

**SKRIPSI**

**Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Mikroba Endofit Tanaman  
Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) Sebagai Pemacu Pertumbuhan  
Tanaman**

**Disusun dan Diajukan Oleh**

**NURUL ISTIQAMAH**

**M011191263**



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

**2023**

## HALAMAN PENGESAHAN

### Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman

Disusun dan Diajukan Oleh

**NURUL ISTIQAMAH**

**M011 19 1263**

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka  
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Kehutanan Fakultas Universitas

Hasanuddin

Pada tanggal 24 November 2023

Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui :

**Pembimbing Utama**

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

**Pembimbing  
Pendamping I**

**Gusmiaty, S.P. M.P**  
NIP.197911202009122002

**Pembimbing  
Pendamping II**

**Sylvia J.R Lekatompessy, S.Si.M.Si**  
NIP. 196909161999032002

Mengetahui,

Ketua Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan  
Universitas Hasanuddin

  
**Dr. Ir. Sitti Nurani, M.P**  
NIP. 19680410199512 2 001

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Nurul Istiqamah  
NIM : M011191263  
Program Studi : Kehutanan  
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

“Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) 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, 24 November 2023

Yang menyatakan



Nurul Istiqamah

## ABSTRAK

### **Nurul Istiqamah (M011191263) Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman di bawah bimbingan Mukrimin, Gusmiaty dan Sylvia J.R Lekatompessy**

Mikroba endofit merupakan mikroorganisme yang hidup didalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu membentuk koloni di dalam jaringan tanaman tanpa mengubah fungsi normal dari jaringannya serta tidak menimbulkan suatu gejala penyakit. Tanaman gaharu (*Aquilaria malaccensis*) merupakan salah satu tanaman kehutanan dan dikategorikan sebagai hasil hutan bukan kayu (HHBK) yang memiliki banyak manfaat. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengkaji potensi dan karakteristik mikroba endofit (bakteri dan jamur) dari tanaman gaharu (*A. malaccensis*) sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari hingga Juli 2023. Penelitian dilakukan di Laboratorium *Recombinant Protein Preparation (Microbe)* gedung genomik dan Laboratorium jamur, gedung *Indonesian Culture Collection (InaCC)* Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Prosedur penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu pengambilan sampel. Persiapan media, isolasi permukaan tanaman, pemurnian, karakterisasi, uji kemampuan menghasilkan hormon *Indole Asetic Acid* (IAA), fiksasi Nitrogen, pelarut fosfat, pelarut kalium, dan identifikasi molekuler. Hasil isolasi, dan karakterisasi menunjukkan 2 isolat bakteri dan 1 isolat jamur yang potensial untuk dijadikan sebagai formulasi pupuk hayati.

**Kata kunci : tanaman gaharu, mikroba endofit, identifikasi molekuler**

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas anugrah dan kasih yang melimpah sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan tugas akhir skripsi yang berjudul **“Isolasi, Karakterisasi, dan Identifikasi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccensis*) sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman”**. Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian dan penyusunan skripsi ini terutama kepada Bapak **Ir. Mukrimin, S.Hut., M.P., Ph.D., IPU**, Ibu **Gusmiaty, S.P., M.P.**, dan Ibu **Sylvia J.R Lekatompessy, S.Si., M.Si** selaku dosen pembimbing yang senantiasa meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu, dan mendukung penulis.

Skripsi ini merupakan persembahan kecil yang penulis berikan kepada yang terkasih dan tercinta kedua orang tua Ayahanda **Abdul Rahim**, dan Ibu **Hasmawati**, serta kakakku **Nur Fachri**, dan adikku **Ainun Jariah**. Terimakasih atas kasih sayang, cinta, perhatian, nasihat, doa, dan dukungannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tanggung jawab ini. Tanpa kalian, penulis tidak akan bisa sampai di titik ini. Semoga di hari esok penulis kelak menjadi anak yang membanggakan. Penghargaan yang tulus dan ucapan terimakasih dengan penuh keikhlasan penulis ucapkan kepada :

1. Ibu **Dr. Siti Halimah Larekeng, S.P., M.P.**, dan Ibu **Budi Arty, S.Hut., M.Si**, selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
2. Bapak/ibu **Dosen Fakultas Kehutanan** yang telah memberikan banyak ilmu dan pengetahuan serta **Staf Fakultas Kehutanan** yang selalu memberikan pelayanan yang terbaik dalam pengurusan administrasi.
3. Kepada **Ibu Ela, Ibu Tita, Ibu Yeni, Ibu Tiwit, Ibu Ayu, Ibu Isye, Ibu Nana, Pak Ilyas**, dan teman-teman **“Kelompok Riset Interaksi Mikroba Tanaman”** terimakasih atas ilmu pengetahuan, pengalaman serta bantuan selama kegiatan penelitian di **Badan Riset Inovasi Nasional**.

4. Keluarga besar **Mursalim** yang senantiasa memberikan dukungan dan doa kepada penulis. Khususnya sepupu tercinta, **Dhia Mardiana, S.E** terimakasih selalu memberikan motivasi dan bantuan kepada penulis.
5. Sahabat tercinta dan tersayang **Asmaul Husna, Hafizhah Nursyahriah S, Tazkia Salsabila S.Pd.** Terimakasih atas bantuan, dukungan, hiburan selama masa perkuliahan dan penelitian. Semoga kelak kita menjadi orang yang sukses.
6. Kakak tersayang **Dwi Sulastri, S.Hut., Sisilia Banten Tomorrnon, S.Hut., dan Satriani Gassing, S.P,** terimakasih selalu membantu penulis selama penelitian.
7. Teman **Laboratorium Biotek'19, Aura Aulia Aslan, S.Hut., Aurin Ivana Putri Pata Tammu S.Hut,** terimakasih atas bantuannya selama penyusunan skripsi. **Nur Padli,** dan **Fachrul M. Irfandy,** terimakasih sudah menjadi teman selama masa perkuliahan.
8. Sahabat “**Gokil Anjay**”, **Vika Rahmiawati S.Hut, Della Safira Putri S.Hut, Enggani Putri Ashari S.Hut,** dan **Besse Sri Putri Wahyuni S.Hut,** terimakasih karena sudah menjadi teman baik selama Praktek Kerja Lapang.
9. Sahabat “**Aunty Rich**”, **Windasari, Anggi Anida Syafar, Karmila, dan Annisa Aliyah Putri.** Terimakasih sudah menghibur, dan memberikan dukungan kepada penulis.
10. Kepada **Ahmad Adilman Syam,** terimakasih atas doa, dukungan, dan selalu ada menemani penulis dari awal perkuliahan hingga saat ini. Terimakasih karena sudah mengukir kenangan indah selama masa perkuliahan. *You're the best support system.* Semoga hal baik selalu menyertaimu. Semangat sampai akhir perjuangan.

Dalam penulisan ini tentunya masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan masukan dan saran yang membangun untuk skripsi ini.

Makassar, 24 November 2023

Nurul Istiqamah

## 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.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Deskripsi Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ).....	3
2.1.1 Sistematika.....	3
2.1.2 Klasifikasi.....	3
2.1.3 Morfologi.....	3
2.1.4 Penyebaran.....	4
2.1.5 Manfaat.....	4
2.2 Mikroba Endofit.....	5
2.2.1 Bakteri Endofit.....	5
2.2.2 Jamur Endofit.....	5
2.3 Peranan Mikroba Endofit Tanaman Gaharu sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman .....	6
III. METODE PENELITIAN.....	7
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	7
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	7
3.2.1 Alat.....	7
3.2.2 Bahan.....	7

3.3	Prosedur Penelitian.....	8
3.3.1	Pengambilan Sampel Tanaman.....	8
3.3.2	Preparasi Media.....	9
3.4	Isolasi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ).....	10
3.4.1	Isolasi Bakteri Endofit.....	10
3.4.2	Isolasi Jamur Endofit.....	11
3.5	Potensi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman.....	12
3.5.1	Uji Penghasil Hormon <i>Indole Asetic Acid</i> (IAA).....	12
3.5.2	Uji Fiksasi Nitrogen.....	13
3.5.3	Uji Pelarut Fosfat.....	13
3.5.4	Uji Pelarut Kalium.....	14
3.6	Potensi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) sebagai Penghasil Enzim.....	14
3.6.1	Uji Enzim Amilase.....	14
3.6.2	Uji Enzim Protease.....	14
3.6.3	Uji Enzim Selulase.....	15
3.6.4	Uji Enzim Katalase.....	15
3.7	Uji Antagonis Jamur Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> .....	16
3.8	identifikasi Molekuler Mikroba Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) dengan Metode Polymerase Chain Reaction (PCR).....	16
3.8.1	Identifikasi Molekuler Bakteri Endofit.....	16
3.8.2	Identifikasi Molekuler Jamur Endofit.....	17
3.8.3	Elektroforesis.....	17
3.8.4	Sekuensing.....	18
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
4.1	Identifikasi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ).....	19
4.1.1	Identifikasi Bakteri Endofit.....	19
4.1.2	Identifikasi Jamur Endofit.....	21
4.2	Potensi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman.....	25



4.2.1 Uji Penghasil Hormon <i>Indole Acetic Acid</i> (IAA) .....	25
4.2.2 Uji Fiksasi Nitrogen.....	28
4.2.3 Uji Pelarut Fosfat.....	31
4.2.4 Uji Pelarut Kalium.....	33
4.3 Potensi Mikroba Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) sebagai Penghasil Enzim .....	33
4.3.1 Uji Enzim Amilase.....	33
4.3.2 Uji Enzim Protease .....	35
4.3.3 Uji Enzim Selulase .....	37
4.3.4 Uji Enzim Katalase .....	38
4.4 Uji Antagonis Jamur Endofit Tanaman Gaharau ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) terhadap Jamur Patogen ( <i>Fusarium oxysporoum</i> ) .....	40
4.5 Identifikasi Molekuler Mikroba Endofit Tanaman Gaharu ( <i>Aquilaria malaccensis</i> ) dengan metode <i>Polymerase Chain Reaction</i> (PCR).....	42
4.5.1 Identifikasi Bakteri Endofit .....	42
4.5.2 Identifikasi Jamur Endofit .....	44
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	46
5.1 Kesimpulan .....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA .....	47
LAMPIRAN.....	65

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Morfologi Tanaman Gaharu .....	4
Gambar 2. Prosedur Penelitian.....	8
Gambar 3. Isolat JGB 4.....	21
Gambar 4. Isolat JGD 6.....	22
Gambar 5. Isolat JGD 4.....	23
Gambar 6. Isolat JGD 5.....	24
Gambar 7. Isolat JGD5.1.....	25
Gambar 8. Hasil Uji IAA Bakteri Endofit Tanaman Gaharu .....	26
Gambar 9. Hasil Uji IAA Jamur Endofit Tanaman Gaharu .....	27
Gambar 10. Hasil Uji Fiksasi Nitrogen Bakteri Endofit Tanaman Gaharu.....	29
Gambar 11. Hasil Uji Fiksasi Nitrogen Bakteri Endofit Tanaman Gaharu.....	30
Gambar 12. Hasil Uji Pelarut Fosfat.....	31
Gambar 13. Hasil Uji Pelarut Kalium .....	33
Gambar 14. Hasil Uji Enzim Amilase.....	34
Gambar 15. Hasil Uji Enzim Protease .....	35
Gambar 16. Hasil Uji Enzim Selulase.....	38
Gambar 17. Hasil Uji Katalase.....	38
Gambar 18. Mekanisme penghambatan jamur endofit tanaman gaharu terhadap jamur patogen .....	40
Gambar 19. Hasil Amplifikasi Elektroforesis Bakteri Endofit .....	43
Gambar 20. Hasil elektroforesis isolat JGD 1.....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil Pengamatan Makroskopis Isolat Bakteri Endofit Tanaman Gaharu ....	19
Tabel 2. Hasil Pengujian Pewarnaan Gram Bakteri Endofit Tanaman Gaharu.....	20
Tabel 3. Konsentrasi IAA Bakteri Endofit Tanaman Gaharu .....	26
Tabel 4. Konsentrasi IAA Jamur Endofit Tanaman Gaharu .....	27
Tabel 5. Hasil Uji Fiksasi Nitrogen Bakteri Endofit Tanaman Gaharu .....	29
Tabel 6. Hasil Uji Fiksasi Nitrogen Jamur Endofit Tanaman Gaharu .....	32
Tabel 7. Hasil Uji Pelarut Fosfat Bakteri Endofit Tanaman Gaharu.....	31
Tabel 8. Hasil Uji Pelarut Fosfat Jamur Endofit Tanaman Gaharu.....	36
Tabel 9. Hasil Uji Enzim Amilase Bakteri Endofit Tanaman Gaharu.....	36
Tabel 10. Hasil Uji Enzim Protease Bakteri Endofit Tanaman Gaharu .....	38
Tabel 11. Hasil Uji Enzim Protease Jamur Endofit Tanaman Gaharu .....	39
Tabel 12. Hasil Uji Enzim Katalase Bakteri Endofit Tanaman Gaharu .....	42
Tabel 13. Hasil Uji Enzim Katalase Jamur Endofit Tanaman Gaharu .....	39
Tabel 14. Hasil Uji Antagonis Jamur Endofit Tanaman Gaharu terhadap Jamur Patogen ( <i>F. oxysporum</i> ).....	42
Tabel 15. Hasil Identifikasi Bakteri Endofit Tanaman Gaharu .....	43
Tabel 16. Hasil Identifikasi Jamur Endofit Tanaman Gaharu .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Kegiatan Di Laboratorium.....	53
Lampiran 2. Karakterisasi Makroskopis Bakteri Endofit .....	55
Lampiran 3. Hasil Pewarnaan Gram Bakteri Endofit Tanaman Gaharu.....	58
Lampiran 4 Consensus PCR.....	62
Lampiran 5. Biokontrol Jamur Endofit <i>Aquilaria malaccensis</i> dengan <i>Fusarium oxysporoum</i> .....	64
Lampiran 6. Karakterisasi Makroskopis Jamur Endofit.....	66

# I. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Hutan hujan tropis merupakan ekosistem darat yang memiliki keanekaragaman hayati paling banyak. Pada hutan hujan tropis, terdapat kompetisi yang ketat dan tekanan seleksi alam yang sangat tinggi. Kemampuan bertahan hidup dengan tingkat kompetisi yang tinggi menyebabkan tanaman dapat beradaptasi terhadap perubahan yang terjadi. Hutan hujan tropis mampu menghasilkan berbagai struktur molekul dan senyawa baru yang memiliki aktivitas biologis. Salah satunya dengan adanya mikroba endofit. Mikroba endofit di daerah tropis diketahui mampu menghasilkan lebih banyak metabolit sekunder dibandingkan dengan mikroba tropis yang bukan endofit. Hal menunjukkan pentingnya peranan tumbuhan inang dalam mempengaruhi metabolisme mikroba endofit (Hartianty dan Eka, 2021).

Mikroba endofit hidup didalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu hidup dengan membentuk koloni di dalam jaringan tanaman tanpa mengubah fungsi normal dari jaringannya serta tidak menimbulkan suatu gejala penyakit. Mikroba endofit hidup bersimbiosis, saling menguntungkan dengan tanaman inang, serta mampu memproduksi senyawa aktif berupa metabolit sekunder yang sama dengan tanaman inangnya (Irmadhan, 2018). Metabolit sekunder yang dihasilkan mempunyai banyak keuntungan dalam berbagai aspek kehidupan salah satunya berpotensi untuk dikembangkan dalam bidang medis, pertanian dan industri (Hanafi, *et al.*, 2017).

Hutan alam merupakan sumber keragaman mikroba yang bermanfaat karena memiliki interaksi dengan berbagai mikroba termasuk mikroba endofit (Munif *et al.*, 2015). Saat ini pemanfaatan mikroba endofit dalam lingkup kehutanan banyak dimanfaatkan karena kemampuannya dalam menghasilkan fitohormon, seperti asam indolasetat-3 (IAA), fosfat, dan berbagai enzim seperti amilase, selulase, dan protease yang diketahui dapat memacu pertumbuhan tanaman dan mengendalikan serangan patogen (Saridewi *et al.*, 2020). Salah satu hasil pemanfaatannya yaitu dapat mengendalikan serangan patogen, memacu pertumbuhan tanaman karet (Hidayati *et al.* 2014), dan tanaman jabon merah (Aurin, 2023). Adapun tanaman

kehutanan yang memiliki potensi untuk dimanfaatkan mikroba endofitnya yaitu tanaman gaharu (*Aquilaria malaccensis*).

Tanaman gaharu (*A. malaccensis*) merupakan salah satu tanaman kehutanan yang dikategorikan sebagai hasil hutan bukan kayu (HHBK). Tanaman ini dikenal dengan sebutan *aloeswood*, *eaglewood*, dan *agarwood*. Gaharu dapat menghasilkan resin wangi dari gubalnya karena terdapat kandungan senyawa aktif berupa *seskuiterpena* dan *kromona*, yang dapat dimanfaatkan di berbagai bidang seperti industri parfum, kosmetik, dan farmasi (Aryani Leksonowati, 2017). Seluruh bagian dari tanaman gaharu dapat dimanfaatkan. Salah satu hasil pemanfaatan mikroba endofit tanaman gaharu diketahui mampu mengendalikan *Meloidogyne* sp. yang dapat menyerang tanaman (Munif *et al.*, 2015). Oleh karena itu, melihat banyaknya potensi yang dapat dimanfaatkan, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji potensi dan karakteristik mikroba endofit (bakteri dan jamur) dari tanaman gaharu sebagai pemacu pertumbuhan tanaman.

## **1.2 Tujuan dan Kegunaan**

Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi, mengkarakterisasi dan mengidentifikasi mikroba endofit tanaman gaharu. Adapun kegunaan penelitian ini, yaitu untuk memberikan informasi ke masyarakat umum terkait potensi dan manfaat yang dapat dikembangkan dari mikroba endofit tanaman gaharu sebagai pemacu pertumbuhan tanaman.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Deskripsi Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccensis*)

#### 2.1.1 Sistematika

Indonesia sebagai salah satu negara tropis di wilayah Asia Tenggara, memiliki jenis pohon penghasil gaharu sebanyak 8 spesies yang sangat beragam dari berbagai genus dan memiliki karakteristik khas pada masing-masing daerah. Salah satu tanaman penghasil gaharu yang paling banyak dimanfaatkan di Indonesia yaitu jenis *Aquilaria malaccensis* (Faizal *et al.*, 2018). Tanaman gaharu dikenal dengan sebutan *aloeswood*, *eaglewood*, *agarwood* memiliki aroma khas (resin) dengan kandungan senyawa aktif berupa *seskuiiterpena* dan *kromona* yang mempunyai manfaat dalam bidang industri parfum, kosmetik, dan farmasi (Aryani, 2017). Senyawa aromatik dari tanaman gaharu didapatkan melalui dua cara yaitu, secara alami dan campur tangan manusia dengan melakukan inokulasi menggunakan inokulan tertentu pada tanaman gaharu.

#### 2.1.2 Klasifikasi

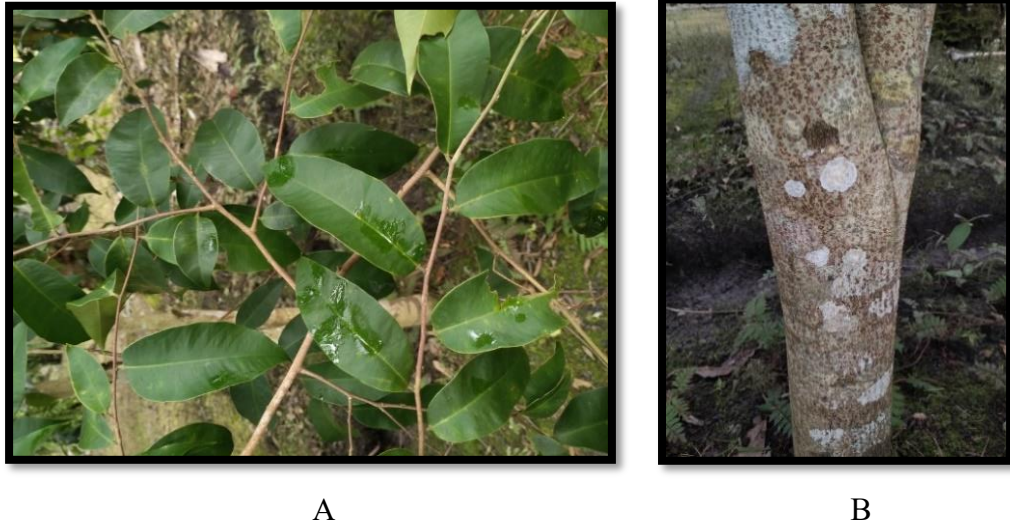
Adapun klasifikasi tanaman gaharu menurut Harvey (2018), antara lain sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Phylum	: Tracheophyta
Class	: Magnoliopsida
Order	: Malvales
Family	: Thymelaeaceae
Genus	: <i>Aquilaria</i>
Species	: <i>Aquilaria malaccensis</i>

#### 2.1.3 Morfologi

Morfologi tanaman gaharu dapat diketahui dari ciri-ciri daun, buah, dan batangnya. Pohon penghasil gaharu terbentuk sesuai dengan keberadaan tempat tumbuh pohon tersebut. Secara umum, tanaman gaharu jenis *A. malaccensis* memiliki karakteristik seperti batang pohon yang keras, kulit batang putih dan licin, tinggi pohon  $\pm$  40 m, lingkaran batang pohon 60 cm, ukuran daun 5 -8 cm, lebar 3-4

cm, bentuk daun lonjong memanjang dengan ujung daun meruncing dan warna hijau mengkilap (Setyaningrum,2014). Berikut merupakan Gambar morfologi dari tanaman gaharu (*A. malaccensis*).



Gambar 1. Morfologi Tanaman Gaharu (A), Daun, (B) Batang

#### 2.1.4 Penyebaran

Indonesia terdapat  $\pm$  25 jenis tanaman penghasil gaharu yang dikelompokkan ke dalam 8 marga dan 3 suku. Berdasarkan sebaran tempat tumbuh, gaharu umumnya tersebar di Pulau Kalimantan sebanyak 12 jenis, Pulau Sumatera 10 jenis, Kepulauan Nusa Tenggara sebanyak 3 jenis, Pulau Papua 2 jenis, Pulau Sulawesi 2 jenis, Pulau Jawa 2 jenis, dan Kepulauan Maluku 1 jenis.

#### 2.1.5 Manfaat

Tanaman gaharu dapat menghasilkan resin dari gubal gaharu yang dapat digunakan sebagai bahan baku industri parfum, kosmetik, dan pengawet berbagai jenis aksesoris. Gubal gaharu juga diperdagangkan untuk keperluan keagamaan seperti tasbih, membakar jenazah (bagi umat Hindu), dan setinggi (dupa). Saat ini, telah berkembang industri pemanfaatan gaharu sebagai bahan baku obat herbal alami untuk pengobatan stres, asma, reumatik, radang lambung, ginjal, malaria, bahan antibiotik, TBC, liver, kanker, dan tumor (Setyaningrum, 2014).

Penggunaan gaharu sebagai bahan obat-obatan juga banyak dilakukan di China. Limbah bekas gaharu yang telah disuling dapat digunakan sebagai dupa dan bahan untuk upacara agama. air suling gaharu dapat dimanfaatkan untuk kesehatan,



kecantikan, kebugaran serta bahan minuman oleh masyarakat di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur (Setyaningrum, 2014).

## **2.2 Mikroba Endofit**

### **2.2.1 Bakteri Endofit**

Bakteri endofit hidup di dalam jaringan tanaman inang tanpa menyebabkan gejala penyakit. Bakteri endofit masuk ke dalam jaringan tanaman umumnya melalui akar, namun bagian tanaman yang terpapar udara langsung seperti bunga, batang dan kotiledon, juga dapat menjadi jalur masuk bakteri endofit. Bakteri ini dapat hidup di dalam pembuluh vaskular atau di ruang intersel, akar, batang, daun dan buah. Jumlah bakteri endofit di dalam tanaman tidak dapat ditentukan secara pasti, namun bakteri ini dapat diidentifikasi dengan cara mengisolasi pada media selektif (Desriani *et al.*, 2014).

Bakteri endofit termasuk bakteri saprofit yang hidup dan berasosiasi dengan jaringan tanaman. Keberadaan bakteri endofit di dalam jaringan tanaman selain dapat berperan dalam perbaikan pertumbuhan tanaman (*plant growth promotion*), juga mampu menghasilkan zat pemacu tumbuh, memfiksasi nitrogen, memobilisasi fosfat, dan berperan dalam kesehatan tanaman (*plant health promotion*). Selain itu, bakteri endofit diduga mampu meningkatkan sistem pertahanan tanaman terhadap gangguan penyakit karena kemampuannya untuk memproduksi senyawa antimikroba, enzim, asam salisilat, etilena dan senyawa sekunder lainnya yang dapat menginduksi ketahanan tanaman (Munif, 2012).

### **2.2.2 Jamur Endofit**

Jamur endofit mempunyai peranan dalam rantai makanan di ekosistem hutan tropis karena keberadaannya bisa menentukan hubungan yang terdapat pada sistem perakaran tanaman termasuk kemampuan pertumbuhan pohon di hutan, resistensi terhadap hama dan penyakit, serta toleransi terhadap cekaman lingkungan. Jamur endofit hidup pada tanaman secara simbiosis mutualisme dengan cara memperoleh nutrisi dari hasil proses metabolisme inang dan dapat digunakan dalam mengendalikan serangan patogen dan hama (Sari, 2020).

Tanaman yang bersimbiosis dengan jamur endofit memiliki pertahanan diri yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang tidak bersimbiosis (Akmalasari *et al.*, 2013). Tanaman inang menjadi resisten terhadap patogen karena jamur endofit dapat merangsang respon metabolisme inang (Mantzoukas dan Eliopoulos, 2020). Manfaat lain dari jamur endofit yaitu dapat berperan sebagai agen biokontrol, dapat memproduksi metabolit seperti antibiotik, enzim, dan senyawa volatil. Selain itu, jamur endofit menghasilkan sumber metabolit bioaktif seperti alkaloid, asam fenolat, saponin, kuinon, steroid, terpenoid dan tanin yang fungsi utamanya melindungi tanaman inang dari gangguan biotik dan abiotik (Lacava *et al.*, 2022).

### **2.3 Peranan Mikroba Endofit Tanaman Gaharu sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman**

Mikroba endofit pada jaringan tanaman mampu memacu pertumbuhan dan produksi tanaman, menekan patogen, melarutkan fosfat dan dapat memfiksasi nitrogen untuk dimanfaatkan oleh tanaman. Selain itu, mikroba endofit juga dapat digunakan sebagai biokontrol, dan dapat mencegah perkembangan penyakit karena memproduksi *siderofor* serta menghasilkan senyawa metabolit yang beracun bagi pathogen atau terjadinya kompetisi ruang dan nutrisi. Mikroba endofit memiliki kemampuan untuk mereduksi produksi toksin yang dihasilkan oleh patogen sehingga tidak menimbulkan penyakit terhadap tanaman atau menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen (Sogandi, 2020).

Mikroba endofit dari tanaman kehutanan berpotensi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan agen pengendali patogen (Munif *et al.*, 2015). Salah satunya dengan memanfaatkan bakteri endofit yang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena menghasilkan komponen penting bagi pertumbuhan tanaman (Nongkhlaw, 2014).