

**ISOLASI DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI JAMUR ENDOFIT
DARI DAUN MANGROVE (*Rhizophora apiculata*) DI KAWASAN HUTAN
MANGROVE PETENGORAN, KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI
LAMPUNG**

(Skripsi)

Oleh

**EMILIA
NPM 1957021008**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

**ISOLASI DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI JAMUR ENDOFIT DARI
DAUN MANGROVE (*Rhizophora apiculata*) DI KAWASAN HUTAN
MANGROVE PETENGORAN, KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI
LAMPUNG**

Oleh

EMILIA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS**

Pada

**Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

ISOLASI DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI JAMUR ENDOFIT DARI DAUN MANGROVE (*Rhizophora apiculata*) DI KAWASAN HUTAN MANGROVE PETENGORAN, KABUPATEN PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG

Oleh

EMILIA

Mangrove merupakan tumbuhan yang mengandung banyak senyawa bioaktif khususnya *Rhizophora apiculata*, senyawa bioaktif tersebut dapat berasal dari mikroba endofit yang mensintesis senyawa bioaktif yang sama dengan inangnya. Jamur endofit dapat menghasilkan senyawa yang fungsional salah satunya berupa senyawa antibakteri. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi dan menguji aktivitas antibakteri jamur endofit dari daun Mangrove (*Rhizophora apiculata*) di kawasan hutan mangrove Petengoran, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Isolasi jamur endofit menggunakan sampel daun yang dilanjutkan dengan identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis, kemudian diseleksi melalui uji antagonis dan uji antibakteri terhadap ekstrak supernatan dari jamur endofit. Data yang diperoleh merupakan data kualitatif dan data kuantitatif. Hasil penelitian didapatkan tujuh isolat jamur endofit yang memiliki aktivitas antibakteri dengan kode isolat RAE1, RAE2, RAE3, RAE4, RAE5, RAE6, dan RAE7. Isolat RAE1 menghasilkan daya hambat tertinggi pada *E. coli* dan *Bacillus* sebesar 21,28 mm dan 22,35 mm.

Kata kunci : Mangrove (*Rhizophora apiculata*), Isolasi, Jamur endofit, Antibakteri

ABSTRACT

ISOLATION AND ANTIBACTERIAL ACTIVITY TEST OF ENDOPHYTIC FUNGI FROM MANGROVE LEAVES (*Rhizophora apiculata*) IN PETENGORAN MANGROVE FOREST AREA, PESAWARAN REGENCY, LAMPUNG PROVINCE

oleh

EMILIA

Mangroves are plants that contain many bioactive compounds, especially *Rhizophora apiculata*, these bioactive compounds can come from endophytic microbes that synthesize the same bioactive compounds as their hosts. Endophytic fungi can produce functional compounds, one of which is an antibacterial compound. The purpose of this study was to isolate and test the antibacterial activity of endophytic fungi from Mangrove leaves (*Rhizophora apiculata*) in the Petetengoran mangrove forest area, Pesawaran Regency, Lampung Province. Isolation of endophytic fungi using leaf samples followed by macroscopic and microscopic identification, then selection through antagonist tests and antibacterial tests on supernatant extracts from endophytic fungi. The data obtained are qualitative data and quantitative data. The results showed that seven isolates of endophytic fungi had antibacterial activity with the isolate codes RAE1, RAE2, RAE3, RAE4, RAE5, RAE6, and RAE7. RAE1 isolates produced the highest inhibition on *E.coli* and *Bacillus* of 21.28 mm and 22.35 mm.

Keywords : Mangrove (*Rhizophora apiculata*), Isolation, Endophytic Fungi,
Antibacterial

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **ISOLASI DAN UJI AKTIVITAS
ANTIBAKTERI JAMUR ENDOFIT DARI
DAUN MANGROVE (*Rhizophora apiculata*)
DI KAWASAN HUTAN MANGROVE
PETENGORAN, KABUPATEN
PESAWARAN, PROVINSI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Emilia**
NPM : **1957021008**
Jurusan / Program Studi : **Biologi / S1 Biologi**
Fakultas : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



Pembimbing 1

Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si.
NIP. 197808192008012018

Pembimbing 2

Wawan A. Setiawan, S.Si., M.Si.
NIP. 197912302008121001

**2. Ketua Jurusan Biologi
FMIPA Unila**

Dr. Jani Master, M.Si.
NIP. 19830131208121001

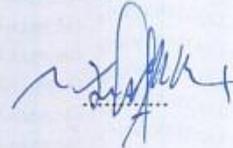
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

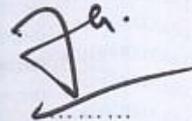
Ketua : Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si.



Sekretaris : Wawan A. Setiawan, S.Si., M.Si.



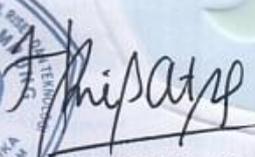
Penguji Bukan Pembimbing : Prof. Andi Setiawan, Ph.D.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.
NIP. 197110012005011002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 31 Agustus 2023

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Emilia
Nomor Pokok Mahasiswa : 1957021008
Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi
Program Studi : Biologi

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi ini benar merupakan hasil penelitian yang saya lakukan sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan guna memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan tidak terdapat pendapat yang pernah diterbitkan oleh orang lain, kecuali bagian-bagian tertentu secara tertulis yang dirujukan sumbernya dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terbukti bahwa ada ketidakbenaran dari pernyataan di atas, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan sanksi akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, September 2023
Penulis



Emilia
NPM 1957021008

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Desa Bumi Agung Wates pada tanggal 11 Agustus 2001, yang merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis merupakan anak dari pasangan Bapak Nyoman Ludre dan Ibu Made Wanes. Penulis berasal dari Desa Bumi Agung Wates, Kecamatan Bahuga, Kabupaten Waykanan, Provinsi Lampung.

Penulis menyelesaikan taman kanak-kanak di TK Purna Sp 3 pada tahun 2007, Pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 1 Bumi Agung Wates pada tahun 2013, pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Buay Bahuga pada tahun 2016, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Belitang pada tahun 2019. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung pada tahun 2019.

Penulis melaksanakan Karya Wisata Ilmiah (KWI) di Desa Tambah Dadi, Lampung Timur. Penulis telah menyelesaikan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Rumah Sakit Dr. H. Abdul Moeloek pada tahun 2022 dan menghasilkan karya ilmiah berupa laporan praktik kerja lapangan yang berjudul *“Identifikasi Bakteri Patogen Dan Pola Sensitivitasnya Terhadap Antibiotik dari Spesimen Darah pada Pasien di RSUD Dr. H Abdul Moeloek Provinsi Lampung dengan menggunakan Vitek-2 Compact”*, dan telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sumberejo, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus pada tahun 2022. Selama perkuliahan, penulis aktif di beberapa organisasi Kemahasiswaan internal seperti Himpunan Mahasiswa Biologi (2019-2021) dan Unit Kegiatan Mahasiswa Hindu Unila (2019-2022).

MOTTO

”Om anugraha manoharam dewa dattà nugrahaka arcanam sarwà pùjanam namah sarwà nugrahaka. Dewa-dewi mahàsiddhi yajñanya nirmalàtmaka laksmi siddhisca dirghàyuh nirwighna sukha wrddisca”

“Menjadikan Orang tua sebagai pengantar langkah kita, menyertakan Tuhan dalam setiap langkah yang kita ambil dan menjadikan diri sendiri untuk menyelesaikan langkah tersebut”

“Tiada yang sulit jika Hyang Widhi memudahkan. Tiada yang berat jika Hyang Widhi meringankan. Tiada yang mampu melawan jika Hyang Widhi berkehendak”

“Kamu adalah apa yang kamu yakini. Kamu menjadi apa yang kamu yakini bisa kamu capai”

(Bhagavad Ghita 17.3)

”I’ll never cry because I know that it’ll never change, Hitoshirenu basho tae tada tachitsukusu, Nando mo taore-sō ni narukedo, Hitori-te o nobashi hitori tachiagaru”

(Stray Kids – Scars)



Semoga Selalu Dalam Keadaan Baik Atas Karunia Ida Sang Hyang Widhi Wasa

PERSEMBAHAN

Om Dewa Suksma Parama Acintya Ya Namah Swaha, Sarwa Karya

Prasidhantam, Om

Segala puja angayubagia saya haturkan atas asung kerta wara nugraha-Nya

Tiada lembar paling istimewa dalam skripsi ini selain lembar persembahan.

Ku persembahkan karya ini sebagai tanda bakti dan cinta kasihku kepada :

Ayahku (Nyoman Ludre) dan Ibuku (Made Wanès)

yang bahkan jika ada sekalipun kata yang lebih indah dari berlian, rasanya tidak cukup mendeskripsikan kalian. Terimakasih selalu meng-iya-kan apapun tanpa tapi, terimakasih untuk setiap peluh yang jatuh tanpa keluh, terimakasih untuk setiap lacrima yang selalu berderai dengan doa yang entah apa saja yang kalian lantungkan untuk aku selama 22 tahun ini. Terimakasih selalu menyuğuhkan segala rasa yang aku butuhkan bahkan yang aku inginkan. Aku bersyukur, sangat. Sehat selalu kalian.

Adikku (Amellita dan Reno Ardiansah)

Waktu untuk berleha, bergurau, atau mungkin sekedar tenang yang harusnya milik kalian menjadi kuasa penuh untukku beberapa tahun yang lalu. Adik, maaf ya, dan terimakasih selalu ada untuk kakakmu ini.

Serta

Almamater Tercinta, Universitas Lampung

SANWACANA

Om Svastiastu.

Asungkerta wara nugraha, puji syukur penulis haturkan kepada Ide Sang Hyang Widhi Wasa atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir skripsi yang berjudul "**Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit dari Daun Mangrove (*Rhizophora Apiculata*) Di Kawasan Hutan Mangrove Petengoran, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung**".

Penyusunan tugas akhir skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak berupa bimbingan, informasi, saran serta dukungan moril dan materi. Oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tuaku tercinta "Bapak Nyoman Ludre dan Ibu Made Wanes" yang telah membesarkan, mendidik dan memberikan kasih sayang serta do'a yang sangat luar biasa dan tiada henti yang mengiringi perjalanan penulis dalam mencapai cita-cita.
2. Almh, Ibu Dra. C. N. Ekowati, M.Si., selaku pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan, kritik, saran serta motivasi dalam pelaksanaan penulisan dan penyelesaian skripsi ini.
3. Ibu Dr. Kusuma Handayani, S.Si., M.Si., selaku penerus pembimbing I dan Kepala Program studi Biologi yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukkan dan motivasi untuk kesempurnaan skripsi ini.
4. Bapak Wawan Abdullah Setiawan, S.Si., M.Si., selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukkan dan motivasi untuk kesempurnaan skripsi ini.

5. Bapak Prof. Andi Setiawan, Ph.D., selaku pembahas yang telah memberikan masukan dan arahan terkait penulisan dan pembahasan yang membangun penyusunan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan FMIPA Universitas Lampung.
7. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung.
8. Bapak Priyambodo, M.Sc., selaku pembimbing akademik.
9. Bapak dan ibu dosen serta segenap karyawan di jurusan Biologi FMIPA Unila, atas ilmu, bimbingan, dan bantuan kepada penulis.
10. Sahabat-sahabatku tersayang “Keluarga Cemana” Amellita, Komang Ayu Juni Harsini, Wayan Kania, Nyoman Trijaya Kusuma, I Made Agus Dian, Krishna Parama Nanda yang selalu memberi semangat, saran, canda tawa, do'a dan dukungan kepada penulis.
11. Teman teman seangkatan 2019 terima kasih atas dukungan dan kebersamaan kepada penulis,
12. Teman-teman seperjuangan selama penelitian, Ayuni Mitra Sari, Salimah Johariah, Syifa Riandani, Rony Setiawan dan Mutia Sari terima kasih yang telah memberikan motivasi, kebersamaan dan kerjasamanya dalam melakukan penelitian ini.
13. Terkhusus untuk Ibu Oni Mastuti, S.Si., selaku laboran Laboratorium Mikrobiologi yang selalu menemani selama penelitian, memberikan dukungan, dan kehangatan di Laboratorium Mikrobiologi.
14. Almamater tercinta Universitas Lampung.
15. Teman terkasih *Stray Kids* (SKZ) Bang Chan, Lee Minho, Seo Changbin, Hwang Hyunjin, Han Jisung, Lee Yongbok, Kim Seungmin, Yang Jeongin yang telah menginspirasi penulis agar selalu semangat dan pantang menyerah untuk menjalani kehidupan walau berat.
16. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me, I wanna thank me for doing all this hard work, I wanna thank me for having no days off, I wanna thank me for never quitting, I wanna thank me for always being a giver and tryna give more than i receive, I wanna thank*

me for tryna do more right than wrong, I wanna thank me for just being me at all times.

Semoga Hyang Widhi membalas semua kebaikan yang telah diberikan. Penulis menyadari bahwa tugas akhir skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan masukan dikemudian hari. Besar harapan semoga tugas akhir skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua *svaha*.

Om Shanti, Shanti, Shanti Om.

Bandar Lampung, September 2023

Penulis,

Emilia

DAFTAR ISI

ABSTRAK	ii
ABSTRACT	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MENGESAHKAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	v
MOTTO	vii
SANWACANA	ix
DAFTAR ISI	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan	3
1.3 Manfaat	3
1.4 Kerangka Teoritis	4
1.5 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Mangrove	6
2.1.1 Tanaman Mangrove	6
2.1.2 Jenis-Jenis Mangrove	7
2.1.3 <i>Rhizophora apiculata</i>	9
2.1.4 Peranan Mangrove	11
2.2 Jamur	12
2.3 Jamur Endofit	13
2.3.1 Pengertian Jamur Endofit	13
2.3.2 Mekanisme Infeksi Jamur Endofit ke Jaringan Tanaman	14
2.3.3 Mekanisme Jamur Endofit dengan Inangnya	15
2.3.4 Interaksi Jamur Endofit dengan Tanaman Inangnya	17
2.3.5 Jamur Endofit pada Mangrove	18
2.3.6 Peran Jamur Endofit	19
2.3.7 Jamur Endofit Penghasil Antibakteri	21
2.4 Senyawa Antibakteri	22
2.4.1 Senyawa Antibakteri	22

2.4.2	Mekanisme Penghambatan Pertumbuhan Bakteri	24
2.4.3	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Penghambatan Bakteri 25	
2.5	Geografis Kawasan Hutan Mangrove Petengoran	26
III.	METODE PENELITIAN	28
3.1	Waktu dan Lokasi Penelitian	28
3.2	Alat dan Bahan	28
3.3	Metode Penelitian	29
3.4	Prosedur Kerja	30
3.4.1	Pengambilan dan Persiapan Sampel	30
3.4.2	Isolasi Jamur Endofit	31
3.4.3	Identifikasi Jamur Endofit	32
3.4.4	Uji Aktivitas Antibakteri	32
3.5	Analisis Data	34
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	35
4.1	Isolasi dan Pemurnian Jamur Endofit	35
4.2	Identifikasi Jamur Endofit	39
4.3	Uji Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit	48
4.3.1	Seleksi Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit	48
4.3.2	Fermentasi Jamur Endofit	50
4.3.3	Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Jamur Endofit	52
V.	SIMPULAN DAN SARAN	58
5.1	Simpulan	58
5.2	Saran	58
	DAFTAR PUSTAKA	59
	LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Hasil isolasi jamur endofit daun <i>R. apiculata</i> pada hari ke-8 dengan 3 kali ulangan.....	35
Tabel 2. Karakteristik morfologi makroskopik koloni jamur endofit pada pengamatan hari ke-14 setelah pemurnian.....	37
Tabel 3. Hasil uji antagonis 7 isolat jamur endofit terhadap bakteri uji.	48
Tabel 4. Hasil uji Duncan zona hambat isolat jamur endofit terhadap <i>E. coli</i>	53
Tabel 5. Hasil uji Duncan zona hambat isolat jamur endofit terhadap	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. <i>Rhizophora apiculata</i> dan bagian-bagiannya.....	9
Gambar 2. Hasil pemurnian jamur endofit daun <i>R. apiculata</i> pada medium PDA.	36
Gambar 3. Isolat RAE1 (A) tampak depan (B) belakang.	40
Gambar 4. Pengamatan mikroskopis Isolat RAE1 (a) Percabangan dan sekat (b) Konidium (Perbesaran 400x).....	40
Gambar 5. Isolat RAE2 (A) tampak depan (B) belakang	41
Gambar 6. Pengamatan mikroskopis isolat RAE2 (a) Konidium (b) Percabangan (c) Sekat hifa (Perbesaran 400x).	41
Gambar 7. Isolat RAE3 (A) tampak depan (B) belakang.	42
Gambar 8. Pengamatan mikroskopis isolat RAE3 (a) konidia (b) percabangan (c) konidium (Perbesaran 400x).....	42
Gambar 9. Isolat RAE4 (A) tampak depan (B) belakang.	43
Gambar 10. Pengamatan mikroskopis isolat RAE4 (a) Percabangan (b) Sekat hifa (Perbesaran 400x).	43
Gambar 11. Isolat RAE5 (A) tampak depan (B) belakang	44
Gambar 12. Pengamatan mikroskopis isolat RAE5 (a) Konidium (b) percabangan hifa (Perbesaran 400x).....	44
Gambar 13. Isolat RAE6 (A) tampak depan (B) belakang	45
Gambar 14. Pengamatan mikroskopis isolat RAE6 (a) Konidium (b) Percabangan hifa (Perbesaran 400x).....	45
Gambar 15. Isolat RAE7 (A) tampak depan (B) belakang	46
Gambar 16. Pengamatan mikroskopis isolat RAE7 (a) konidium (b) percabangan hifa (c) sekat hifa (Perbesaran 400x).	46
Gambar 17. Kultur 7 isolat jamur endofit dalam media PDB dengan usia 21x24 jam.	50
Gambar 18. Hasil sentrifugasi kultur cair 7 isolat jamur endofit.....	51
Gambar 19. Zona hambat isolat jamur endofit terhadap <i>E. coli</i>	53
Gambar 20. Zona hambat isolat jamur endofit terhadap <i>Bacillus</i> sp.	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Kawasan Hutan Mangrove Petengoran.	70
Lampiran 2. Pohon <i>Rhizophora apiculata</i> dan daunnya.	70
Lampiran 3. Proses pengambilan sampel daun <i>Rhizophora apiculata</i>	71
Lampiran 4. Proses sterilisasi sampel daun <i>Rhizophora apiculata</i>	71
Lampiran 5. Pemurnian jamur endofit.	72
Lampiran 6. Hasil isolasi jamur endofit daun <i>R. apiculata</i> pada hari ke-8 dengan 3 kali ulangan.	72
Lampiran 7. Proses pengamatan jamur endofit secara mikroskopis.	73
Lampiran 8. Persiapan pengamatan jamur endofit secara mikroskopis.	73
Lampiran 9. Proses fermentasi jamur endofit dalam media PDB.	74
Lampiran 10. Proses perendaman cakram dengan larutan uji.	74
Lampiran 11. Hasil Oneway zona bening <i>Bacillus</i> sp.	75
Lampiran 12. Test of Homogeneity of Variances <i>Bacillus</i> sp.	75
Lampiran 13. Analysis of variance <i>Bacillus</i> sp.	75
Lampiran 14. Uji Duncan <i>Bacillus</i> sp.	76
Lampiran 15. Hasil Oneway zona bening <i>E. coli</i>	76
Lampiran 16. Test of Homogeneity of Variances <i>E. coli</i>	76
Lampiran 17. Analysis of Variance <i>E. coli</i>	77
Lampiran 18. Uji Duncan <i>E. coli</i>	77

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Tumbuhan merupakan salah satu sumber penting senyawa bioaktif. Prihatiningtias (2005) mengatakan bahwa senyawa bioaktif dapat bersumber dari berbagai tumbuhan, hewan dan mikroorganisme. Salah satu tumbuhan yang memiliki banyak manfaat baik dan dapat menghasilkan senyawa bioaktif adalah mangrove. Hutan mangrove ialah suatu komunitas hijau pantai tropis di tempat berair dan berlumpur yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut (Kjer *et al.*, 2010).

Dwilestari (2015) mengatakan bahwa mangrove adalah salah satu tumbuhan yang memiliki senyawa bioaktif yang cukup banyak. Sumber dari senyawa bioaktif tersebut bisa juga berasal dari mikroorganisme yang bersimbiosis terhadap tanaman itu sendiri. Senyawa yang diproduksi oleh mikroorganisme tersebut memiliki kesamaan terhadap senyawa bioaktif inangnya. Mikroorganisme yang hidup dan bersimbiosis pada tanaman disebut sebagai mikroba endofit. Mikroba endofit dapat berupa bakteri ataupun jamur.

Mikroba endofit mempunyai beberapa fungsi seperti meningkatkan pengambilan nutrisi tumbuhan, meningkatkan pertumbuhan dan vigor tumbuhan, berpotensi memberikan resistensi pada tumbuhan melawan infeksi patogen (Ting *et al.*, 2008), dan sebagai sumber senyawa bioaktif (Strobel dan Daisy, 2003).

Pengambilan senyawa bioaktif langsung dari tanaman membutuhkan biomassa yang banyak dan waktu yang lama untuk tumbuh, untuk mengefisienkan perolehan senyawa bioaktif yang terdapat dalam jaringan tumbuhan, yaitu jamur endofit (Setyowati *et al.*, 2007). Jamur endofit merupakan jamur yang tumbuh dalam jaringan tanaman (xilem dan floem) dari daun, akar, buah, dan batang yang mampu menghasilkan senyawa serupa inangnya maupun senyawa baru salah satunya, senyawa antibiotik (Murdiyah, 2017). Jamur endofit telah banyak diteliti sebagai penghasil senyawa antibiotika. Penelitian oleh Margio (2012) melaporkan ada 86 isolat jamur endofit dalam 25 jenis tanaman berbeda dengan persentase isolat yang dapat memproduksi antibiotik sebesar 52,33%.

Jamur endofit yang terdapat pada jaringan tanaman bisa menghasilkan senyawa bioaktif dengan khasiat yang tidak berbeda dari senyawa yang dihasilkan oleh inangnya. Menurut Suwandi (1989), sekitar 800 jenis senyawa bioaktif yang bermanfaat sebagai antibiotik dihasilkan oleh fungi seperti *Penicillium* (penisilin, griseofulvin), *Cephalosporium* (sefalosporin) serta beberapa jamur lain misalnya *Aspergillus* (fumigasin), *Chaetomium* (chetomin), *Fusarium* (javanisin), *Trichoderma* (gliotoxin) dan lain-lain. *Penicillium* sp., dan *Aspergillus* sp., dilaporkan juga menghasilkan senyawa metabolit sekunder yaitu lovastin yang berfungsi sebagai anti hiperkolestrolemia (Aryantha *et al.*, 2004).

Rahayu (2019), mengatakan bahwa jamur endofit yang ditemukan pada mangrove *Rhizophora apiculata* menghasilkan senyawa bioaktif berupa antibakteri. Bagian mangrove *Rhizophora apiculata* yang memiliki daya hambat tertinggi terhadap bakteri patogen berasal dari ekstrak daunnya. Heirina (2020) berhasil mengisolasi 2 jenis jamur endofit dari mangrove pada pantai Tanjung Carat Banyuasin, Sumatera Selatan, yaitu *Aspergillus* (Fumigasin) dan *Paecilomyces* (Phomaligol dan Leucinostatin) dan terbukti dapat menghambat pertumbuhan bakteri *E. coli* dan *S. aureus*. Ramadan (2018) berhasil mendapatkan jamur endofit dari genus *Talaromyces* yang

ditemukan di pantai Tasik Ria Manado diketahui menghasilkan Flavomannin A dan B sebagai antibakteri untuk *E. coli*. Isolasi jamur endofit daun *Rhizophora apiculata* di kawasan mangrove Tanjung Api-api Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan ditemukan sebanyak 3 jenis. Menurut Mukhlis (2018), ketiga jamur endofit tersebut merupakan penghasil antibakteri yaitu *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., dan *Penicillium* sp. Penelitian mengenai isolasi dan uji potensi antibakteri jamur endofit mangrove khususnya *Rhizophora apiculata* di daerah Lampung masih belum banyak dilakukan, untuk itu perlu dilakukan penelitian terkait isolasi dan uji aktivitas antibakteri jamur endofit dari daun mangrove (*Rhizophora apiculata*) di pantai Lampung khususnya di Kawasan Hutan Mangrove Petengoran, Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung.

1.2 Tujuan

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, maka yang menjadi tujuan penelitian adalah :

1. Mengisolasi jamur endofit dari daun *Rhizophora apiculata* asal kawasan hutan mangrove Petengoran yang memiliki aktivitas antibakteri.
2. Memperoleh isolat jamur endofit dari daun *Rhizophora apiculata* asal kawasan hutan mangrove Petengoran yang memiliki aktivitas antibakteri terbaik.

1.3 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat diperoleh isolat jamur endofit yang memiliki aktivitas antibakteri, sehingga dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya terkait potensinya sebagai antibakteri.

1.4 Kerangka Teoritis

Mangrove merupakan tumbuhan yang mengandung banyak senyawa bioaktif. Menurut Mukhlis (2018), senyawa bioaktif tersebut dapat berasal dari mikroba endofit yang mensintesis senyawa bioaktif yang sama dengan inangnya. Dari sekitar 300.000 jenis tanaman yang tersebar di muka bumi, masing-masing tanaman mengandung satu atau lebih mikroba endofit yang terdiri atas bakteri atau jamur. Namun, yang paling umum ditemukan adalah dari jenis jamur (Strobel dan Daisy, 2003). Mukhlis (2018), menemukan 3 genus jamur endofit yaitu *Fusarium* sp., *Penicillium* sp., dan *Aspergillus* sp. Jamur tersebut berhasil diisolasi dari daun mangrove *Rhizophora apiculata*. Khusus pada daun *Rhizophora apiculata* Suciati (2015), menemukan jamur endofit *Aspergillus niger*, *Colletotrichum* sp., *G. endophyllicola* dan *Pestalotiopsis* sp. Diperoleh juga 5 jenis jamur endofit asal *Rhizophora apiculata* oleh Mardina (2022), yaitu *Fusarium* sp., *Cryosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Aspergillus* sp., dan *Botryosphæri* sp.

Interaksi antara jamur endofit dengan tumbuhan inangnya termasuk dalam simbiosis mutualisme. Jamur endofit memperoleh nutrisi dari tanaman inang. Tumbuhan inang terlindungi dari patogen penyebab penyakit pada tumbuhan serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Akmalasari *et al.*, 2013). Jamur pada umumnya mampu menghasilkan senyawa bioaktif yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Beberapa jamur terkenal sebagai antibiotik yaitu *Penicillium* (penisilin, griseofulvin), *Cephalosporium* (sefalosporin) serta beberapa jamur lain seperti *Aspergillus* (fumigasin), *Chaetomium* (chetomin), *Fusarium* (javanisin), *Trichoderma* (gliotoxin) dan lain-lain (Suwandi, 1989). Jamur endofit juga dapat menjadi sumber enzim-enzim hidrolitik seperti selulase, xilanase, ligninase (Choi dalam Adawiyah 2013).

Macam-macam kondisi geografis mempunyai keunikan tersendiri, salah satunya pada tanaman. Setiap mikroorganisme endofit pada tanaman akan memiliki kemampuan menghasilkan senyawa bioaktif yang berbeda-beda.

Hal tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi habitatnya. Potensi akan jamur endofit ini perlu dikembangkan terkait senyawa bioaktif yang dihasilkan. Oleh karena itu dilakukannya penelitian untuk mengisolasi dan menguji aktivitas jamur endofit daun mangrove (*Rhizophora apiculata*) di pantai Lampung khususnya di Kawasan Hutan Mangrove Petengoran, Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung.

1.5 Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah

1. Diperolehnya isolat jamur endofit dari daun *Rhizophora apiculata* asal kawasan hutan mangrove Petengoran yang memiliki aktivitas antibakteri.
2. Diperolehnya isolat jamur endofit dari daun *Rhizophora apiculata* asal kawasan hutan mangrove Petengoran yang memiliki aktivitas antibakteri terbaik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mangrove

2.1.1 Tanaman Mangrove

Istilah '*mangrove*' tidak diketahui secara pasti asal usulnya. Ada yang mengatakan bahwa istilah tersebut kemungkinan merupakan kombinasi dari bahasa Portugis dan Inggris. Bangsa Portugis menyebut salah satu jenis pohon mangrove sebagai '*mangue*' dan istilah Inggris '*grove*', bila disatukan akan menjadi '*mangrove*' atau '*mangrove*'. Tanaman mangrove adalah tanaman pepohonan atau komunitas tanaman yang hidup di antara laut dan daratan yang dipengaruhi oleh pasang surut (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Hutan mangrove merupakan tipe hutan tropika dan subtropika yang khas, tumbuh di sepanjang pantai atau muara sungai yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Mangrove banyak di jumpai di wilayah pesisir yang terlindung dari gempuran ombak dan daerah yang landai. Mangrove tumbuh optimal di wilayah pesisir yang memiliki muara sungai besar dan delta yang aliran airnya banyak mengandung lumpur. Sedangkan di wilayah pesisir yang tidak bermuara sungai, pertumbuhan vegetasi mangrove tidak optimal. Mangrove sulit tumbuh di wilayah pesisir yang terjal dan berombak besar dengan arus pasang surut kuat, karena kondisi ini tidak memungkinkan terjadinya pengendapan lumpur yang diperlukan sebagai substrat bagi pertumbuhannya (Nybakken, 1992).

Mangrove terdiri dari beberapa bagian seperti akar, batang, dan daun. Pada daerah dekat akar terdapat daerah disebut mintakat perakaran yaitu daerah tanah dimana kondisi lingkungan untuk jasad mikro dipengaruhi oleh akar tanaman, yaitu pertumbuhan bakteri dipengaruhi oleh persenyawaan yang dibebaskan dari akar (Islami and Utomo, 1995).

2.1.2 Jenis-Jenis Mangrove

Tumbuhan mangrove terdiri atas berbagai jenis seperti semak, palma, dan tumbuhan paku-pakuan. Secara umum, tumbuhan mangrove diklasifikasikan ke dalam famili Rhizophoraceae, Avicenniaceae, Sonneratiaceae, dan *Ceriops* (Sulistiyowati, 2009). Untuk kawasan hutan mangrove Petengoran, Kabupaten Pesawaran, setidaknya ada 6 jenis mangrove yang tumbuh dan sebagian besar berada pada family Rhizophoraceae, *Ceriops*, dan Avicenniaceae.

Mangrove familia Rhizophoraceae secara global bebas menempati garis tepi namun pada bagian zona terbuka hingga zona tengah secara bertahap menipis ke bagian tepi mendekati daratan. Keanekaragaman jenis familia ini berlimpah dengan struktur tumbuhan sejati, mampu bereproduksi saat buah masih di pohon membentuk hipokotil menyerupai pensil berwarna hijau, bentuknya memanjang sering disebut sebagai propagul ketika sudah dewasa berwarna kecoklatan dan siap disemai atau secara langsung jatuh dan tertancap ke permukaan tanah jika kondisi fisik lingkungan baik maka menjadi individu baru.

Sebagaimana menurut Noorhidayati dan Hardiansyah (2021) sebagian dari keanekaragaman mangrove berkembang dengan buah yang sudah berkecambah sewaktu masih di pohon induk, seperti *Kandelia*, *Bruguiera*, *Ceriops* dan *Rhizophora*. Namun, keberadaan beberapa jenis mangrove semakin berkurang akibat ahli fungsi lahan oleh pihak

yang tidak bertanggung jawab, sebagaimana menurut Tala (2020) familia Rhizophoraceae lebih diutamakan saat kegiatan rehabilitasi karena kelestarian familia ini lebih rentan terhadap perubahan lingkungan dibandingkan dengan familia lainnya. Tumbuhan mangrove familia Rhizophoraceae terdiri dari 4 genus yaitu *Bruguiera*, *Ceriops*, *Kandelia*, dan *Rhizophora* dan memiliki 12 spesies (Noor *et al.*, 2006).

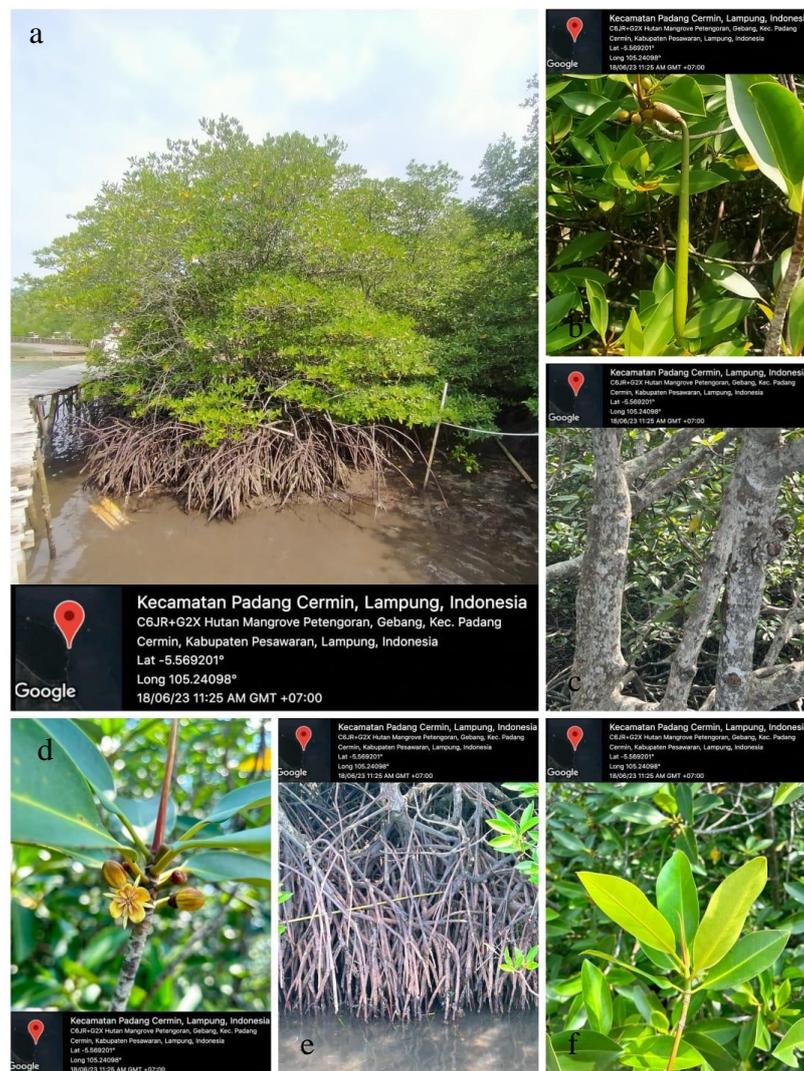
Rhizophora merupakan sering disebut sebagai tumbuhan pionir atau tergolong sebagai tumbuhan penyusun terdepan pesisir dan sepanjang waktu digenangi oleh perairan sungai atau laut (Tihurua *et al.*, 2020). Genus *Rhizophora* memiliki tiga spesies yaitu *Rhizophora apiculata*, *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora stylosa*. Secara umum genus ini memiliki tipe akar tunjang yang bercabang banyak, bentuk ujung daun runcing (*acutus*) hingga meruncing (*acuminatus*), dan pangkal daun runcing (*acutus*). *Rhizophora apiculata* merupakan yang lebih menonjol pada daerah pasang surut dengan morfologi akar tunjang yang banyak menyusuri permukaan tanah untuk mempertahankan pondasi pohon berdiri tegak dalam substrat berlumpur. Menurut Tumangger *et al.*, (2019), *Rhizophora* diadaptasikan dengan tipe perakaran tunjang percabangan lebih dari dua, fungsinya untuk mendirikan pohon dengan kuat dan meredahkan bilamana terjadi hempasan badai angin laut dan deras ombak menuju daratan.

Reproduksi *Rhizophora* umumnya bersifat reproduksi vivipari, yaitu kondisi biji mampu berkecambah ketika buah masih melekat pada pokok induknya, dan tidak tertutup atau keluar dari kulit biji. Menurut Hidayatullah *et al.*, (2014), selain itu jenis *Rhizophora mucronata* juga memiliki kesempatan hidup yang lebih tinggi karena memiliki propagul yang jauh lebih besar sehingga cadangan makanannya lebih besar. Jenis dari genus terakhir yang ada di Indonesia *Rhizophora stylosa* cocok kondisi pada habitat yang substrat

lebih berpasir, dan pecahan terumbu karang seperti ditepian pantai. Berbeda dengan *Rhizophora mucronata*, *Rhizophora apiculata* menyukai habitat yang lunak hingga berlumpur dan tergenang (Jalaludin *et al.*, 2020).

2.1.3 *Rhizophora apiculata*

a. Morfologi *Rhizophora apiculata*



Gambar 1. *Rhizophora apiculata* dan bagian-bagiannya.
(a) Mangrove (b) Buah (c) Batang (d) Bunga (e) Akar (f) Daun (Dokumentasi pribadi, 2023)

Pada gambar 1 terlihat bagian-bagian organ *Rhizophora apiculata*, daun sebelah atas berwarna hijau sampai kuning kehijauan, bagian bawahnya kuning kehijauan, bagian tengahnya pada bagian yang menurun kadang-kadang kemerahan. Panjang daun 10-20 cm, lebarnya 5-8 cm, berbentuk elips, tirus. Daunnya sangat mirip dengan *B. gymnorhiza*, tetapi ada perbedaan yang jelas, yaitu terdapat bintik-bintik hitam di bagian bawah daun yang tua. bunganya selalu kembar, panjang kelopaknya 12-14 mm, lebarnya 9-10 mm, berwarna oranye kekuningan. Panjang buahnya antara 25-30 cm, diameternya 15-17 mm, berwarna coklat dan kulitnya kasar. Kisaran musim berbunga yaitu pada bulan April sampai Oktober. Permukaan batangnya abu-abu, ketika masih muda halus, ketika dewasa ramping dan berlentisel. Berakar tongkat yang berlentisel untuk pernafasan.

b. Klasifikasi *Rhizophora apiculata*

Menurut panduan pengenalan mangrove di Indonesia (Noor, 2012) klasifikasi tumbuhan mangrove/bakau kacangan (*Rhizophora apiculata*) sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Division	: Magnoliophyta
Class	: Magnoliopsida
Order	: Myrtales
Family	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Species	: <i>Rhizophora apiculata</i>

c. Senyawa Metabolit Sekunder *Rhizophora apiculata*

Berdasarkan penelitian Diastuti *et al.*, (2009), telah diketahui jenis-jenis senyawa metabolit sekunder yang terdapat pada ekstrak *Rhizophora apiculata* dengan jumlah yang berbeda seperti alkaloid,

flavonoid, fenolik, saponin, dan terpenoid, selain itu Bandaranayake (2002), menyatakan bahwa pada familia Rhizophoraceae banyak ditemukan suatu senyawa polifenol yaitu tannin yang dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri.

Literatur menyebutkan bahwa mangrove mengandung senyawa bioaktif tinggi khususnya *Rhizophora apiculata* (Tumangger *et al.*, 2018). *Rhizophora* sp., berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan antibakteri karena mengandung senyawa antibakteri, seperti tanin, saponin, terpenoid, alkaloid, dan flavonoid (Rohaiti *et al.*, 2012). Menurut Syawal *et al.*, (2020), daun *Rhizophora apiculata* mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu tanin, saponin, flavonoid, steroid, dan terpenoid.

Kemampuan ekstrak daun *Rhizophora apiculata* dalam menghambat pertumbuhan bakteri diduga disebabkan oleh senyawa aktif yang terkandung di dalam ekstrak seperti flavonoid, tanin, terpenoid, dan saponin. Kemampuan tanin sebagai antibakteri, yaitu dengan cara mengerutkan dinding sel atau membran sel, sehingga mengganggu permeabilitas sel sehingga dapat mengakibatkan terganggunya aktivitas hidup, akibatnya pertumbuhan bakteri terhambat dan menimbulkan kematian (Ajizah, 2004). Selanjutnya mekanisme kerja saponin sebagai antibakteri adalah dengan mengganggu stabilitas membran sel bakteri yang mengakibatkan keluarnya komponen penting dari dalam sel bakteri, yaitu protein dan asam nukleat (Darsana *et al.*, 2012).

2.1.4 Peranan Mangrove

Mangrove merupakan contoh ekosistem yang banyak ditemui di sepanjang pantai tropis dan estuari. Ekosistem ini memiliki fungsi

sebagai penyaring bahan nutrisi dan penghasil bahan organik, serta berfungsi sebagai daerah penyangga antara daratan dan lautan. Bengen (2004), menyatakan bahwa hutan mangrove memiliki fungsi dan manfaat, antara lain sebagai peredam gelombang dan angin badai, pelindung dari abrasi, penahan lumpur dan perangkap sedimen, penghasil sejumlah besar detritus dari daun dan pohon mangrove, daerah asuhan (*nursery grounds*), daerah mencari makan (*feeding grounds*) dan daerah pemijahan (*spawning grounds*) berbagai jenis ikan, udang, dan biota laut lainnya penghasil kayu untuk bahan konstruksi, kayu bakar, bahan baku arang, dan bahan baku kertas (*pulp*) pemasok larva ikan, udang, dan biota laut lainnya dan sebagai tempat pariwisata.

2.2 Jamur

Jamur merupakan tanaman yang tidak memiliki klorofil sehingga tidak bisa melakukan proses fotosintesis untuk menghasilkan makanan sendiri. Jamur hidup dengan cara mengambil zat-zat makanan seperti selulosa, glukosa, lignin, protein dan senyawa pati dari organisme lain. Zat-zat nutrisi tersebut biasanya telah tersedia dari proses pelapukan oleh aktivitas mikroorganisme (Dewi, 2009).

Jamur dalam bahasa Inggris disebut *mushroom* termasuk golongan fungi. Jamur hidup diantara jasad hidup (biotik) atau mati (abiotik), dengan sifat hidup heterotrof (organisme yang hidupnya tergantung dari organisme lain) dan saprofit (organisme yang hidup pada zat organik yang tidak diperlukan lagi atau sampah) (Dewi, 2009).

Jamur merupakan organisme yang mempunyai inti sel, dapat membentuk spora, tidak berklorofil, terdapat benang-benang tunggal atau benang-benang yang bercabang dengan dinding selulosa atau khitin (Suarnadwipa *et al.*, 2008). Jamur benang atau biasa disebut jamur merupakan organisme anggota

Kingdom Fungi dan tubuh jamur berupa benang yang disebut hifa, sekumpulan hifa disebut miselium. Miselium dapat mengandung pigmen dengan warna merah, ungu, kuning, coklat, dan abu-abu. Jamur juga membentuk spora berwarna hijau, biru-hijau, kuning, jingga, serta merah muda. Warna-warna tersebut dapat menjadi ciri khas spesies jamur. Setiap tanaman tingkat tinggi dapat mengandung beberapa mikroba endofit yang mampu menghasilkan senyawa biologi yang diduga sebagai akibat koevolusi atau transfer genetik (*genetic recombination*) dari tanaman inangnya ke dalam mikroba endofit (Aly 2013 dalam Wathan 2021).

Jamur yang bersimbiosis pada tanaman terdiri atas jamur epifit dan jamur endofit. Jamur epifit adalah jamur tumbuh di permukaan tanaman inang tanpa merugikan tanaman inang. Jamur epifit memperoleh air dan nutrisi dari udara, hujan, substrat, dan serasah yang tersangkut pada permukaan tanaman inang. Sedangkan Jamur endofit adalah kelompok jamur yang sebagian atau seluruh hidupnya berada dalam jaringan tumbuhan hidup dan biasanya tidak merugikan pada inangnya.

2.3 Jamur Endofit

2.3.1 Pengertian Jamur Endofit

Jamur endofit merupakan jamur yang hidup di dalam jaringan tumbuhan tanpa memperlihatkan timbulnya penyakit pada tumbuhan tersebut. Jamur ini memiliki potensi yang besar untuk dieksploitasi dan menghasilkan senyawa-senyawa alami baru yang bermanfaat di bidang medis, pertanian, dan industri. Strobel *et al.*, (2004), mengungkapkan 300 ribu spesies tumbuhan tingkat tinggi di bumi dengan masing-masing individu tumbuhan menjadi inang dari jamur endofit. Belakangan ini beberapa produk bioaktif baru berhasil diisolasi dan diidentifikasi. Senyawa-senyawa ini bukan hanya memiliki struktur dasar yang unik dan tetapi juga aktivitas biologis tinggi (Debbab *et al.*, 2009).

Masyarah (2009) dalam Kurnia *et al.*, (2014) menyatakan bahwa jenis tanaman yang tersebar di muka bumi, masing-masing tanaman mengandung satu atau lebih mikroorganisme endofit yang terdiri dari bakteri dan fungi yang mampu menghasilkan senyawa biologi atau metabolit yang dapat berfungsi sebagai antibiotika, antivirus, antikanker, antidiabetes, antimalaria, antioksidan, antiimunopresif, antiserangga, zat pengatur tumbuh dan penghasil enzim-enzim hidrolitik seperti amilase, selulase, xilanase, ligninase, kitinase. Hal ini disebabkan oleh jamur endofit merebut nutrisi dari patogen (kompetisi nutrisi) sehingga terjadi perubahan pada hifa patogen yang akan menyebabkan pertumbuhan patogen terhambat.

Salah satu sifat mikroba antagonis adalah pertumbuhannya lebih cepat dibanding dengan patogen dan atau menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan patogen. Jamur endofit menghasilkan alkaloid dan mikotoksin sehingga memungkinkan digunakan untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit. Jamur endofit membentuk kait di sekitar hifa patogen sebelum penetrasi, atau kadang-kadang masuk langsung. Mekanisme kerja senyawa antimikroba dalam melawan mikroorganisme patogen dengan cara merusak dinding sel, mengganggu metabolisme sel mikroba, menghambat sintesis sel mikroba, mengganggu permeabilitas membran sel mikroba, menghambat sintesis protein dan asam nukleat sel mikroba.

2.3.2 Mekanisme Infeksi Jamur Endofit ke Jaringan Tanaman

Proses infeksinya suatu tanaman oleh mikroorganisme endofit dapat dilihat dengan mekanisme masuknya mikroorganisme tersebut ke dalam biji. Biji yang terinfeksi mikroorganisme endofit berada pada kondisi yang lembab dengan suhu 4°C-20°C. Dalam kondisi tersebut,

endofit dan biji memiliki viabilitas (ketahanan hidup) sampai 15 bulan pada gandum, dua tahun pada kelompok rumput-rumputan yang tinggi. Berdasarkan hal tersebut, siklus hidup mikroorganisme endofit dianggap mengikuti siklus hidup pembentukan biji baik secara langsung maupun tidak langsung (Labeda, 1990). Siklus hidup dari jamur endofit terdiri dari dua yaitu :

1. Siklus hidup jamur endofit dari pembentukan biji secara langsung. Pada siklus ini, jamur endofit masuk atau inokulasi secara langsung ke dalam biji tanaman inang. Miselium aktif menginfeksi atau masuk ke dalam pembibitan, lalu masuk ke dalam jaringan tangkai daun. Setelah itu, miselium endofit masuk ke dalam tangkai bunga kemudian menuju ke dalam ovule, dan setelah pembentukan biji selesai miselium tersebut telah terdapat di dalam biji.
2. Siklus hidup jamur endofit dari pembentukan biji secara tidak langsung. Prosesnya berawal pada masuknya miselium aktif ke dalam pembibitan, lalu masuk ke dalam jaringan tangkai daun dan daun. Kemudian terjadi pembentukan spora pada tanaman inang, dan spora tersebut berkecambah pada bagian floem dari tanaman inang dan pragisme (germinasi) spora tersebut merupakan benih jamur yang selanjutnya masuk dan menginfeksi stigma, lalu menuju ovul. Kemudian setelah pembentukan biji selesai, jamur endofit telah terdapat dan menginfeksi didalam biji (Labeda, 1990).

2.3.3 Mekanisme Jamur Endofit dengan Inangnya

Mekanisme endofit kelompok jamur dalam melindungi tanaman terhadap serangan patogen ataupun serangga meliputi :

1. Penghambatan pertumbuhan patogen secara langsung melalui senyawa antibiotik dan enzim litik yang dihasilkan. Senyawa antibiotik aktif terhadap mikroba-mikroba patogen tanaman dan patogen manusia. Senyawa antimikroba yang dihasilkan tersebut

mampu menghambat pertumbuhan jamur atau membunuh jamur yang merugikan. Senyawa tersebut bersifat sangat toksik untuk mikroba, tetapi relatif tidak untuk inangnya. Berdasarkan sifat kerjanya, antimikroba melawan mikroba patogen dengan cara mengganggu metabolisme sel mikroba, menghambat sintesis dinding sel mikroba, mengganggu metabolisme sel mikroba, menghambat sintesis dinding sel mikroba, mengganggu permeabilitas membran sel mikroba, menghambat sintesis protein sel mikroba atau menghambat sintesis dan merusak asam nukleat sel mikroba. Salah satunya adalah rumput *Festuca prantesis* merupakan tanaman yang kebal atau tidak disukai oleh herbivora termasuk serangga akibat adanya senyawa alkaloid loline, yang merupakan insektisida dengan spektrum luas. Senyawa tersebut dihasilkan oleh jamur endofit *Neotyphodium uncinatum*.

2. Penghambatan secara tidak langsung melalui perangsang endofit terhadap tanaman dalam pembentukan metabolit sekunder. Penghambatan secara tidak langsung melalui perangsang endofit terhadap tanaman dalam pembentukan metabolit sekunder seperti asam salisilat, asam jasmonat dan etilen yang berfungsi dalam pertahanan tanaman terhadap serangan patogen atau yang berfungsi sebagai antimikroba seperti fitoaleksin. Metabolit sekunder merupakan senyawa yang disintesis oleh suatu mikroba, tidak untuk memenuhi kebutuhan primernya (tumbuh dan berkembang) melainkan untuk mempertahankan eksistensinya dalam berinteraksi dengan lingkungannya. Senyawa metabolit sekunder juga dapat digunakan sebagai alat pemikat bagi serangga atau hewan lainnya guna membantu penyerbukan atau penyebaranbiji, sebagai pelindung terhadap kondisi lingkungan fisik yang ekstrim seperti intensitas ultraviolet yang tinggi dari sinar matahari, pencemaran lingkungan secara kimiawi, kekeringan yang berkepanjangan, atau berkurangnya zat makanan pada tempat tumbuhnya (Sumaryono, 1999).

3. Perangsang pertumbuhan tanaman sehingga lebih kebal dan tahan terhadap serangan patogen.
4. Kolonisasi jaringan tanaman sehingga patogen sulit penetrasi.
5. Hiperparasit. Seperti contoh: pada jamur *Cephalosporium* sp., dapat menekan perkembangan penyakit Phytophthora infestans dikarenakan pada jamur tersebut menghasilkan senyawa antibiotik sefalosporium yang menghambat sintesis dinding sel sehingga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme (Irmawan, 2007).

2.3.4 Interaksi Jamur Endofit dengan Tanaman Inangnya

Interaksi mikroba endofit dengan inangnya yang ditemukan pada bagian organ tumbuhan tertentu, berhubungan erat dengan siklus hidup yang dilaluinya. Masuknya mikroba endofit pada jaringan tanaman inang tergantung pada keberhasilan mikroba tersebut menembus lapisan eksternal inangnya. Proses masuknya mikroba endofit ini dicapai melalui mekanisme pemecahan atau degradasi jaringan pelindung pada lapisan kutikula dan epidermis (Bacon dan Siegel, 1990).

Asosiasi jamur endofit dengan tumbuhan inangnya digolongkan dalam dua kelompok menurut Carol (1998) yaitu:

1. Mutualisme konstitutif merupakan asosiasi yang erat antara jamur dengan tumbuhan terutama rumput-rumputan. Pada kelompok ini jamur endofit menginfeksi ovul (benih) inang dan penyebarannya melalui benih serta organ penyerbukan inang.
2. Mutualisme induktif adalah asosiasi antara jamur dengan tumbuhan inang, yang penyebarannya terjadi secara bebas melalui air dan udara. Jenis ini hanya menginfeksi bagian vegetatif inang dan seringkali berada dalam keadaan metabolisme in-aktif pada periode yang cukup lama.

2.3.5 Jamur Endofit pada Mangrove

Jumlah spesies dan jumlah isolat (11,59%) jamur endofit dari tumbuhan mangrove yang termasuk dalam Ascomycota adalah lebih kecil daripada jumlah spesies dan jumlah isolat (46,38%) jamur endofit yang termasuk dalam Deuteromycota. Hal tersebut menunjukkan bahwa jamur endofit yang terisolasi dari tumbuhan mangrove didominasi oleh Deuteromycota. Karakter morfologi jamur dari Deuteromycota menghasilkan sejumlah besar konidia yang berukuran kecil sehingga konidia dapat menyebar dalam jarak yang jauh untuk meningkatkan populasinya (Swier *et al.*, 2011). Penelitian ini juga menunjukkan bahwa jamur endofit yang termasuk dalam Basidiomycota dan Zygomycota tidak terisolasi. Hal ini mungkin disebabkan media yang digunakan dalam penelitian kurang sesuai bagi ke dua kelompok jamur endofit tersebut.

Aspergillus fumigatus dilaporkan dari tumbuhan mangrove *Aegiceras corniculatum*, *Ceriops tagal* dan *Rhizophora mucronata* (Tariq *et al.*, 2006). Jamur endofit *A. niger* diinformasikan dari tumbuhan mangrove *Avicennia marina* (Bharathidasan and Panneerselvam 2011), dari *Ceriops decandra* dan *Excoecaria agallocha* (Sridhar 2009), serta dari *Aegiceras corniculatum*, *Ceriops tagal* dan *Rhizophora mucronata* (Tariq *et al.*, 2006). *Colletotrichum gloeosporioides* dilaporkan dari tanaman mangrove *Bruguiera cylindrica* dan *Lumnitzera racemosa* (Kumaresan and Suryanarayanan 2001), dari *Acanthus ilicifolius*, *Excoecaria agallocha*, *Ipomoea pes-caprae*, *Rhizophora apiculata* dan *Stachytarpheta jamaicensis* (Nakagiri *et al.*, 2005), serta dari *Bruguiera cylindrica* (Sridhar, 2009). *Fusarium* sp., diinformasikan dari tumbuhan mangrove *Aegiceras corniculatum*, *Ceriops tagal* dan *Rhizophora mucronata* (Tariq *et al.*, 2006), serta dari *Acanthus ilicifolius*, *Avicennia officinalis* dan *Rhizophora mucronata* (Banerjee 2010). *Guignardia endophyllicola* dilaporkan dari tumbuhan mangrove *Avicennia alba*, *A. officinalis*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Derris*

thyrsiflora, *Excoecaria agallocha*, *Hibiscus tiliaceus*, *Rhizophora apiculata*, *R. mucronata*, *Sesuvium portulacastrum*, *Sonneratia caseolaris* dan *Sonneratia* sp., (Nakagiri *et al.*, 2005). *Penicillium* sp., diinformasikan dari tumbuhan mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* (Zhou *et al.*, 2014), dari *Laguncularia racemosa* (Costa *et al.*, 2012), dan dari *Avicennia marina* (Zheng *et al.*, 2014). *Pestalotiopsis* sp., dilaporkan dari tumbuhan mangrove *Rhizophora apiculata* (Nakagiri *et al.*, 2005), dari *Acanthus ilicifolius* (Premjanu and Jayanthi 2012), dari *Rhizophora mucronata* (Nakagiri *et al.*, 2005), dari *Sonneratia caseolaris* (Liu *et al.*, 2012), dari *Kandelia candel* (Pang *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2012), dan dari *Aegiceras corniculatum*, *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *B. sexangula*, *Ceriops tagal*, *Excoecaria agallocha*, *Lumnitzera racemosa*, *Rhizophora stylosa* serta *Xylocarpus granatum* (Liu *et al.*, 2012). *Phomopsis* sp., diinformasikan dari tumbuhan mangrove *Ceriops decandra*, *Excoecaria agallocha* dan *Lumnitzera racemosa* dari *Rhizophora apiculata* dari *Avicennia alba*, *Avicennia officinalis*, *Calophyllum inophyllum*, *Sonneratia* sp., dan *Terminalia catappa* dari *Kandelia candel* dan dari *Avicennia officinalis* serta *Rhizophora mucronata* (Banerjee, 2010). *Trichoderma harzianum* dilaporkan dari tumbuhan *Adhatoda vasica* dari *Ipomoea carnea* (Tayung *et al.*, 2012), dari *Juniperus rigida* dan *Larix kaempferi* (Kim *et al.*, 2013), serta dari *Taxus chinensis* (Wu *et al.*, 2013), menginformasikan bahwa *Talaromyces flavus* diisolasi dari tumbuhan mangrove *Sonneratia apetala*, sedangkan *Talaromyces trachyspermus* diisolasi dari *Coffea robusta* (Sette *et al.*, 2006); dan dari *Cedrus deodara* (Qadri *et al.*, 2013). Jamur endofit *T. leycettanus* mungkin merupakan informasi baru dari tumbuhan mangrove.

2.3.6 Peran Jamur Endofit

Menurut Prihatiningtias *et al.*, (2006), mikroba endofit dapat menghasilkan senyawa-senyawa bioaktif yang dapat berperan sebagai

antimikroba, antimalaria, antikanker, dan juga dapat digunakan dalam dunia pertanian dan industri. Mikroba endofit memiliki prospek yang baik dalam penemuan sumber-sumber senyawa bioaktif yang dalam perkembangannya lebih lanjut dapat dijadikan sebagai sumber penemuan obat untuk berbagai macam penyakit. Peran mikroba endofit yang dapat memproduksi metabolit sekunder yang sama kualitasnya dengan tanaman aslinya sangat potensial untuk terus dikembangkan guna memperoleh metabolit sekunder yang dapat digunakan untuk mengobati berbagai jenis penyakit (Radji, 2005).

Kurnia (2014), mengatakan bahwa setiap tanaman yang ada di bumi memiliki setidaknya satu bahkan lebih mikroba endofit yang bersimbiosis dengan tanaman inangnya. Mikroorganisme endofit ini bisa terdiri dari bakteri endofit maupun fungi endofit. Bakteri maupun fungi yang berasosiasi dengan tanaman ini mampu memproduksi metabolit sekunder yang memiliki banyak manfaat seperti antivirus, antikanker, antioksidan, antibiotik, antiserangga serta menghasilkan hormone pertumbuhan seperti selulase, kitinase, ligninase dan amilase.

Akmalasari (2013), menyebutkan bahwa antara tanaman inang dan jamur endofit memiliki interaksi yang kuat dan saling bersimbiosis secara mutualisme, dengan adanya jamur endofit tanaman inang akan terlindungi dari mikroba patogen dan akan meningkatkan kekebalan tanaman terhadap penyakit dan kondisi lingkungan sedangkan untuk jamur endofit akan mendapatkan sumber nutrisi dari tanaman inangnya. Dengan adanya jamur endofit maka akan memperluas cakupan pengambilan nutrisi dari inangnya. Menurut Purwanto (2011), bagian tanaman yang memiliki jumlah populasi jamur endofit terdapat pada batang dan daun.

Pada tumbuhan tingkat tinggi, metabolit sekunder yang dihasilkan dari jamur endofit ini bersumber dari transfer genetik dari inangnya terhadap jamur endofitnya. Senyawa metabolit sekunder yang

dihasilkan ini bersifat sama dengan senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh inangnya itu sendiri. Strobel dan Daisy (2003), menjelaskan bahwa senyawa bioaktif pada jamur endofit ini umumnya memiliki kemampuan efektifitas yang sama hingga lebih besar dari yang diproduksi oleh inangnya. Dengan adanya jamur endofit ini maka akan melindungi dan mempertahankan populasi dan keanekaragaman dari tanaman inangnya (Kuncoro *et al.*, 2011).

2.3.7 Jamur Endofit Penghasil Antibakteri

Salah satu sifat jamur endofit adalah memiliki pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan patogen dan mampu menghasilkan senyawa antibiotik untuk menghambat pertumbuhan patogen. Salah satu senyawa antibiotik yang dihasilkan jamur endofit yaitu alkaloid dan mikotoksin yang dimanfaatkan untuk meningkatkan ketahanan tanaman. Menurut Hajek (2004), ada beberapa mekanisme kerja senyawa antimikroba dalam menghambat patogen diantaranya dengan merusak dinding sel, menghambat proses metabolisme sel mikroba, menghambat proses sintesis protein dan asam nukleat sel mikroba.

Interaksi antara jamur endofit dengan tanaman inangnya mampu memicu tanaman inang mengaktifkan sistem pertahanannya dengan menghasilkan senyawa oksigen reaktif untuk mengoksidasi atau hilangnya zat-zat/lisis membran sel inang, sehingga mampu meningkatkan ketahanannya terhadap tekanan lingkungan.

Ada beberapa hal yang dapat mempengaruhi mekanisme jamur endofit yaitu pengaruh metabolit organisme terhadap tanaman inang dalam meningkatkan ketahanan melawan patogen, dengan kata lain dipengaruhi oleh organisme nonpatogen yang disebut *induce system resistance* (ISR). Ketahanan tanaman inang karena adanya serangan patogen yang dipicu karena kandungan kimia yang dihasilkan patogen disebut *systemic acquired resistance* (SAR) (Kloepper *et al.*, 2006)

Jamur endofit dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang bervariasi baik dari struktur dan jumlahnya seperti alkaloid, flavonoid, kuinon, terpenoid, antrakuinon, fenil propanoid, turunan isokumarin, peptida, dan senyawa lafatik (Agusta, 2009). Selain itu hasil penelitian lainnya jamur endofit juga mampu menghasilkan enzim dan senyawa metabolit sekunder aktif yang sangat bermanfaat bagi fisiologi dan ekologi tanaman inang. Jamur endofit juga mampu menghasilkan senyawa antimikroba, antikanker, antiserangga, zat pengatur tumbuh, dan penghasil enzim hidrolitik.

Jamur endofit yang diisolasi dari tanaman obat akan memiliki aktivitas yang lebih besar dibandingkan dengan aktivitas tumbuhan inangnya dalam menghasilkan metabolit sekunder. Jamur endofit mampu menghasilkan metabolit sekunder bukan untuk kebutuhan primernya tetapi dimanfaatkan untuk mempertahankan eksistensinya dalam berinteraksi dengan lingkungan. Peluang menghasilkan aktivitas yang lebih besar oleh jamur endofit tersebut sangat bermanfaat dan lebih efisien karena jamur endofit memiliki siklus hidup yang lebih singkat dibandingkan tanaman inang (Hidayati, 2010).

2.4 Senyawa Antibakteri

2.4.1 Senyawa Antibakteri

Antibakteri adalah zat yang dapat mengganggu pertumbuhan bahkan mematikan bakteri dengan cara mengganggu metabolisme mikroba yang merugikan manusia. Obat yang digunakan untuk membasmi bakteri penyebab infeksi pada manusia harus memiliki sifat toksisitas yang selektif. Berdasarkan sifat toksisitas yang selektif, zat-zat antibakteri dapat dikelompokkan menjadi dua macam, yaitu bakterisida dan bakteriostatik. Bakterisida bersifat membunuh bakteri, sedangkan bakteriostatik memiliki kemampuan menghambat

perkembangbiakan bakteri tetapi tidak dapat membunuh bakteri (Ganiswarna, 1995). Kadar minimal yang diperlukan untuk menghambat pertumbuhan mikroba atau membunuhnya dikenal sebagai kadar hambat minimum (KHM) dan kadar bunuh minimum (KBM). Antimikroba tertentu aktivitasnya dapat meningkat dari bakteristatik menjadi bakterisid bila kadar antimikrobanya ditingkatkan melebihi KHM (Ganiswarna, 1995). Mekanisme kerja dari senyawa antibakteri diantaranya yaitu menghambat sintesis dinding sel bakteri, menghambat ketahanan permeabilitas dinding sel bakteri, menghambat kerja enzim dan menghambat sintesis asam nukleat dan protein (Dwidjoseputro, 1980).

Antibakteri adalah senyawa yang digunakan untuk mengendalikan pertumbuhan bakteri yang bersifat merugikan. Pengendalian pertumbuhan mikroorganisme bertujuan untuk mencegah penyebaran penyakit dan infeksi, membasmi mikroorganisme pada inang yang terinfeksi, dan mencegah pembusukan serta perusakan bahan oleh mikroorganisme (Sulistyo, 1971). Antimikrobia meliputi golongan antibakteri, antimikotik, dan antiviral (Ganiswara, 1995).

Mekanisme penghambatan terhadap pertumbuhan bakteri oleh senyawa antibakteri dapat berupa perusakan dinding sel dengan cara menghambat pembentukannya atau mengubahnya setelah selesai terbentuk, perubahan permeabilitas membran sitoplasma sehingga menyebabkan keluarnya bahan makanan dari dalam sel, perubahan molekul protein dan asam nukleat, penghambatan kerja enzim, dan penghambatan sintesis asam nukleat dan protein. Di bidang farmasi, bahan antibakteri dikenal dengan nama antibiotik, yaitu suatu substansi kimia yang dihasilkan oleh mikroba dan dapat menghambat pertumbuhan mikroba lain. Senyawa antibakteri dapat bekerja secara bakteristatik, bakteriosidal, dan bakteriolitik (Pelczar dan Chan, 1988).

2.4.2 Mekanisme Penghambatan Pertumbuhan Bakteri

Menurut Madigan *et al.*, (2000), berdasarkan sifat toksisitas selektifnya, senyawa antimikrobia mempunyai 3 macam efek terhadap pertumbuhan mikrobia yaitu:

- a. Bakteriostatik memberikan efek dengan cara menghambat pertumbuhan tetapi tidak membunuh. Senyawa bakteriostatik seringkali menghambat sintesis protein atau mengikat ribosom. Hal ini ditunjukkan dengan penambahan antimikrobia pada kultur mikrobia yang berada pada fase logaritmik. Setelah penambahan zat antimikrobia pada fase logaritmik didapatkan jumlah sel total maupun jumlah sel hidup adalah tetap.
- b. Bakteriosidal memberikan efek dengan cara membunuh sel tetapi tidak terjadi lisis sel atau pecah sel. Hal ini ditunjukkan dengan penambahan antimikrobia pada kultur mikrobia yang berada pada fase logaritmik. Setelah penambahan zat antimikrobia pada fase logaritmik didapatkan jumlah sel total tetap sedangkan jumlah sel hidup menurun.
- c. Bakteriolitik menyebabkan sel menjadi lisis atau pecah sel sehingga jumlah sel berkurang atau terjadi kekeruhan setelah penambahan antimikrobia. Hal ini ditunjukkan dengan penambahan antimikrobia pada kultur mikrobia yang berada pada fase logaritmik. Setelah penambahan zat antimikrobia pada fase logaritmik, jumlah sel total maupun jumlah sel hidup menurun.

Mekanisme kerja dari antibiotik yang berasal dari jamur endofit umumnya dengan cara mengganggu sintesis peptidoglikan dinding sel, sehingga membran sel rusak dan menghancurkan isi sel. Contohnya pada penisilin dan sefalosporin yang dihasilkan oleh *Penicillium* dan *Cephalosporium*, senyawa ini menghambat pembentukan dinding sel dengan cara mencegah penggabungan asam asetil muramat, yang dibentuk di dalam sel, yang biasanya memberi bentuk kaku pada

dinding sel bakteri. Mekanisme kerja ini konsisten dengan kenyataan bahwa penisilin hanya bekerja pada bakteri yang sedang tumbuh dengan aktif (Pelczar dan Chan, 1988). Sedangkan menurut Hasiani *et al.*, (2015), ada beberapa mekanisme kerja senyawa antimikroba dalam menghambat patogen diantaranya dengan merusak dinding sel, menghambat proses metabolisme sel mikroba, menghambat proses sintesis protein dan asam nukleat sel mikroba serta jamur endofit masuk secara langsung atau membentuk kait di sekitar hifa patogen sebelum penetrasi.

2.4.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Aktivitas Penghambatan Bakteri

Banyak faktor yang mempengaruhi kerja zat antibakteri dalam menghambat atau membasmi bakteri patogen. Semuanya harus dipertimbangkan agar zat anti bakteri dapat bekerja secara efektif. Menurut Pelczar (1998), hal yang dapat mempengaruhi kerja zat anti mikroba yaitu :

1. Konsentrasi atau intensitas zat anti mikroba
Semakin tinggi konsentrasi suatu zat antimikroba semakin tinggi daya anti mikrobanya, artinya banyak bakteri akan terbunuh lebih cepat bila konsentrasi zat tersebut lebih tinggi.
2. Jumlah organisme
Semakin banyak jumlah organisme yang ada maka semakin banyak pula waktu yang diperlukan untuk membunuhnya.
3. Suhu
Kenaikan suhu dapat meningkatkan keefektifan atau desinfektan atau bahan mikrobial. Hal ini disebabkan zat kimia merusak mikroorganisme melalui reaksi kimia. Reaksi kimia bisa dipercepat dengan meninggikan suhu.

4. Spesies mikroorganisme
Spesies mikroorganisme menunjukkan ketahanan yang berbeda-beda terhadap suatu bahan antibakteri tertentu.
5. Adanya bahan organik
Adanya bahan organik asing dapat menurunkan keefektifan zat kimia antimikrobia dengan cara menonaktifkan bahan kimia tersebut adanya bahan organik dalam campuran zat antimikrobia dapat mengakibatkan penggabungan zat antimikrobia dengan bahan organik membentuk produk yang tidak bersifat antimikrobia.
6. Keasaman (pH) atau kebasaan (pOH)
Mikroorganisme yang hidup pada pH asam akan lebih mudah dibasmi pada suhu rendah dan dalam waktu singkat dibandingkan dengan mikroorganisme yang hidup pada pH basa.

2.5 Geografis Kawasan Hutan Mangrove Petengoran

Kabupaten Pesawaran adalah kabupaten di Provinsi Lampung yang memiliki potensi wisata yang cukup tinggi. Selain berbatasan langsung dengan Kota Bandar Lampung, Kabupaten Pesawaran juga memiliki bibir pantai di beberapa daerah, sehingga pesona pariwisata yang ada di Kabupaten Pesawaran dapat menjadi daya tarik tersendiri (Purnomo *et al.*, 2019). Menurut Badan Pusat Statistik (2020), pengunjung wisata di Kabupaten Pesawaran mencapai 1.135.581 pada tahun 2019 namun mengalami penurunan pada tahun 2020 sebanyak 541.258. Salah satu desa yang menyokong dari sektor wisata yaitu Desa Gebang. Letak Desa berada di sebelah Barat yang merupakan Ibu Kota Kabupaten Pesawaran. Secara astronomis Desa Gebang terletak pada 105°11'0" BT – 105°17'0" BT dan 5°32'0" LS – 5°36'0" LS (Pratama *et al.*, 2017). Secara administrasi, Desa Gebang terletak pada Kecamatan Teluk Pandan Kabupaten Pesawaran dengan luas wilayah 118.942 ha. Desa tersebut secara geografis dibatasi oleh wilayah sebagai berikut :

Sebelah Utara : Desa Sidodadi dan Hutan.

Sebelah Selatan : Desa Batu Menyan

Sebelah Timur : Teluk Lampung.

Sebelah Barat : Desa Padang Cermin dan Hutan.

Luas kawasan hutan mangrove pada hasil pemetaan awal sebesar 118 ha namun pada tahun 2014 dilakukan pemekaran desa dimana sekitar 5 ha berada di luar kawasan Desa Gebang. Saat ini hutan mangrove memiliki luas kawasan sebesar 113 ha yang telah dilegalkan dalam Peraturan Desa (Perdes) Nomor 1 Tahun 2016. Mangrove Petengoran di Desa Gebang merupakan kerjasama antara masyarakat desa Gebang bekerja sama dengan PT. Japfa Comfeed Indonesia Tbk untuk mulai menjadi salah satu destinasi ekowisata di Lampung. Mulai tahun 2018, BUMDes Makmur Jaya yang mengelola destinasi wisata ini (Arif, 2021). Jenis - jenis mangrove yang terdapat di desa ini antara lain api - api hitam (*Avicennia alba*), waru (*Hibiscus tiliaceus*), bakau minyak (*Rhizophora apiculata*), bakau kurap (*Rhizophora mucronata*), dan bakau kecil (*Rhizophora stylosa*) (Aswenty, 2020). Menurut Aswenty (2020), indeks keanekaragaman mangrove memiliki tingkatan keanekaragaman jenis mangrove rendah hingga sedang (0,55-1,15). Hasil daya dukung kawasan ekowisata 34 orang/hari. Hal ini dapat dikatakan sudah baik namun penambahan dan pelestarian mangrove tetap harus dilakukan demi menjaga kelestariannya.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2023 - Mei 2023. Lokasi pengambilan sampel daun mangrove *Rhizophora apiculata* dilakukan di Kawasan Hutan Mangrove Petengoran, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Isolasi dan Uji aktivitas antibakteri dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

a. Alat

Alat-alat yang digunakan pada saat pengambilan sampel mangrove di lapangan yaitu, gunting, kantong sampel, *cool box*, tissue, sedangkan alat-alat yang digunakan di laboratorium adalah, *laminary air flow*, *incubator*, oven, *orbital shaker*, autoklaf, timbangan analitik, mikroskop, *vortex*, lemari pendingin, *waterbath*, *magnetic stirrer*, mikropipet, *hot plate*, tabung reaksi, labu erlenmeyer, *beaker glass*, cawan petri, pipet, ose, bunsen, spatula, drigalski, gelas ukur, *object glass*, *cover glass*, corong pemisah, plastik tahan panas, pinset,

b. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah daun tanaman mangrove (*Rhizophora apiculata*) yang sehat, *aquades*, media PDA, media PDB, media NA, NaOCl, alkohol 70%, chloramfenikol, *paper disk*, spiritus, tissue, *aluminium foil*, kertas label, isolat bakteri *Escherichia coli* dan isolat *Bacillus* sp.

3.3 Metode Penelitian

Pengambilan sampel dilakukan secara acak, yakni sampel yang diambil dapat mewakili jenis mangrove *Rhizophora apiculata* yang terdapat pada zonasi yang sama. Sampel daun diambil 1 helai dari masing-masing pohon pada 3 titik lokasi yang sudah ditentukan dan dilakukan 3 kali ulangan pengambilan sampel pada pohon yang sama. Proses isolasi dilakukan dengan teknik *direct planting* (Nakagiri, 2005), yaitu meletakkan bagian daun tumbuhan yang sudah bersih dengan ukuran 1x1 cm di atas media agar. Bagian yang dipilih adalah bagian daun yang sudah tua. Selanjutnya jamur endofit yang didapat dimurnikan dan diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis.

Penelitian ini menggunakan bakteri *Escherichia coli* dan *Bacillus* sp., sebagai objek yang diberi perlakuan oleh ekstrak supernatan dari isolat jamur endofit dari daun tanaman *Rhizophora apiculata* yang telah berhasil diisolasi dan diseleksi dengan uji antagonis. Metode ujinya menggunakan difusi *Kirby Bauer* atau kertas cakram. Masing-masing isolat jamur dikultur dalam media cair selama 21 hari. Ekstrak antibakteri diperoleh dengan cara memisahkan supernatan dari kultur isolat jamur dengan menggunakan sentrifugasi. Supernatan yang didapat kemudian disaring dan selanjutnya digunakan sebagai larutan uji. Ekstrak supernatan tersebut digunakan untuk merendam kertas cakram yang kemudian digunakan uji antibakteri. Kemampuan ekstrak supernatan sebagai antibakteri ditunjukkan dengan adanya zona hambat

disekitar cakram. Besarnya kemampuan ditentukan oleh besarnya diameter zona hambat yang terbentuk.

Data hasil uji aktivitas antibakteri dianalisis homogenasi yang dilanjutkan analisis ragamnya dengan ANOVA menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistic 20 dengan taraf kepercayaan 5% ($P=0,05$). Apabila data diketahui berbeda nyata, maka dilanjutkan menggunakan uji beda nyata Duncan. Data yang diperoleh juga disajikan dalam bentuk gambar dan tabel lalu dibahas secara deskriptif.

3.4 Prosedur Kerja

3.4.1 Pengambilan dan Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan adalah daun mangrove jenis *Rhizophora apiculata* dilakukan di kawasan hutan mangrove di Petengoran, Kabupaten Pesawaran. Pengambilan sampel dilakukan secara acak di mana sampel yang diambil dapat mewakili jenis mangrove *Rhizophora apiculata* yang terdapat pada zonasi yang sama. Sampel daun mangrove *Rhizophora apiculata* dipilih ialah daun yang agak tua. Hal ini disebabkan karena daun memiliki lapisan kutikula yang tipis dan luas permukaannya lebih besar sehingga lebih banyak jamur endofit yang masuk ke dalam jaringan tanaman (Kumala, 2014). Menurut Ramadhani *et al.*, (2017), pada daun tua diperoleh lebih banyak jamur endofit yang disebabkan oleh beberapa faktor yaitu adanya perubahan biokomia daun yang mempengaruhi kolonisasi untuk distribusi endofit, terdapatnya biomassa yang lebih tinggi menyediakan sumber daya yang lebih untuk mendukung keberadaan jamur. Menurut Suciatmih (2015), sampel diambil dari tumbuhan yang sehat. Kemudian sampel disimpan dalam *cool box* untuk menjaga kesegarannya.

Sampel *Rhizophora apiculata* yang telah didapatkan dari lokasi selanjutnya dicuci hingga bersih menggunakan aquades steril dan larutan alkohol 70% (Kjer *et al.*, 2010). Kemudian disimpan dalam kantong sampel dan dimasukkan dalam cool box untuk menjaga kesegaran dan kesterilan sampel.

3.4.2 Isolasi Jamur Endofit

Jamur endofit diisolasi dari tumbuhan mangrove menggunakan teknik *direct planting* (Nakagiri *et al.*, 2005). Sampel daun *R. apiculata* yang telah diambil dipotong 1x1 cm. Potongan dari masing-masing daun ditempatkan secara terpisah di dalam *beaker glass* dan disterilisasi dengan alkohol 70% selama 30 detik dan NaOCl 5% selama 15 detik. Potongan daun kemudian dibilas dengan aquades steril sebanyak 3 kali dan dimasukkan ke dalam tissue tebal steril selama 1 jam (sampai kering). Letakkan bagian tumbuhan yang sudah kering di atas permukaan media PDA yang telah ditambahkan 1% chloramphenicol. Seluruh media yang telah diinokulasi kemudian diinkubasi pada suhu ruang (25-27°C). Morfologi koloni yang memiliki tampilan, warna dan ukurannya berbeda dianggap isolat yang berbeda dan setiap koloni tersebut dimurnikan menjadi isolat-isolat tersendiri.

Pemurnian jamur endofit bertujuan untuk memisahkan koloni endofit dengan mengamati perbedaan morfologi koloni. Pemurnian dilakukan dengan menggunakan metode Posangi (2014), yang dimodifikasi, yaitu dengan cara mengambil miselium jamur yang tumbuh dengan menggunakan kawat ose steril, selanjutnya bagian dari jamur tersebut dipindahkan kembali ke media PDA steril.

3.4.3 Identifikasi Jamur Endofit

Fungi endofit yang telah diinkubasi selama 7 hari diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dilakukan dengan mengamati warna koloni dan warna sebaliknya, tekstur, permukaan, dan tepian koloni jamur endofit, serta ada tidaknya tetes eksudat dan zonasi, ada tidaknya garis radial. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan menggunakan metode *slide culture*. Disediakan cawan petri steril, diletakan ring penyangga didalamnya dan teteskan 5 ml akuades untuk menjaga kelembaban. Bagian atas ring diletakkan kaca preparat / object glass dan potongan media PDA steril diatasnya. Biakan jamur diambil dan dioleskan diseluruh permukaan dan ditutup menggunakan cover glass. Biakan jamur diinkubasi selama 5-7 hari dengan suhu 25°C. Biakan yang telah tumbuh pada cover glass diletakan dibagian atas kaca preparat yang ditetesi *Lactofenol Cotton Blue* untuk menambah pewarnaan pada jamur agar lebih mudah diamati dengan mikroskop pada perbesaran 40 X (BKIPM, 2014). Pengamatan secara mikroskopis meliputi ada tidaknya spora atau konidia, rhizoid, sekat hifa, percabangan hifa, bentuk spora dan konidia. Hasil pengamatan identifikasi dicocokkan dengan menggunakan buku kunci identifikasi H. L. Barnett dan Barry B. Hunter (1998).

3.4.4 Uji Aktivitas Antibakteri

a. Persiapan Bakteri Uji

Bakteri yang digunakan adalah perwakilan dari bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. *E. coli* digunakan sebagai perwakilan bakteri gram negatif dan *Bacillus* sp., digunakan sebagai perwakilan bakteri gram positif. Bakteri uji dilakukan peremajaan menggunakan metode *streak* dalam media NA miring dan dalam kondisi aseptik. Kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Suspensi bakteri dibuat

dengan cara masing-masing bakteri yang Setelah 24 jam masing-masing isolat diambil menggunakan ose steril lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang telah berisi NaCl fisiologis 0,9% steril sebanyak 9 mL untuk di homogenasi sampai kekeruhan bakteri sama dengan standar McFarland 0,5 atau yang setara dengan jumlah perkiraan suspensi bakteri yaitu $1,5 \times 10^8$ CFU/ml (Sulistyani dan Akbar, 2014).

b. Seleksi Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit

Suspensi bakteri uji diswab pada media PDA. Kemudian sampel jamur endofit diambil menggunakan sedotan steril kemudian diletakkan pada media PDA tersebut, lalu diinkubasi selama 24-48 jam. Kemudian diamati zona hambat yang terbentuk. Diameter zona hambat pertumbuhan diukur menggunakan penggaris. Isolat-isolat jamur endofit yang positif menunjukkan adanya zona hambat merupakan kandidat potensial sebagai penghasil senyawa antibakteri.

c. Uji Ekstrak Jamur Endofit

Isolat jamur endofit yang tumbuh pada media PDA selama ± 7 hari dan kemudian diambil jamur endofit sebanyak 3 potongan jamur tersebut menggunakan mikrotip steril kemudian diinokulasikan ke dalam media inkubasi cair PDB sebanyak 50 mL dalam labu Erlenmeyer ukuran 100 mL. Selanjutnya diinkubasi menggunakan rotary shaker 150 rpm (putaran/menit) pada suhu kamar selama 21 hari. Dari masing-masing kultur yang telah diinkubasi dimasukkan ke dalam tabung sentrifus steril ukuran 15 mL, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. Supernatan hasil sentrifugasi diambil dan disaring menggunakan kertas saring. Supernatan yang sudah disaring ini kemudian digunakan untuk uji aktivitas antibakteri sebagai larutan uji.

Pengujian aktivitas antibakteri dari ekstrak jamur endofit menggunakan metode *Kirby-Bauer* atau metode cakram kertas. Tiap-tiap cakram kertas sebelumnya disterilkan dengan cara dipanaskan dalam autoclave dan oven pada suhu 70°C. Kemudian kertas cakram steril direndam dalam larutan uji, lalu didiamkan selama 15 menit agar larutan menyerap sebelum diletakkan pada media uji. Secara aseptik, kertas cakram diletakkan pada permukaan media yang telah berisi bakteri uji. Jumlah kertas cakram yang diletakkan di dalam cawan petri adalah 3 dan masing-masing jarak antar kertas cakram diatur supaya tidak terlalu dekat. Sebagai kontrol positif digunakan kertas cakram yang mengandung antibiotik chloramphenicol 10 µg, dan sebagai kontrol negatif digunakan cakram kertas kosong yang direndam dalam aquades steril. Pengujian dilakukan dengan dua jenis bakteri yaitu *E. coli* dan *Bacillus* sp., masing-masing dengan tiga ulangan. Setelah inkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam, dilakukan pengukuran diameter daerah hambat yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar kertas cakram, dengan menggunakan jangka sorong.

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh merupakan data kualitatif dan data kuantitatif. Analisis data kualitatif dilakukan secara deskriptif terhadap jumlah isolat dan karakteristik morfologi jamur endofit baik secara mikroskopik maupun makroskopik yang disajikan dalam bentuk gambar. Data kuantitatif zona hambat aktivitas antibakteri jamur endofit terhadap bakteri uji dianalisis homogenasi. Dilanjutkan analisis ragam dengan ANOVA menggunakan aplikasi IBM SPSS Statistic 20 dengan taraf kepercayaan 5% ($P=0,05$). Apabila data diketahui berbeda nyata, maka dilanjutkan menggunakan uji beda nyata Duncan. Data yang diperoleh juga disajikan dalam bentuk gambar dan tabel lalu dibahas secara deskriptif.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut :

1. Diperolehnya 7 isolat jamur endofit dari daun *Rhizophora apiculata* yang memiliki kemampuan antibakteri dengan kode isolat RAE1 (*Paecilomyces* sp.), RAE2 (*Aspergillus* sp.), RAE3 (*Pythium* sp.), RAE4 (*Conoplea* sp.), RAE5 (*Aspergillus* sp.), RAE6 (*Mertierella* sp.), dan RAE7 (*Aspergillus* sp.).
2. Isolat dengan kemampuan antibakteri terbaik diperoleh pada isolat RAE1 untuk *E. coli* dan *Bacillus* sp.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut mengenai jenis dari isolat jamur endofit yang didapat dari daun *Rhizophora apiculata*.
2. Perlu dilakukannya penelitian lebih lanjut untuk mengidentifikasi jenis senyawa apa yang membantu menghambat pertumbuhan bakteri yang dihasilkan dari jamur endofit daun *Rhizophora apiculata*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta, A. 2009. *Biologi dan Kimia Jamur Endofit*. ITB Press. Bandung.
- Ajizah A. 2004. Sensitivitas *Salmonella typhimurium* terhadap Daun Jambu Biji (*Psidium guajava* L.). *Jurnal Bioscientiae*, 1(1): 31-38.
- Akmalasari, I., Purwati, E. S., dan Dewi, S. 2013. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Tanaman Manggis (*Garcinia mangostona* L.). *Biosfera*, 30(2): 82-89.
- Atika, Dian. 2007. Uji Aktivitas Antimikroba Hasil Fermentasi Kapang Endofit yang Diisolasi dari Akar, Batang, Daun Tanaman *Garcinia fruticosa* Lauterb dan *Garcinia lateriflora* Blume serta akar dan daun Tanaman *Garcinia cowa* Roxb. *Skripsi*. Fakultas Matematikadan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Arif, C. R. 2021. Hutan Mangrove Petengoran. *Sarana Edukasi Lingkungan di Lampung Mongabay Situs Berita Lingkungan*.
<https://www.mongabay.co.id/2021/11/06/hutan-mangrove-petengoran-sarana-edukasi-lingkungan-di-lampung/> Diakses pada tanggal 8 Juli 2023.
- Ariyono, Redha Qadiani, *et al.* 2014. Keanekaragaman Fungi Endofit Daun Kangkung Darat (*Ipomoea reptans* Poir.) pada Lahan Pertanian Organik dan Konvensional. *Jurnal HPT*. 2(1).
- Aryantha, N. P., and Guest, D. I. 2004. Phosphonate (PO₃) effectiveness against *Phytophthora cinnamomi* Rands on *Thryptomene calycina*, *Banksia grandis* and *Banksia spinulosa*. *The Plant Pathology Journal*, 3: 19-25.
- Aswenty. M. 2021. Keanekaragaman Mangrove di Kawasan Ekowisata Hutan Mangrove Petangoran, Gebang, Teluk Pandan, Pesawaran. *Doctoral Dissertation*. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Bacon, C.W. 1990. *A Chemically Defined Medium For The Growth And Synthesis of Ergot Alkaloids by The Species of Balancia*. In Labeda D.P. *Isolation of Biotechnological Organism From Nature*. McGraw-Hill Publishing Company, New York. 259-282.

- Badan Pusat Statistik. 2020. *Jumlah Pengunjung Tempat Wisata di Kabupaten Pesawaran*. BPS Kabupaten Pesawaran.
- Balai Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan. 2014. *Instruksi Kerja Metode Pengujian Jamur*. Balai Karantina Ikan Pengendalian Mutu dan Keamanan Hasil Perikanan. Palembang.
- Bandaranayake, W. M. 2002. Bioactivities, Bioactive Compounds And Chemical Constituents Of Mangrove Plants. *Wetlands Ecology And Management*, 10: 421-452.
- Barnett, H. L., Hunter, Barry B. 1998. *Illustrated genera Of Imperfect Fungi Fourth edition*. U. S. A : The american phytopathological society.
- Banerjee D. 2010. Endophytic fungal diversity in tropical and subtropical plants. *Res J Microbiol*, 6 (1): 54-62.
- Bengen, D. G. 2004. *Pedoman Teknis Pengenalan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. PKSBL-IPB, Bogor.
- Dharmawan, I.W.E., Kawuri, R., dan Parwanayoni, M.S. 2009. Isolasi *Streptomyces* Sp. pada Kawasan Hutan Provinsi Bali serta Uji Daya Hambatnya terhadap Lima Strain Diarrheagenic *Escherichia coli*. *Jurnal Biologi*, 13(1): 1-6.
- Darsana, I. G. O. 2012. Potensi Daun Binahong (*Anredera Cordifolia* (Tenore) Steenis) dalam Menghambat Pertumbuhan Bakteri *Escherichia Coli* secara In Vitro. *Indonesia Medicus Veterinus*, 1(3): 337-351.
- Debbab, A., Aly, A. H., Edrada-Ebel, R., Wray, V., Pretsch, A., Pescitelli, G., Kurtan, T., Proksch, P. 2012. New Anthracene Derivatives—Structure Elucidation and Antimicrobial Activity. *European Journal of Organic Chemistry* 7: 1351-1359.
- Debbab, A., Aly, A. H., Ebel, R. A. E., Muller, W. E. G., Mosaddak, M., Hakiki, A., Ebel, R., Proksch, P. 2009. Bioactive secondary metabolites from the endophytic fungus *Chaetomium* sp. Isolated from *Salvia officinalis* growing in Morocco. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ*, 13(2): 229-234.
- Dewi, I. K. 2009. Efektivitas Pemberian Bloteng Kering Terhadap Pertumbuhan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) pada Media Serbuk Kayu. *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Diastuti H, Warsinah, Purwati. 2009. Uji aktivitas antikanker ekstrak etanol daun *Rhizoporamucronata* terhadap larva udang *Artemia salina* Leach dan Sel Raji. *Jurnal Molekul*, 4(1): 12-20.
- Dwidjoseputro, D. 1998. *Dasar-dasar mikrobiologi*. Djambatan. Jakarta.

- Dwilestari, Awaloei H, Posangi J, Bara R. 2015. Uji Efek antibakteri jamur endofit pada daun mangrove *Sonneratia alba* terhadap bakteri uji *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal e-Biomedik*, 3(1).
- Ellis ML, Paul PA, Dorrance AE, Broders KD (2012) Two new species of *Pythium*, *P. Schmitthenneri* and *P. Selbyi* pathogens of corn and soybean in Ohio. *Mycologia*. 104:477–487.
- Gandjar, I., dan Sjamsuridjal. 2006. *Mikologi: Dasar dan Terapan*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.
- Ganiswara, G. S. 1995. *Farmakoterapi dan Terapi*. Edisi 4. Farmakologi dan Fakultas Kedokteran. UI Press. Jakarta.
- Hajek AE. 2004. *Natural enemies: an introduction to biological control*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hasiani V V, Ahmad I, Rijai L. 2015. Isolasi Jamur Endofit dan Produksi Metabolit Sekunder Antioksidan dari Daun Pacar (*Lawsonia inermis* L.). *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(4): 146-153.
- Hastuti, W., Prihastanti, E., Haryanti, S., dan Subagyo, A. 2016. Pemberian kombinasi pupuk daun gandasil D dengan pupuk nano-silika terhadap pertumbuhan bibit mangrove (*Bruguiera gymnorrhiza*). *Jurnal Akademika Biologi*, 5(2): 38-48.
- Hapsari, M.E. 2015. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Herba Meniran (*Phyllanthus niruri*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Bacillus cereus* dan *Escherichia coli*. *Skripsi*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- Heirina A, Rozirwan, Hendri M. 2020. Isolasi dan aktivitas antibakteri jamur endofit pada mangrove *Sonneratia alba* dari Tanjung Carat Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Penelitian Sains*, 22(1): 16-24.
- Hidayati, N. 2010. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit pada Umbi Bawang Putih (*Allium sativum*) sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri Terhadap Bakteri *Streptococcus mutans* Dan *Escherichia coli*. *Skripsi*. Malang. Jurusan Biologi Fakultas Saintek (UIN) Maliki Malang.
- Hidayatullah, M., dan Pujiono, E. 2014. Struktur dan Komposisi Jenis Hutan Mangrove Di Golo Sepang–Kecamatan Boleng Kabupaten Manggarai Barat. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 3(2): 151-162.
- Irmawan, D. 2007. Kelimpahan dan Keragaman Cendawan Endofit Pada Beberapa Varietas Padi di Tasikmalaya dan Subang, Jawa Barat. *Program Studi Hama dan Penyakit Tumbuhan*. Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 54.

- Islami, T., W. H. Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP Semarang Press. Semarang. 297.
- Jalaludin, M., Lestari, D., Andriani, M., Ulum, M., dan Mellenia, S. N. 2020. Korelasi Antara Ekosistem Mangrove *Rhizophora stylosa*. Terhadap Biota Akuatik Di Pulau Pramuka Kepulauan Seribu. *Jurnal Geografi*, 9(1).
- Jawetz., Melnick., dan Adelberg. 2007. *Mikrobiologi Kedokteran*. Edisi 23. Jakarta : EGC.
- Kim CK, Eo JK, Eom AH. 2013. Diversity and seasonal variation of endophytic fungi isolated from three conifers in Mt. Taehwa, Korea. *Micobiology*, 41 (2): 82-85.
- Kjer J, Debbab A, Aly AH, Proksch P. 2010. Methods for isolation of marine-derived endophytic fungi and their bioactive secondary products. *Nature protocols*, 5(3): 479-490.
- Kloepper, J. W., dan Ryu, C. M. 2006. *Bacterial Endophytes as Elicitors of Induced Systemic Resistance*. In B. Schulz, C. Boyle, T. N. Sieber (Eds). *Microbial root endophytes*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kumala, S. 2014. *Mikroba Endofit: Pemanfaatan Mikroba Endofit dalam Bidang Farmasi*. Jakarta. ISFI.
- Kumala, Shirly dan Ainun Apriani Pratiwi. 2014. Efek Antimikroba dari Kapang Ranting Tanaman Biduri. *Jurnal Farmasi Indonesia*. 7(2).
- Kumaresan V, Suryanarayanan TS. 2001. Occurrence and distribution of endophytic fungi in a mangrove community. *Mycol Res*, 105 (11): 1388-1391.
- Kuncoro H, Erma Sugijanto N. 2011. Mini Review Jamur Endofit, Biodiversitas, Potensi dan Prospek. *Jurnal Top Pharm Chem*, 1(3): 250-65.
- Kurnia, A. T., Mukhtar I. P., dan Syahrial O., 2014. Penggunaan Jamur Endofit untuk Mengendalikan *Fusarium oxysporum* f. sp. *Capsici* dan *Alternariasolani* Secara in Vitro. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4): 1596-1606.
- Labeda, D.P. 1990. *Isolation of Biotechnological Organism From Nature*, McGrawHill Publishing Company, New York. 259-282.
- Liu AR, Chen SC, Jin WJ, Zhao PY, Jeewon R, Xu T. 2012. Host specificity of endophytic Pestalotiopsis populations in mangrove plant species of South China. *African J Microbiol Res*, 6 (33): 6262- 6269.

- Madigan, M. T., Martinko, J. M., dan Parker, J. 2003. *Brock Biology of Microorganism*. 10th edition. Southern Illinois University Carbondale. Illinois.
- Mardina, V. 2022. Isolasi Fungi Endofit Pada Tumbuhan (*Rhizophora apiculata* Blume) di Kuala Langsa, Aceh. *Konservasi Hayati*, 18(1), 26-30.
- Mukhlis, D. K., Rozirwan, R., dan Hendri, M. 2018. Isolasi dan aktivitas antibakteri jamur endofit pada mangrove *Rhizophora apiculata* dari kawasan mangrove Tanjung Api-Api Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 10(2): 151-160.
- Murdiyah, S. 2017. Fungi endofit pada berbagai tanaman berkhasiat obat di Kawasan Hutan Evergreen Taman Nasional Baluran dan potensi pengembangan sebagai petunjuk praktikum mata kuliah mikologi. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 3(1): 1-10.
- Mpila, D., Fatimawali, F., dan Wiyono, W. 2012. Uji aktivitas antibakteri ekstrak etanol daun mayana (*Coleus atropurpureus [L] Benth*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* dan *Pseudomonas aeruginosa* secara in-vitro. *Pharmacon*, 1(1).
- Nakagiri A, Okane I, Ito T, Kramadibrata K, Suciati, Retnowati A. 2005. *A Guidebook to identification of fungi inhabiting mangrove and surrounding area in Indonesia*. A report of GTI pilot study on fungal taxonomy.
- Ningrum, R. S., Rosalina, R., dan Lukis, P. A. 2017. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Mangga Podang (*Mangifera indica* L.) Asal Kabupaten Kediri. *In Seminar Nasional Hayati*. 4.
- Noor, Y. R., M. Khazali, dan I. N. N. Suryadiputra. 2012. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Wetland International Indonesia Programme. Bogor.
- Noorhidayati, N., Hardiansyah, H., Mahrudin, M., dan Irianti, R. 2021. Bimbingan teknis penyusunan bahan ajar biologi berbasis potensi lokal pada mgmp ipa-biologi kabupaten hulu sungai tengah. *Bubungan Tinggi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(4): 407-414.
- Nord C, Levenfors JJ, Bjerketorp J, Sahlberg. C, Guss B, Oberg B and Broberg A. 2019. Antibacterial Isoquinoline Alkaloids from The Fungus *Penicillium spathulatum* Em19. *The Molecules*, 24: 1-14.
- Noverita, D.N., dan Sinaga, E. 2009. Isolasi Dan Uji Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit Dari Daun Dan Rimpang *Zingiber ottensii* Val. *Jurnal Farmasi Indonesia*, 4.

- Nybakken, J. W. 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Okafor, Nduka. 2007. *Modern Industrial Microbiology and Biotechnology*. New Hampshire. Science Publisher.
- Pang KL, Vrijmoed LLP, Goh TK, Plaingam N, Jones EBG. 2008. Fungal endophytes associated with *Kandelia candel* (Rhizophoraceae) in Mai Po Nature Reserve, Hong Kong. *Botanica Marina*, 51 (3): 171-178
- Pelczar, M. J., dan Chan, E. C. S. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*, Volume 2. UI Press. Jakarta.
- Posangi, J., Bara, R. A. 2014. Analisis Aktivitas Dari Jamur Endofit Yang Terdapat Dalam Tumbuhan Bakau *Avicennia marina* di Tasik Ria Minahasa. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 1(1).
- Pradana GS, Ardyati T, Lukman QA. 2013. Eksplorasi kapang antagonis dan kapang patogen tanaman apel di lahan perkebunan Apel Poncokusumo. *Jurnal Biotropik*, 1(1): 14-18.
- Pradasari, HT. 2019. Isolasi Dan Karakterisasi Isolat Cendawan Endofit Jeruk Nipis Dan Uji Aktivitas Antibakteri Metabolit Sekundernya Terhadap *Xanthomonas Axonopodis*. *Disertasi Doktor*, Universitas Brawijaya.
- Pratama, Y., Sumadi, S., Sudarmi, S. 2017. Kondisi sosial ekonomi pekerja di Objek Wisata Pantai Dewi Mandapa Desa Gebang Pesawaran. *JPG (Jurnal Penelitian Geografi)*. 5(7).
- Pratiwi, Sylvia T. 2008. *Mikrobiologi Farmasi*. Jakarta. Erlangga.
- Prihatiningtias, W. 2005. Senyawa Bioaktif Fungi Endofit Akar Kuning (*Fibraurea chloroleuca* Miers) sebagai Senyawa Antimikroba. *Thesis*. Sekolah Pasca Sarjana UGM.
- Purnomo, Farida, I., Vandika, A.Y. 2019. *Potensi Pariwisata Kabupaten Pesawaran Provinsi Lampung*. Pusaka Media. Bandar Lampung.
- Purwanto. 2011. *Isolasi dan identifikasi senyawa penghambat polimerisasi HEM dari fungi endofit tanaman Artemisia annua L*. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Premjanu N, Jayanthi C. 2012. Endophytic fungi a repository of bioactive compounds-A review. *Intl J Institut Pharm Life Sci*, 2(1): 135-162.
- Qadri M, Johri S, Shah BA, Khajuria A, Sidiq T, Lattoo SK, Abdin MZ, Riyaz-UI-Hassan S. 2013. Identification and bioactive potential of endophytic

fungi isolated from selected plants of the Western Himalayas. *Springer Plus*, 2(8): 1-14.

Radji M. 2005. Peranan Bioteknologi dan Mikroba Endofit Dalam Pengembangan Obat Herbal. *Majalah Ilmu Kefarmasian*, 2(3): 113-126.

Radji, Maksum *et al.* 2011. Isolation of fungal endophytes from *Garcinia mangostana* and their antibacterial activity. *African Journal of Biotechnology*. 10(1): 103-107.

Rahayu S, Rozirwan, Purwiyanto AIS. 2019. Daya hambat senyawa bioaktif pada mangrove *Rhizophora* Sp., sebagai antibakteri dari perairan Tanjung Api-api, Sumatera Selatan. *Penelitian Sains*, 21(3): 151-162.

Ramadan, F., Bara, R., Losung, F., Mangindaan, R., Warouw, V. dan Pratasik, S. 2018. Substansi anti bakteri dari jamur endofit pada mangrove *Avicennia marina*. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 6(1): 21-32.

Ramadhani, S. H., Samingan, Iswadi. 2017. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit pada Daun Jamblang (*Syzygium cumini* L). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan Unsyiah*, 2(2): 79-80.

Romimohtarto, K., dan Juwana, S. 2001. *Biologi Laut : Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut*. Djambatan. Jakarta.

Santana, F. 2011. Distribution of the Endophytic Fungi Community in Leaves of *Bauhinia brevipes* (Fabaceae). *Acta Botanica Brasilica*, 25(4): 1-5.

Santoso VP, Posangi J, Awaloei H, Bara R. 2015. Uji efek antibakteri daun mangrove *Rhizophora apiculata* terhadap bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus aureus*. *E-Biomedik*, 3(1): 399-405.

Septiani, S., Dewi, E. N., dan Wijayanti, I. 2017. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Lamun (*Cymodocea rotundata*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Antibacterial Activities of Seagrass Extracts (*Cymodocea rotundata*) Against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*). *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 13(1): 1-6.

Sette LD, Passarini MRZ, Delarmelina C, Salati F, Duarte MCT. 2006. Molecular characterization and antimicrobial activity of endophytic fungi from coffee plants. *World J Microbiol Biotechnol*, 22: 1185-1195.

Setyowati, F. M., and Wardah, W. 2007. Diversity of medicinal plant by Talang Mamak tribe in surrounding of Bukit Tiga Puluh National Park, Riau. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 8(3).

- Strobel, G., and Daisy, B. 2003. Bioprospecting for microbial endophytes and their natural products. *Microbiol. Mol. Biol*, 67: 491-502.
- Strobel, G., Daisy, B., Castillo, U., Harper, J. 2004. Natural Products from Endophytic Microorganisms. *Journal of Natural Products*, 67(2): 257-268.
- Sridhar KR. 2009. Fungal diversity of Pichavaram mangroves, southeast coast of India. *Nature and Science*, 7 (5).
- Suarnadwipa, N. dan W. Hendra. 2008. Pengeringan Jamur dengan Dehumidifier. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakram*, 2(1): 30-33.
- Suciatmih. 2015. Diversitas Jamur Endofit Pada Tumbuhan Mangrove di Pantai Sampiran dan Pulau Bunaken, Sulawesi Utara. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indonesia*, 1(2): 177-183.
- Sulistyo. 1971. *Farmakologi dan Terapi*. Penerbit EKG. Yogyakarta.
- Sumaryono, W. 1999. *Produksi Metabolit Sekunder Tanaman Secara Bioteknologi*. Direktorat Teknologi Farmasi dan Medika. BPPT. Jakarta.
- Syawal, H., Hakim, L., dan Effendi, I. 2020. Phytochemical analysis of *Rhizophora apiculata* leaf extract and its inhibitory action against *Staphylococcus aureus*, *Aeromonas hydrophila* and *Pseudomonas aeruginosa*. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation*, 13(4): 2242-2249.
- Syawal, H., Karnila, R., Dirta, A., Kurniawan, R. 2017. Ekstrak Daun *Rhizophora* sp., menghambat pertumbuhan bakteri *Streptococcus agalactiae* dan *Edwardsiella tarda*. *Jurnal Veteriner*, 18(4): 604-609.
- Suwandi, U. 1989. Mikroorganisme penghasil antibiotik. *Cermin Dunia Kedokteran*, 58: 37-40.
- Sulistyani, N., dan Akbar, A. N. 2014. Aktivitas isolat actinomycetes dari rumput laut (*Eucheuma cottonii*) sebagai penghasil antibiotik terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal ilmu kefarmasian Indonesia*, 12(1): 1-9.
- Suryani, Y., dan Cahyanto, T. (2022). *Pengantar jamur mikroskopis*.
- Stanbury, Peter F, Whitaker, Allan, Hall, Stephen J. 2003. *Principles of Fermentation Technology Second Edition*. Burlington MA. Elsevier Science.
- Tala, W. S. 2020. The Study of Mangrove Reproductive Phenology in The Rhizophoraceae Family (*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lamk., *Ceriops*

tagal (Perr.) CB Rob., *Rhizophora apiculata* Blume., and *Rhizophora mucronata* Lamk.). *Jurnal Biologi Tropis*, 20(3): 406-415.

Tariq M, Dawar S, Mehdi FS. 2006. Occurrence of fungi on mangrove plants. *Pakistan J Bot*, 38(4): 1293-1299.

Tayung K, Sarkar M, Baruah P. 2012. Endophytic fungi occurring in *Ipomoea carnea* tissues and their antimicrobial potentials. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55.

Ting, J. P. Y., Lovering, R. C., Alnemri, E. S., Bertin, J., Boss, J. M., Davis, B. K., and Ward, P. A. 2008. The NLR gene family: a standard nomenclature. *Immunity*. 28(3): 285-287.

Tihurua, E. F., Agustiani, E. L., dan Rahmawati, K. 2020. Karakter Anatomi Daun sebagai Bentuk Adaptasi Tumbuhan Penyusun Zonasi Mangrove di Banggai Kepulauan, Provinsi Sulawesi Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*. 23(2): 255-264.

Tumangger, B. S., N. Baiduri, F. Nadila, Fitriani dan V. Mardina. 2018. Uji potensi cendawan endofit asal mangrove sebagai bioprotektan terhadap patogen *Fusarium* sp., pada tanaman padi hitam (*Oryza sativa* L “Cempo Ireng”) secara in vitro. *Jurnal Jeumpa*. 5(1): 45-49.

van Steenis, C. G. G. J. 1958. Condition and cause in ecological interpretation. *Blumea. Supplement*. 4(1): 93-95.

Wang, K., Shiwei, W., Bin, W., dan Jiguang, W. 2014. Bioactive Natural Compounds From The The Mangrove Endophytic Fungi. *In Medicinal Chemistry*. 14: 370-391.

Wathan, N., Imaningsih, W., dan Rizki, M. I. 2021. Identifikasi Jamur Endofit Akar Seluang Belum (*Luvunga sarmentosa* (Blume) Kurz.) Serta Uji Aktivitas Antimikrobanya. In *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 6(3).

Worang, R. L. 2003. *Fungi Endofit Sebagai penghasil Antibiotika*. Makalah Pengantar Falsafah Sains Program Pasca sarjana Institut Pertanian Bogor. https://www.rudyct.com/PPS702-ipb/07134/rantje_worang.htm . Diakses 26 Desember 2022.

Zakiyah, A., Nani, R., dan La Ode, S. 2015. Aktivitas Antibakteri Kapang Endofit Dari Tanaman Kina. *Al-Kauniyah Jurnal Biologi*, 8(2): 51-58.

Zheng C, Chen Y, Jiang L-L, Shi X-M. 2014. Antiproliferative metabolites from the endophytic fungus *Penicillium* sp. FJ-1 isolated from a mangrove *Avicennia marina*. *Phytochem Lett*, 10: 272–275.

- Zhou Z-F, Kurtán T, Yang X-H, Mándi A, Geng M-Y, Ye B-P, Taglialatela-Scafati O, Guo Y-W. 2014. Penibruguieramine A, a novel pyrrolizidine alkaloid from the endophytic fungus *Penicillium* sp. GD6 associated with chinese mangrove *Bruguiera gymnorrhiza*. *Org Lett*, 16 (5): 1390-1393.
- Zulfa I. 2016. Isolasi dan Uji Aktivitas Antibakteri Kapang Endofit Akar Tanaman Kayu Jawa (*Lannea coromandelica* (Houtt.) Merr.). *Skripsi*. Jakarta. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.