanti *et al.*, 2015).

Ketinggian tempat yang optimal untuk pertumbuhan sengon adalah di antara 0-800 m dari permukaan laut. Walaupun demikian, sengon dapat tumbuh hingga

ketinggian 1.500 m di atas permukaan laut. Di habitat alamnya, sengon tumbuh pada ketinggian 1.600 m hingga 3.300 m dari permukaan laut. Berdasarkan percobaan yang dilakukan oleh Akademi Politeknik Pertanian Kupang, Nusa Tenggara Timur menunjukkan bahwa sengon dapat bertahan hidup di daerah dengan ketinggian yang rendah dan kondisi tanah yang berbatu dan berkarang, meskipun pertumbuhan yang ditunjukkan sedikit lambat. Sengon dapat tumbuh di dataran rendah, yaitu di daerah Manokwari, Papua dengan ketinggian 55 m di atas permukaan laut (Corryanti *et al.*, 2015).

Sengon dapat tumbuh di beragam curah hujan antara 1.500–4.500 mm/tahun. Namun, curah hujan yang paling baik untuk pertumbuhan tanaman sengon antara 2.000-2.700 mm/tahun. Curah hujan ini biasanya terjadi di daerah yang memiliki masa hujan merata di sepanjang tahun, dengan bulan kering maksimal empat bulan. Sengon merupakan spesies asli yang berasal dari Maluku dan Irian Jaya. Tahun 1870-an tanaman ini mulai menyebar ke seluruh wilayah Asia Tenggara. Tahun 1871 tanaman ini mulai ditanam di pulau Jawa, tepatnya di Kebun Raya Bogor. Dari tempat inilah konon sengon mulai disebarkan ke berbagai daerah lain di pulau Jawa (Corryanti *et al.*, 2015).

Dalam perkembangannya, sengon mulai dibudidayakan di daerah tropis di luar Maluku dan Papua, hingga di luar Indonesia, seperti, Malaysia, Kamboja, Kamerun, Kepulauan Cook, Fiji, Polinesia, Kiribati, Laos, Brunei, kepulauan Marshall, Kaledonia Baru, kepulauan Norfolk, Philipina, Samoa, Myanmar, Thailand, Tonga, Vanuatu dan Vietnam (Corryanti *et al.*, 2015).

2.2 Bintil Akar

Bintil akar atau *root nodules* merupakan jaringan abnormal berupa tonjolan kecil di akar, yang terbentuk akibat adanya interaksi antara akar tanaman legum dengan bakteri Rhizobia yang mampu melakukan fiksasi N₂ dari udara, sehingga tanaman mampu memenuhi sebagian besar kebutuhan N₂ (Yustiano *et al.*, 2018).

Bakteri Rhizobia menginfeksi akar tanaman melalui rambut akar dan retakan yang terjadi di jaringan epidermis akar. Bintil akar efektif terbentuk apabila perakaran tanaman legum diinfeksi oleh spesies Rhizobia yang sesuai secara

genetik. Tanaman legum yang tidak membentuk bintil akar atau memiliki bintil akar yang tidak efektif tidak dapat menambat N_2 (Kesumadewi, 2018).

Bintil akar berfungsi untuk mengikat nitrogen bebas di udara sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan dan kesuburan tanaman (Anjardita *et al.*, 2018). Bakteri Rhizobia hanya dapat memfiksasi N bebas bila berada di dalam bintil akar dari tanaman legum. Peranan bakteri Rhizobia terhadap pertumbuhan tanaman khususnya berkaitan dengan ketersediaan N bagi tanaman inangnya. Kemampuan bakteri Rhizobia dalam menambat nitrogen membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman dalam memperoleh nitrogen secara alami (Sari *et al.*, 2015).

Pengikatan nitrogen di udara oleh bakteri Rhizobia dapat dilihat dari pertumbuhan Rhizobia tersebut dalam bentuk bintil akar. Pertumbuhan bintil akar dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Jumlah nitrogen yang tertambat atau diserap oleh simbiosis mutualisme legum dengan bakteri Rhizobia sangat bervariasi tergantung dari jenis tanaman legum, kultivarnya, spesies bakteri, tingkat keasaman (pH) tanah, dan kandungan nitrogen dalam tanah sebagai faktor internal. Faktor eksternal dapat berupa campur tangan manusia antara lain berupa pemupukan (Marjanah *et al.*, 2017).

2.3 *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR)

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) atau Rhizobakteria Pemacu Pertumbuhan Tanaman (RPPT) merupakan sekelompok bakteri tanah yang hidup di sekitar perakaran. PGPR dapat memberikan efek yang menguntungkan, baik secara langsung maupun tidak langsung. Kemampuan PGPR dalam mempermudah penyerapan hara bagi tanaman, membantu dekomposisi bahan organik, serta menyediakan lingkungan rhizosfer yang lebih baik, dapat memacu pertumbuhan dan meningkatkan hasil tanaman (Situngkir *et al.*, 2021).

Rhizosfer merupakan daerah yang ideal bagi tumbuh dan berkembangnya mikroorganisme tanah yang dipengaruhi oleh eksudasi perakaran tanaman. Hubungan interaksi antara tanaman dan mikroorganisme ini berlangsung secara mutualisme. Pada rhizosfer terdapat eksudat akar seperti asam-asam organik dan senyawa kimia lainnya yang dikeluarkan oleh tanaman. Eksudat akar ini berperan

sebagai pengatur komunitas mikroorganisme tanah di sekitar perakaran dan mendukung simbiosis yang menguntungkan antara tanaman dan mikroorganisme. Keberadaan mikroorganisme membantu tanaman dalam menghasilkan nutrisi melarutkan fosfat, memfiksasi nitrogen sehingga mudah diserap oleh tanaman. Beberapa genus PGPR antara lain: *Rhizobium*, *Azospirillum*, *Arthrobacter*, *Bacterium*, *Mycobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Enterobacter*, *Burkholderia*, *Klebsiella*, *Variovorax*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, dan *Serratia* (Amanda, 2020).

Peran PGPR dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dibagi dalam beberapa kategori yaitu pertama sebagai biostimulan dengan cara memproduksi dan mengatur konsentrasi fitohormon seperti auksin, giberelin, etilen dan sitokinin. Peran kedua sebagai biofertilizer yaitu menambat nitrogen dan melarutkan fosfat, sedangkan yang ketiga sebagai bioprotektan atau antagonis yaitu menghasilkan beberapa senyawa anti patogen seperti siderofor, glukonase, kitinase, antibiotik dan sianida yang dapat menghambat pertumbuhan patogen (Pudjiwati *et al.*, 2022).

Tanaman memerlukan PGPR untuk membantu proses pengambilan nitrogen bebas agar mampu memenuhi kebutuhan unsur hara nitrogen baik yang bersimbiosis secara langsung dengan tanaman maupun yang non-simbiotik. PGPR juga memiliki kemampuan dalam menghasilkan hormon *Indole Acetic Acid* (IAA). Hormon ini merupakan auksin yang memiliki peran dalam pembesaran sel, menghambat pertumbuhan tunas samping, merangsang terjadinya imbibisi, pembentukan jaringan xilem dan floem, dan juga memiliki pengaruh terhadap perkembangan dan pemanjangan akar (Kurniati, 2018).

Peran PGPR sebagai bakteri pelarut fosfat sangat dibutuhkan oleh tanaman. Sebanyak 95-99% kelimpahan fosfat di dalam tanah tidak tersedia dalam bentuk yang larut sehingga tidak dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman. BPF dapat menyediakan fosfat terlarut bagi tanaman, dari bentuk tidak larut dengan menghasilkan sekresi asam-asam organik untuk melepaskan unsur fosfat dari kompleks penyusunnya. Keberadaan BPF di dalam tanah dapat diukur secara kualitatif melalui uji pelarut fosfat dengan ditumbuhkan di media Pikovskaya yang mengandung mineral fosfat tidak larut. Untuk mengetahui kemampuannya dalam melarutkan fosfat, akan ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening di sekitar koloni (Azzahra *et al.*, 2021).

PGPR turut berperan dalam menghasilkan enzim yang bermanfaat bagi tanaman seperti protease, selulase, katalase, dan amilase. Enzim protease merupakan salah satu enzim yang berperan dalam proses dekomposisi bahan organik tanah dan juga berperan dalam hidrolisis dinding sel patogen tanaman yang sebagian besar terdiri atas polisakarida. Enzim selulase berperan penting sebagai agen dekomposer. Ketersediaan selulase oleh mikroorganisme di tanah mampu meningkatkan proses dekomposisi tumbuhan, sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah yang berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman. Enzim katalase berperan mengurai H_2O_2 menjadi air dan oksigen. Bakteri yang memiliki kemampuan memecah H_2O_2 dengan enzim katalase, dapat berfungsi untuk menetralkan dan melindungi sel bakteri dari senyawa hidrogen peroksida. Enzim amilase berperan mengkatalis proses hidrolisa pati untuk menghasilkan molekul lebih sederhana seperti glukosa, maltosa, dan dekstrin agar lebih mudah diserap tanaman (Nangin *et al.*, 2015).