

SKRIPSI

**ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT JABON
MERAH (*Neolamarckia macrophylla*) SEBAGAI PEMACU
PERTUMBUHAN TANAMAN**

Disusun dan Diajukan Oleh:

**AURIN IVANA PUTRI PATA' TAMMU
M01191253**



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

HALAMAN PENGESAHAN
ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT JABON
MERAH (*Neolamarckia macrophylla*) SEBAGAI PEMACU
PERTUMBUHAN TANAMAN

Disusun dan Diajukan Oleh :

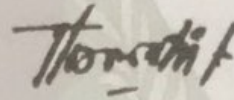
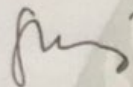
AURIN IVANA PUTRI PATA' TAMMU

M011191253

Telah di pertahankan dihadapan Panitia Ujian dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 18 Juli 2023
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat
Menyetujui:

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



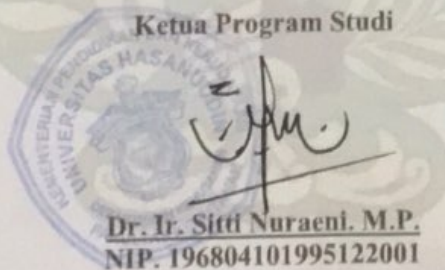
Gusmiaty, S.P., M.P.

Tiwit Widowati, S.Pi., M.Si

NIP. 197911202009122002

NIP. 197401262007012001

Ketua Program Studi



Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P.
NIP. 196804101995122001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang Bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Aurin Ivana Putri Pata' Tammu
NIM : M011191253
Program Studi : Kehutanan
Jenjang : S1

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulisan saya berjudul

“ISOLASI DAN KARAKTERISASI BAKTERI ENDOFIT JABON MERAH
(*Neolamarckia macrophylla*) 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, 18 Juli 2023

Yang menyatakan



Aurin Ivana Putri Pata' Tammu

ABSTRAK

Aurin Ivana Putri Pata' Tammu (M011191253) Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Endofit Jabon Merah (*Neolamarckia macrophylla*) sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman di bawah bimbingan Gusmiaty dan Tiwit Widowati

Bakteri endofit adalah bakteri yang terdapat dalam jaringan tanaman sehat yang tidak menimbulkan gejala penyakit dan tidak merugikan tanaman inang. Jabon merah (*Neolamarckia macrophylla*) memiliki tinggi pohon yang mencapai 40-45 m dengan diameter 100-160 cm. Tanaman hutan alam menjadi sumber keragaman mikroba yang bermanfaat termasuk mikroba endofit. Tujuan dan kegunaan pada penelitian ini adalah mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri endofit jabon merah sebagai pemacu pertumbuhan tanaman, sehingga dapat memberikan informasi tentang potensi dan manfaat bakteri endofit pada tanaman hutan jabon merah sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Hasil isolasi dan pemurnian pada bakteri endofit jabon merah diperoleh 18 isolat, 2 isolat dari daun muda, 7 isolat dari daun tua, 2 isolat dari pangkal daun, 6 isolat dari batang muda, dan 1 isolat dari batang tua. Karakterisasi secara mikroskopis dengan metode pewarnaan Gram terdapat 15 isolat bakteri Gram positif dan 3 isolat Gram negatif.

**Kata kunci: Bakteri Endofit, Jabon Merah (*Neolamarckia macrophylla*),
Pewarnaan Gram**

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala kasih dan berkatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “**Isolasi Dan Karakterisasi Bakteri Endofit Jabon Merah (*Neolamarckia macrophylla*) Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman**”. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu selama penelitian juga dalam proses penyusunan skripsi, terutama kepada Ibu **Gusmiaty, S.P., M.P.** dan Ibu **Tiwit Widowati, S.Pi., M.Si.** selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran dalam membimbing serta memberi arahan dalam penyusunan skripsi ini.

Ucapan terimakasih yang tiada tara untuk kedua orang tua tercinta, Almarhum Ayahanda **Asri Tammu** dan Ibunda tercinta **Lindayani Pata’ SE** serta saudara saya **Erick, Diva,** dan **Dirga** yang selalu memberikan motivasi, nasehat, cinta, perhatian, kasih sayang, dukungan serta doa. Dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan dorongan dari berbagai pihak, sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan. Untuk itu sudah selayaknya dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Ibu **Dr. Siti Halimah Larekeng, S.P., MP.** dan Ibu **Budi Arty, S.Hut., M.Si.,** selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak/ibu **Dosen Fakultas Kehutanan** yang memberikan ilmu dengan penuh rasa tanggung jawab tanpa mengenal lelah serta **Staf Fakultas Kehutanan** yang selalu melayani pengurusan administrasi selama berada di lingkungan Fakultas Kehutanan.
3. Seluruh **Pegawai Kelompok Riset Interaksi Mikroba Tanaman Badan Riset Dan Inovasi Nasional** yang telah memberikan arahan, meluangkan waktu dan tenaga, dan dengan sabar membantu penulis dalam penyelesaian penelitian.
4. Keluarga besar **Pata’**, spesial untuk **Oma, Om Aman, Om Anno, Om Anto, Ibu Vini,** dan **Mami Ani** yang telah memotivasi, mendoakan, mendukung secara

finansial sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas dan tanggung jawab sebagai mahasiswa.

5. Sahabat dari maba **Bacoters** spesial untuk **Nafthalia Ekasaputri, Grasela Reski Paintik, Regina Tiku Langi** yang telah mendukung penulis dari awal perkuliahan, menghibur dalam kesedihan, dan menemani penulis hingga dititik ini. Semoga sama-sama dapat dilancarkan sampai akhir perjuangan.
6. Sahabat sekaligus saudara para **Gurl** spesial untuk **Ayu Safitri Wulandari, Astri Putri Utami, Nandito Hasan** yang selalu memberi support, menghibur, dan menemani penulis menyelesaikan skripsi ini.
7. Terima kasih untuk **Aura Aulia Aslan** telah menemani selama penelitian dan senantiasa mendukung penulis dan **Faqih** *you're the best support system.*
8. Keluarga Besar **UKM Seni Tari** terutama **PAKARENA 11** yang telah memberikan pengalaman baru dalam minat dan bakat penulis selama perkuliahan.
9. Keluarga besar **Laboratorium Bioteknologi** terutama **Biotek'19** dukungan dan doa yang diberikan.

Dalam penulisan ini tentunya masih banyak kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki, oleh karena itu diharapkan kritik dan saran untuk membangun kesempurnaan skripsi ini.

Makassar, 11 Juli 2023



Aurin Ivana Putri Pata' Tammu

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Deskripsi Jabon Merah.....	3
2.1.1 Morfologi.....	3
2.1.2 Klasifikasi.....	4
2.1.3 Syarat Tumbuh	4
2.1.4 Manfaat.....	5
2.2 Bakteri Endofit	6
2.2.1 Pengertian Bakteri Endofit	6
2.2.2 Peranan Bakteri Endofit Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman	7
2.2.3 Bakteri Endofit Sebagai Penghasil Enzim.....	7
2.2.4 Bakteri Endofit Sebagai Biokontrol	7
III. METODE PENELITIAN.....	9
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	9
3.2.1 Alat	9
3.2.2 Bahan.....	9
3.3 Prosedur Penelitian.....	10
3.3.1 Pengambilan Sampel	10

3.3.2	Isolasi Bakteri Endofit Jabon Merah	10
3.3.3	Pemurnian Bakteri Endofit	11
3.3.4	Karakterisasi Bakteri Endofit sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman	11
3.3.5	Pewarnaan Gram.....	11
3.3.6	Seleksi Bakteri Endofit sebagai Pemacu Pertumbuhan	12
3.3.7	Seleksi Bakteri Penghasil Enzim.....	14
3.3.8	Pengujian Amonia	16
3.3.9	Pengujian Katalase	17
3.3.10	Biokontrol Bakteri Endofit dengan <i>Fusarium Oxysporum</i> dan <i>Ganoderma</i>	17
3.3.11	Identifikasi Molekuler dengan Metode <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)	18
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1	Isolasi Bakteri Endofit dari Jabon Merah.....	20
4.2	Karakterisasi Bakteri Endofit	20
4.3	Seleksi Bakteri Endofit sebagai Pemacu Pertumbuhan.....	23
4.3.1	Pengujian Penghasil Hormon IAA (<i>Indole Acetic Acid</i>).....	23
4.3.2	Pengujian Fiksasi Nitrogen.....	25
4.3.3	Pengujian Pelarut Fosfat	27
4.3.4	Pengujian Pelarut Kalium.....	30
4.4	Seleksi Bakteri Penghasil Enzim.....	31
4.4.1	Enzim Selulase	31
4.4.2	Enzim Amilase	32
4.4.3	Enzim Protease	33
4.5	Pengujian Amonia	34
4.6	Pengujian Katalase	35
4.7	Biokontrol Bakteri Endofit dengan <i>Fusarium Oxysporum</i> dan <i>Ganoderma</i>	37
4.8	Identifikasi Molekuler dengan Metode <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR)	38
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	42
5.1	Kesimpulan.....	42

5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 1.	Pohon Jabon Merah.....	4
Gambar 2.	Sampel Jabon Merah (A) Daun Tua (B) Daun Muda	9
Gambar 3.	Hasil isolasi bakteri endofit (A) Tangkai Daun (B) Daun Muda	20
Gambar 4.	Hasil pewarnaan Gram isolat (A) isolat JMMD 3 (B) isolat JMBM 1	23
Gambar 5.	Hasil uji IAA bakteri endofit Jabon Merah.....	24
Gambar 6.	Hasil uji fiksasi nitrogen pada media NFB pada bakteri endofit Jabon Merah	26
Gambar 7.	Hasil uji pelarut fosfat pada media <i>Pikovskaya's</i> (A) isolat JMMD 1, JMMD 3, JMMD 1, JMMD 3.2 (B) isolat JMBM 3, JMMD 5, JMMD 1, JMMD 2 (C) isolat JMBM 2, JMBM 1, JMBM 5.2, JMBM 5.1 (D) isolat JMMD 2.1, JMMD 2.2 (E) isolat JMMD 6.1, JMBM 4, JMBT 1, JMMD 6.3.....	28
Gambar 8.	Hasil uji kalium tidak menunjukkan adanya zona bening (A) isolat JMMD 6.1, JMBM 4, JMBT 1, JMMD 6.3 (B) isolat JMBM 3, JMBT 5, JMMD 1, JMMD 2 (C) isolat JMBM 2, JMBM 1, JMBM 5.2, JMBM 5.1 (D) isolat JMMD 1, JMMD 3, JMBM 1, JMMD 3.2 (E) isolat JMMD 2.1, JMMD 2.2	30
Gambar 9.	Hasil uji enzim selulosa pada bakteri endofit Jabon Merah.....	31
Gambar 10.	Hasil uji enzim amilase bakteri endofit Jabon Merah (A) isolat JMMD 1, JMMD 3, JMBM 1, JMMD 3.2 (B) isolat JMMD 2.1, JMMD 2.2	32
Gambar 11.	Hasil uji enzim protease bakteri endofit Jabon Merah (A) isolat JMMD 1 (B) isolat JMMD 3 (C) isolat JMMD 6.3 (D) isolat JMMD 1	33
Gambar 12.	Hasil uji amonia pada bakteri endofit Jabon Merah tidak menunjukkan adanya perubahan warna.....	35
Gambar 13.	Hasil uji positif amonia (Mamarasulov et al., 2022).....	35
Gambar 14.	Hasil uji katalase bakteri endofit Jabon Merah (A) isolat JMMD 2.2 (B) isolat JMMD 3.2 (C) isolat JMBM 5.2 (D) isolat JMBT 1.....	36
Gambar 15.	Hasil uji antagonis bakteri endofit Jabon Merah (A) tidak antagonis terhadap jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (B) antagonis terhadap jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (C) antagonis terhadap jamur <i>Ganoderma sp.</i>	37

Gambar 16. Hasil elektroforesis amplicon isolat terpilih dari bakteri endofit Jabon Merah 39

Gambar 17. Pohon genetik bakteri endofit Jabon Merah dari (A) JMDM 3, (B) JMDT 2.1, (C) JMDT 2.2, (D) JMBT 18 40

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 1.	Karakter makroskopis bakteri endofit Jabon Merah	21
Tabel 2.	Hasil uji pewarnaan gram bakteri endofit Jabon Merah	22
Tabel 3.	Konsentrasi IAA Bakteri Endofit Jabon Merah	24
Tabel 4.	Hasil Uji Penambat Nitrogen pada bakteri endofit Jabon Merah	26
Tabel 5.	Hasil Uji Pelarut Fosfat pada bakteri endofit Jabon Merah	29
Tabel 6.	Hasil uji penghasil enzim pada bakteri endofit Jabon Merah	34
Tabel 7.	Hasil uji katalase pada bakteri endofit Jabon Merah	36
Tabel 8.	Hasil uji biokontrol bakteri endofit terhadap jamur patogen	38
Tabel 9.	Hasil Identifikasi Bakteri Jabon Merah Menggunakan BLAST	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Tabel Karakterisasi Isolat Bakteri Endofit Jabon Merah.....	50
Lampiran 2.	Biokontrol bakteri endofit dengan <i>Fusarium Oxysporum</i> dan <i>Ganoderma</i>	53
Lampiran 3.	Hasil Beberapa Pengujian.....	56
Lampiran 4.	Kegiatan Penelitian di Laboratorium Genomik BRIN	59

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara terluas urutan ketiga setelah Brazil dan Zaire yang memiliki keanekaragaman hayati tertinggi. Salah satu jenis keanekaragaman hayati adalah jumlah spesies tumbuhan yang mencapai 30.000-35.000 jenis tumbuhan (Sumarno, 2012). Setiap tumbuhan memiliki karakter diantaranya toleransinya terhadap cahaya, lokasi tempat tumbuh, porositas tanah, peka terhadap hama dan penyakit. Keunggulan negara Indonesia yaitu memiliki hutan hujan tropis yang luas dan terdapat beragam jenis pohon berkayu dan menyimpan banyak keanekaragaman hayati salah satunya mikroba.

Mikroba atau mikroorganisme adalah makhluk hidup berukuran kecil yang biasanya dilihat dengan bantuan alat. Mikroorganisme memiliki peran penting dalam menjaga siklus nutrisi di ekosistem hutan hujan tropis dimana mempengaruhi fungsi ekosistem. Kelompok ini mencakup bakteri, jamur (ragi dan jamur), protozoa, dan ganggang mikroskopik (Hidayat *et al.*, 2018).

Mikroba endofit adalah mikroba yang hidup di dalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Mikroba endofit hidup bersimbiosis saling menguntungkan dengan tanaman inang, dimana mikroba endofit mampu menghasilkan senyawa aktif berupa metabolit sekunder yang menjaga dari serangan penyakit (Kumala & Pratiwi, 2014).

Tanaman hutan alam menjadi sumber keragaman mikroba yang bermanfaat termasuk mikroba endofit (Kumala & Pratiwi, 2014). Beberapa penelitian tentang pemanfaatan bakteri endofit dari tanaman kehutanan seperti mahoni, trambesi, gaharu, dan meranti dalam pengendalian penyakit tanaman telah banyak dilakukan, diantaranya efektif mengendalikan parasit *Meloidogyne spp.* dan pemacu pertumbuhan tanaman tomat (Munif *et al.*, 2015).

Jabon merupakan salah satu jenis tanaman hutan asli Indonesia yang potensial untuk dibudidayakan sebagai penghasil kayu dan *pulp*. Pertumbuhan pada tanaman jabon merah relatif cepat dan mampu beradaptasi pada berbagai kondisi tempat tumbuh. Keberhasilan pada penanaman perlu diperhatikan agar bibit dapat tumbuh dengan baik dan bebas dari gangguan hama penyakit. Pemeliharaan perlu dilakukan

untuk mendapatkan bibit yang sehat dan berkualitas baik. Menurut Salwiyyah *et al.* (2019) penyebab kerusakan tertinggi pada tanaman jabon yaitu disebabkan oleh hama dan penyakit pada daun. Mikroba dalam tanaman berfungsi untuk melindungi tanaman dari organisme patogenik. Informasi tentang mikroba endofit dan manfaatnya dari tanaman jabon masih belum banyak diketahui. Informasi tersebut dapat dijadikan acuan dalam penanganan benih dan bibit sehingga dapat meningkatkan keberhasilan budidaya tanaman tersebut (Bramasto, 2015).

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk mengetahui bakteri endofit yang terdapat pada tanaman hutan jabon merah dan mengkarakterisasi potensinya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengkarakterisasi bakteri endofit jabon merah sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Kegunaan dari penelitian ini untuk memberikan informasi tentang potensi dan manfaat bakteri endofit pada tanaman hutan jabon merah sebagai pemacu pertumbuhan tanaman.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Deskripsi Jabon Merah

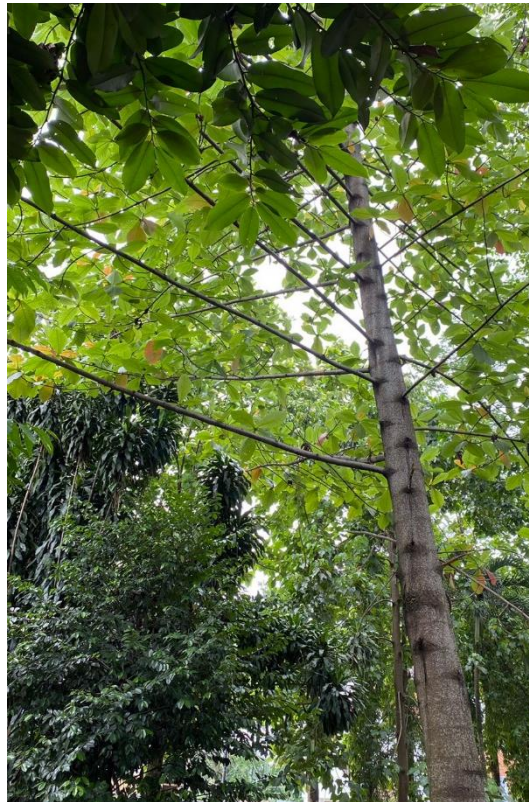
2.1.1 Morfologi

Jabon merah (*Neolamarckia macrophylla*) memiliki tinggi pohon yang mencapai 40-45 m dengan diameter 100-160 cm. Jabon merah merupakan tanaman pionir yang toleran cahaya, dapat hidup di dataran rendah sampai ketinggian 50-1000 mdpl. Tanaman ini tidak tahan naungan dan membutuhkan pencahayaan penuh dalam periode hidupnya (Balai Pengelolaan Hutan Wilayah Lebak Dan Tangerang, 2017).

Daun jabon merah secara fisik tampak mirip seperti daun jati namun lebih tipis dan lebih lunak. Pucuk daun berwarna merah dan daun berbulu halus dengan posisi duduk daun bersilang berhadapan. Helaian daun berbentuk oval atau elips dan berwarna hijau kemerahan. Panjang daun jabon merah 15-30 cm dan lebar 7-8 cm, pangkal runcing. Tangkai relatif pendek, dengan tulang daun berwarna kemerahan atau merah, menonjol disisi bawah helaian daun. Daun muda berwarna merah, dengan daun pelindung (*stipula*) cukup besar berwarna hijau-merah. (Balai Pengelolaan Hutan Wilayah Lebak Dan Tangerang, 2017).

Jabon merah merupakan tumbuhan dikotil dengan akar tunggang. Pohon jabon merah dapat berbunga pada umur 4 tahun. Pohon jabon merah dapat berbunga sekali setahun (Jufri *et al.*, 2017). Buah pohon jabon merah berbentuk bulat seperti bola tenis dengan ukuran 4,5-6 cm dan akan tumbuh bersamaan dengan tumbuhnya bunga (Balai Pengelolaan Hutan Wilayah Lebak Dan Tangerang, 2017)

2.1.2 Klasifikasi



Gambar 1. Pohon Jabon Merah

Klasifikasi jabon merah menurut (Mulyana *et al.*, 2012), sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub Kingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub Kelas	: Asteridae
Ordo	: Rubiales
Famili	: Rubiaceae
Genus	: <i>Neolamarckia</i>
Spesies	: <i>Neolamarckia macrophylla</i>

2.1.3 Syarat Tumbuh

Jabon merah tumbuh secara alami di Australia, Cina, India, Indonesia, Malaysia, Papua Nugini, Filipina, Singapura dan Vietnam. Tumbuhan ini juga telah

berhasil diintroduksi di Kosta Rika, Puerto Riko, Afrika Selatan, Suriname, Taiwan, Venezuela, dan negara-negara subtropis dan tropis lainnya (Orwa *et al.*, 2009). Hutan tanaman jabon dalam skala besar dapat dijumpai di Provinsi Sumatera Utara, Riau dan Kalimantan Tengah (Nair, 2000).

Jabon merah merupakan jenis pohon industri yang cepat tumbuh dari famili (*Rubiaceae*). Tanaman ini merupakan jenis pohon yang memiliki prospek tinggi untuk hutan tanaman industri maupun hutan rakyat yang ada di Indonesia. Pohon jabon merah dapat tumbuh tinggi mencapai 45 m dengan tinggi bebas cabang 30 m, dan diameternya 160 cm. Pertumbuhan tanaman ini relatif cepat, mampu beradaptasi pada berbagai kondisi tempat tumbuh, serta perlakuan silvikulturnya relatif mudah. (Utami & Agus Ismanto, 2015).

Buah jabon merah akan gugur dengan sendirinya bila mencapai masak sempurna. Benih jabon merah didapatkan pada buah yang telah disortasi kemudian diekstraksi untuk memisahkan benih dari bagian-bagian dari buah yang tidak dibutuhkan. Ekstraksi dilakukan dengan dua metode yaitu basah dan kering (Balai Pengelolaan Hutan Wilayah Lebak Dan Tangerang, 2017)

Pembibitan dilakukan dengan 3 tahapan diantaranya tahap perkecambahan, tahap penyapihan, dan tahap pembesaran. Masing-masing tahap memiliki syarat tumbuh dan perlakuan yang berbeda hingga masuk ke dalam penanaman. Penanaman yang pertama dilakukan yaitu persiapan lahan untuk memastikan lokasi penanaman sudah cukup baik dalam kesuburan tanah, topografi, ketersediaan sumber air, dan kesesuaian lahan pertumbuhan tanaman. Pada saat penanaman jarak yang umum digunakan untuk menanam jabon merah adalah 4 x 2 m atau 4 x 4 m dengan ukuran lubang 20 x 20 x 20 cm. Penanaman sebaiknya dilakukan pada awal musim hujan sehingga peluang bibit jabon merah dapat tumbuh jauh lebih besar. Tahap terakhir yaitu pemeliharaan yang meliputi pembersihan tanaman gulma, pendangiran, dan pemupukan (Balai Pengelolaan Hutan Wilayah Lebak Dan Tangerang, 2017).

2.1.4 Manfaat

Kayu jabon merah merupakan hasil hutan yang cepat tumbuh, tahan terhadap hama penyakit, dan kayunya banyak dimanfaatkan untuk bahan bangunan dan

industri kertas. Kayu jabon merah memiliki berat jenis 0,48 dan tergolong kayu kelas kuat III. Kayu jabon merah berpotensi digunakan untuk bahan bangunan sebagai komponen struktural dengan beban ringan (kaso, reng dan rangka dinding/plafon) dan sebagai komponen non struktural seperti papan pelapis dinding (*siding*), partisi, plafon (*ceiling*) dan lis (Lempang, 2014).

Kayu untuk bahan baku industri kerajinan/industri kreatif adalah jenis kayu yang berasal dari jenis pohon cepat tumbuh sehingga mudah didapat dan harganya murah, kerapatan kayu rendah sehingga mudah dikerjakan, serat lurus dan permukaan rata. Kayu jabon merah memiliki serat sangat panjang dan tebal dinding serat sangat tipis, akan tetapi berdasarkan nilai dimensi turunan seratnya kayu jabon merah hanya tergolong kayu yang memiliki serat kualitas II sebagai bahan baku pembuatan pulp kertas (Lempang, 2014).

2.2 Bakteri Endofit

2.2.1 Pengertian Bakteri Endofit

Bakteri endofit adalah bakteri yang terdapat dalam jaringan tanaman sehat yang tidak menimbulkan gejala penyakit dan tidak merugikan tanaman inang. Bakteri endofit dapat diisolasi dan diekstraksi pada media tumbuh bakteri dengan teknik sterilisasi permukaan. Kemampuan bakteri endofit dalam jaringan tanaman mampu memacu pertumbuhan dan sebagai agen pengendali hayati (Hanif & Susanti, 2017). Bakteri endofit banyak mendapat perhatian karena potensinya dalam memacu pertumbuhan dan kemampuannya dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit dan hama tanaman. Bakteri endofit dapat diisolasi dari jaringan akar, batang, dan daun (Pricilia *et al.*, 2018).

Bakteri endofit umumnya masuk ke dalam jaringan tanaman dari tanah melalui akar dan mampu mengkolonisasi seluruh jaringan tanaman melalui jaringan vaskuler (Pirttila, 2011). Bakteri endofit berasal dari spesies yang sama namun tumbuh pada lingkungan yang berbeda, maka bakteri endofit yang dihasilkan akan berbeda sesuai dengan kondisi lingkungannya (Putri *et al.*, 2018)

2.2.2 Peranan Bakteri Endofit Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman

Bakteri endofit berpengaruh bagi tanaman inang dalam memacu pertumbuhan tanaman, meningkatkan resistensi tanaman dari patogen, dan meningkatkan fiksasi nitrogen bagi tanaman. Bakteri endofit yang berasal dari tanaman kehutanan berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan agen pengendali nematoda parasit. (Munif *et al.*, 2015). Keberadaan bakteri endofit di dalam jaringan tanaman selain berperan dalam perbaikan pertumbuhan tanaman (*plant growth promotion*) juga mampu menghasilkan zat pemacu tumbuh, memfiksasi nitrogen, memobilisasi fosfat dan juga berperan dalam kesehatan tanaman (*plant health promotion*) (Backman & Sikora, 2008). Nongkhlaw *et al.* (2014) mengungkapkan bahwa bakteri endofit dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena menghasilkan komponen penting bagi pertumbuhan tanaman seperti mineral fosfat, aktivitas asam fosfat.

2.2.3 Bakteri Endofit Sebagai Penghasil Enzim

Bakteri endofit dapat diisolasi dari jaringan akar, batang, dan daun (Pricilia *et al.*, 2018). Selain sebagai agen pemacu pertumbuhan tanaman, bakteri endofit dapat memproduksi protein dan enzim yang penting bagi fungsi biologis sebagai metabolit sekunder yang bermanfaat bagi tanaman inang. Enzim dari mikroorganisme lebih menguntungkan dan produksinya lebih cepat dibandingkan dengan enzim yang berasal dari tanaman dan hewan (Rori *et al.*, 2020).

Bakteri merupakan salah satu mikroorganisme yang lebih unggul dalam usaha produksi enzim. Enzim dihasilkan oleh makhluk hidup untuk mengkatalisis reaksi biokimia dalam tubuh makhluk hidup tersebut sehingga reaksi-reaksi itu dapat berlangsung dengan cepat (Pricilia *et al.*, 2018).

2.2.4 Bakteri Endofit Sebagai Biokontrol

Bakteri endofit diketahui berperan menghasilkan zat pemacu tumbuh, melakukan fiksasi nitrogen, mobilisasi fosfat, dan menjaga kesehatan tanaman (Munif *et al.*, 2012). Bakteri endofit sangat menguntungkan bagi tanaman terutama dalam memacu pertumbuhan dan sebagai agen biokontrol (Zulfah & Susilawati, 2021).

Penggunaan bakteri endofit sebagai agen biokontrol dapat mengendalikan patogen pada tanaman. Bakteri endofit dapat mencegah perkembangan penyakit karena memproduksi siderofor dan menghasilkan senyawa metabolit yang mampu menekan pertumbuhan jamur patogen (Zulfah & Susilawati, 2021). Mekanisme kerja bakteri endofit sebagai agen biokontrol yaitu dengan menghasilkan senyawa antimikroba untuk melawan patogen.