

**SKRINING ANTIBAKTERI *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan  
*Escherichia coli* ATCC 25922 DARI EKSTRAK JAMUR ENDOFIT YANG  
BERSIMBIOSIS DENGAN MANGROVE BIRU (*Rhizophora mucronata*  
Lam.)**

**Skripsi**

Untuk memenuhi sebagai persyaratan

Mencapai gelar Sarjana Farmasi



diajukan oleh

**Sofie Ulya Febriani**

**33102000085**

Kepada

**PROGRAM STUDI SARJANA FARMASI FAKULTAS FARMASI**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**SEMARANG**

**2025**

**SKRINING ANTIBAKTERI *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan  
*Escherichia coli* ATCC 25922 DARI EKSTRAK JAMUR ENDOFIT  
YANG BERSIMBIOSIS DENGAN MANGROVE BIRU  
(*Rhizophora mucronata* Lam.)**

Yang diajukan dan disusun oleh:

**Sofie Ulya Febriani**

**33102000085**

Telah Memenuhi Syarat dan Disetujui oleh Dewan Penguji Program Studi S1  
Farmasi Universitas Islam Sultan Agung Semarang

**Susunan Tim Penguji**

Pembimbing I



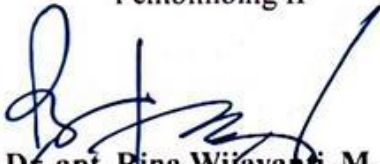
**apt. Azmi Rahmadani, M. Pharm. Sci**

Penguji I



**Windi Susmayanti, M. Si**

Pembimbing II



**Dr. apt. Rina Wijayanti, M. Sc.**

Penguji II



**Laily Mega Rahmawati, M. Pharm. Sci**

Semarang, 12 Juni 2025

Program Studi S1 Farmasi Fakultas Farmasi

Universitas Islam Sultan Agung

Dekan,



**Dr. apt. Rina Wijayanti, M. Sc.**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sofie Ulya Febriani

NIM : 33102000085

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

**“SKRINING ANTIBAKTERI *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*  
DARI EKSTRAK JAMUR ENDOFIT YANG BERSIMBIOSIS DENGAN  
MANGROVE BIRU (*Rhizophora mucronata* Lam.)”**

Adalah benar hasil karya saya dan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan Tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar skripsi orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 12 Juni 2025

Yang menyatakan,



Sofie Ulya Febriani

## PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Apt. Wilda Fhitriany Usman, M.Farm

NIK : 30023012

Selaku dosen Program Studi Fakultas Farmasi Universitas Islam Sultan Agung Semarang dengan ini menyatakan bahwa skripsi dari mahasiswa berikut

Nama : Sofie Ulya Febriani

NIM : 33102000085

Program Studi : Sarjana Farmasi

Fakultas : Farmasi

Judul : SKRINING ANTIBAKTERI *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922 DARI EKSTRAK JAMUR ENDOFIT YANG BERSIMBIOSIS DENGAN MANGROVE BIRU (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Adalah benar bahwa judul dan penelitian oleh mahasiswa tersebut akan dipublikasikan oleh dosen.

Semarang, 12 Juni 2025

Dosen,



Apt. Wilda Fhitriany Usman, M.Farm

NIK : 30023012

## LEMBAR PENGECEKAN PLAGIASI (TURNITIN)

Tugas akhir oleh mahasiswa berikut :

Nama : Sofie Ulya Febriani

NIM : 33102000085

Judul : Skrining Antibakteri *Staphylococcus aureus* Dan *Escherichia coli* Dari Ekstrak Jamur Endofit Yang Bersimbiosis Dengan Mangrove Biru (*Rhizophora Mucronata* Lam.)

Pada tanggal telah dilaksanakan pemeriksaan simillarity untuk mencegah plagiarism berkas Tugas Akhir dengan hasil simillarity indeks

Pembimbing I



apt. Azmi Rahmadani, M. Pharm. Sci

Pembimbing II



Dr. apt. Rina Wijayanti, M.Sc

## PRAKATA



*Assalamu 'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah rabbil'alamin, segala puji syukur kehadiran Allah SWT yang atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang saya ajukan dengan judul **“SKRINING ANTIBAKTERI *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922 DARI EKSTRAK JAMUR ENDOFIT YANG BERSIMBIOSIS DENGAN MANGROVE BIRU (*Rhizophora mucronata* Lam.)”**

Skripsi ini saya ajukan untuk memenuhi persyaratan menempuh Program Pendidikan Sarjana Farmasi di Prodi Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Sholawat beserta salam semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta keluarga, sahabat, dan pengikutnya.

Dengan terselesaikannya skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada mereka yang telah membantu tersusunnya skripsi ini.

Ucapan terimakasih penulis haturkan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. H. Gunarto, SH., MH., selaku Rektor Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Ibu Dr. apt. Rina Wijayanti, M. Sc., selaku Dekan Fakultas Farmasi Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

3. Ibu apt. Chintiana Nindya Putri, M.Farm., selaku Kepala Prodi Farmasi Universtas Islam Sultan Agung Semarang.
4. Ibu apt. Wilda Fhitriany Usman, M. Farm., selaku Dosen Proyek yang telah memberikan arahan, memberikan masukan, memberikan motivasi, dan semangat sampai penelitian skripsi ini dapat selesai.
5. Ibu apt. Azmi Rahmadani, M. Pharm. Sci., selaku Dosen Pembimbing 1 dan Ibu Dr. apt. Rina Wijayanti, M. Sc., selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan masukan, memberikan motivasi, dan semangat sampai skripsi ini dapat selesai.
6. Ibu Windi Susmayanti, M. Si., selaku Dosen Penguji 1 dan Ibu Laily Mega Rahmawati, M. Pharm. Sci., selaku Dosen Penguji 2 yang telah memberikan masukan dan saran agar skripsi ini menjadi lebih baik.
7. Analis Laboratorium Farmasi Universitas Islam Sultan Agung Semarang (Mbak Nisrina Nur Afifah, A.Md., Mbak Vicky Ardiani, Mbak Tria Vera, Mas Lucky, dan Mas Wahyu Charisma) yang telah membantu jalannya proses penelitian selama di Laboratorium.
8. Pihak LPPM Unissula karena sudah berkontribusi mendanai proyek penelitian ini.
9. Kedua orangtua Bapak Ahmad Badawi dan Ibu Kusetyani serta Adik saya Tito Saifan Azizi dan Mbak Toliah yang selalu memberikan do'a, dukungan moral, dan material selama penyusunan skripsi.
10. Teman-teman Nigella Sativa 2020 yang telah memberikan semangat.

11. Teman- teman proyek penelitian (Lina Puji Lestari, Lutviana Widya Nita, dan Qorri Azizah Wulansari) yang telah banyak membantu dan mendukung selama proses penelitian.
12. Saudara - saudara saya (Meisya Luthfiana, Saefa Azzahra, Naja Hussain, Mbak Nidya Puspita Hapsari) yang selalu memberikan do'a, dukungan dan semangat.
13. Sahabat terdekat saya (Rika Ayuningtyas, Annisaa Fahmawati Husna, Naely Aulia Khairunnisa, Zulfa Nur Fadhilah, Rahma Ayu Kamelia, Lulu Rositta Al Fahrizi, Lina Puji Lestari, Lutviana Widya Nita dan Muhammad Avib Pratama) yang selalu memberikan dukungan dan semangat.
14. Serta semua pihak lain yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dan memiliki banyak kekurangan. Maka dari itu, penulis mengharapkan kritik dan masukan untuk skripsi ini. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang membutuhkan.

Semarang, 27 Februari 2025

Penulis

Sofie Ulya Febriani

## DAFTAR ISI

PRAKATA.....	6
DAFTAR ISI.....	9
DAFTAR SINGKATAN .....	13
DAFTAR GAMBAR .....	14
DAFTAR TABEL.....	15
DAFTAR LAMPIRAN.....	17
INTISARI.....	19
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Tujuan Umum .....	4
1.3.2 Tujuan Khusus .....	5
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
1.4.1 Manfaat Teoritis .....	5
1.4.2 Manfaat Praktis .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Gambaran Umum Mangrove Biru Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	6
2.1.1 Deskripsi Tanaman Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.)6	
2.1.3 Klasifikasi Tanaman Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.)	8
2.1.4 Morfologi Tanaman Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.)9	
2.1.5 Mekanisme Jamur Endofit Menghasilkan Metabolit Sekunder .....	10
2.1.6 Khasiat.....	11
2.1.7 Alkaloid.....	12
2.1.8 Tanin .....	13
2.1.9 Flavonoid .....	13

2.1.10	Terpenoid .....	14
2.2.	Jamur Endofit .....	17
2.3.	Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur Endofit .....	18
2.4.	Isolasi Jamur Endofit.....	19
2.5.	Fermentasi .....	20
2.6.	Kultivasi Jamur Endofit.....	21
2.7.	Kultivasi dengan Media Beras Padat ( <i>Medium Solid Rice</i> ) .....	23
2.11.	Antibakteri.....	25
2.12.	Uji Aktivitas Antibakteri .....	27
2.12.1	Metode Difusi .....	27
2.12.2	Kategori Zona Hambat Bakteri .....	28
2.12.3	KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum) serta KHM (Konsentrasi Hambat Minimum).....	29
2.13.	Bakteri .....	29
2.13.1	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 .....	30
2.13.2	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 .....	31
2.14.	Teknik Pewarnaan Gram .....	32
2.15.	Antibiotik Pembanding (Kloramfenikol) .....	33
2.16.	Pengamatan Makroskopik dan Mikroskopik .....	34
2.17.	<i>Lactophenol Cotton Blue (LPCB)</i> .....	34
2.19.	Kerangka Teori.....	37
2.20.	Kerangka Konsep .....	38
2.21.	Hipotesis.....	38
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>39</b>
3.1.	Jenis serta Rancangan Penelitian.....	39
3.2.	Variabel dan Definisi Operasional .....	39
3.2.1.	Variabel .....	39
3.2.1.1.	Variabel Bebas .....	39
3.2.1.2.	Variabel Tergantung.....	39
3.2.1.3.	Variabel Kontrol.....	39

3.2.2. Definisi Operasional.....	40
3.2.2.1. Konsentrasi Ekstrak Etil Asetat Isolat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) .....	40
3.2.2.2. Aktivitas Antibakteri dari Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru	41
3.3. Sampel Penelitian dan Bakteri Uji .....	42
3.3.1. Sampel Penelitian.....	42
3.3.2. Bakteri Uji.....	42
3.4. Instrumen dan Bahan Penelitian.....	42
3.4.1. Instrumen Penelitian.....	42
3.4.2. Bahan Penelitian.....	43
3.5. Prosedur Penelitian.....	43
3.5.1 Pengambilan Sampel .....	43
3.5.2 Determinasi Tanaman .....	44
3.5.3 Sterilisasi Alat .....	44
3.5.4 Pembuatan Media.....	44
3.5.10 Karakterisasi Senyawa Hasil Isolasi .....	48
3.5.12 Pengujian Makroskopik dan Mikroskopik.....	55
3.5.13 Identifikasi Jamur Endofit.....	55
3.6. Tempat dan Waktu Penelitian .....	56
3.6.1. Tempat Penelitian.....	56
3.6.2. Waktu .....	56
3.7. Analisis Data .....	57
3.8. Alur Penelitian.....	58
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	59
4.1 Hasil Penelitian.....	59
4.1.1 Determinasi Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	59
4.1.2 Isolat Jamur Endofit dari Mangrove Biru .....	60
4.1.3 Hasil Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit dari Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	64

4.1.4	Hasil Uji Skrining Fitokimia Metabolit Sekunder .....	66
4.1.5	Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) .....	67
4.1.6	Hasil Identifikasi Jamur Endofit .....	81
4.2	Pembahasan .....	81
4.2.1	Determinasi Tanaman .....	81
4.2.2	Isolat Jamur Endofit dari Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.)	82
4.2.3	Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit dari Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	83
4.2.4	Uji Skrining Fitokimia Metabolit Sekunder.....	84
4.2.5	Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) Terhadap Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC dan <i>Escherichia coli</i> .....	88
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		95
5.1	Kesimpulan.....	95
5.2	Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA .....		97
LAMPIRAN.....		109



## DAFTAR SINGKATAN



ATCC	: <i>American Type Culture Collection</i>
°C	: Celcius
μL	: Mikroliter
cm	: Centimeter
DMSO	: Dimetil Sulfoksida
gr	: Gram
kg	: Kilogram
KBM	: Konsentrasi Bunuh Minimum
KHM	: Konsentrasi Hambat Minimum
LAF	: <i>Laminar Air Flow</i>
m	: Meter
mL	: Mililiter
mm	: Milimeter
nm	: Nanometer
NA	: <i>Nutrient Agar</i>
OD	: <i>Optical Density</i>
PDA	: <i>Potato Dextrose Agar</i>
NaCl	: Natrium Klorida

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1</b> Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	8
<b>Gambar 2. 2</b> Struktur Alkaloid .....	12
<b>Gambar 2. 3</b> Struktur Tanin.....	13
<b>Gambar 2. 4</b> Struktur Flavonoid .....	14
<b>Gambar 2. 5</b> Struktur Terpenoid.....	15
<b>Gambar 2. 6</b> Struktur Saponin.....	16
<b>Gambar 2. 7</b> <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 Secara Mikrobiologi Perbesaran 1000x .....	30
<b>Gambar 2. 8</b> <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 Secara Mikrobiologi Perbesaran 1000x .....	32
<b>Gambar 2. 9</b> Kerangka Teori.....	37
<b>Gambar 2. 10</b> Kerangka Konsep .....	38
<b>Gambar 3. 1</b> Ilustrasi cawan petri untuk uji aktivitas antibakteri dan kontrol media .....	53
<b>Gambar 3. 2</b> Pengukuran diameter daya hambat.....	53
<b>Gambar 3. 3</b> Alur Penelitian.....	58
<b>Gambar 4. 1</b> Karakteristik Makroskopis Isolat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) dan Mikroskopis Isolat Jamur Endofit Perbesaran 100x ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	62

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2. 1</b> Kategori Daya Hambat Bakteri .....	28
<b>Tabel 3. 1</b> Tabel Waktu Penelitian .....	56
<b>Tabel 4. 1</b> Hasil Makroskopis Isolat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	63
<b>Tabel 4. 2</b> Hasil Mikroskopis Perbesaran 100x Isolat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) .....	63
<b>Tabel 4. 3</b> Tabel 4. 3 Hasil Ekstrak Kental dan Rendemen Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) .....	65
<b>Tabel 4. 4</b> Karakterisasi Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	66
<b>Tabel 4. 5</b> Uji Skrining Fitokimia Metabolit Sekunder .....	67
<b>Tabel 4. 6</b> Hasil Diameter Daya Hambat Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) pada bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	68
<b>Tabel 4. 7</b> Hasil Uji Statistik <i>Shapiro Wilk</i> .....	69
<b>Tabel 4. 8</b> Hasil Uji statistik <i>Levene's test</i> .....	70
<b>Tabel 4. 9</b> Hasil Pengujian <i>Kruskal Wallis</i> .....	70
<b>Tabel 4. 10</b> Hasil Uji Lanjut <i>Mann Whitney</i> .....	71
<b>Tabel 5. 1</b> Hasil Diameter Daya Hambat Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) terhadap Bakteri <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 .....	74

<b>Tabel 5. 2</b> Hasil Uji statistik <i>Shapiro Wilk</i> .....	76
<b>Tabel 5. 3</b> Hasil Uji statistik <i>Levene's test</i> .....	77
<b>Tabel 5. 4</b> Hasil Uji <i>Kruskal Wallis</i> .....	77
<b>Tabel 5. 5</b> Hasil Uji Lanjut <i>Mann Whitney</i> .....	78



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Determinasi Tanaman Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	109
Lampiran 2 Sertifikat Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	112
Lampiran 3 Sertifikat Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	113
Lampiran 4 Salinitas Air Laut Pantai Tirang .....	114
Lampiran 5 Organoleptis Kultivasi Isolat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	114
Lampiran 6 Perhitungan Rendemen Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	115
Lampiran 7 Timbangan Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	116
Lampiran 8 Organoleptis Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	117
Lampiran 9 Skrining Fitokimia Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).....	118
Lampiran 10 Perhitungan DMSO yang Digunakan dalam Pembuatan Sampel Uji .....	120
Lampiran 11 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) .....	121

Lampiran 12 Pengukuran Diameter Daya Hambat Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) Terhadap Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> .....	124
Lampiran 13 Pengukuran Diameter Daya Hambat Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) Terhadap Bakteri <i>Escherichia coli</i> .....	137
Lampiran 14 Perhitungan Diameter Zona Hambat Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) .....	150
Lampiran 15 Analisis Hasil Uji Normalitas dan Homogenitas Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) .....	186
Lampiran 16 Analisis Hasil Uji Kruskal Wallis dan Uji Mann Whitney Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.) .....	188
Lampiran 17 Hasil Turnitin.....	210



## INTISARI

Jamur endofit termasuk dalam jenis yang mampu hidup pada berbagai jaringan tumbuhan dengan tanpa menyebabkan penyakit. Jamur ini menjadi jenis mikroba yang dapat menciptakan senyawa bioaktif mirip dengan inangnya, mudah dikultur, dan memiliki siklus hidup yang relatif singkat. Mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dapat digunakan sebagai sumber isolat mikroba endofit sebab adanya alkaloid, flavonoid, terpenoid, tanin, serta saponin.

Metode yang digunakan adalah penelitian eksperimental menggunakan rancangan *post-test only control group*. Isolasi jamur endofit dikerjakan dengan tanam langsung, fermentasi, dan kultivasi. Uji aktivitas antibakteri dilakukan dengan cara cakram melalui media NA (Nutrient Agar) dengan targetnya adalah *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 serta pada *Escherichia coli* ATCC 25922. Sebanyak tujuh sampel isolat jamur endofit diuji menggunakan tiga variasi konsentrasi, yakni 1%, 3%, serta 5% serta kloramfenikol sebagai kontrol positif serta DMSO 5% sebagai kontrol negatif.

Hasil menunjukkan bahwa beberapa isolat menunjukkan aktivitas antibakteri dengan kategori lemah hingga sedang. Zona hambat terbesar terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 sebesar 5,80 mm dari isolat RM 7 pada konsentrasi 5%. Sedangkan terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 sebesar 7,42 mm oleh isolat RM 1 pada konsentrasi 1%. Kesimpulannya ialah isolat jamur endofit yang berasal dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) memiliki potensi sebagai antibakteri, meskipun aktivitasnya lemah hingga sedang.

**Kata kunci :** Isolat jamur endofit, Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam), *Staphylococcus aureus* ATCC 26923, *Escherichia coli* ATCC 25922



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Infeksi bakteri dari berbagai sumber sering terjadi, sebab aktivitas keseharian manusia kerap bersinggungan dengan bakteri. Di antara berbagai jenis bakteri penyebab penyakit, *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 serta *Escherichia coli* ATCC 25922. Berdasarkan data WHO pada tahun 2011 sekitar 25 juta kematian diakibatkan oleh penyakit infeksi bakteri, utamanya pada individu yang mempunyai kekebalan tubuh yang lemah. Di negara-negara Asia, *Staphylococcus aureus* menjadi salah satu bakteri patogen utama dengan tingkat prevalensi yang bervariasi antara 5% hingga 35%, terutama pada negara Hongkong dan Indonesia prevalensinya diperkirakan mencapai 28% (Wari Rahman *et al.*, 2023; Mastra, 2020). Infeksi yang disebabkan oleh bakteri *Escherichia coli* juga sering terjadi dan ditemui pada kondisi dengan sanitasi yang buruk. Hal ini berkontribusi terhadap tingginya angka morbiditas dan mortalitas, dengan perkiraan dari 100.000 penduduk terdapat lebih dari 100 kasus (Wari Rahman *et al.*, 2023).

Tantangan utama dalam pengobatan infeksi bakteri ini adalah meningkatnya resistensi bakteri terhadap antibiotik. *Staphylococcus aureus* yang mengalami perubahan genetik dikenal sebagai *superbug* karena kemampuannya bertahan terhadap berbagai antibiotik jenis beta-laktam dan

penam-penicilin, misalnya saja oxacillin serta methicillin. Kondisi ini menjadi menjadi masalah serius di banyak rumah sakit di seluruh dunia (Pristianingrum *et al.*, 2021). Begitu pula, *Escherichia coli* yang telah menunjukkan resistensi terhadap berbagai antibiotik seperti ceftriaxone, levofloxacin, doxycycline, dan ciprofloxacin. Kondisi ini menekankan kebutuhan mendesak akan agen antibakteri baru yang efektif melawan strain resisten ini (Jufri *et al.*, 2018).

Beberapa penelitian terhadap tumbuhan mangrove, menunjukkan bahwa tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) mengandung alkaloid, flavonoid, tanin, terpenoid, dan saponin yang termasuk dalam jenis senyawa metabolit sekunder yang mana senyawa ini beraktivitas sebagai antibakteri (Akasia *et al.*, 2021; Nuur *et al.*, 2023). Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa ekosistem mangrove, khususnya mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) merupakan habitat bagi berbagai jamur endofit yang memiliki potensi sebagai sumber senyawa bioaktif. Beberapa penelitian telah berhasil mengisolasi senyawa antibakteri yang ada di tanaman mangrove melalui jamur endofit Pada penelitian yang dilakukan oleh Fareza (2017) mengungkap bahwa terdapat satu isolat jamur endofit jenis *Nigrospora oryzae* dalam menghambat pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dengan nilai KHM 500 µg/mL serta nilai penghambatan KHM 250 µg/mL pada bakteri *Escherichia coli* (Fareza *et al.*, 2017). Penelitian lain oleh Fareza (2018) menemukan terdapat dua isolat jamur endofit jenis *Neopestalotiopsis sp* dan *Peniophora lycii* diujikan terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menunjukkan bahwa senyawa hasil isolasi jamur endofit

*Peniophora lycii* khususnya fraksi heksana memiliki aktivitas penghambatan terkuat yang mampu menghambat *Staphylococcus aureus* dengan nilai MIC  $125 \mu\text{g mL}^{-1}$  dibandingkan dengan fraksi lainnya (Fareza *et al.*, 2018). Namun pada penelitian tersebut hanya menggunakan dua isolat jamur endofit, sehingga pada penelitian ini menggunakan lebih dari dua isolat jamur endofit untuk mengetahui potensi masing-masing dalam penghambatan bakteri *Staphylococcus* dan *Escherichia coli*.

Kontrol positif yang dipakai dalam penelitian berikut adalah kloramfenikol, yakni antibiotik spektrum luas yang bekerja dengan cara menghambat sintesis protein karena sifat antibiotik ini merupakan bakteristatik melalui inhibisi aktivitas peptidil transferase. Antibiotik ini efektif dipakai guna mengobati infeksi yang diakibatkan dari bakteri gram positif serta gram bakteri negatif, baik aerob maupun anaerob (Helmidanora *et al.*, 2023). Penelitian ini menggunakan variasi konsentrasi 1%, 3%, dan 5%. Pemilihan konsentrasi tersebut bertujuan untuk membandingkan aktivitas antibakteri secara signifikan, khususnya dalam mengamati perbedaan zona hambat yang dihasilkan. Secara umum, luas zona hambat yang terjadi pada bakteri dipengaruhi dari tingginya konsentrasi yang dipakai (Alyidrus *et al.*, 2022).

Penelitian ini dilakukan dalam rangka menguji aktivitas dari isolat jamur endofit mangrove biru yang mengandung senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, tanin, flavonoid, terpenoid, dan saponin yang berefek sebagai antibakteri. Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai penuntun dalam

rangka menemukan aktivitas senyawa yang terkandung dalam jamur endofit dari mangrove biru tersebut.

## 1.2. Rumusan Masalah

1. Apa saja senyawa metabolit sekunder yang terdapat dari ekstrak jamur endofit yang diisolasi mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)?
2. Bagaimana efektivitas antibakteri ekstrak etil asetat isolat jamur yang berasal dari tumbuhan mangrove biru terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 serta pada *Escherichia coli* ATCC 25922?

## 1.3. Tujuan Penelitian

### 1.3.1 Tujuan Umum

Adapun yang ingin dituju dari penelitian berikut ialah:

1. Untuk mendapati senyawa metabolit sekunder yang terkandung dari ekstrak etil isolat jamur endofit yang asalnya dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) melalui uji skrining fitokimia menggunakan metode plat tetes.
2. Untuk mengetahui diameter zona hambat antibakteri ekstrak etil asetat isolat dari jamur endofit yang berasal dari mangrove biru terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 serta pada *Escherichia coli* ATCC 25922 konsentrasi 1%, 3%, dan 5%.

### 1.3.2 Tujuan Khusus

1. Guna mengidentifikasi senyawa metabolit sekunder yang ada pada ekstrak etil asetat isolat jamur endofit yang diisolasi dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.).
2. Guna mengetahui aktivitas antibakteri ekstrak atil asetat isolat jamur endofit yang asalnya dari tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922.

## 1.4. Manfaat Penelitian

### 1.4.1 Manfaat Teoritis

Dilakukannya penelitian ini diharapkan mampu memberi informasi secara ilmiah terkait aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat jamur endofit yang asalnya dari tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 serta pada *Escherichia coli* ATCC 25922.

### 1.4.2 Manfaat Praktis

Adanya penelitian ini membawa pengharapan untuk mampu digunakan sebagai dasar untuk penelitian praklinik guna memanfaatkan pengembangan obat antibakteri baru dari ekstrak jamur endofit dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Gambaran Umum Mangrove Biru Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

##### 2.1.1 Deskripsi Tanaman Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Mangrove tumbuh pada wilayah intertidal, dimana pada wilayah ini terjadi pertemuan yang kuat antara perairan laut, sungai, serta daratan. Dari interaksi ini ekosistem mangrove memiliki keanekaragaman tinggi, dalam hal ini termasuk tumbuhan serta hewan-hewan laut, tawar, dan darat. Mangrove umumnya tumbuh di daerah tropis dan subtropis. Tumbuhan ini turut berasosiasi dengan organisme lainnya seperti fungi, alga, mikroba, maupun tumbuhan lainnya yang bersama-sama membuat ekosistem mangrove. Tanpa keberadaan tumbuhan mangrove, suatu wilayah tidak dapat dikategorikan sebagai ekosistem mangrove (Martuti *et al.*, 2018 ; Pransiska *et al.*, 2022).

Sebagai negara dengan jumlah pulau hingga 17.508, potensi sumber dayanya sangat besar sehingga hutan mangrove yang ada di Indonesia menjadi beragam terdiri dari berbagai jenis pepohonan mangrove antara lain *Rhizophora spp*, *Avicennia spp*, dan *Soneratia spp*. Menurut Schaduw (2015), Indonesia memiliki ekosistem mangrove terbesar di dunia, yang mencakup 19% dari keseluruhan ekosistem mangrove global. Namun, ada pula tantangan untuk mengelola ekosistem ini, terutama di kawasan pulau-pulau

kecil. Manusia serta faktor alam turut mengambil peran pada sebaran jenis vegetasi mangrove, yang dapat dilihat pada tingkat pertumbuhan komunitas mangrove di berbagai wilayah tidaklah merata. Keberhasilan budidaya mangrove bergantung pada jenis penentuan zonasi yang tepat. Zonasi tersebut harus mempertimbangkan sifat ekologis dari spesies yang ada serta faktor lingkungan lainnya, misalnya pantai, pasang surut air laut, iklim, serta gelombang, dan lainnya. Adapun zonasi ideal di antaranya:

- a. Daerah yang dekat dengan laut baiknya ditanami *Avicennia spp* ataupun *Sonneratia spp*.
- b. Bagian arah barat ditanami *Rhizophora spp* serta *Xylocarpus spp*.
- c. Zona lainnya ditanami *Bruguiera spp*.
- d. Zona transisi dari hutan mangrove serta daratan yang dekat dengan pantai baiknya ditumbuhi *Nypa fruticans* maupun palem (Martuti *et al.*, 2018).

#### **2.1.2 Daerah Tempat Tumbuh Tumbuhan Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) Daerah Pantai Tirang**

Pantai Tirang, Kecamatan Tugu, Kota Semarang merupakan daerah yang memiliki keberadaan hutan dimana memiliki budidaya mangrove lainnya terutama mangrove biru. Pantai Tirang memiliki tipe tanah berpasir yang terdapat endapan lumpur. Tipe substrat ini sangat mendukung untuk pertumbuhan mangrove biru karena mengandung *silt*, *clay* dan bahan organik seperti lumut (Martuti *et al.*, 2018).

Gambar tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dari Pantai Tirang, Kota Semarang:



**Gambar 2. 1** Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)  
(Dokumen pribadi, 2024)

### 2.1.3 Klasifikasi Tanaman Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Tanaman Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) secara taksonomi dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Tracheophyta

Kelas : Magnoliopsida

Ordo : Malpighiales

Famili : Rhizophoraceae

Genus : *Rhizophora*

Spesies : *Rhizophora mucronata* (Safitri *et al.*, 2023).

#### 2.1.4 Morfologi Tanaman Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) tumbuh di substrat pasir berlumpur lunak, mengandung *silt*, tanah liat dan bahan organik yang lembut (Martuti *et al.*, 2018). Tinggi pohon mangrove berkisar antara 18 sampai 27 meter, namun pohon mangrove yang berada di Pantai Tirang memiliki ketinggian khas hingga 27 meter. Batang dengan kulit kayu berwarna gelap berdiameter 70 cm dengan celah horizontal. Akar tunjangnya memiliki tinggi kurang dari 1,5 m serta akar udaranya yang bertumbuh dari pencabangan di bagian bawah. Daunnya berkulit keras, dengan gagang daun sepanjang 2,5-5,5 cm berwarna hijau. Pinak daunnya berada di pangkal gagang daun, ukurannya 5,5 hingga 8,5 cm. Daunnya memiliki bentuk elips dengan ujung daun yang runcing. Ukuran daun memiliki berkisar 11-23 cm x 5-13 cm. setiap tanda bunga memiliki 7-11 bunga, dengan kelopak bunga berjumlah 4, berwarna kuning pucat, panjangnya 13-19 mm, dan 8 benang sari tanpa tangkai. Buahnya lonjong atau berbentuk telur berukuran 5-7 cm, berwarna hijau kecoklatan, bijinya tunggal, serta kerap kali bagian pangkalnya mempunyai struktur yang kasar (Kusumadewi & Idrus, 2023).

Pohon mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) yang berumur 1-5 tahun dan 5 – 15 tahun menjadi tanaman yang menghasilkan kandungan metabolit sekunder. Namun jika sudah berumur lebih dari 25 tahun, maka produktivitas senyawanya menurun dan harus dilakukan penanaman ulang. Untuk penanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dilakukan mulai dari umur 1 - 5 tahun, waktu penanaman terbaik adalah saat musim

hujan, terutama bulan Januari – April untuk menjaga kelembaban tanah dan mendukung pertumbuhan mangrove (Pransiska *et al.*, 2022).

### 2.1.5 Mekanisme Jamur Endofit Menghasilkan Metabolit Sekunder

Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) memiliki beberapa kandungan kimia. Berdasarkan penelitian sebelumnya, mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) memiliki senyawa metabolit sekunder berupa alkaloid, tanin, flavonoid, terpenoid, dan saponin (Akasia *et al.*, 2021; Nuur *et al.*, 2023). Selain dari tumbuhan utamanya, ekstrak dari tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) telah terbukti memiliki aktivitas antibakteri. Menurut penelitian Fareza (2018) yang melakukan penelitian terhadap dua jamur endofit yang telah diisolasi yaitu *Neopestalotiopsis sp* dan *Peniophora lycii* dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) bahwa ekstrak jamur endofit *Neopestalotiopsis sp* dan *Peniophora lycii* memiliki aktivitas antibakteri yang kuat sama seperti ekstrak tumbuhan inangnya. Pengujian hasil isolasi ekstrak jamur endofit *Neopestalotiopsis sp* dan *Peniophora lycii* diujikan pada bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922 yaitu menunjukkan bahwa senyawa hasil isolasi *Neopestalotiopsis sp* ampuh dalam menghambat DNA girase bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dibandingkan bakteri gram negatif *Escherichia coli*. Berbeda dengan jamur endofit *Peniophora lycii* yang mampu menghambat pertumbuhan kedua bakteri gram positif dan gram negatif. Namun hasil akhir menunjukkan bahwa senyawa hasil isolasi jamur endofit *Peniophora lycii* N-fraksi heksana

terkuat yang mampu menghambat *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dengan nilai MIC  $125 \mu\text{g mL}^{-1}$  dibandingkan dengan fraksi lainnya (Fareza *et al.*, 2018).

Jamur endofit telah hidup secara simbiosis dalam jaringan tanaman selama lebih dari 400 juta tahun. Selama waktu ini, jamur endofit berevolusi bersama jalur biosintesis dan mekanisme metabolisme yang unik untuk mensintesis metabolit sekunder yang kompleks. Jamur endofit mampu melakukan biosintesis fitokimia penting secara medis yang awalnya dianggap hanya diproduksi tumbuhan inang. Kemudian, induksi metabolisme endofit dipengaruhi oleh senyawa-senyawa tanaman seperti flavonoid, hormon tumbuhan, atau prekursor metabolik lainnya. Senyawa ini berperan sebagai sinyal kimia yang menginduksi ekspresi gen biosintetik pada jamur, sehingga jalur metabolit tertentu yang sebelumnya tidak aktif menjadi aktif dan menghasilkan senyawa bioaktif (Wen *et al.*, 2022).

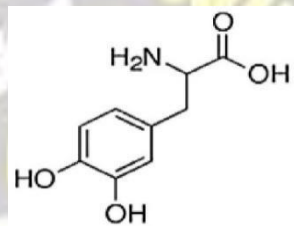
#### **2.1.6 Khasiat**

Tumbuhan yang mengandung zat aktif memiliki manfaat dalam penyembuhan penyakit serta berkhasiat bagi kesehatan. Berdasarkan penelitian terdahulu, diketahui bahwa mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) memiliki senyawa metabolit sekunder yang beragam (Akasia *et al.*, 2021; Nuur *et al.*, 2023). Selain itu mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) mempunyai khasiat sebagai bahan pengobatan tradisional seperti antibakteri, anti kolesterol, anti hiperlipidemia, antivirus, antidiabetes, anti

radang, antikanker dan bahan sediaan antioksidan berperan sebagai penerima yang efektif menghindari radikal bebas (Mile *et al.*, 2021).

### 2.1.7 Alkaloid

Alkaloid merupakan salah satu jenis metabolit sekunder yang kerap ditemui, metabolit sekunder ini mempunyai kandungan atom nitrogen. Alkaloid pada dasarnya mempunyai peranan untuk mengatur perkembangan sistem kehidupan tumbuhan (Maisarah *et al.*, 2023). Gambar struktur alkaloid tergambar seperti berikut:

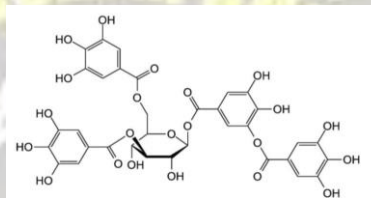


**Gambar 2. 2** Struktur Alkaloid (Luringunusa *et al.*, 2023).

Kandungan alkaloid berada pada daun serta batang dari tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) (Ridlo *et al.*, 2017). Alkaloid ini beraktivitas sebagai antibakteri dengan cara memperlambat kerja komponen peptidoglikan pada sel bakteri. Hal ini dapat menghambat pertumbuhan bakterinya dengan sifat basanya dengan ciri gugus N-H sehingga mempengaruhi kerja suatu zat antibakteri (Anggaraini *et al.*, 2019 ; Sandhya *et al.*, 2022).

### 2.1.8 Tanin

Tanin termasuk sebagai senyawa fenol yang berat molekulnya besar terdiri dari gugus hidroksi dan beberapa gugus yang bersangkutan seperti karboksil untuk membentuk kompleks kuat yang efektif dengan protein dan sebagian makromolekulnya. Tanin berada dalam jumlah besar pada daun mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) yang telah diisolat berpotensi sebagai antibakteri (Ridlo *et al.*, 2017). Gambar struktur tanin tersaji berikut ini:



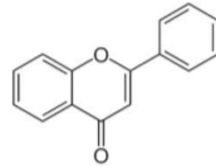
**Gambar 2. 3** Struktur Tanin (Luringunusa *et al.*, 2023).

Berdasarkan strukturnya, senyawa ini mempunyai dua cincin aromatik yang saling berhubungan dengan tiga atom karbon. Struktur ini memungkinkan tanin membentuk kompleks dengan protein melalui interaksi hidrofobik, yang mengakibatkan denaturasi ikatan tersebut. Akibatnya, metabolisme sel terganggu dan akhirnya membunuh bakteri (Hidjrawan, 2018).

### 2.1.9 Flavonoid

Senyawa polifenol dengan struktur turunan dari flavan antiaromatik atau 2-fenilbenzopiran ini dinamai sebagai flavonoid (Illing *et al.*, 2017). Kandungan flavonoid seringkali ditemukan pada daun dan batang dari

tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) yang telah diisolat (Ridlo dkk., 2017). Adapun gambaran bentuknya seperti berikut:

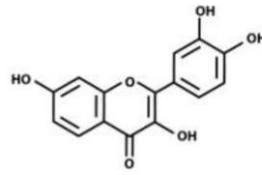


**Gambar 2. 4** Struktur Flavonoid (Luringunusa *et al.*, 2023).

Flavonoid diketahui efektif menghentikan bakteri yang tumbuh dengan cara melakukan perusakan terhadap dinding dan membran sel bakteri, mengikat adhesin, dan menghambat aktivitas enzim. Struktur yang bertugas untuk menghambat yaitu cincin beta dan gugus -OH (Medeleine Gloriana *et al.*, 2021).

#### 2.1.10 Terpenoid

Salah satu senyawa kelompok hidrokarbon, yakni terpenoid ini umumnya terbentuk dari tumbuhan, utamanya terdapat dalam getah serta vocola sel. Dalam tumbuhan, terpenoid serta senyawa turunannya yang berasal dari terpen yang berfungsi sebagai metabolit sekunder. Selain itu, terpenoid juga menjadi komponen utama dalam menghasilkan berbagai minyak atsiri dari tumbuhan. Kandungan terpenoid seringkali ditemukan dari tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) yang telah diisolat (Akasia *et al.*, 2021; Mierza *et al.*, 2023). Adapun bentuk dari terpenoid sebagai berikut:



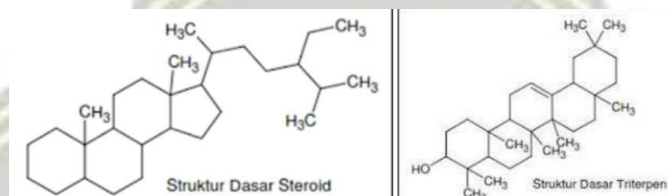
**Gambar 2. 5** Struktur Terpenoid (Azalia *et al.*, 2023)

Terpenoid berasal dari unit isoprena. Secara alami ditemukan dalam bentuk gugus hidrokarbon, eter, alkohol, glikosida, ester, dan lainnya. Terpenoid ini berperan sebagai antimikroba, dengan salah satu turunannya, yaitu fitoaleksin, berfungsi sebagai mekanisme pertahanan tumbuhan. Cara kerja terpenoid melibatkan interaksi dengan protein transmembran pada dinding luar sel bakteri, membentuk ikatan polimer yang kuat, kemudian merusak porin hingga membuat permeabilitas membran sel menjadi berkurang. Akibatnya, bakteri menjadi mal nutrisi, penghambatan pertumbuhan, dan akhirnya mati (Azalia *et al.*, 2023; Dwi Wulansari *et al.*, 2020).

### 2.1.11 Saponin

Saponin adalah senyawa glikosida kompleks dengan berat molekul besar yang umumnya diproduksi oleh tumbuhan, hewan laut tingkat rendah, dan beberapa jenis bakteri. Istilah “saponin” berasal dari bahasa Latin “sapo”, yang berarti sabun, terinspirasi dari tanaman *Saponaria vaccaria* yang kaya akan saponin dan digunakan sebagai bahan pencuci. Kandungan saponin yang melimpah dalam tumbuhan telah dimanfaatkan sejak lama dalam praktik pengobatan tradisional. Saponin diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu

steroid saponin yang ditemukan pada tanaman jenis rumput dan triterpenoid saponin yang terdapat pada kedelai. Dalam tanaman, saponin tersebar di berbagai bagian akar, batang, umbi, daun, biji, dan buah. Kandungan saponin tertinggi biasanya ditemukan pada tanaman yang rentan terhadap serangga, jamur, atau bakteri, sehingga mengindikasikan bahwa senyawa ini berfungsi sebagai bagian dari sistem pertahanan tanaman. Adapun bentuk dari saponin sebagai berikut:



**Gambar 2. 6** Struktur Saponin (Intan *et al.*, 2021)

Saponin berasal dari golongan glikosida yang memiliki aglikon berupa teriterpenoid atau steroid, serta umumnya mengandung satu atau duarantai gula yang terikat pada posisi C3 dan C17. Struktur kimianya bersifat amfifilik dengan bagian gula yang larut dalam air dan aglikon yang larut dalam lemak sehingga saponin mampu membentuk busa dan emulsi, serta berperan sebagai surfaktan alami. Mekanisme kerja saponin sebagai antibakteri yaitu dengan cara mendenaturasi protein karena memiliki sifat aktif permukaan yang menyerupai deterjen, sehingga mampu menurunkan tegangan permukaan dinding sel bakteri dan merusak permeabilitas membran sel. Kerusakan membran sel ini mengganggu kelangsungan hidup bakteri yang kemudian dapat berdifusi ke dalam membran sitoplasma, mengganggu

kestabilannya, sehingga menyebabkan kebocoran isi sitoplasma dan berujung pada kematian sel (Intan *et al.*, 2021).

## 2.2. Jamur Endofit

Jamur endofit hidup dalam berbagai jaringan tumbuhan, akan tetapi tidak menimbulkan penyakit. Jamur endofit berhubungan simbiosis mutualisme dengan tanaman inangnya, yakni berperan dalam meningkatkan potensi kompetitif serta ketahanan tanaman terhadap patogen serta tanaman inang membantu memberikan nutrisi bagi jamur endofit (Mairing, 2022). Dalam pertumbuhannya mengalami fase-fase pertumbuhan dengan waktu yang bermacam-macam. Menurut Hasanah (2018) lama fase adaptasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, yakni:

- a. **Medium dan kondisi pertumbuhan:** Jika medium dan lingkungan pertumbuhan sama dengan yang sebelumnya, proses adaptasi mungkin tidak diperlukan. Namun, jika terdapat perbedaan dalam ketersediaan nutrisi dan kondisi lingkungan, maka diperlukan waktu bagi sel untuk menyesuaikan diri dengan mensintesis enzim-enzim yang dibutuhkan.
- b. **Kuantitas inokulum:** Semakin tinggi banyaknya sel awal, semakin cepat fase adaptasi berlangsung (Hasanah, 2018).

Ada 4 tahap fase mikroorganisme bertumbuh, yakni:

- a. **Fase anjang-ancang/adaptasi (*lag phase*):** Merupakan periode waktu antara proses inokulasi hingga sel mencapai tingkat pembelahan maksimal. Jika mikroorganisme diperbanyak pada media nutrisi baru, maka populasi

mikroorganisme akan cenderung konstan pada periode awal. Fase ini mikroorganisme masih beradaptasi dengan kondisi biak yang baru dan secara aktif melakukan metabolisme tetapi tidak melakukan pembelahan.

**b. Fase eksponensial (*log phase*):** Pada tahap ini, mikroorganisme mengalami pembelahan dengan kecepatan maksimal secara konstan, di mana jumlah sel meningkat dua kali lipat dalam setiap siklus pertumbuhan (*generation time*). Sehingga terjadi peningkatan kerapatan sel dan penimbunan produk metabolisme.

**c. Fase stasioner (*stationary phase*):** Tahap ini dilihat dari terjadinya keseimbangan antara jumlah sel hidup dan sel yang mati sehingga kurva pertumbuhan terlihat mendatar. Mikroorganisme berhenti meningkat karena penurunan derajat pembelahan sel dan akibat penipisan kadar nutrisi dan peningkatan metabolisme yang bersifat toksik. Fase ini tercapai ketika populasi mencapai  $10^9$  sel/ml.

**d. Tahap menuju kematian (*death/ decline phase*):** Tahap ini kebalikan dari fase eksponensial dimana ditandai dengan tingkat kematian sel mencapai maksimum. Tingginya kematian sel disebabkan oleh rendahnya kadar nutrisi dan tingginya metabolisme bersifat toksik (Ni Wayan Desi Bintari et al., 2023).

### 2.3. Faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Jamur Endofit

Populasi jamur endofit menandakan variasi yang luas, baik di antara tumbuhan dengan varietas yang sama maupun yang beda. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa faktor utama jamur endofit untuk tumbuh

yaitu pada daun, jamur endofit mudah sekali untuk tumbuh terutama umur daun sangat berpengaruh. Karena usia daun berpengaruh terhadap kepadatan jamur endofit, daun yang lebih tua cenderung mendukung pertumbuhan jamur endofit dalam jumlah yang lebih banyak. Faktor lain yang berpengaruh pada perkembangan dan pertumbuhan jamur endofit yaitu: suhu dan pH. Suhu optimal untuk pertumbuhan jamur endofit bervariasi tergantung spesiesnya, beberapa jamur endofit lebih suka suhu yang rendah dan sementara yang lain lebih cocok suhu yang tinggi, pH tanah atau jaringan tanaman juga mempengaruhi pertumbuhan jamur endofit, yang berarti beberapa jamur endofit lebih suka lingkungan pH asam, netral, maupun basa tergantung perubahan pHnya (Ramadhani *et al.*, 2017).

Kondisi ideal bagi pertumbuhan fusarium salah satunya adalah kondisi tanah yang lembab. Fusarium merupakan patogen yang membuat tanaman menjadi layu yang berkembang pesat di tanah dengan pH yang rendah, becek, serta suhu yang kurang mendukung bagi tanaman inang. Keasaman dan suhu tanah dengan pH kisaran 4,5-6,0 berpengaruh terhadap serta suhu tanah optimal antara 25 – 30°C (Ramadhani *et al.*, 2017).

#### **2.4. Isolasi Jamur Endofit**

Isolasi adalah proses pemisahan mikroorganisme, seperti bakteri atau jamur, dari habitat atau mediumnya, kemudian ditumbuhkan pada medium buatan untuk mendapatkan kultur murni. Prinsip utamanya ialah membuat satu jenis mikroba yang bercampur dengan mikroba lainnya menjadi terpisah. Proses ini dikerjakan dengan cara menumbuhkan mikroba pada medium

padat, sehingga setiap sel mikroba dapat berkembang menjadi koloni yang tetap berada di tempatnya. Adapun metode yang dipakai umumnya ada dua, yakni dengan goresan cawan dan cara tuang cawan dengan prinsip pengenceran guna membentuk spesies yang tunggal. Tiap koloni yang terbentuk berasal dari satu jenis sel yang dapat diamati (Sabbathini & Pujiyanto, 2017).

Tahapan utama dalam proses isolasi meliputi pemotongan sampel menjadi bagian kecil berukuran 1×1 cm, kemudian dilakukan sterilisasi dengan etanol 70% selama 30 detik, dan dibilas dua kali menggunakan aquadest steril (Sabbathini & Pujiyanto, 2017). Sterilisasi dilakukan agar mencegah terjadinya campuran mikroorganisme lain yang terdapat di permukaan sampel. Media yang digunakan berupa media beras agar dan PDA yang mengandung karbohidrat untuk makanan jamur endofit dan selektif (Nawea *et al.*, 2017).

## 2.5. Fermentasi

Fermentasi merupakan proses dimana mikroorganisme tumbuh atau bermetabolisme tanpa adanya oksigen untuk menghasilkan senyawa kimia. Dalam biokimia adalah proses penghasil energi dimana komponen bertindak sebagai akseptor elektron. Secara umum, berdasarkan jenis media yang digunakan, fermentasi terbagi sebagai dua jenis, yakni fermentasi medium padat (*Solid State Fermentation*) serta fermentasi media cair (*Submerged Fermentation*). Fermentasi dengan medium yang padat menjadi proses fermentasi yang berlangsung tanpa adanya air bebas. Keunggulan dari metode

ini adalah prosedurnya yang lebih sederhana, serta biaya operasional dan peralatan yang lebih rendah. Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam fermentasi medium padat meliputi konsentrasi substrat, kelembaban, pH, suhu, serta produksi metabolit sekunder yang berpotensi menyebabkan kontaminasi (Sunaryanto & Marasabessy, 2016). Fermentasi medium cair adalah proses fermentasi terjadi dengan adanya air bebas. Adapun keunggulan medium cair yaitu mampu mempelajari laju pertumbuhan sedimentasi sel bakteri, untuk menyiapkan kultur antigen atau vaksin dan memperoleh pertumbuhan bakteri dari darah atau air ketika volume yang besar harus di tes (Utami *et al.*, 2023).

## 2.6. Kultivasi Jamur Endofit

Kultivasi jamur endofit adalah proses isolasi dan pembiakan jamur yang hidup dalam jaringan tanaman inangnya. Proses ini ditujukan guna menyelidiki senyawa metabolit sekunder yang jamur endofit hasilkan (Dion *et al.*, 2021). Media kultur mengandung campuran nutrisi yang berguna mendorong pertumbuhan serta perkembangbiakan mikroorganisme. Kultivasi jamur endofit dapat menggunakan media padat yang diduga mampu melakukan perbanyakan terhadap jamur endofitnya. Media kultur harus memenuhi karakteristik dan persyaratannya. Media kultur yang ideal harus memiliki karakteristik mampu mendukung pertumbuhan mikroorganisme dari inokulum dalam jumlah kecil, memungkinkan pertumbuhan yang cepat, serta bersifat ekonomis dan mudah dibuat. Media ini juga harus dapat menunjukkan karakteristik mikroorganisme yang diinginkan. Selain itu,

media kultur perlu mengandung komponen esensial yang mikroorganisme butuhkan sesuatu proporsi tertentu, termasuk sumber energi, vitamin, dan nutrisi lainnya. Adapun persyaratannya:

a. Memiliki sumber energi

Dalam keperluan pertumbuhan suatu bakteri pada media memerlukan suatu energi, yang biasanya diperoleh dari oksidasi senyawa organik yang terkandung dalam media seperti karbohidrat dan protein.

b. Memiliki sumber karbon (C)

Sumber C dapat diperoleh dari senyawa organik protein dan karbohidrat. Protein diperoleh misalnya dari ekstrak daging atau pepton; sedangkan untuk karbohidrat misalnya glukosa, laktosa, dan sukrosa.

c. Memiliki sumber nitrogen(N)

Sumber N untuk kebutuhan nutrisi ada 2 yaitu: N berasal dari nitrogen anorganik dan N dari nitrogen organik. Kebutuhan N dari nitrogen anorganik biasanya dipakai amoniumnitrat atau ammonium sulfat, sedangkan N dari nitrogen organik diperoleh dari protein atau pepton atau asam-asam amino.

d. Memiliki kandungan garam

e. pH yang optimal

Tingkat pH umumnya netral, akan tetapi ada pula yang sifatnya alkali.

f. Memiliki tingkat oksidasi yang memadai

g. Memiliki suhu yang memadai

- h. Mengandung faktor pertumbuhan (Kusumo *et al.*, 2022).

## 2.7. Kultivasi dengan Media Beras Padat (*Medium Solid Rice*)

Media beras padat merupakan salah satu pilihan dalam kultivasi jamur. Beras dapat dimanfaatkan sebagai media pertumbuhan padat untuk membiakkan berbagai jenis jamur, termasuk jamur endofit. Beberapa penelitian telah menggunakan media beras untuk membiakkan jamur endofit seperti padat penelitian (Anwar *et al.*, 2020). Media beras memiliki kelebihan yaitu:

- a. Ketersediaan beras mudah ditemukan dan mudah, sehingga mampu menjadi pilihan praktis dalam proses kultivasi mikroorganisme.
- b. Beras memiliki kandungan nutrisi yang cukup guna membuat mikroorganisme bertumbuh terutama jamur endofit. Beras juga mengandung karbohidrat yang berperan sebagai sumber energi dalam mendukung pertumbuhan jamur endofit.
- c. Media beras memiliki kekentalan yang sesuai untuk biakan jamur sehingga memungkinkan jamur untuk tumbuh dengan baik.
- d. Penggunaan beras sebagai media kultivasi lebih ramah lingkungan daripada sintesis atau impor (Utami *et al.*, 2023).

## 2.8. Metode Ekstraksi Maserasi

Ekstraksi jamur endofit tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dapat dilakukan dengan cara maserasi. Maserasi merupakan metode ekstraksi yang dilakukan pada suhu ruang tanpa adanya

pemanasan atau peningkatan suhu. Oleh karena itu, teknik ini memerlukan proses pengocokan atau pengadukan secara berulang untuk mempercepat perembesan larutan penyari dalam proses ekstraksi sampel. Cara ini dipakai guna menjadi bahan alam yang sensitif terhadap panas guna mencegah kerusakan pada komponen aktifnya (Yunita & Handoyo, 2020).

### **2.9. Rotary Evaporator**

Salah satu alat laboratorium, yakni rotary evaporator berguna sebagai alat untuk menguapkan seluruh ataupun sebagian pelarutan, mengubahnya dari cairan menjadi uap. Kemudian uapnya akan berpindah ke dalam labu penampung yang membuat konsentrasi larutan lebih peka sesuai kebutuhan. Proses evaporasi bertujuan untuk menghasilkan larutan pekat, sementara uap yang terbentuk dapat dikondensasikan dan dipulihkan kembali untuk digunakan dalam proses ekstraksi. Pada *rotary evaporator*, larutan yang digunakan dalam ekstraksi dipanaskan hingga menguap, kemudian uap tersebut keluar dari labu alas bulat kemudian masuk ke kondensor. Kondensor ini berfungsi untuk menampung serta mendinginkan uap, uap pada akhirnya akan mengalir dan berkumpul dalam labu penampung. Tahap-tahap ini berlangsung terus menerus hingga volume pelarut yang ada di labu alas bulat dan labu penampung mencapai keseimbangan (Putu Rahayu Artini *et al.*, 2022).

### **2.10. Pengujian Fitokimia**

Uji fitokimia merupakan metode yang digunakan untuk mendeteksi keberadaan senyawa bioaktif yang belum terlihat secara langsung melalui

suatu tes atau pemeriksaan yang dapat dengan cepat memisahkan antara bahan alam yang memiliki kandungan fitokimia tertentu dengan bahan alam yang tidak memiliki kandungan fitokimia tertentu. Tahap ini adalah tahap awal dalam suatu penelitian fitokimia yang bertujuan untuk memberikan gambaran tentang golongan senyawa yang terkandung dalam tanaman yang sedang diteliti. Pengujian ini berupa serbuk simplisia dalam bentuk basah meliputi pemeriksaan kandungan alkaloid, flavonoid, terpenoid, tanin, serta saponin (Saragih *et al.*, 2019).

### **2.11. Antibakteri**

Antibakteri termasuk sebagai zat yang berguna memperlambat bakteri bertumbuh sehingga ia kerap digunakan untuk mengalahkan infeksi. Mekanisme kerjanya meliputi perusakan dinding sel, perubahan permeabilitas dinding sel, serta membuat sintesis protein dan asam nukleat terhambat, sehingga dapat mencegah pertumbuhan bakteri (bakteriostatik) atau membunuhnya (bakterisidal). Efektivitas antibakteri ditentukan pula dengan berbagai faktor, misalnya konsentrasi zat antibakteri, ada tidaknya bahan organik, jumlah serta spesies bakteri, suhu, serta tingkat keasaman lingkungan (Pelealu *et al.*, 2021). Proses kerja antibakteri dengan cara:

#### **a. Disrupsi dinding sel**

Kerusakan yang terjadi pada struktur sel dengan cara menghambat proses pembentukan ataupun ketika dinding sel terbentuk, serta menghambat sintesis mukopeptida yang diperlukan untuk pembentukan dinding sel mikroba.

## **b. Perubahan permeabilitas sel**

Membran sitoplasma yang rusak dapat membuat sel terhambat dalam bertumbuh. Membran ini berguna untuk menjaga kestabilan komponen sel, mengatur difusi zat-zat penting, serta berperan sebagai pertahanan bagi struktur seluler.

## **c. Penghambatan aktivitas enzim**

Penghambatan enzim menyebabkan terganggunya proses seluler. Contohnya, sulfonamid bekerja dengan cara bersaing dengan PABA, sehingga menghambat sintesis asam folat yang esensial untuk membentuk purin serta pirimidin.

## **d. Penghentian sintesis asam nukleat dan protein**

DNA serta RNA berperan krusial dalam proses pembentukan sel bakteri. Jika terjadi penghambatan sintesis asam nukleat dan protein, sel bakteri tidak dapat berkembang dan akan mengalami kerusakan.

## **e. Modifikasi molekul protein dan asam nukleat**

Kelangsungan hidup sel tergantung dengan kestabilan asam nukleat serta protein yang berada pada kondisi alami. Antibakteri mampu menyebabkan perubahan dengan cara mengembalikan protein serta asam nukleat ke struktur primernya yang membuat sel rusak secara permanen (Rollando, 2019).

## 2.12. Uji Aktivitas Antibakteri

Penentuan kerentanan patogen antibakteri diuji dengan cara pengukuran zona hambat dari pertumbuhan mikroorganisme terhadap agen anti bakterinya, Adapun beberapa metodenya:

### 2.12.1 Metode Difusi

Cara kerja metode difusi berprinsip secara penyebaran senyawa antibakteri ke media padat yang sudah diinokulasi dengan mikroba uji.

#### a. Metode Difusi Sumuran

Metode ini dilakukan dengan cara menciptakan lubang secara tegak lurus pada akar padat yang sudah diinokulasi dengan bakteri uji. Jumlah dan posisi lubang disesuaikan, lubang kemudian diisi dengan sampel yang akan dilakukan uji. Inkubasi yang sudah dilakukan, perkembangan bakteri diamati guna menentukan ada atau tidaknya zona hambat yang berada di area sekitaran lubang. Keunggulan dari metode ini adalah kemudahan mengukur luas zona hambat yang terjadi sebab bakteri tak hanya tumbuh di permukaan *nutrient agar* hingga bagian bawahnya. Akan tetapi, metode ini mempunyai beberapa kendala, seperti kemungkinan sisa agar di media setelah pembuatan sumuran dan resiko retaknya media agar di area sumuran yang mampu memengaruhi peresapan antibiotik dan berpengaruh pada hasil uji sensitivitas (Nurhayati *et al.*, 2020).

## b. Metode Difusi Cakram

Difusi cakram dikerjakan menggunakan kertas cakram yang telah dijenuhkan menggunakan antimikroba sebagai media penyerap. Kemudian kertas cakram diletakkan di permukaan media agar yang telah diinokulasi dengan biakan mikroba uji, selanjutnya akan didiamkan pada suhu 35°C selama 18-24 jam. Setelah inkubasi, zona bening di area cakram diamati untuk menentukan adanya penghambatan bertumbuhnya mikroba. Keunggulan cara ini ialah proses penyiapan cakram yang lebih cepat, sehingga memungkinkan pengujian dilakukan dengan lebih efisien. (Nurhayati *et al.*, 2020).

### 2.12.2 Kategori Zona Hambat Bakteri

Zona hambat bakteri merupakan indikator kemampuan zat atau bahan penghambat bertumbuhnya bakteri. Hal ini mampu dicapai melalui beberapa mekanisme, termasuk mengganggu fungsi vital bakteri seperti sintesis protein, replikasi DNA, atau integritas dinding sel. Adapun kategori kekuatan daya hambat bakteri:

Diameter	Kekuatan Zona Hambat
$\leq 5$ mm	Lemah
6 – 10 mm	Sedang
11 – 20 mm	Kuat
$\geq 21$ mm	Sangat Kuat

**Tabel 2. 1** Kategori Daya Hambat Bakteri (Daris *et al.*, 2023)

Luasnya area zona hambat mencerminkan tingkat aktivitas antibakteri dari suatu konsentrasi ekstrak. Aktivitas ini dikategorikan menjadi empat tingkat, yakni lemah hingga sangat kuat. Antibakteri dianggap lemah bila zona hambatnya kurang dari 5 mm, 5 mm, jika berada dalam rentang 6-10 mm maka berkategori sedang, kuat bila diameternya 11-20 mm, dan apabila melebihi 21 mm berarti sangat kuat (Daris *et al.*, 2023).

### 2.12.3 KBM (Konsentrasi Bunuh Minimum) serta KHM (Konsentrasi Hambat Minimum)

KBM termasuk pada konsentrasinya terendah dari agen antimikroba yang dapat membuat mikroorganisme mati secara efektif. KBM menunjukkan tingkat maksimal efektivitas antimikroba dalam membunuh mikroorganisme. Sementara itu, KHM adalah konsentrasi terendah dari agen antimikroba yang membuat mikroorganisme bertumbuh secara lambat secara signifikan. Pada titik KHM, pertumbuhan mikroorganisme tampak sangat minimal, namun belum sepenuhnya dibunuh (Rabbana *et al.*, 2023).

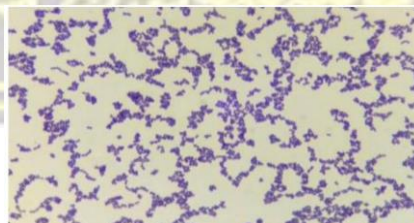
### 2.13. Bakteri

Sebuah mikroorganisme prokariotik yang hidup secara berkelompok dan tidak memiliki membran inti yang dikenal sebagai bakteri. Namun, bakteri mempunyai DNA yang menjadi informasi genetik, DNA ini berbentuk sirkuler, panjang dan bisa disebut *nucleoid*, tetapi mampu hidup dimana saja. Menurut klasifikasinya, bakteri dibagi menjadi 2 yaitu bakteri gram positif dan bakteri gram negatif. Pada perwarnaan gram, golongan bakteri gram positif akan memberikan warna ungu karena memiliki lapisan

peptidoglikan setebal 20-80 nm, sedangkan bakteri gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang tipis yaitu 5-10 nm dengan komposisi utamanya yaitu lipoprotein, membran luar dan polisakarida (Holderman *et al.*, 2017).

### 2.13.1 *Staphylococcus aureus* ATCC 25923

Bakteri ini merupakan bakteri gram positif dengan bentukan bulat berdiameter sekitar 0,8–1,0 mikrometer yang bersusun secara bergerombol tak beraturan dan seperti buah anggur yang menguntai. *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 bersifat non-motil serta dapat hidup dalam kondisi aerob maupun anaerob. Secara alami, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ditemukan pada hidung, kulit, tenggorokan, area selaput hidup, serta saluran pencernaan manusia. Bakteri ini mampu menghasilkan enzim katalase yang berperan dalam fermentasi karbohidrat dan produksi asam laktat. Selain itu, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 memiliki ketahanan terhadap panas dan dapat bertahan pada suhu 50°C selama 30 menit dalam larutan NaCl 9% (Rollando, 2019). Gambar *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 secara mikroskopis tersaji dalam gambar 2.5 berikut:



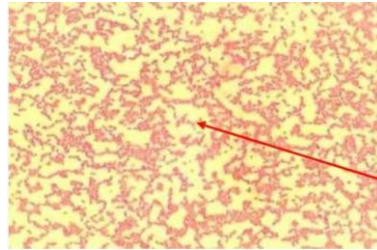
**Gambar 2. 7** *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 Secara Mikroskopis Perbesaran 1000x (Riski & Abrar, 2017).

Klasifikasi bakteri ini adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Monera
Divisi	: Firmicutes
Kelas	: Firmibacteria
Ordo	: Eubacteriales
Famili	: Micrococcaceae
Genus	: <i>Staphylococcus</i>
Spesies	: <i>Staphylococcus aureus</i> (Rollando, 2019).

### 2.13.2 *Escherichia coli* ATCC 25922

Salah satu bakteri gram negatif yang berfamili dengan Enterobacteriaceae. Bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922 kerap didapati di usus besar dan berperan dalam proses dekomposisi sisa makanan. Secara biokimia, *Escherichia coli* ATCC 25922 memiliki kemampuan memfermentasi berbagai jenis karbohidrat, seperti laktosa, sukrosa, dan mannitol, serta menghasilkan indol dan bersifat motil. Namun, bakteri ini juga dapat menyebabkan diare akibat produksi enterotoksin (*Enterotoksigenik* atau ETEC) serta memiliki kemampuan menembus epitel usus (*Enteroinvasif* atau EIEC). Jika menginfeksi organ seperti paru-paru, saluran empedu, saluran kemih, atau selaput otak, bakteri ini dapat menjadi patogen (Rollando, 2019). Gambar *Escherichia coli* ATCC 25922 secara mikologis tersaji dalam gambar 2.6 berikut:



**Gambar 2. 8** *Escherichia coli* ATCC 25922 Secara Mikrobiologi Perbesaran 1000x

(Kurniawan *et al.*, 2023)

Klasifikasi bakteri ini adalah sebagai berikut:

Kingdom : Monera  
Divisi : Schizomycota  
Kelas : Schizomycetes  
Ordo : Eubacteriales  
Famili : Enterobacteriaceae  
Genus : *Escherichia*  
Spesies : *Escherichia coli* (Rollando, 2019).

#### 2.14. Teknik Pewarnaan Gram

Pada riset ini bakteri yang dipakai terdiri dari kelompok bakteri gram positif serta gram negatif. Prinsip teknik pewarnaan gram dibedakan berdasarkan struktur membran sel bakteri dalam menyerap zat warna. Ketika diwarnai dengan kristal violet, bakteri gram positif yang mempunyai lapisan peptidoglikan tebal akan menyerap dan mempertahankan warna ungu. Sebaliknya, pada bakteri gram yang negatif setelah dicuci dengan alkohol akan kehilangan warna kristal violetnya, lalu menyerap safranin yang

membuat warnanya menjadi merah. Dinding pada sel bakteri gram positif yang tebal menyebabkan pori-porinya menyempit akibat dekolorisasi ini, hal ini membuat kristal violet tertahan di dinding sel. Sementara itu, pada jenis bakteri lainnya yang negatif mempunyai tiga lapisan dinding sel yang menyebabkan lipid larut saat dicuci dengan alkohol, sehingga kristal violet ikut tercuci dan bakteri akan berwarna merah setelah pewarnaan dengan safranin (Putri & Kusdiyantini, 2018).

#### **2.15. Antibiotik Pemanding (Kloramfenikol)**

Kloramfenikol merupakan agen standar yang digunakan dalam penanganan demam tifoid. Antibiotik ini mempunyai sifat bakteriostatik dengan cara menghambat sintesis protein melalui penghambatan aktivitas peptidil transferase serta spektrumnya luas. Kloramfenikol efektif digunakan untuk mengatasi infeksi bakteri gram positif maupun gram negatif, baik yang bersifat aerob maupun anaerob (Helmidanora *et al.*, 2023). Mekanisme kerja kloramfenikol yaitu menghambat enzim peptidil transferase yang berperan dalam pembentukan ikatan-ikatan peptide dalam proses sintesis bakteri. Pembentukan ikatan peptide akan terus dihambat selama obat tetap terikat di ribosom, sehingga mencegah asam amino menjadi protein sehingga sintesis protein terganggu bahkan tidak berlangsung. Antibiotik dengan mekanisme mengganggu sintesis protein memiliki aktivitas antibakteri yang tinggi. Keefektifan kloramfenikol sebagai terapi antibiotik juga diakui harganya relatif murah (Yuliana Ayen *et al.*, 2017).

## 2.16. Pengamatan Makroskopik dan Mikroskopik

Makroskopik merupakan pengamatan langsung dengan mata telanjang tanpa memerlukan alat optik seperti mikroskop. Objek-objek makroskopik memiliki ukuran yang besar sehingga detailnya dapat diamati dengan jelas (Shalsyabillah *et al.*, 2023). Mikroskop adalah perangkat yang berfungsi untuk mengamati objek yang tak mampu terlihat dengan mata telanjang. Jenis alat ini yang paling umum ialah mikroskop cahaya, bekerja dengan menggunakan cahaya tampak atau lensa optik. Selain itu, mikroskop elektron yang mana alat ini terbagi menjadi dua jenis, yakni SEM (*scanning electron microscope*) yang berguna menganalisis morfologi permukaan pada sampel dengan daya pembesaran yang tinggi, sedangkan TEM (*transmission electron microscope*) berguna akan struktur dalam sampel mampu diperbesar dengan sangat detail (Shalsyabillah *et al.*, 2023).

## 2.17. *Lactophenol Cotton Blue (LPCB)*

LPCB dipakai sebagai reagen guna mewarnai jamur dalam observasi mikroskopis. Reagen ini terdiri dari kristal fenol, gliserol, air suling, cotton blue, serta asam laktat. *Cotton blue* berperan dalam memberi warna pada jamur, untuk menjaga kondisi fisiologis sel serta mencegahnya menjadi kering menjadi peran gliserol, asam laktat membantu membuat struktur jamur tertahan sekaligus membersihkan jaringannya, sedang sebagai disinfektan menjadi tugas dari fenol (Asali & Natalia, 2018).

## 2.18. Hubungan Jamur Endofit Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dengan Daya Hambat Bakteri

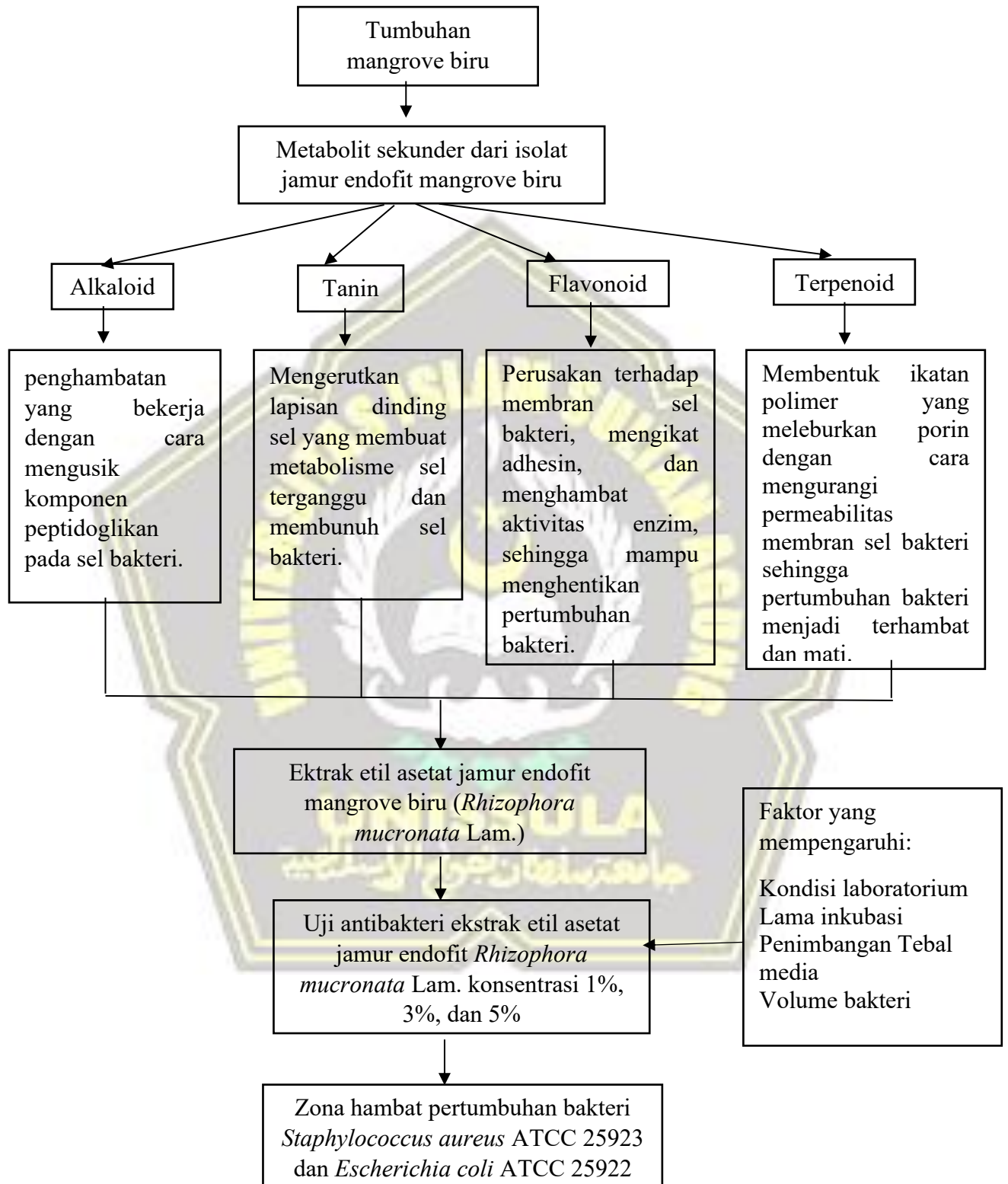
Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) mempunyai kandungan berbagai senyawa, misalnya alkaloid, tanin, flavonoid, dan terpenoid (Nuur et al., 2023). Alkaloid ini beraktivitas sebagai antibakteri, mekanismenya menghambat dengan cara mengganggu peptidoglikan pada sebuah bakteri (Anggaraini et al., 2019). Tanin bekerja dengan dua cincin aromatik yang keduanya terhubung oleh tiga atom karbon. Struktur ini memungkinkan tanin membentuk kompleks dengan protein melalui interaksi hidrofobik, yang mengakibatkan denaturasi ikatan tersebut. Akibatnya, metabolisme sel terganggu dan akhirnya membunuh bakteri (Hidjrawan, 2018). Flavonoid diketahui efektif menghentikan bakteri yang tumbuh dengan cara melakukan kerusakan terhadap dinding dan membran sel bakteri, mengikat adhesin, dan menghambat aktivitas enzim. Struktur yang bertugas untuk menghambat yaitu cincin beta dan gugus -OH (Medeleine Gloriana et al., 2021).

Terpenoid dengan cara melibatkan interaksi dengan porin di area luar dinding sel bakteri, membuat ikatan polimer yang kuat, mengurangi permeabilitas dinding sel sehingga membuat porinnya rusak. Akibatnya, bakteri mengalami mal nutrisi, penghambatan pertumbuhan, hingga akhirnya mati (Dwi Wulansari et al., 2020). Saponin bekerja sebagai antibakteri yaitu dengan cara mendenaturasi protein karena memiliki sifat aktif permukaan yang menyerupai deterjen, sehingga mampu menurunkan tegangan

permukaan dinding sel bakteri dan merusak permeabilitas membran sel. Kerusakan membran sel ini mengganggu kelangsungan hidup bakteri yang kemudian dapat berdifusi ke dalam membran sitoplasma, mengganggu kestabilannya, sehingga menyebabkan kebocoran isi sitoplasma dan berujung pada kematian sel (Intan *et al.*, 2021). Jamur ini mampu membuat senyawa bioaktif yang memiliki karakteristik serupa inangnya. Hal ini terjadi akibat adanya pertukaran genetik antara jamur endofit dan inang. Oleh karena itu, jamur endofit yang ditemukan pada tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) juga berpotensi memiliki aktivitas antibakteri seperti inangnya (Situmorang & Hendri, 2021).

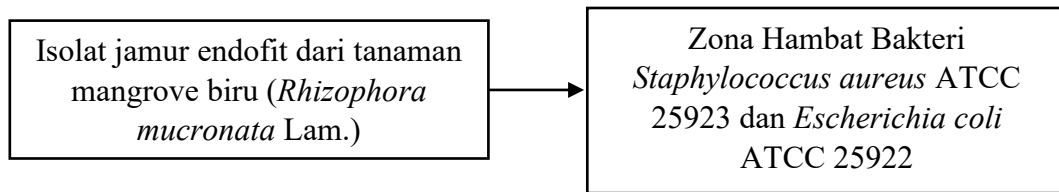


## 2.19. Kerangka Teori



**Gambar 2. 9** Kerangka Teori

## 2.20. Kerangka Konsep



Gambar 2. 10 Kerangka Konsep

## 2.21. Hipotesis

1. Ekstrak etil asetat jamur endofit yang diisolasi dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) mengandung metabolit sekunder berupa alkaloid, tanin, flavonoid, terpenoid, dan saponin.
2. Aktivitas antibakteri ekstrak etil asetat jamur endofit dari tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) memiliki kemampuan dalam menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis serta Rancangan Penelitian**

Penelitian ini termasuk eksperimental laboratorium dengan memakai rancangan *post-test only control group design*.

#### **3.2. Variabel dan Definisi Operasional**

##### **3.2.1. Variabel**

###### **3.2.1.1. Variabel Bebas**

Konsentrasi ekstrak etil asetat dari isolat jamur endofit yang asalnya dari tumbuhan mangrove biru.

###### **3.2.1.2. Variabel Tergantung**

Aktivitas antibakteri jamur endofit dari mangrove biru pada bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 serta pada *Escherichia coli* ATCC 25922.

###### **3.2.1.3. Variabel Kontrol**

Kondisi laboratorium (suhu, kelembapan, cahaya), lama inkubasi, media pertumbuhan bakteri (nutrisi), kontrol negatif (DMSO), kontrol positif (kloramfenikol) penimbangan, tebal media, diameter cawan petri, dan volume bakteri.

### 3.2.2. Definisi Operasional

#### 3.2.2.1. Konsentrasi Ekstrak Etil Asetat Isolat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Isolat jamur endofit yang berada di tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) yaitu zat yang dihasilkan dengan cara memisahkan suatu mikroorganisme dari daun, batang dan akar dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.). Mangrove ini diperoleh dari Pantai Tirang, Kota Semarang sehingga nantinya diperoleh biakan murni. jamur endofit dari tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) diperoleh dengan proses isolasi dengan media *Potato Dextrose Agar* (PDA), karena media PDA mengandung komponen seperti ekstrak kentang dan glukosa agar jamur endofit terpenuhi nutrisinya untuk pertumbuhan lebih optimal. lalu nantinya nantinya dilakukan fermentasi menggunakan media *Solid Rice Medium* (Media Beras Padat), Karena media beras mengandung karbohidrat, protein, serta mineral dan vitamin yang jamur endofit perlukan guna mendukung sintesis metabolit sekundernya (Kusumo *et al.*, 2022; Syamsurridjal *et al.*, 2024). Kemudian setelah diisolasi dan di fermentasi, dilakukan ekstraksi menggunakan proses maserasi dan *rotary evaporator* (Nawea *et al.*, 2017).

Skala: Interval

### 3.2.2.2. Aktivitas Antibakteri dari Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru

Pengujian aktivitas antibakteri ini akan dilakukan dengan menguji bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 serta *Escherichia coli* ATCC 25922. Metode yang digunakan adalah difusi cakram, yang melibatkan tahap persiapan medium agar serta inokulasi bakteri uji yang ditanam di permukaan medium tersebut. Diameter zona hambat pertumbuhan bakteri digunakan sebagai parameter aktivitas antibakteri serta dilakukan pengukuran mempergunakan jangka sorong pada skala rasio dalam satuan milimeter (mm). Parameter yang sesuai apabila terdapat zona bening di sekitar cakram yaitu  $> 6$  mm. Dalam prosesnya menggunakan variasi konsentrasi 1%, 3%, dan 5%, penggunaan konsentrasi yang berbeda memungkinkan untuk membuat perbandingan aktivitas antibakteri yang signifikan, seperti digunakan untuk mengetahui perbedaan zona hambat yang baik. Konsentrasinya yang makin tinggi menyebabkan zona hambatnya pada bakteri makin meluas (Milanda *et al.*, 2021; Alyidrus *et al.*, 2022; Martsiningsih *et al.*, 2023).

Skala: Ordinal

### 3.3. Sampel Penelitian dan Bakteri Uji

#### 3.3.1. Sampel Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan sampel penelitian berupa mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) berumur 5 – 15 tahun yang diperoleh dari Pantai Tirang, Desa Tambakrejo, Tugurejo, Tugu, Kota Semarang. Uji aktivitas antibakteri akan dilakukan memakai jamur endofit yang terisolasi dari mangrove biru.

#### 3.3.2. Bakteri Uji

Uji bakteri yang dilakukan dalam penelitian ini memakai *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 sebagai bakteri gram positif serta *Escherichia coli* ATCC 25922 sebagai bakteri dengan gram negatif.

### 3.4. Instrumen dan Bahan Penelitian

#### 3.4.1. Instrumen Penelitian

Adapun peralatan yang dipakai ialah cawan petri (ANUMBRA<sup>®</sup>; STERIPLAN<sup>®</sup>), Erlenmeyer (PYREX<sup>®</sup>) 500 mL, toples selai ukuran 50 mL, kertas saring *Whatman*, tabung reaksi steril, kapas steril, kertas cakram steril, bunsen, batang pengaduk, tisu, kassa, *cotton bud*, pipet mikro aluminium foil, benang putih, *bubble wrap*, kertas koran, spatel steril, wadah box, botol infus 500 mL, jarum ose, pinset, kertas cakram 6 mm, vortex, *hot plate* (MASPION<sup>®</sup>), *Laminar Air Flow* (LAF) (ESCO<sup>®</sup>), autoklaf sterilizer (HIRAYAMA<sup>®</sup>), autoklaf uap (SHENAN<sup>®</sup>), oven (MEMMERT<sup>®</sup>), timbangan digital (SHIMADZU<sup>®</sup>), *Rotary Evaporator* (HEIDOLPH<sup>®</sup>),

*vacuum pump* (VACUUBRAND®), *waterbath* (MEMMERT®), Inkubator (INCUCCELL®), Spektrofotometer UV- Vis (AGILENT CARRY 60®).

### 3.4.2. Bahan Penelitian

Bahan yang dibutuhkan guna menjalankan riset ini adalah daun, akar, batang dari tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.), Natrium Klorida (NaCl), *Potato Dextrose Agar* (PDA) (MILLIPORE®), *Media Solid Rice*, *Nutrient Agar* (NA) (MERCK®), etil asetat, diametil sulfoksida (DMSO) murni, bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 serta *Escherichia coli* ATCC 25922, larutan Dimetil Sulfoksida (DMSO), kloramfenikol (OXOID®), mayer, wagner, HCl pekat, serbuk Mg, FeCl<sub>3</sub>, *Liebermann-Buchard*, *aquadest* steril, *spiritus*, *yellow tip*, *blue tip*.

## 3.5. Prosedur Penelitian

### 3.5.1 Pengambilan Sampel

Jamur endofit diperoleh melalui isolasi dari jaringan daun, akar, dan batang tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) yang berusia 5–15 tahun. Tanaman ini berasal dari Pantai Tirang, Desa Tambakrejo, Tugurejo, Tugu, Kota Semarang. Sampel berasal dari tanaman dengan kondisi yang bebas hama serta tanpa penyakit. Jaringan tanaman yang telah dikumpulkan kemudian dimasukkan ke plastik steril, disimpan dan dibawa ke laboratorium untuk proses isolasi.

### 3.5.2 Determinasi Tanaman

Determinasi dikerjakan di Laboratorium Biologi Fakultas MIPA, Universitas Diponegoro, Semarang. Proses ini dilakukan dengan menggunakan kunci determinasi yang berisi karakteristik taksonomi khas suatu tanaman. Identifikasi dilakukan dengan cara mencocokkan tiap ciri tanaman dengan pilihan yang tersedia dalam kunci determinasi secara bertahap, hingga diperoleh hasil akhir berupa identitas tanaman yang sesuai.

### 3.5.3 Sterilisasi Alat

Semua peralatan yang dipakai disterilkan kemudian dipastikan kering. Erlenmeyer dan tabung reaksi kemudian dibalut dengan kapas yang terbalut kassa hingga tertutup, selanjutnya dibungkus aluminium foil. Cawan petri disampulkan dengan keras koran. Tiap saluran peralatan kemudian disterilisasi dengan autoklaf selama dua jam dengan suhu 121°C (Wulandari *et al.*, 2021). *Laminar Air Flow* (LAF) turut diberiskan bagian dalamnya terlebih dahulu sehingga steril menggunakan alkohol 70%, kemudian diusap dengan tisu bersih. Setelah itu, lampu UV dinyalakan selama 15-30 menit. Sementara untuk jamur ose serta pinset dibersihkan dengan dipanaskan menggunakan bunsen (Sulistiani *et al.*, 2021).

### 3.5.4 Pembuatan Media

Pembuatan media padat untuk uji antibakteri menggunakan media PDA. Media PDA dibuat dengan menimbang 7 g PDA kemudian dimasukkan ke Erlenmeyer 500 mL serta ditambahkan 500 mL *aquadest*. Diaduk dan

dipanaskan diatas *hot plate*. Erlenmeyer selanjutnya ditutupi kapas serta dibalut tutupnya dengan aluminium foil, berikutnya adalah disteril pada suhu 121°C selama 2 jam dalam autoklaf (Wulandari *et al.*, 2021).

### **3.5.5 Peremajaan Isolat Jamur Endofit**

Kultur murni jamur endofit diperoleh dari koleksi isolat jamur yang telah disimpan selama satu bulan. Isolat jamur dari media agar miring diremajakan pada cawan petri berisi media agar PDA dalam LAF, kemudian selama 5 hingga satu pekan diinkubasi di udara dengan suhu 27-29 °C (Dinni *et al.*, 2020).

### **3.5.6 Pembuatan Media Kultivasi (Media Beras)**

Kultivasi dilakukan dengan menggunakan media beras, dengan perbandingan yaitu 50 g beras, ditambahkan dengan 60 mL *aquadest* di dalam botol kaca 500 mL dibuat total 10 botol untuk 1 jenis jamur endofit. Mulut botol kaca ditutup menggunakan tutup kapas dan aluminium foil yang kemudian disterilkan di dalam autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 15 lbs selama 15 menit. Setelah steril media beras didinginkan terlebih dahulu (Bria *et al.*, 2019).

### **3.5.7 Kultivasi Isolat Jamur Endofit**

Isolat jamur endofit yang telah diremajakan di cawan petri dipotong menjadi bentuk kotak berukuran 0,5 cm × 0,5 cm. Potongan jamur tersebut kemudian dimasukkan sebanyak 1-2 potong ke dalam media beras yang telah disterilisasi menggunakan autoklaf. Selanjutnya, botol kaca ditutup dengan kapas dan aluminium foil, lalu disimpan pada suhu ruangan 25 °C yang telah

diatur sebelumnya. Pertumbuhan jamur diamati selama 3-4 minggu hingga mencapai fase stasioner, di mana populasi jamur endofit mencapai  $10^9$  sel/mL (Bria *et al.*, 2019; Ni Wayan Desi Bintari *et al.*, 2023).

### **3.5.8 Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder dari Jamur Endofit**

Botol kaca yang berisi media beras 50 g dan jamur yang telah dikultivasi, dimaserasi dengan cara merendam biomassa kering dalam pelarut etil asetat dengan rasio 1: 10 (w/v) selama 24 - 48 jam, sambil diaduk sesekali sehingga diperoleh hasil ekstrak etil asetat. Kemudian dipisahkan ekstrak etil asetat dari media kultivasi menggunakan kertas saring *Whatman*. Lalu dilakukan maserasi sampai tiga kali pengulangan. Jika, ekstrak etil asetat masih berwarna setelah maserasi ketiga kalinya, maserasi tetap dilanjutkan sampai warna memudar. Ekstrak etil asetat dikumpulkan kemudian diuapkan dengan *rotary evaporator* 40 °C sampai di dapatkan ekstrak kental etil asetat lalu di panaskan diatas *waterbath* dan ditimbang beratnya (Nawea *et al.*, 2017). Semakin tinggi konsentrasi, maka zona hambat terhadap bakteri akan semakin luas (Alyidrus *et al.*, 2022).

### **3.5.9 Pengujian Fitokimia**

Setelah di dapatkan ekstrak kental, kemudian diujikan fitokimia berupa uji alkaloid, uji flavonoid, uji tanin, dan uji terpenoid. Adapun caranya:

#### **a. Uji Flavonoid**

Uji flavonoid dilakukan dengan menyiapkan 1 mL ekstrak kental etil asetat dari jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.),

kemudian dimasukkan ke dalam plat tetes. Selanjutnya, ditambahkan 1 mL HCl pekat, diikuti dengan penambahan 0,20 gram bubuk Mg. Jika terbentuk warna kuning, jingga, atau merah tua (magenta), maka menunjukkan keberadaan senyawa flavonoid (Dyah Kasitowati *et al.*, 2017).

#### **b. Uji Alkaloid**

Uji alkaloid dilakukan dengan menambahkan 1 mL ekstrak kental etil asetat dari jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) ke dalam plat tetes, kemudian ditambahkan reagen Mayer dan Wagner. Hasil positif pada reagen Mayer ditunjukkan dengan terbentuknya endapan putih, sedangkan reagen Wagner menghasilkan endapan berwarna coklat hingga kuning, yang menandakan keberadaan senyawa alkaloid (Jafar *et al.*, 2020).

#### **c. Uji Tanin**

Uji tanin dilakukan dengan menambahkan 1 mL ekstrak kental etil asetat dari jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) ke dalam plat tetes, lalu ditambahkan beberapa tetes larutan  $\text{FeCl}_3$  1%. Hasil positif ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi biru kehitaman atau hijau kehitaman, yang menandakan keberadaan senyawa tanin (Dyah Kasitowati *et al.*, 2017).

#### **d. Uji Terpenoid**

Uji terpenoid dilakukan dengan menambahkan 1 mL ekstrak kental etil asetat dari jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) ke dalam plat tetes, kemudian ditambahkan beberapa tetes reagen *Liebermann-*

*Buchard*. Keberadaan terpenoid ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi merah atau keunguan (*Akasia et al.*, 2021).

#### e. Uji Saponin

Uji saponin dilakukan dengan menambahkan 5 mL ekstrak etil asetat dari jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) ke dalam tabung reaksi, campurkan sampel dengan 5 mL aquadest, selanjutnya dikocok hingga membentuk busa stabil, kemudian ditambahkan 1 tetes HCl 2N. Terbentuknya saponin ditunjukkan dengan adanya busa yang tetap stabil (*Akasia et al.*, 2021).

#### 3.5.10 Karakterisasi Senyawa Hasil Isolasi

Beberapa karakterisasi yang dilakukan terhadap senyawa hasil isolasi adalah sebagai berikut:

##### a. Pemeriksaan Organoleptis

Pemeriksaan organoleptis dilakukan dengan cara mengamati secara visual bentuk dan warna senyawa hasil isolasi.

##### b. Pemeriksaan rendemen ekstrak

Pemeriksaan ini untuk menentukan persentase berat ekstrak yang dihasilkan dari bahan awal yang di ekstraksi dan juga untuk mengetahui efisiensi proses ekstraksi yang dilakukan dengan rumus :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat akhir (berat ekstrak yang dihasilkan)}}{\text{Berat awal (berat biomassa sel yang digunakan)}} \times 100\%$$

##### c. Pemeriksaan golongan kimia senyawa hasil isolasi

- Uji alkaloid

Pengujian golongan alkaloid dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan reagen mayer dan wagner. Reaksi dinyatakan positif mengandung alkaloid apabila terbentuk endapan putih pada reagen mayer serta adanya endapan coklat ataupun kuning.

- Uji flavonoid

Pengujian ini dilakukan dengan membuat sampel mereaksi dengan HCl pekat dan bubuk Mg. Reaksi berwarna kuning, magenta, ataupun jika maka dinyatakan flavonoidnya yang terkandung positif.

- Uji Tanin

Pengujian golongan tanin dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan  $\text{FeCl}_3$  1%. Reaksi dinyatakan positif mengandung tanin apabila terbentuk warna biru kehitaman atau hijau kehitaman.

- Uji Terpenoid

Pengujian golongan terpenoid dilakukan dengan mereaksikan sampel dengan reagen *Liebermann-Buchard*. Reaksi dinyatakan positif mengandung terpenoid apabila terbentuk warna merah atau keunguan.

- Uji Saponin

Pengujian saponin dilakukan dengan mencampurkan sampel dengan 5 mL aquadest, selanjutnya dikocok hingga membentuk busa stabil, kemudian ditambahkan 1 tetes HCl 2N. Reaksi dinyatakan positif mengandung saponin apabila terbentuk busa yang tetap stabil.

### 3.5.11 Pengujian Aktivitas Antibakteri

#### a. Sterilisasi alat (seperti poin 3.5.3)

#### b. Pembuatan media *Nutrient Agar* (NA)

Media NA terdiri dari 4g NA dilarutkan ke 250 mL aquadest dalam wadah. Larutan kemudian dipanaskan dengan *hot plate* sampai seluruhnya larut. Setelah itu, media yang telah larut disterilkan ke autoklaf dengan suhu 121°C selama 15 menit memakain tekanan 1 atm. Setelah proses sterilisasi, kemudian media NA dituang ke Erlenmeyer yang sudah steril dan ditutup dengan kapas (Susanti *et al.*, 2022).

#### c. Peremajaan Bakteri Uji

Peremajaan bakteri ini dari uji kultur murni pada media agar miring NA, caranya adalah dengan menggores satu ose biakan bakteri di atas agar miring, kemudian didiamkan dengan suhu 37°C selama 18 hingga satu hari. *Optical Density* (OD) bakteri uji ditentukan memakai spektrofotometer UV-Vis panjang gelombangnya 625 nm ( $\lambda = 625$  nm) untuk mengukur absorbansinya. Nilai OD bakteri yang berkisar antara 0,3–0,4 menunjukkan bahwa bakteri berada dalam fase eksponensial (Ayu *et al.*, 2021; Handayani & Hilda Putri, 2023).

#### d. Pembuatan Suspensi Bakteri

Penyiapan suspensi bakteri memerlukan 1-2 ose koloni bakteri yang kemudian disuspensikan ke dalam tabung reaksi steril dengan turut diisi larutan NaCl fisiologis 0,9%. Suspensi tersebut divorteks hingga tercampur

secara homogen. Kekeruhan larutan diukur hingga mencapai nilai absorbansi yang sesuai dengan standar McFarland 0,5 rentangnya yakni 0,08-0,10 setara dengan bakteri yang berjumlah sekitar  $1,5 \times 10^8$  CFU/mL (Anggraeni *et al.*, 2020; Hasan Basri *et al.*, 2021).

#### e. Penyiapan Sampel Uji

Konsentrasi sampel yang digunakan adalah 1%, 3%, dan 5%. Adapun cara penyiapan sampel dimulai dengan menimbang berat sampel (berat toples berisi sampel dikurang dengan berat toples kosong). Untuk menghitung berapa banyak DMSO yang akan digunakan dapat dihitung dengan rumus:

$$\% = \frac{\text{gram}}{\text{mL}} = \frac{\text{berat sampel}}{x}$$

Keterangan:

x = jumlah DMSO yang ditambahkan

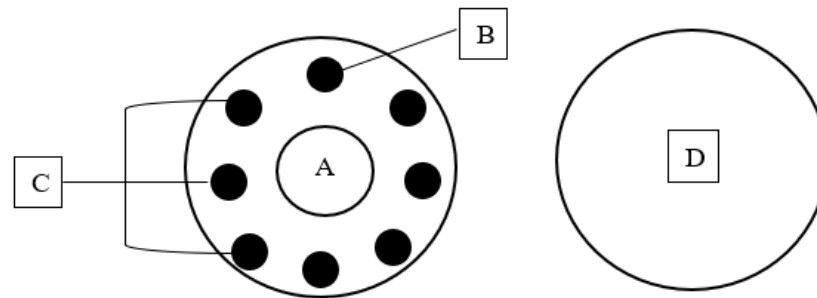
Sehingga didapatkan jumlah DMSO yang ditambahkan, yaitu konsentrasi 1% sejumlah 2000  $\mu$ L, konsentrasi 3% sejumlah 600  $\mu$ L, dan konsentrasi 5% sejumlah 400  $\mu$ L (Lampiran 10).

#### f. Pembuatan Larutan Kloramfenikol

Kontrol positif memerlukan antibiotik kloramfenikol murni yang diciptakan dengan melarutkan 0,003  $\mu$ L kloramfenikol dalam 1 mL aquadest steril, kemudian dihomogenkan (Yuliana Ayen *et al.*, 2017).

#### **g. Pengujian Terhadap Bakteri**

Aktivitas antibakteri diuji dengan cara difusi agar di dalam LAF. Sebanyak 15 mL media NA steril dituangkan ke cawan petri serta didiamkan sampai akhirnya memadat. Setelah itu, 100  $\mu$ L suspensi bakteri uji dipipet menggunakan mikropipet dan diteteskan ke permukaan media agar. Penyebaran bakteri dilakukan dengan mengusap cotton bud steril ke area permukaan media secara keseluruhan dengan merata gerakan ke kiri dan ke kanan, sambil memutar cawan petri sebesar 90°. Selanjutnya, 10  $\mu$ L larutan uji dengan konsentrasi 1%, 3%, dan 5% diteteskan ke kertas cakram steril (6mm) kemudian diletakkan di permukaan media NA yang sudah diberi tanda sebelumnya secara aseptik. Kontrol negatif menggunakan kertas cakram steril yang diteteskan 10  $\mu$ L DMSO, sedangkan kontrol positif menggunakan kloramfenikol dengan konsentrasi 30  $\mu$ L/cakram. Inkubasi dilakukan selama 18 – 24 jam dengan suhu 37 °C. Setelah proses tersebut, kemudian sekitar cakram diamati pertumbuhan bakterinya dan zona beningnya sebagai indikator aktivitas antibakteri. Diameter zona hambat diukur memakai jangka sorong (mm). Untuk mendapatkan hasil yang akurat, pengujian dilakukan dalam tiga replikasi (Yuliana Ayen *et al.*, 2017). Ilustrasi cawan petri untuk pengujian aktivitas antibakteri seperti pada gambar:



**Gambar 3. 1** Ilustrasi cawan petri untuk uji aktivitas antibakteri dan kontrol media

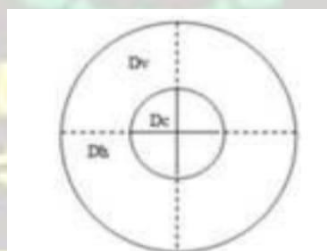
A : Kontrol positif

B : Kontrol negatif

C : Konsentrasi ekstrak etil asetat jamur endofit Mangrove Biru  
(*Rhizophora mucronata* Lam.) 5%

D : Kontrol media

Cara mengukur diameter daya hambat digambarkan pada gambar berikut dan dihitung menggunakan rumus:



**Gambar 3. 2** Pengukuran diameter daya hambat

$$\frac{(Dh - Dc) + (Dv - Dc)}{2}$$

Keterangan:

Dv : Diameter vertikal

Dh : Diameter horizontal

Dc : Diameter cakram

#### **h. Penentuan Konsentrasi Hambat Minimum (KHM)**

KHM merupakan konsentrasi ekstrak terendah yang mampu membuat bakteri terhambat pertumbuhannya setelah didiami dengan inkubasi selama satu hari. KHM ditentukan dengan mengambil seluruh kelompok perlakuan yang sudah diinkubasi, kemudian tiap tabung dengan konsentrasi berbeda divorteks dan diamati secara visual. Konsentrasi terendah di mana bahan uji mulai mengalami kejernihan tanpa adanya kekeruhan, hal ini dianggap sebagai KHM (Warella *et al.*, 2021; Rabbana *et al.*, 2023).

#### **i. Penentuan Konsentrasi Bunuh Minimum (KBM)**

Penentuan KBM dengan mengambil sampel larutan pada konsentrasi 1%, 3%, dan 5% dari Konsentrasi Hambat Minimum (KHM). Sebanyak 0,1 mL sampel ditetaskan ke dalam cawan petri berisi 15 mL *Nutrient Agar* (NA) dan diratakan menggunakan cotton bud steril. Selanjutnya, cawan diinkubasi pada suhu 37°C selama 24 jam. Konsentrasi bahan uji yang mampu membunuh bakteri ditentukan berdasarkan jumlah koloni yang terbentuk. Jika koloni tampak melebar, dihitung sebagai satu koloni, sedangkan dua koloni yang bersentuhan tetap dianggap sebagai dua koloni. Konsentrasi terendah yang mampu membunuh bakteri sepenuhnya dinyatakan sebagai Konsentrasi Bunuh Minimum. Perhitungan jumlah koloni dilakukan menggunakan alat penghitung koloni 2023 (Rabbana *et al.*, 2023).

### 3.5.12 Pengujian Makroskopik dan Mikroskopik

#### a. Uji Makroskopik

Uji makroskopik dilakukan dengan atau tanpa bantuan kaca pembesar untuk mengamati karakteristik jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.). Pengamatan mencakup warna, bentuk, aroma, dan tekstur jamur (Shalsyabillah *et al.*, 2023).

#### b. Uji Mikroskopik

Uji mikroskopik dilakukan dengan menempatkan serbuk atau hifa jamur endofit di atas objek glass, kemudian ditetes dengan *Lactophenol Cotton Blue* (LPCB). Setelah itu, ditutup dengan *cover glass* kemudian diamati memakai mikroskop dengan pembesaran 100x untuk mengidentifikasi struktur umum seperti hifa/miselium, spora, dan konidia (Shalsyabillah *et al.*, 2023).

### 3.5.13 Identifikasi Jamur Endofit

Identifikasi jamur endofit diambil dari hasil antibakteri yang terbesar. Isolasi DNA dari koloni sel yeast atau miselium jamur dan amplifikasi PCR dilakukan secara bersamaan menggunakan Kit direct PCR (KOD FX Neo, Toyobo) mengikuti protokol Kit tersebut, mesin PCR yang digunakan adalah mastercycler personal merk Eppendorf dengan menggunakan primer universal Primer F:NL-1 (F)/Sequence: GCA TAT CAA TAA GCG GAG GAA AAG dan Primer R: NL-4/Sequence: GGT CCG TGT TTC AAG ACG G. Proses Purifikasi PCR Product, siklus sekuensing sampai dengan pembacaan urutan basa nitrogen diperoleh dari PT. Genetika Science. Data

mentah hasil sekuensing selanjutnya di edit menggunakan program BioEdit. Data sekuens yang telah di edit selanjutnya di Blast dengan data genom yang telah didaftarkan di NCBI (National Center for Biotechnology Information) guna menentukan takson/ spesies yang memiliki *homology/ similarity* terbesar dan terdekat secara molekuler.

### 3.6. Tempat dan Waktu Penelitian

#### 3.6.1. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium Fakultas Farmasi UNISSULA serta laboratorium Biologi Fakultas MIPA Universitas Diponegoro.

#### 3.6.2. Waktu

**Tabel 3. 1** Tabel Waktu Penelitian

No.	Jenis Kegiatan	Periode Waktu
1.	Penyiapan sampel, determinasi tanaman, dan isolasi jamur endofit mangrove biru ( <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.).	Februari – April 2024
2.	Kultivasi jamur endofit pada <i>medium solid rice</i> (media beras padat) dan penyusunan proposal.	Mei 2024
3.	Ekstraksi maserasi dan rotary evaporasi.	Juni – Juli 2024

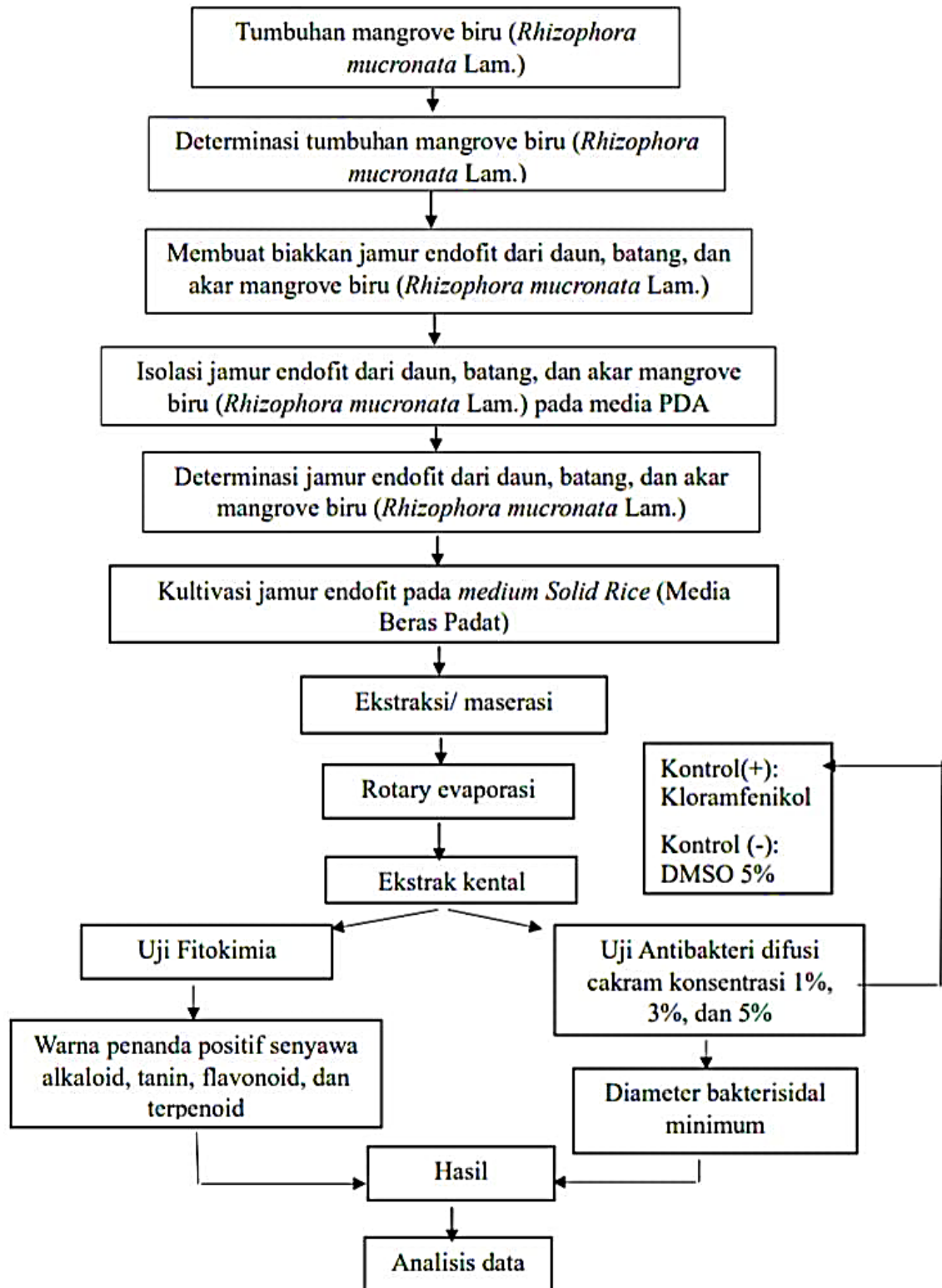
4.	Uji Fitokimia, Uji antibakteri, Uji makroskopik, dan Uji mikroskopik.	Agustus – Oktober 2024
5.	Identifikasi Jamur endofit dan penyusunan laporan hasil,	November 2024

### 3.7. Analisis Data

Analisis data memakai metode deskriptif serta statistik. Data yang dikumpulkan berupa kualitatif dan kuantitatif.

1. Analisis data kualitatif berupa data hasil jumlah isolat jamur, rendemen ekstrak, organoleptis ekstrak, dan uji fitokimia masing-masing dipaparkan secara runut memakai gambar bagi jumlah isolat dan karakteristik morfologi jamur endofit, rendemen ekstrak disajikan dalam bentuk tabel berdasarkan standar rendemen yang baik, organoleptis ekstrak berupa warna serta aroma, dan uji kandungan fitokimia berupa perubahan warna khas dari alkaloid, tanin, serta flavonoid disajikan dalam bentuk gambar.
2. Analisis data kuantitatif dilakukan terhadap hasil daya hambat bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 serta *Escherichia coli* ATCC 25922. Pengujian normalitas menggunakan metode *Shapiro-Wilk*, sedangkan uji homogenitas menggunakan *Levene Test*. Apabila tak terdistribusi normal datanya dan tidak homogen ( $p < 0,05$ ), analisis selanjutnya dilakukan secara non-parametrik menggunakan uji *Kruskal-Wallis*, yang kemudian dilanjutkan dengan diuji memakai *Mann-Whitney* guna mendapati beda antara masing-masing konsentrasi yang digunakan.

### 3.8. Alur Penelitian



Gambar 3. 3 Alur Penelitian

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Penelitian

##### 4.1.1 Determinasi Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Determinasi tanaman dikerjakan di Laboratorium Fakultas MIPA Universitas Diponegoro guna mendapati kebenaran identitas sampel yaitu mangrove biru yang diperoleh dari daerah Pantai Tirang. Temuan yang didapat dari determinasi terpapar pada Lampiran 1 dengan menunjukkan hasil identifikasi:

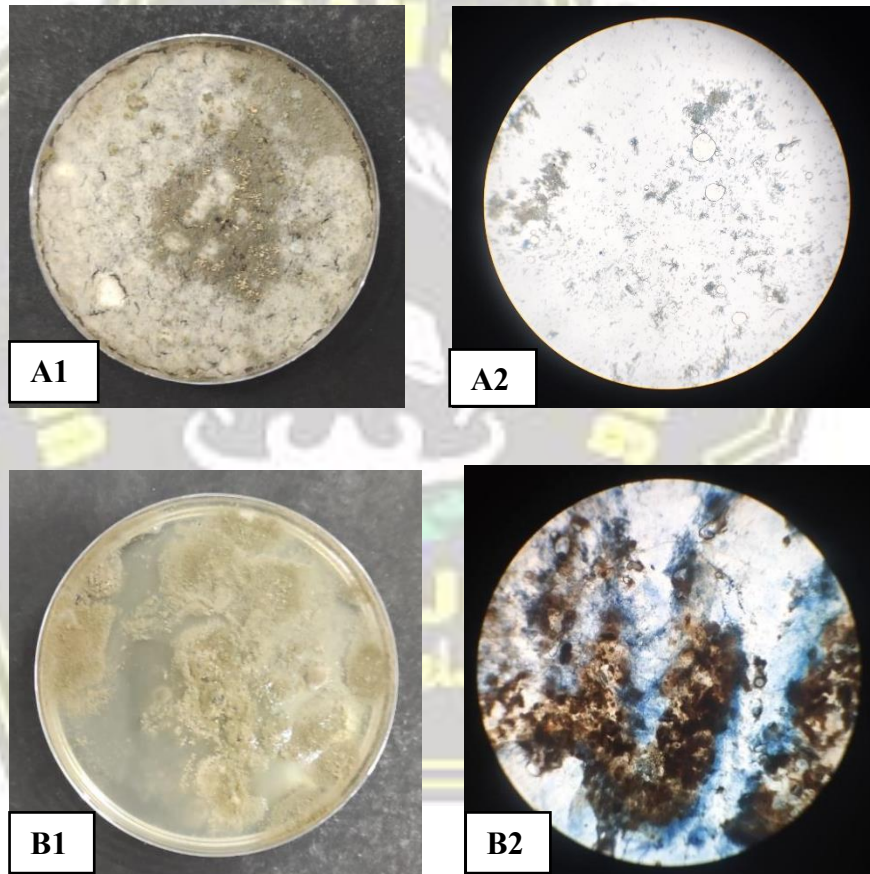


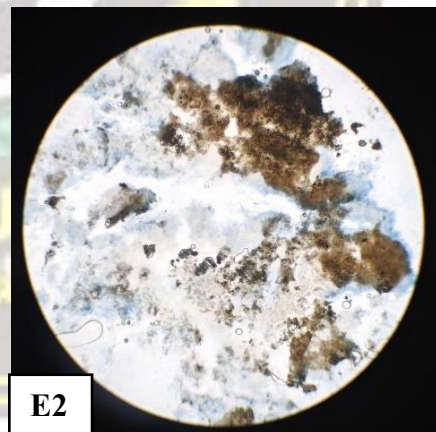
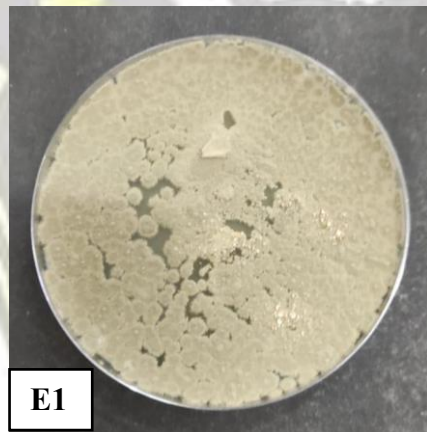
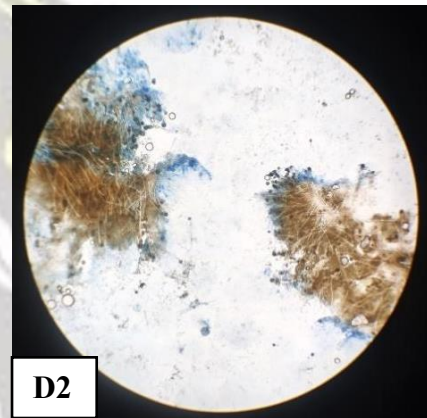
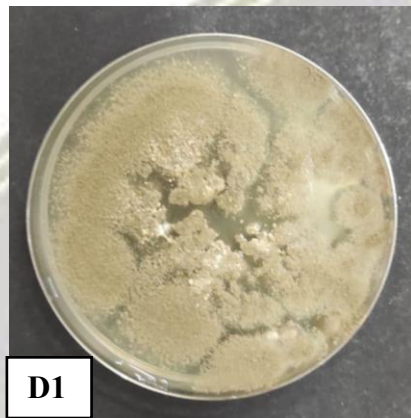
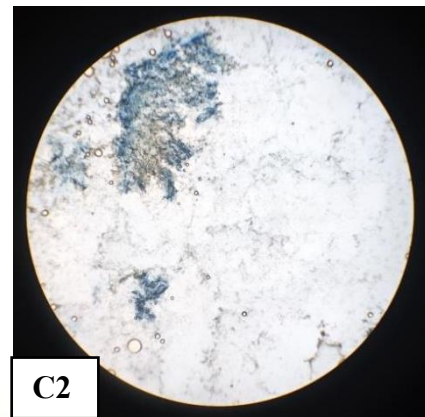
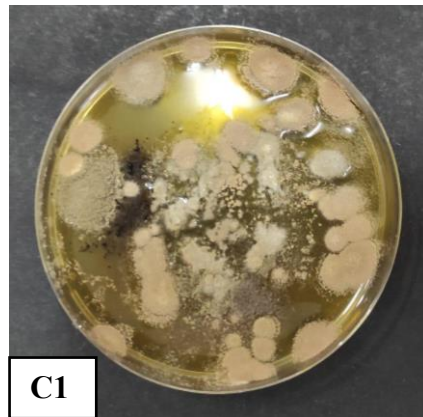
Kingdom	: Plantae
Sub kingdom	: Tracheobionta
Super divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Sub kelas	: Rosiidae
Ordo	: Myrtales
Famili	: Rhizophoraceae
Genus	: <i>Rhizophora</i>
Species	: <i>Rhizophora mucronata</i> Lam.

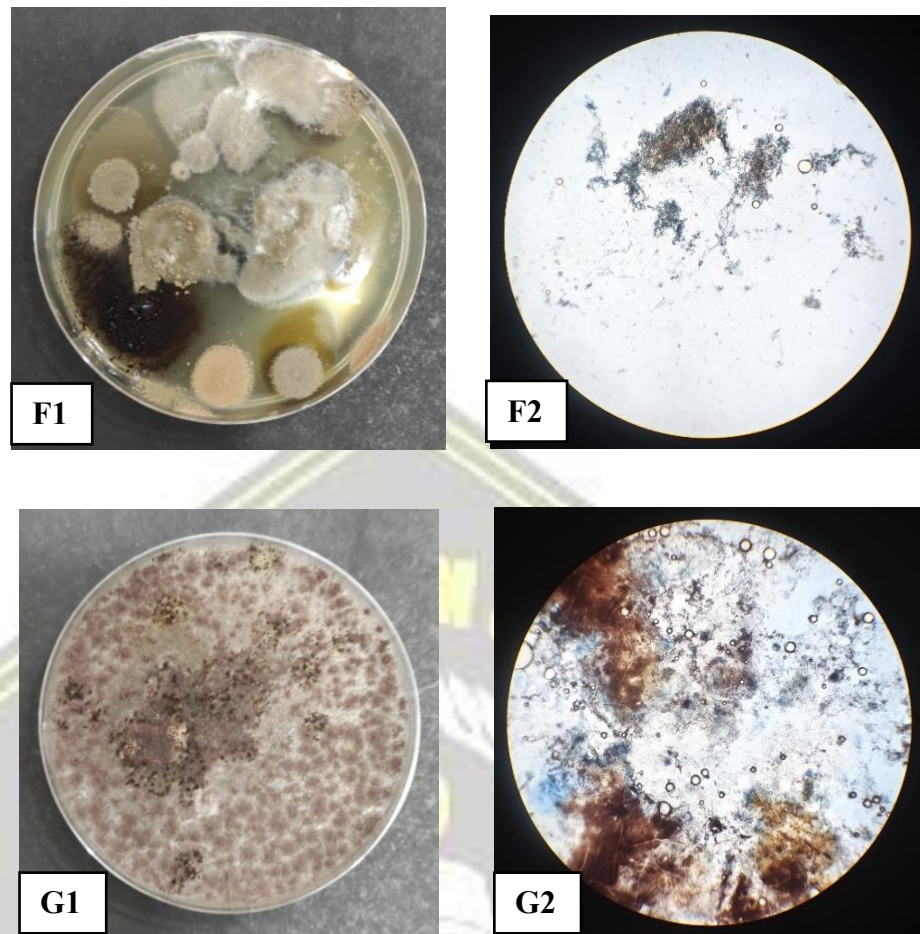
Nama daerah : Bakau biru, Bakau, Mangrove

#### 4.1.2 Isolat Jamur Endofit dari Mangrove Biru

Isolasi jamur endofit yang asalnya dari mangrove biru yang didapat dari daerah Pantai Tirang, Kota Semarang. Pada penelitian tersebut telah menghasilkan tujuh jamur endofit tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dengan karakteristik secara makroskopis dan mikroskopis tersaji pada gambar 4.1.







**Gambar 4. 1** Karakteristik Makroskopis Isolat Jamur Endofit Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dan Mikroskopis Isolat Jamur Endofit Perbesaran 100x (*Rhizophora mucronata* Lam.)

**Tabel 4. 1** Hasil Makroskopis Isolat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Kode Isolat	Pengamatan Makroskopis		
	Warna Tepi	Warna pigmentasi	Tekstur
A1 (Isolat Jamur Endofit RM 1)	Abu-abu kecoklatan	Abu-abu	Beludru
B1 (Isolat Jamur Endofit RM 2)	Kecoklatan	Hijau	Berpasir
C1 (Isolat Jamur Endofit RM 3)	Coklat kekuningan	Coklat muda	Beludru
D1 (Isolat Jamur Endofit RM 4)	Abu-abu	Hijau muda	Berpasir
E1 (Isolat Jamur Endofit RM 5)	Abu-abu	Abu-abu tua	Beludru
F1 (Isolat Jamur Endofit RM 6)	Abu-abu kehitaman	Coklat kemerahan	Beludru
G1 (Isolat Jamur Endofit RM 7)	Hitam pekat	Hitam pekat	Berpasir

**Tabel 4. 2** Hasil Mikroskopis Perbesaran 100x Isolat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Kode Isolat	Pengamatan Mikroskopis Perbesaran 100x			
	Konidia	Konidiofor	Hifa	Sporangia
A2 (Isolat Jamur Endofit RM 1)	Elips	Pendek	Bersepta	Bulat
B2 (Isolat Jamur Endofit RM 2)	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Bulat
C2 (Isolat Jamur Endofit RM 3)	Bulat	Pendek	Bersepta	Bulat
D2 (Isolat Jamur Endofit RM 4)	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Bulat
E2 (Isolat Jamur Endofit RM 5)	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Bulat
F2 (Isolat Jamur Endofit RM 6)	Bulat	Pendek	Bersepta	Bulat
G2 (Isolat Jamur Endofit RM 7)	Elips	Pendek	Bersepta	Bulat

**Keterangan:**

**RM 1** : Isolat jamur endofit 1 mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

**RM 2** : Isolat jamur endofit 2 mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

**RM 3**: Isolat jamur endofit 3 mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

**RM 4** : Isolat jamur endofit 4 mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

**RM 5** : Isolat jamur endofit 5 mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

**RM 6** : Isolat jamur endofit 6 mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

**RM 7** : Isolat jamur endofit 7 mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

**4.1.3 Hasil Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit dari Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)**

Metode maserasi digunakan dalam proses ekstraksi. Jamur endofit dari daerah Pantai Tirang yang telah di maserasi menghasilkan ekstrak kental seperti yang tertera dalam (Lampiran 6) dan tersaji pada Tabel 4.3.

**Tabel 4. 3** Tabel 4. 3 Hasil Ekstrak Kental dan Rendemen Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

No.	Kode Ekstrak	Berat Jamur Endofit (gram)	Ekstrak kental (mL)	Rendemen (%)	Ket. (Badriyah <i>et al.</i> , 2022)
1.	RM 1	500	61,15	12, 23	Memenuhi standar $\geq 10\%$
2.	RM 2	500	61,85	12, 37	Memenuhi standar $\geq 10\%$
3.	RM 3	500	65,02	13, 1	Memenuhi standar $\geq 10\%$
4.	RM 4	500	62,70	12, 54	Memenuhi standar $\geq 10\%$
5.	RM 5	500	61,86	12, 37	Memenuhi standar $\geq 10\%$
6.	RM 6	500	56,93	11, 38	Memenuhi standar $\geq 10\%$
7.	RM 7	500	57,42	11, 48	Memenuhi standar $\geq 10\%$

Ekstrak asetat jamur endofit mangrove biru dari daerah Pantai Tirang dilakukan karakterisasi berupa uji organoleptis warna dan aroma. Hasil organoleptis dari ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (Lampiran 8) dan tersaji pada tabel berikut.

**Tabel 4. 4** Karakterisasi Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

No.	Kode Ekstrak	Warna	Aroma
1.	RM 1	Merah kecoklatan	Khas Jamur Endofit Mangrove Biru
2.	RM 2	Merah kecoklatan	Khas Jamur Endofit Mangrove Biru
3.	RM 3	Coklat muda	Khas Jamur Endofit Mangrove Biru
4.	RM 4	Coklat kekuningan	Khas Jamur Endofit Mangrove Biru
5.	RM 5	Merah kecoklatan	Khas Jamur Endofit Mangrove Biru
6.	RM 6	Coklat muda	Khas Jamur Endofit Mangrove Biru
7.	RM 7	Hijau Tua	Khas Jamur Endofit Mangrove Biru

#### 4.1.4 Hasil Uji Skrining Fitokimia Metabolit Sekunder

Skrining fitokimia dilaksanakan untuk memastikan keberadaan senyawa bioaktif yang terdapat di dalam ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.). Hasil skrining dipaparkan pada tabel berikut (Lampiran 9).

**Tabel 4. 5 Uji Skrining Fitokimia Metabolit Sekunder**

No.	Kode Ekstrak	Uji Komponen Senyawa					
		Alkaloid		Tanin	Flavonoid	Terpenoid	Saponin
		Mayer	Wagner				
1.	RM 1	-	+	-	+	+	-
2.	RM 2	-	+	-	+	+	-
3.	RM 3	-	-	-	+	-	-
4.	RM 4	-	-	-	+	-	-
5.	RM 5	-	+	-	+	+	-
6.	RM 6	-	-	-	+	-	-
7.	RM 7	-	+	+	+	+	-

**Keterangan:**

(+) : positif mengandung senyawa metabolit sekunder

(-) : Tidak mengandung senyawa metabolit sekunder

Hasil uji fitokimia yang dikerjakan didapati adanya kandungan alkaloid, flavonoid, terpenoid, serta tanin. Keberadaan senyawa tersebut ditandai dengan perubahan warna yang terjadi selama pengujian.

#### 4.1.5 Hasil Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)

Uji pada aktivitas antibakteri diujikan pada bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 serta pada *Escherichia coli* ATCC 25922 dengan cara difusi cakram. Zona hambatnya diukur menggunakan jangka sorong. Hasil rata-rata diameter daya hambat ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dilakukan berdasarkan 3 replikasi.

#### 4.1.5.1 Pengukuran Daya Hambat *Staphylococcus aureus*

Daya hambat ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 tersaji dalam tabel berikut (Lampiran 12).

**Tabel 4. 6** Hasil Diameter Daya Hambat Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) pada bakteri *Staphylococcus aureus*

No.	Perlakuan	Ekstrak	Diameter Zona Hambat <i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923 (mm) Rata-rata ± SD	Kategori
1.	Konsentrasi 1%	RM 1	0,31 ± 0,28	Lemah
		RM 2	0,16 ± 0,26	Lemah
		RM 3	1,56 ± 2,31	Lemah
		RM 4	1,70 ± 2,69	Lemah
		RM 5	1,57 ± 2,47	Lemah
		RM 6	0,40 ± 0,55	Lemah
		RM 7	0,38 ± 0,09	Lemah
2.	Konsentrasi 3%	RM 1	2,17 ± 2,29	Lemah
		RM 2	2,78 ± 0,89	Lemah
		RM 3	1,10 ± 1,10	Lemah
		RM 4	0,46 ± 0,50	Lemah
		RM 5	2,99 ± 2,19	Lemah
		RM 6	1,68 ± 2,62	Lemah
		RM 7	3,11 ± 0,63	Lemah
3.	Konsentrasi 5%	RM 1	1,51 ± 1,31	Lemah
		RM 2	4,52 ± 1,61	Lemah
		RM 3	4,16 ± 0,97	Lemah
		RM 4	1,23 ± 2,06	Lemah
		RM 5	4,34 ± 1,91	Lemah
		RM 6	3,12 ± 1,65	Lemah
		RM 7	5,80 ± 2,36	Lemah
4.	Kontrol Positif (Kloramfenikol)	-	26,80 ± 14,34	Sangat kuat
5.	Kontrol Negatif (DMSO)	-	0	Tidak ada

Tabel 4.5 ditunjukkan besaran daya hambat ekstrak pada bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 26923 yang didapati bahwa pada

bakteri terjadi hambatan dengan daya hebat. Hasil daya hambat dianalisis dengan uji statistik guna mendapati apakah terdapat beda pada daya hambat dari perlakuan yang telah diberikan. Langkah pertama yang dilakukan yaitu uji normalitas serta homogenitasnya. Hasil uji normalitas diperoleh data yang tak terdistribusi normal dengan nilai signifikansi  $p < 0,05$  sebagaimana yang terpapar pada tabel berikut (Lampiran 15).

**Tabel 4. 7** Hasil Uji Statistik *Shapiro Wilk*

	<b>Kelompok</b>	<b>Nilai P</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Shapiro Wilk</i>	RM 1 konsentrasi 1%	0,663	Normal
	RM 1 konsentrasi 3%	0,229	Normal
	RM 1 konsentrasi 5%	0,346	Normal
	RM 2 konsentrasi 1%	0,363	Normal
	RM 2 konsentrasi 3%	0,032	Tidak normal
	RM 2 konsentrasi 5%	0,478	Normal
	RM 3 konsentrasi 1%	0,083	Normal
	RM 3 konsentrasi 3%	0,217	Normal
	RM 3 konsentrasi 5%	0,288	Normal
	RM 4 konsentrasi 1%	0,050	Normal
	RM 4 konsentrasi 3%	0,500	Normal
	RM 4 konsentrasi 5%	0,005	Tidak normal
	RM 5 konsentrasi 1%	0,043	Tidak normal
	RM 5 konsentrasi 3%	0,131	Normal
	RM 5 konsentrasi 5%	0,190	Normal
	RM 6 konsentrasi 1%	0,018	Tidak normal
	RM 6 konsentrasi 3%	0,004	Tidak normal
	RM 6 konsentrasi 5%	0,243	Normal
	RM 7 konsentrasi 1%	0,071	Normal
	RM 7 konsentrasi 3%	0,728	Normal
RM 7 konsentrasi 5%	0,972	Normal	
	Kontrol positif (Kloramfenikol)	0,155	Normal
	Kontrol negatif (DMSO 5%)	0,000	Tidak normal

Hasil uji homogenitas menggunakan *Levene' test* didapati nilai yang tidak homogen, yakni signifikansi  $p < 0,05$  (tabel 4.8).

**Tabel 4. 8** Hasil Uji statistik *Levene's test*

Nilai sig.	Standar sig.	Keterangan
0,000	> 0,05	Tidak homogen

Data yang tak normal serta tak homogen dilakukan uji hipotesis non parametrik memakai *Kuskal Wallis*. Hasil pengujiannya terpapar pada tabel 4.9 menjelaskan bahwa uji aktivitas ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) terhadap *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 memiliki perbedaan bermakna antar kelompok.

**Tabel 4. 9** Hasil Pengujian Kruskal Wallis

Nilai sig.	Standar sig.	Keterangan
0,003	< 0,05	Terdapat perbedaan bermakna

Uji statistik selanjutnya yang dilakukan adalah uji lanjut *Mann Whitney* guna didapati perbedaan pada tiap-tiap konsentrasi yang digunakan. Hasil dikatakan perbedaan bermakna apabila  $p \leq 0,05$  jika  $p > 0,05$  sehingga perbedaannya tak bermakna secara statistik. Adapun hasil pengujiannya dipaparkan berikut.

**Tabel 4. 10** Hasil Uji Lanjut *Mann Whitney*

<b>Kelompok</b>	<b><i>p</i></b>	<b>Keterangan</b>
1 dan 2	0,513	Tidak signifikan
1 dan 3	0,513	Tidak signifikan
1 dan 4	0,827	Tidak signifikan
1 dan 5	0,827	Tidak signifikan
1 dan 6	0,827	Tidak signifikan
1 dan 7	0,827	Tidak signifikan
1 dan 22	0,050*	Signifikan
1 dan 23	0,037*	Signifikan
2 dan 3	0,376	Tidak signifikan
2 dan 4	0,513	Tidak signifikan
2 dan 5	0,513	Tidak signifikan
2 dan 6	0,513	Tidak signifikan
2 dan 7	0,513	Tidak signifikan
2 dan 22	0,050*	Signifikan
2 dan 23	0,037*	Signifikan
3 dan 4	0,827	Tidak signifikan
3 dan 5	0,827	Tidak signifikan
3 dan 6	0,275	Tidak signifikan
3 dan 7	0,275	Tidak signifikan
3 dan 22	0,050*	Signifikan
3 dan 23	0,037*	Signifikan
4 dan 5	0,827	Tidak signifikan
4 dan 6	0,658	Tidak signifikan
4 dan 7	0,513	Tidak signifikan
4 dan 22	0,050*	Signifikan
4 dan 23	0,037*	Signifikan
5 dan 6	0,376	Tidak signifikan
5 dan 7	0,376	Tidak signifikan
5 dan 22	0,050*	Signifikan
5 dan 23	0,037*	Signifikan
6 dan 7	0,658	Tidak signifikan
6 dan 22	0,050*	Signifikan
6 dan 23	0,037*	Signifikan
7 dan 22	0,050*	Signifikan
7 dan 23	0,037*	Signifikan
8 dan 9	0,513	Tidak signifikan
8 dan 10	0,513	Tidak signifikan

8 dan 11	0,127	Tidak signifikan
8 dan 12	0,275	Tidak signifikan
8 dan 13	0,275	Tidak signifikan
8 dan 14	0,513	Tidak signifikan
8 dan 22	0,050*	Signifikan
8 dan 23	0,037*	Signifikan
9 dan 10	0,275	Tidak signifikan
9 dan 11	0,050*	Signifikan
9 dan 12	0,513	Tidak signifikan
9 dan 13	0,513	Tidak signifikan
9 dan 14	0,513	Tidak signifikan
9 dan 22	0,050*	Signifikan
9 dan 23	0,037*	Signifikan
10 dan 11	0,275	Tidak signifikan
10 dan 12	0,275	Tidak signifikan
10 dan 13	0,513	Tidak signifikan
10 dan 14	0,050*	Signifikan
10 dan 22	0,050*	Signifikan
10 dan 23	0,037*	Signifikan
11 dan 12	0,050*	Signifikan
11 dan 13	0,827	Tidak signifikan
11 dan 14	0,050*	Signifikan
11 dan 22	0,050*	Signifikan
11 dan 23	0,037*	Signifikan
12 dan 13	0,275	Tidak signifikan
12 dan 14	0,513	Tidak signifikan
12 dan 22	0,050*	Signifikan
12 dan 23	0,037*	Signifikan
13 dan 14	0,513	Tidak signifikan
13 dan 22	0,050*	Signifikan
13 dan 23	0,037*	Signifikan
14 dan 22	0,050*	Signifikan
14 dan 23	0,037*	Signifikan
15 dan 16	0,050*	Signifikan
15 dan 17	0,050*	Signifikan
15 dan 18	0,000*	Signifikan
15 dan 19	0,127	Tidak signifikan
15 dan 20	0,513	Tidak signifikan
15 dan 21	0,050*	Signifikan

15 dan 22	0,050*	Signifikan
15 dan 23	0,037*	Signifikan
16 dan 17	0,513	Tidak signifikan
16 dan 18	0,127	Tidak signifikan
16 dan 19	0,827	Tidak signifikan
16 dan 20	0,127	Tidak signifikan
16 dan 21	0,275	Tidak signifikan
16 dan 22	0,050*	Signifikan
16 dan 23	0,037*	Signifikan
17 dan 18	0,127	Tidak signifikan
17 dan 19	0,513	Tidak signifikan
17 dan 20	0,513	Tidak signifikan
17 dan 21	0,275	Tidak signifikan
17 dan 22	0,050*	Signifikan
17 dan 23	0,037*	Signifikan
18 dan 19	0,127	Tidak signifikan
18 dan 20	0,275	Tidak signifikan
18 dan 21	0,127	Tidak signifikan
18 dan 22	0,050*	Signifikan
18 dan 23	0,037*	Signifikan
19 dan 20	0,275	Tidak signifikan
19 dan 21	0,275	Tidak signifikan
19 dan 22	0,050*	Signifikan
19 dan 23	0,037*	Signifikan
20 dan 21	0,127	Tidak signifikan
20 dan 22	0,050*	Signifikan
20 dan 23	0,037*	Signifikan
21 dan 22	0,050*	Signifikan
21 dan 23	0,037*	Signifikan

**Keterangan:**

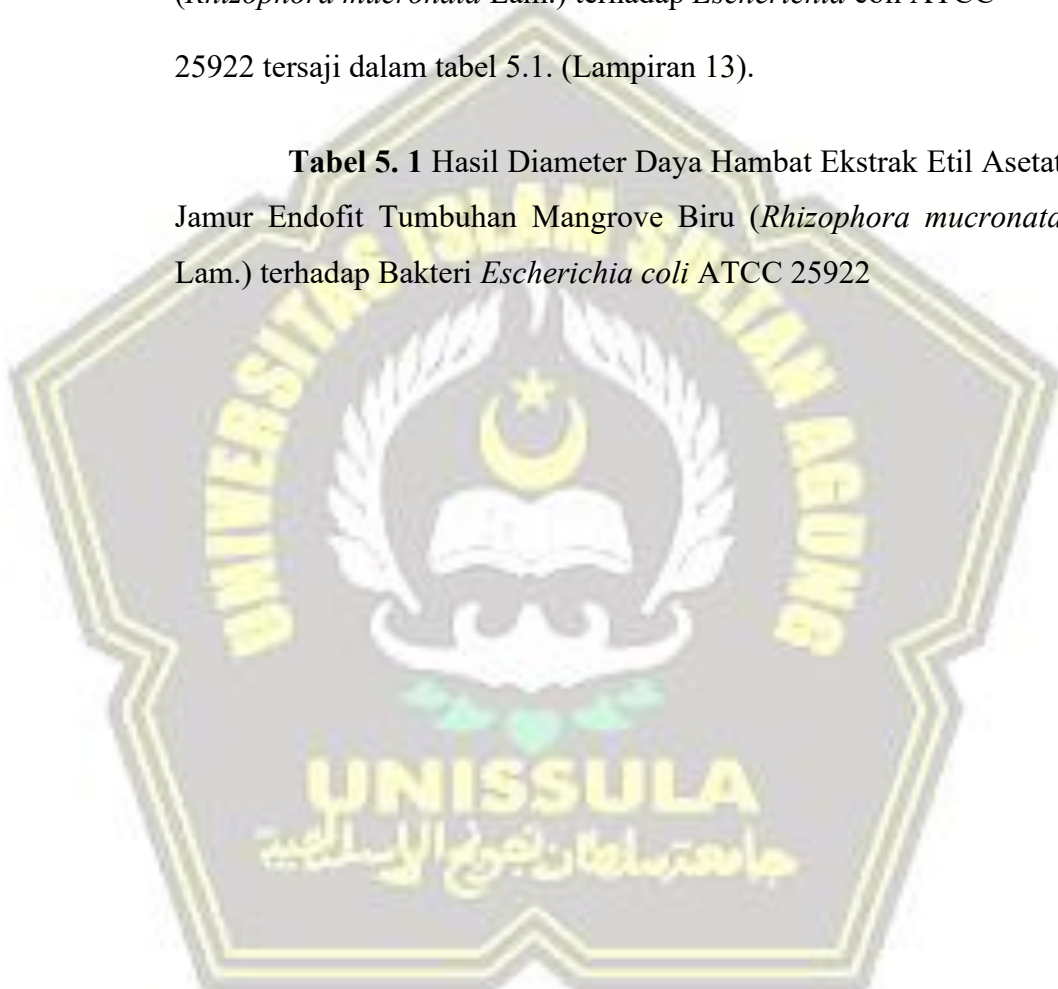
Kelompok 1 : RM 1 konsentrasi 1%, Kelompok 2: RM 2 konsentrasi 1%, Kelompok 3: RM 3 konsentrasi 1%, Kelompok 4: RM 4 konsentrasi 1%, Kelompok 5: RM 5 konsentrasi 1%, Kelompok 6: RM 6 konsentrasi 1%, Kelompok 7: RM 7 konsentrasi 1%, Kelompok 8: RM 1 konsentrasi 3%, Kelompok 9: RM 2 konsentrasi 3%, Kelompok 10: RM 3 konsentrasi 3%, Kelompok 11: RM 4 konsentrasi 3%, Kelompok 12: RM 5 konsentrasi 3%, Kelompok 13: RM 6 konsentrasi 3%, Kelompok 14: RM 7 konsentrasi 3%, Kelompok 15: RM 1 konsentrasi 5%, Kelompok 16: RM 2 konsentrasi 5%, Kelompok 17: RM 3 konsentrasi 5%, Kelompok 18: RM 4 konsentrasi 5%, Kelompok 19: RM 5 konsentrasi 5%,

Kelompok 20: RM 6 konsentrasi 5%, Kelompok 21: RM 7 konsentrasi 5%, Kelompok 22: Kontrol positif (Kloramfenikol), Kelompok 23: Kontrol negatif (DMSO 5%)

#### 4.1.5.2 Pengukuran Daya Hambat *Escherichia coli*

Daya hambat ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 tersaji dalam tabel 5.1. (Lampiran 13).

**Tabel 5. 1** Hasil Diameter Daya Hambat Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Tumbuhan Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) terhadap Bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922



No.	Perlakuan	Ekstrak	Diameter Zona Hambat <i>Escherichia coli</i> ATCC 25922 (mm) Rata-rata $\pm$ SD	Kategori
1.	Konsentrasi 1%	RM 1	7,42 $\pm$ 2,12	Sedang
		RM 2	3,73 $\pm$ 0,86	Lemah
		RM 3	3,66 $\pm$ 0,55	Lemah
		RM 4	3,46 $\pm$ 2,85	Lemah
		RM 5	1,89 $\pm$ 1,69	Lemah
		RM 6	1,59 $\pm$ 1,28	Lemah
		RM 7	3,21 $\pm$ 1,09	Lemah
2.	Konsentrasi 3%	RM 1	0,47 $\pm$ 0,33	Lemah
		RM 2	1,81 $\pm$ 1,31	Lemah
		RM 3	1,02 $\pm$ 0,68	Lemah
		RM 4	0,07 $\pm$ 0,03	Lemah
		RM 5	0,40 $\pm$ 0,34	Lemah
		RM 6	0,14 $\pm$ 0,04	Lemah
		RM 7	2,44 $\pm$ 1,37	Lemah
3.	Konsentrasi 5%	RM 1	0,01 $\pm$ 0,01	Lemah
		RM 2	2,99 $\pm$ 1,83	Lemah
		RM 3	0,44 $\pm$ 0,72	Lemah
		RM 4	0,70 $\pm$ 1,13	Lemah
		RM 5	1,63 $\pm$ 1,72	Lemah
		RM 6	0,78 $\pm$ 0,97	Lemah
		RM 7	1,75 $\pm$ 1,51	Lemah
4.	Kontrol Positif (Kloramfenikol)	-	20,54 $\pm$ 4,60	Kuat
5.	Kontrol Negatif (DMSO)	-	0	Tidak ada

Tabel 5.1 memaparkan besaran hambatan pada ekstrak pada bakteri *Escherichia coli* ATCC 25922. Hasil daya hambat dianalisis dengan uji statistik untuk mengetahui apakah ada perbedaan daya hambat dari perlakuan yang telah diberikan. Langkah pertama yang dilakukan yaitu uji normalitas serta homogenitas. Hasil uji normalitas menunjukkan datanya tak terdistribusi dengan normal dengan nilai

signifikansi  $p < 0,05$  sebagaimana seperti pada tabel berikut (Lampiran 15).

**Tabel 5. 2** Hasil Uji statistik *Shapiro Wilk*

	<b>Kelompok</b>	<b>Nilai P</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Shapiro Wilk</i>	RM 1 konsentrasi 1%	0,336	Normal
	RM 1 konsentrasi 3%	0,900	Normal
	RM 1 konsentrasi 5%	0,000	Tidak normal
	RM 2 konsentrasi 1%	0,578	Normal
	RM 2 konsentrasi 3%	0,618	Normal
	RM 2 konsentrasi 5%	0,816	Normal
	RM 3 konsentrasi 1%	0,900	Normal
	RM 3 konsentrasi 3%	0,870	Normal
	RM 3 konsentrasi 5%	0,053	Normal
	RM 4 konsentrasi 1%	0,104	Normal
	RM 4 konsentrasi 3%	0,363	Normal
	RM 4 konsentrasi 5%	0,034	Tidak normal
	RM 5 konsentrasi 1%	0,680	Normal
	RM 5 konsentrasi 3%	0,000	Tidak normal
	RM 5 konsentrasi 5%	0,736	Normal
	RM 6 konsentrasi 1%	0,292	Normal
	RM 6 konsentrasi 3%	0,253	Normal
	RM 6 konsentrasi 5%	0,158	Normal
	RM 7 konsentrasi 1%	0,964	Normal
	RM 7 konsentrasi 3%	0,558	Normal
RM 7 konsentrasi 5%	0,229	Normal	
	Kontrol positif (Kloramfenikol)	0,231	Normal
	Kontrol negatif (DMSO 5%)	0,000	Tidak normal

Hasil uji homogenitas dengan *Levene' test* didapatkan hasil tidak homogen dengan nilai signifikansi  $p < 0,05$  (tabel 5.3).

**Tabel 5. 3** Hasil Uji statistik *Levene's test*

Nilai sig.	Standar sig.	Keterangan
0,000	> 0,05	Tidak homogen

Data yang tidak normal dan tidak homogen dilakukan uji hipotesis non parametrik dengan *Kruskal Wallis*. Hasil uji hipotesis dengan *Kruskal Wallis* pada tabel 5.4 menjelaskan bahwa aktivitas antibakteri etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) terhadap *Escherichia coli* ATCC 25922 memiliki perbedaan bermakna antar kelompok.

**Tabel 5. 4** Hasil Uji *Kruskal Wallis*

Nilai sig.	Standar sig.	Keterangan
0,000	< 0,05	Terdapat perbedaan bermakna

Uji statistik berikutnya ialah uji lanjut dengan Mann Whitney guna mendapati hal yang membedakan antara masing-masing konsentrasi yang digunakan. Hasil dikatakan berbeda bila  $p \leq 0,05$  jika  $p > 0,05$  sehingga perbedaannya tersebut tidak bermakna secara statistik. Adapun hasil pengujian dipaparkan pada tabel berikut.

**Tabel 5. 5** Hasil Uji Lanjut *Mann Whitney*

<b>Kelompok</b>	<b><i>p</i></b>	<b>Keterangan</b>
1 dan 2	0,050*	Signifikan
1 dan 3	0,050*	Signifikan
1 dan 4	0,127	Tidak signifikan
1 dan 5	0,050*	Signifikan
1 dan 6	0,050*	Signifikan
1 dan 7	0,050*	Signifikan
1 dan 22	0,050*	Signifikan
1 dan 23	0,037*	Signifikan
2 dan 3	0,827	Tidak signifikan
2 dan 4	0,513	Tidak signifikan
2 dan 5	0,127	Tidak signifikan
2 dan 6	0,127	Tidak signifikan
2 dan 7	0,513	Tidak signifikan
2 dan 22	0,050*	Signifikan
2 dan 23	0,037*	Signifikan
3 dan 4	0,513	Tidak signifikan
3 dan 5	0,127	Tidak signifikan
3 dan 6	0,050*	Signifikan
3 dan 7	0,827	Tidak signifikan
3 dan 22	0,050*	Signifikan
3 dan 23	0,037*	Signifikan
4 dan 5	0,275	Tidak signifikan
4 dan 6	0,513	Tidak signifikan
4 dan 7	0,513	Tidak signifikan
4 dan 22	0,050*	Signifikan
4 dan 23	0,037*	Signifikan
5 dan 6	0,827	Tidak signifikan
5 dan 7	0,513	Tidak signifikan
5 dan 22	0,050*	Signifikan
5 dan 23	0,037*	Signifikan
6 dan 7	0,127	Tidak signifikan
6 dan 22	0,050*	Signifikan
6 dan 23	0,037*	Signifikan
7 dan 22	0,050*	Signifikan
7 dan 23	0,037*	Signifikan
8 dan 9	0,127	Tidak signifikan
8 dan 10	0,275	Tidak signifikan
8 dan 11	0,050*	Signifikan
8 dan 12	0,825	Tidak signifikan
8 dan 13	0,127	Tidak signifikan

8 dan 14	0,050*	Signifikan
8 dan 22	0,050*	Signifikan
8 dan 23	0,037*	Signifikan
9 dan 10	0,513	Tidak signifikan
9 dan 11	0,050*	Signifikan
9 dan 12	0,121	Tidak signifikan
9 dan 13	0,050*	Signifikan
9 dan 14	0,513	Tidak signifikan
9 dan 22	0,050*	Signifikan
9 dan 23	0,037*	Signifikan
10 dan 11	0,050*	Signifikan
10 dan 12	0,121	Tidak signifikan
10 dan 13	0,050*	Signifikan
10 dan 14	0,127	Tidak signifikan
10 dan 22	0,050*	Signifikan
10 dan 23	0,037*	Signifikan
11 dan 12	0,046*	Signifikan
11 dan 13	0,050*	Signifikan
11 dan 14	0,050*	Signifikan
11 dan 22	0,050*	Signifikan
11 dan 23	0,037*	Signifikan
12 dan 13	0,046*	Signifikan
12 dan 14	0,046*	Signifikan
12 dan 22	0,046*	Signifikan
12 dan 23	0,034*	Signifikan
13 dan 14	0,050*	Signifikan
13 dan 22	0,050*	Signifikan
13 dan 23	0,037*	Signifikan
14 dan 22	0,050*	Signifikan
14 dan 23	0,037*	Signifikan
15 dan 16	0,046*	Signifikan
15 dan 17	0,105	Tidak signifikan
15 dan 18	0,046*	Signifikan
15 dan 19	0,046*	Signifikan
15 dan 20	0,046*	Signifikan
15 dan 21	0,046*	Signifikan
15 dan 22	0,046*	Signifikan
15 dan 23	0,114	Tidak signifikan
16 dan 17	0,077	Tidak signifikan
16 dan 18	0,127	Tidak signifikan
16 dan 19	0,513	Tidak signifikan
16 dan 20	0,127	Tidak signifikan

16 dan 21	0,376	Tidak signifikan
16 dan 22	0,050*	Signifikan
16 dan 23	0,037*	Signifikan
17 dan 18	0,513	Tidak signifikan
17 dan 19	0,127	Tidak signifikan
17 dan 20	0,275	Tidak signifikan
17 dan 21	0,275	Tidak signifikan
17 dan 22	0,050*	Signifikan
17 dan 23	0,037*	Signifikan
18 dan 19	0,376	Tidak signifikan
18 dan 20	0,513	Tidak signifikan
18 dan 21	0,513	Tidak signifikan
18 dan 22	0,050*	Signifikan
18 dan 23	0,037*	Signifikan
19 dan 20	0,827	Tidak signifikan
19 dan 21	0,827	Tidak signifikan
19 dan 22	0,050*	Signifikan
19 dan 23	0,037*	Signifikan
20 dan 21	0,513	Tidak signifikan
20 dan 22	0,050*	Signifikan
20 dan 23	0,037*	Signifikan
21 dan 22	0,050*	Signifikan
21 dan 23	0,037*	Signifikan

**Keterangan:**

Kelompok 1 : RM 1 konsentrasi 1%, Kelompok 2: RM 2 konsentrasi 1%, Kelompok 3: RM 3 konsentrasi 1%, Kelompok 4: RM 4 konsentrasi 1%, Kelompok 5: RM 5 konsentrasi 1%, Kelompok 6: RM 6 konsentrasi 1%, Kelompok 7: RM 7 konsentrasi 1%, Kelompok 8: RM 1 konsentrasi 3%, Kelompok 9: RM 2 konsentrasi 3%, Kelompok 10: RM 3 konsentrasi 3%, Kelompok 11: RM 4 konsentrasi 3%, Kelompok 12: RM 5 konsentrasi 3%, Kelompok 13: RM 6 konsentrasi 3%, Kelompok 14: RM 7 konsentrasi 3%, Kelompok 15: RM 1 konsentrasi 5%, Kelompok 16: RM 2 konsentrasi 5%, Kelompok 17: RM 3 konsentrasi 5%, Kelompok 18: RM 4 konsentrasi 5%, Kelompok 19: RM 5 konsentrasi 5%, Kelompok 20: RM 6 konsentrasi 5%, Kelompok 21: RM 7 konsentrasi 5%, Kelompok 22: Kontrol positif (Kloramfenikol), Kelompok 23: Kontrol negatif (DMSO 5%)

#### 4.1.6 Hasil Identifikasi Jamur Endofit

Identifikasi jamur endofit didapatkan dari hasil terbesar data antibakteri. Identifikasi dikerjakan di Laboratorium ICBB Bogor guna mendapati kebenaran identitas sampel yaitu jamur endofit dari mangrove biru yang diperoleh dari daerah Pantai Tirang. Temuan yang didapat dari identifikasi terpapar pada Lampiran 17 dengan menunjukkan hasil identifikasi:

Kode isolat : RM 7  
Organisme : *Aspergillus aculeatus*  
Strain : CBS 186.67  
Gen : Large subunit ribosomal RNA gene, partial sequence  
Persentase homologi : 100%  
Query cover : 100%

## 4.2 Pembahasan

### 4.2.1 Determinasi Tanaman

Penelitian ini dikerjakan selama bulan Februari sampai bulan November tahun 2024 yang dilakukan di Laboratorium Farmasi Fakultas Farmasi Unissula, Lab. Biologi Fakultas MIPA Universitas Diponegoro, dan Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Unissula. Determinasi tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dikerjakan di Lab. Biologi Fakultas MIPA Universitas Diponegoro dengan tujuan mengidentifikasi bahan serta memastikan keaslian tanaman yang digunakan, yaitu daun, batang, dan akar mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.). Berdasarkan hasil yang diperoleh, sampel yang mampu dijadikan sebagai

bahan penelitian berasal dari tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.).

#### **4.2.2 Isolat Jamur Endofit dari Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)**

Penelitian ini memakai sampel dari akar, batang, serta daun tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) karena memiliki potensi sebagai agen antibakteri. Proses isolasi jamur endofit diperoleh dari koleksi jamur yang telah diisolasi sebelumnya selama sebulan. Setelah tumbuh jamur endofit yang terlihat dari warna serta tekstur yang berbeda, kemudian diisolasi kembali ke cawan Petri yang berbeda. Inkubasi isolat dilakukan dengan suhu ruang 27-29 °C selama 5-7 hari (Dinni *et al.*, 2020). Strobel dan Daisy (2003) menjelaskan terdapat beberapa kriteria dalam pemilihan tumbuhan untuk isolasi jamur endofit. Kriteria tersebut meliputi tumbuhan yang berasal dari lingkungan unik dan mampu bertahan dalam kondisi yang tidak stabil, tumbuhan yang kerap dipakai sebagai bahan pengobatan tradisional, tumbuhan yang bertumbuh pada wilayah dengan keragaman hayati tinggi, serta tumbuhan endemik (Strobel & Daisy, 2003).

Sampel tumbuhan yang diambil sebelum diisolasi juga diperhatikan salinitasnya dimulai dari tempat yang diambil yaitu Pantai Tirang yang diperhatikan kadar garam di dalam airnya. Salinitas kadar garam yang didapatkan yaitu sebesar 32 ppt (berdasarkan Lampiran 4) yang berarti terdapat 32 gram garam dalam setiap 1 liter air laut. Salinitas air laut berperan dalam menentukan penyebaran, kelimpahan, serta pertumbuhan biota perairan, termasuk tingkat kerapatannya di suatu wilayah perairan. Pada daerah tropis,

salinitas yang optimal berkisar antara 32–34 ppt. Oleh karena itu, salinitas menjadi faktor yang mampu memberi pengaruh pada keberlanjutan hidup biota laut (Faisal *et al.*, 2022).

Dalam memperoleh isolat jamur endofit yang berkualitas, perlu memperhatikan beberapa hal penting, seperti memilih sampel tanaman yang dalam kondisi sehat, segar, bebas dari hama maupun penyakit, dan memiliki kualitas yang baik (Sahid *et al.*, 2021). Jamur yang didapatkan pada saat isolasi jamur endofit memiliki karakteristik yang berbeda, salah satu karakter morfologi yang membedakan antara isolat 1 sampai 7 yaitu dari warna konidia, konidiofor, serta warna koloninya. Ciri yang ditemukan pada ketujuh jamur endofit ini yaitu bentuk hifa. Karakteristik di atas nantinya dapat diuji lebih lanjut untuk mengetahui jenis jamur endofit yang tumbuh.

#### **4.2.3 Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit dari Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.)**

Ekstraksi dijelaskan sebagai cara yang dipakai guna membuat aktif dari sampel daun, batang, dan akar mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) menjadi terpisah dengan menggunakan pelarut etil asetat. Dalam penelitian ini, ekstraksi dikerjakan dengan cara maserasi, sebab metodenya yang lebih sederhana, mudah, dan cocok untuk senyawa yang bersifat termolabil. Penggunaan etil asetat sebagai pelarut semipolar memungkinkan ekstraksi senyawa metabolit yang terdapat dalam tanaman mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) berlangsung lebih efektif.

Hasil rendemen yang diperoleh dari 7 ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) tersaji pada tabel 4.2, penelitian Badriyah (2022) menyebutkan bahwa nilai rendemen ekstrak yang baik berkisar  $\geq 10\%$ . Sehingga hasil rendemen sudah sesuai dengan literatur (Badriyah *et al.*, 2022). Adanya perbedaan nilai rendemen dari masing – masing ekstrak dipengaruhi beberapa faktor. Penelitian Wijaya (2022) menjelaskan bahwa perbedaan nilai rendemen ekstrak terjadi karena adanya faktor yang mungkin dapat mempengaruhi nilai rendemen, yakni ukuran partikel sampel, durasi ekstraksi, durasi penyimpanan, serta perbandingan jumlah sampel dan volume pelarut yang digunakan (Wijaya *et al.*, 2022).

Ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) yang berasal dari daerah Pantai Tirang dikarakterisasi melalui uji organoleptik dengan mengamati warna dan aroma ekstrak. Berdasarkan Tabel 4.3, setiap sampel memiliki aroma khas jamur endofit mangrove biru serta berwarna hijau dan coklat. Temuan ini sejalan dengan penelitian Ridlo (2017), yang menyatakan bahwa warna hijau pada ekstrak kemungkinan berasal dari klorofil, sedangkan warna coklat diduga disebabkan oleh keberadaan karotenoid dan pigmen lainnya (Ridlo *et al.*, 2017).

#### **4.2.4 Uji Skrining Fitokimia Metabolit Sekunder**

Skrining fitokimia berguna agar mengidentifikasi kandungan metabolik sekunder pada tanaman. Dalam penelitian ini, dilakukan uji kualitatif dengan mengamati perubahan warna melalui reaksi pewarnaan. Berdasarkan data pada Tabel 4.4, seluruh ekstrak menunjukkan hasil positif

mengandung flavonoid, sementara metabolit sekunder seperti terpenoid, tanin, serta alkaloid hanya terdeteksi pada beberapa ekstrak. Uji pada alkaloid dilakukan dengan memakai larutan Mayer dan Wagner. Apabila terbentuk larutan putih pada larutan Mayer maka diartikan hasilnya positif, sedangkan larutan Wagner menunjukkan hasil positif jika terbentuk endapan dengan warna coklat hingga kuning. Reaksi ini disebut sebagai reaksi pengendapan akibat pergantian ligan, di mana atom nitrogen pada alkaloid berpasangan dengan elektron bebas sehingga mengganti posisi ion iodo pada pereaksi. Iodium serta kalium iodida terkandung dalam peraksi Wagner, sedangkan peraksi Mayer mengandung kalium iodida serta merkuri klorida (Saputra *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil pengamatan pada larutan Mayer menunjukkan negatif tidak terdapat endapan putih, sedangkan pada larutan wagner menunjukkan positif endapan coklat hingga kuning pada kode ekstrak RM 1, RM 2, RM 5, dan RM 7.

Pengujian tanin dikerjakan dengan larutan  $\text{FeCl}_3$  1%, yang menunjukkan hasil positif apabila terjadi perubahan pada warna menjadi biru kehitaman atau hijau kehitaman. Tanin terhidrolisis akan menghasilkan warna biru kehitaman, sedang bila warnanya berubah menjadi hijau kehitaman berarti tanin kondensasi. Perubahan warna ini diduga akibat reaksi  $\text{FeCl}_3$  dengan salah satu gugus hidroksil, hal ini akhirnya menghasilkan warna tertentu (Saputra *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil pengamatan, uji dengan larutan  $\text{FeCl}_3$  1% mendapati hasil yang positif ditandai dengan terbentuknya warna biru kehitaman atau hijau kehitaman pada ekstrak dengan kode RM 7. Sementara

itu, pengujian flavonoid dilakukan menggunakan larutan HCl pekat dan bubuk Mg, yang memberikan hasil positif bila memunculkan warna jingga, merah tua, ataupun kuning. Warna merah yang terbentuk mengindikasikan adanya reaksi reduksi yang terjadi akibat interaksi antara asam klorida pekat dan magnesium (Saputra *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil pengamatan pada larutan HCl pekat dan bubuk Mg menunjukkan positif terbentuk warna kuning, jingga, atau merah tua (magenta) pada kode ekstrak RM 1, RM 2, RM 3, RM 4, RM 5, RM 6, dan RM 7.

Pengujian terpenoid dilakukan dengan larutan *Liebermann-Buchard* yang akan memberikan hasil positif apabila terbentuk warna merah atau keunguan. Mekanisme reaksinya melibatkan proses kondensasi dengan pelepasan molekul H<sub>2</sub>O serta penggabungan dengan karbokation. Kemudian gugus hidrogen melepas bersamaan dengan elektron sehingga hal ini berakibat pindahnya ikatan rangkap. Elektrofil menyebabkan resonansi pada senyawa, terjadi adisi elektrofil akibat serangan karbokation yang dilanjutkan melepasnya hidrogen. Dilepas gugus hidrogen serta elektronnya yang efeknya menjadi lanjutan dari konjugasi yang merubah warna menjadi merah-ungu (Saputra *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil pengamatan terhadap larutan *Liebermann-Buchard*, diperoleh perubahan menjadi warna keunguan atau merah sehingga hal ini mengartikan hasilnya positif pada ekstrak dengan kode RM 1, RM 2, RM 5, dan RM 7.

Pengujian saponin dilakukan dengan mencampurkan aquadest serta HCl 2N yang akan menunjukkan adanya saponin dengan ditandai adanya busa

stabil. Mekanisme kerjanya dengan cara mendenaturasi protein karena memiliki sifat aktif permukaan yang menyerupai deterjen, sehingga mampu menurunkan tegangan permukaan dinding sel bakteri dan merusak permeabilitas membran sel. Kerusakan membran sel ini mengganggu kelangsungan hidup bakteri yang kemudian dapat berdifusi ke dalam membran sitoplasma, mengganggu kestabilannya, sehingga menyebabkan kebocoran isi sitoplasma dan berujung pada kematian sel (Intan *et al.*, 2021). Jika suatu ekstrak mengandung saponin, maka akan terbentuk busa atau buih yang berasal dari senyawa yang larut dalam polar yang bersifat hidrofilik serta senyawa yang larut dalam pelarut hidrofobik. Berdasarkan hasil pengamatan terhadap pengujian saponin, tidak teridentifikasi adanya busa stabil. Ketiadaan pembentukan busa diduga disebabkan oleh rendahnya atau bahkan tidak adanya kandungan saponin pada ekstrak. Selain itu, kemampuan saponin dalam menghasilkan busa juga dapat dipengaruhi oleh keberadaan senyawa lain dalam matriks ekstrak seperti lipid dan protein, serta oleh metode ekstraksi yang tidak optimal. Ketidaktepatan dalam parameter ekstraksi dapat menyebabkan rendahnya kadar saponin dalam ekstrak yang diperoleh. Stabilitas saponin turut berperan penting, karena senyawa ini dapat mengalami degradasi selama proses penyimpanan atau penanganan sampel, sehingga mengurangi kemampuannya dalam membentuk busa (R. Fadillah *et al.*, 2024).

Uji metabolit sekunder dengan metode skrining fitokimia mempunyai kelebihan serta kekurangannya, yakni metode tergolong sederhana, cepat, serta selektif pada pengidentifikasian senyawa dan mampu memberi informasi lebih

terkait keberadaan senyawa yang diteliti. Namun, metode ini juga memiliki kekurangan, yaitu kemungkinan munculnya reaksi positif palsu, di mana hasil uji menunjukkan positif padahal sebenarnya negatif. Hal ini dapat disebabkan oleh kesalahan alat, kurangnya ketelitian, serta pengaruh senyawa yang bersifat asam atau basa (Syafira *et al.*, 2022).

#### **4.2.5 Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit Mangrove Biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC dan *Escherichia coli***

Uji aktivitas antibakteri menggunakan media peremajaan dan pertumbuhan bakteri menggunakan NA (*Nutrient Agar*). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Nurhidayanti (2022), media NA merupakan media yang optimal untuk pertumbuhan bakteri karena mengandung protein dan karbohidrat yang berasal dari ekstrak daging dan pepton. Ekstrak daging serta pepton dipakai menjadi komponen utama karena berperan sebagai sumber nitrogen, vitamin, protein, serta karbohidrat bagi pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme (Nurhidayanti, 2022). Media NA dapat digunakan untuk pembuatan suspensi bakteri. Menurut penelitian Rinihapsari (2024), media NA efektif untuk mendukung pertumbuhan bakteri serta menguji aktivitas bakteri dalam bentuk cair. Selain itu, media NA sering digunakan sebagai media pematid karena kemampuannya untuk membeku dengan mudah dan kandungan karbohidratnya berupa galaktam, yang sulit diuraikan oleh mikroorganisme (Elisa Rinihapsari *et al.*, 2024).

Standar *Mc Farland* 0,5 digunakan untuk memperkirakan jumlah mikroba dalam kultur yang telah tersuspensi dengan membandingkannya secara visual dengan standar yang telah ditentukan. Menurut penelitian Anggraeni (2020), kekeruhan larutan standar dapat diukur menggunakan spektrofotometer UV-Vis, di mana larutan *Mc Farland* 0,5 memiliki nilai absorbansi dalam rentang 0,08-0,10 yang mana nilainya setara dengan konsentrasi bakteri sekitar  $1,5 \times 10^8$  CFU/mL (Anggraeni *et al.*, 2020). Pengukuran *Optical Density* (OD) bertujuan untuk menentukan tingkat kekeruhan suatu suspensi berdasarkan nilai absorbansi yang terbaca. Menurut penelitian Ayu (2021), nilai OD bakteri dalam rentang 0,3–0,4 menunjukkan bahwa bakteri berada pada fase eksponensial, yaitu tahap di mana jumlah sel mengalami pertumbuhan dua kali lipat (*generation time*). Pada fase ini, terjadi peningkatan kerapatan sel serta dan penimbunan produk (Ayu *et al.*, 2021; Ni Wayan Desi Bintari *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil pada Tabel 4.5 dan Tabel 5.1, ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) pada konsentrasi 1%, 3%, dan 5% yang diuji pada *Staphylococcus aureus* serta pada *Escherichia coli* menunjukkan bahwa zona hambat terbesar diperoleh pada RM 7 dengan konsentrasi 5% sebesar 5,80 mm, serta RM 1 dengan konsentrasi 1% sebesar 7,42 mm. Menurut Daris (2023), kategori kekuatan daya hambat bakteri terbagi menjadi empat, yaitu lemah dengan diameter zona hambatnya < 5, zona hambat sedang antara 6-10 mm, zona hambat kuat dengan diameter 11-20mm, serta apabila zonanya sangat kuat diameternya > 21 mm (Daris *et al.*, 2023).

Berdasarkan kategori tersebut, dari pengujian yang terpapar pada Tabel 4.5 menunjukkan hasil ekstraknya termasuk dalam kategori lemah. Sementara itu, pada Tabel 5.1, pengujian terhadap *Escherichia coli* dengan konsentrasi 1% tergolong sedang, sedang ekstraksi dengan konsentrasi 3% dan 5% termasuk pada kategori yang lemah. Sebagai perbandingan, kontrol positif kloramfenikol (30 µL/cakram) dikategorikan sebagai kuat hingga sangat kuat. Cara-cara kerja senyawa antibakteri ini juga terbagi dua, yakni bakterisidal serta bakteriostatik. Senyawa antibakteri yang hanya menghambat pertumbuhan bakteri tergolong bakteriostatik, sedangkan yang bersifat membunuh bakteri dikategorikan sebagai bakterisidal. Berdasarkan zona hambat yang terbentuk, ekstrak etil asetat jamur endofit dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) cenderung bersifat bakteriostatik karena hanya menunjukkan daya hambat dalam kategori lemah hingga sedang terhadap bakteri uji. Semakin tinggi kadar senyawa bioaktif yang terkandung, maka sifatnya akan semakin bakterisidal (mematikan mikroba) sedang bila bersifat bakteriostatik antibakteri ini memiliki kadar yang rendah (Dwicahyani, 2018).

Berdasarkan pengujian *Mann Whitney* didapati adanya perbedaan signifikan kontrol negatif dan seluruh kelompok perlakuan. Hal ini mengindikasikan bahwa ekstrak etil asetat dari isolat jamur endofit yang berasal dari tumbuhan mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) memiliki aktivitas antibakteri terhadap kedua bakteri tersebut, meskipun dalam kategori lemah dan sedang. Antibakteri tersebut beraktivitas karena terdapat kandungan metabolit sekunder, yakni alkaloid, flavonoid, tanin, dan terpenoid. Senyawa-

senyawa inilah yang berperan menjadi antibakteri dengan mekanisme aksi sebagai berikut, pada alkaloid beraktivitas sebagai antibakteri yang menjadi penghambatan bekerja dengan cara mengganggu komponen peptidoglikan dalam sel bakteri (Anggaraini *et al.*, 2019). Tanin berikatan dengan protein membentuk ion H<sup>+</sup>, sehingga mengakibatkan pH menjadi asam sehingga protein terdenaturasi. Kondisi asam menginaktif enzim pada bakteri dan menyebabkan metabolisme terganggu dan kerusakan sel bahkan kematian. Sehingga tanin dapat menghambat enzim *reverse transcriptase* dan *DNA topoisomerase* sehingga sel bakteri tidak dapat terbentuk (Hidjrawan, 2018). Flavonoid diketahui efektif menghentikan bakteri dengan menembus peptidoglikan yang bersifat polar karena flavonoid bersifat polar dengan cara melakukan perusakan terhadap dinding dan membran sel bakteri, mengikat adhesin, dan menghambat aktivitas enzim. Struktur yang bertugas untuk menghambat yaitu cincin beta dan gugus -OH (Medeleine Gloriana *et al.*, 2021). Terpenoid mampu bereaksi pada porin di membran luar dinding sel bakteri, membuat adanya ikatan polimer yang kuat, serta mengurangi permeabilitas membran sel bakteri yang membuat porin rusak sehingga sel bakteri menjadi mal nutrisi, pertumbuhannya terhambat kemudian mati (Dwi Wulansari *et al.*, 2020).

Ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) memiliki aktivitas antibakteri sebagaimana hasil temuan milik Fareza (2018) terhadap dua jamur endofit yang telah diisolasi yaitu *Neopestalotiopsis sp* dan *Peniophora lycii* dari mangrove biru (*Rhizophora*

*mucronata* Lam.) yang menyimpulkan bahwa ekstrak jamur endofit *Neopestalotiopsis* sp dan *Peniophora lycii* memiliki aktivitas antibakteri yang kuat sama seperti ekstrak tumbuhan inangnya. Pengujian hasil isolasi ekstrak jamur endofit *Neopestalotiopsis* sp dan *Peniophora lycii* diujikan pada bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 dan *Escherichia coli* ATCC 25922 yaitu menunjukkan bahwa senyawa hasil isolasi *Neopestalotiopsis* sp ampuh dalam menghambat DNA girase bakteri gram positif *Staphylococcus aureus* dibandingkan bakteri gram negatif *Escherichia coli*. Berbeda dengan jamur endofit *Peniophora lycii* yang mampu memperlambat pertumbuhan kedua bakteri gram positif maupun negatif. Namun hasil akhir menunjukkan bahwa senyawa hasil isolasi jamur endofit *Peniophora lycii* N- fraksi heksana terkuat yang dapat mencegah *Staphylococcus aureus* dengan nilai MIC 125 µg mL<sup>-1</sup> dibandingkan dengan fraksi lainnya (Fareza *et al.*, 2018).

Pengujian dengan *Mann Whitney* mendapati antara kontrol positif dengan kelompok lainnya mempunyai perbedaan signifikan. Hal ini memberikan pertanda aktivitas antibakteri yang diuji belum sebanding dengan kontrol positif. Zona hambat dengan diameter terbesar ditemukan pada *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 ditemukan pada RM 7, yang diduga karena kandungan metabolit sekundernya lebih lengkap. Sementara itu, pada *Escherichia coli* ATCC 25922, diameter zona hambat terbesar terdapat pada RM 1, yang juga diperkirakan memiliki kandungan metabolit sekunder yang hampir lengkap. Penurunan diameter zona hambat terhadap *Escherichia coli* dibandingkan *Staphylococcus aureus* di setiap konsentrasi kemungkinan

disebabkan oleh struktur sel bakteri yang berbeda. Membran sel bakteri pada gram negatif lebih kompleks, di mana lapisan luar dinding sel gram ini tersusun atas tiga lapis yakni lipopolisakarida (LPS), lipoprotein, dan fosfolipid terdapat porinyang terbentuk dari protein. Porin adalah saluran yang dapat dilalui oleh beberapa molekul. Fungsi membran luar ini sebagai penghalang terhadap antibiotik, enzim pencernaan, dan kondisi kekeringan, namun tidak bisa menjadi penghalang terhadap semua substansi. Faktor rusaknya dinding sel dimulai dari lipoporisakarida (LPS) dan porin. Senyawa antibakteri bekerja dengan menembus LPS (lipoporisakarida). Molekul-molekul yang bersifat hidrofilik akan mudah melewati LPS dibandingkan dengan molekul hidrofobik. Bakteri gram negatif memiliki sisi hidrofilik yaitu karboksil, asam amino, dan hidroksil. Pada gram positif tidak memiliki LPS, sehingga tidak ada fungsi penghalang jadi molekul antibakteri yang bersifat hidrofilik dan hidrofobik akan mudah ditembusnya (Dewatisari & Yuliastrin, 2019).

Keterbatasan dalam penelitian ini meliputi perbedaan waktu saat pengujian bakteri *Escherichia coli* yang dapat mempengaruhi hasil mengujian, tidak digunakannya konsentrasi yang lebih tinggi dalam uji antibakteri, belum dilakukannya uji identifikasi isolat jamur endofit secara lengkap untuk mengidentifikasi jenis jamur yang berhasil diisolasi, serta perlunya penelitian lebih lanjut guna mengidentifikasi metabolit sekunder yang belum terdeteksi secara menyeluruh. Selain itu, pada penelitian ini hanyalah memakai metode difusi cakram untuk pengujian aktivitas antibakteri. Kelemahan dari metode difusi cakram adalah kurang efektif jika digunakan pada mikroorganisme yang

tumbuh lambat, serta ukuran zona hambat yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kondisi inkubasi, jumlah inokulum, dan ketebalan medium yang digunakan, sehingga diharapkan adanya lanjutan pada riset berikutnya dengan memakai metode lainnya untuk memperoleh hasil yang lebih komprehensif.



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Skrining fitokimia ekstrak etil asetat jamur endofit dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) mengandung metabolit sekunder berupa alkaloid (RM 2, RM 5, dan RM 7), tanin (RM 7), flavonoid (semua ekstrak), dan terpenoid (RM1, RM 2, RM 5, RM7).
2. Diameter zona hambat ekstrak etil asetat jamur endofit mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.) dengan konsentrasi 1%, 3%, dan 5% menunjukkan kemampuan penghambatan bakteri *Staphylococcus aureus* bertumbuh secara berurutan RM 4 1% yaitu 1,70 mm; RM 7 3% yaitu 3,11 mm; RM 7 5% yaitu 5,80 mm. *Echericia coli* ATCC 25922 secara berurutan RM 1 1% yaitu 7,42 mm; RM 7 3% yaitu 2,44 mm; RM 2 5% yaitu 2,99 mm. Keduanya mempunyai diameter zona hambat dengan nilai yang beda, yakni kategorinya sedang dan lemah.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang mampu diterapkan di penelitian berikutnya ialah:

1. Menguji sampel dengan waktu yang sama atau dalam periode sempit agar tidak terjadi perbedaan hasil uji antibakteri.
2. Diperlukan uji determinasi lebih lanjut untuk mengidentifikasi jenis jamur endofit yang berhasil diisolasi dari mangrove biru (*Rhizophora mucronata* Lam.).
3. Penelitian lanjutan diperlukan untuk mengidentifikasi metabolit sekunder yang belum terdeteksi secara menyeluruh.
4. Peningkatan konsentrasi ekstrak dapat dilakukan untuk memperoleh zona hambat yang lebih besar.
5. Metode uji antibakteri lain sebagai alternatif, seperti difusi sumuran, dilusi, atau mikrodilusi.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Akasia, A. I., Nyoman, D., Putra, N., Nyoman, I., & Putra, G. (2021). Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Mangrove *Rhizophora mucronata* dan *Rhizophora apiculata* yang Dikoleksi dari Kawasan Mangrove Desa Tuban, Bali. In *JMRT* (Vol. 4). Halaman. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/JMRT>
- Alyidrus, R., Laela Alydrus, N., & Supianti, Y. (2022). *Formulasi dan Uji Aktivitas Sediaan Gel Handsanitizer Ekstrak Kulit Batang Kayu Jawa (Lannea Coromandelica) Terhadap Bakteri Staphylococcus Aureus*. <https://doi.org/10.56314/inhealth.v1i2>
- Anggaraini, W., Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, F., Anggraini, W., Choirun Nisa, S., Ramadhani, R. DA, & Ma, B. (2019). PHARMACEUTICAL JOURNAL OF INDONESIA Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 96% Buah Blewah (*Cucumis melo L. var. cantalupensis*) terhadap pertumbuhan bakteri *Escherichia coli*. In *PHARMACEUTICAL JOURNAL OF INDONESIA 2019* (Vol. 5, Issue 1).
- Anggraeni, N. D., Nurjanah, S., & Lembong, E. (2020). Antibacterial Activity of  $\alpha$ -guaiene Patchouli Oil on *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermidis*. *Gontor AGROTECH Science Journal*, 6(3), 413. <https://doi.org/10.21111/agrotech.v6i3.4964>
- Anwar, M., Rizal, A., Sarlan, M., Rini, E. P., & Nashruddin, M. (2020). Pelatihan perbanyakan *Trichoderma sp.* dengan media beras di dusun Solong desa Pesanggrahan kecamatan Montong Gading Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 7, 60–66.
- Asali, T., & Natalia, D. (2018). Uji Resistensi Jamur Penyebab Tinea Pedis pada Satuan Polisi Pamong Praja Kota Pontianak terhadap Griseofulvin. In *Jurnal Kesehatan Khatulistiwa* (Vol. 4).
- Ayu, N., Putri, A., Triatmoko, B., & Nugraha, A. S. (2021). Skrining Fitokimia dan

Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak dan Fraksi Daun Senggugu (*Rothea serrata* (L.) Steane & Mabb.) terhadap *Staphylococcus aureus* Phytochemical Screening and Antibacterial Activity Assay of Extract and Fraction of *Rothea serrata* (L.). In *Pharmaceutical Journal of Indonesia* (Vol. 18, Issue 01).

Azalia, D., Rachmawati, I., Zahira, S., Andriyani, F., Melia Sanini, T., Rahmi Aulya Departemen Pendidikan Biologi, N., Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, F., Negeri Jakarta Jl Rawamangun Muka Raya No, U., Timur, J., & Jakarta, D. (2023). *BIOMA: JURNAL BIOLOGI MAKASSAR (ON LINE) UJI KUALITATIF SENYAWA AKTIF FLAVONOID DAN TERPENOID PADA BEBERAPA JENIS TUMBUHAN FABACEAE DAN APOCYNACEAE DI KAWASAN TNGPP BODOGOL QUALITATIVE TEST OF ACTIVE COMPOUNDS FLAVONOIDS AND TERPENOIDS ON SEVERAL PLANTS*. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/bioma>

Badriyah, L., Aminatul Farihah, D., & Farmasi Kusuma Husada Purwokerto, A. (2022). Analisis ekstraksi kulit bawang merah (*Allium cepa* L.) menggunakan metode maserasi. In *J. Sintesis Submitted: 15 Mei* (Vol. 2022, Issue 1).

Bria, E. I. P., Ola, A. R. B., & Da Cunha, T. (2019). Analisis Kandungan Metabolit Sekunder dan Uji aktivitas Antibakteri Jamur Endofit Batang Binahong (*Anredera COrdifolia Steenis*). In *Chem. Notes* (Vol. 2019, Issue 2).

Daris, U. S., Syam, H., & Sukainah, A. (2023). Uji Daya Hambat serta Penentuan Minimum Inhibitor Concentration (MIC) Dan Minimum Bactericidal Concentration (MBC) Ekstrak Daun Bidara Terhadap Bakteri Patogen. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 9(2), 223–234. <https://doi.org/10.26858/jptp.v9i2.682>

Dewatisari, W. F., & Yuliastrin, A. (2019). *AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK ETANOL DAUN CABE RAWIT PUTIH ( Capsicum frutescens L ) ANTIBACTERIAL ACTIVITIES OF ETHANOLIC EXTRACT OF Capsicum frutescens L*. 16.

Dinni, D., Bakhtra, A., Eriadi, A., & Putri, S. R. (2020). Skrining Aktivitas

- Antibakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* Ekstrak Etil Asetat Jamur Endofit dari Daun Sirih Merah (*Piper crocatum* Ruiz & Pav.). In *Jurnal Farmasi Higea* (Vol. 12, Issue 1).
- Dion, R., Maharani, N. A., Akbar, M. F., Wijayanti, P., & Nurlindasari, Y. (2021). Review: Eksplorasi Pemanfaatan Jamur Endofit pada Tanaman Curcuma dan Zingiber sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri. *Jurnal Mikologi Indonesia*, 5(1). <https://doi.org/10.46638/jmi.v5i1.167>
- Dwi Wulansari, E., Lestari, D., Asma Khoirunissa, M., Pharmasi Semarang, Y., & Tengah, J. (2020). KANDUNGAN TERPENOID DALAM DAUN ARA (*Ficus carica* L.) SEBAGAI AGEN ANTIBAKTERI TERHADAP BAKTERI *Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus*.
- Dwicahyani, R. (2018). Uji Bioaktivitas Ekstrak Teripang Keling *Holothuria atra* SEBAGAI ANTIBAKTERI *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* Bioactivity. Vol 7 No.(2442–4145), 91–102.
- Dyah Kasitowati, R., Yamindago, A., & Safitri, M. (2017). Article history. <http://jfmr.ub.ac.id>
- Elisa Rinihapsari, Benaya Yamin Onesiforus, & Salsa Aten Riya. (2024). Pengaruh Pemanasan Berulang Media Nutrient Agar terhadap Hasil Uji ALT Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Vitamin : Jurnal Ilmu Kesehatan Umum*, 1(3), 22–30. <https://doi.org/10.61132/vitamin.v1i3.400>
- Faisal, T. M., Bahri, S., Putriningtias, A., & Harahap, A. (2022). Kualitas perairan di daerah pesisir Pulau Ujung Perling, Kota Langsa, Aceh. *Habitus Aquatica*, 2(2). <https://doi.org/10.29244/haj.2.1.95>
- Fareza, M. S., Ayoesty, L. T., Wargiyanti, S. R., & Choironi, N. A. (2017). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Media Kultur Fungi Endofit *Nigrospora oryzae* dari *Rhizophora mucronata* (Antibacterial Activity of Ethyl Acetate Culture Broth Extract from Endophytic Fungi of *Nigrospora oryzae* Associated with *Rhizophora mucronata*). *JURNAL ILMU KEFARMASIAN*

INDONESIA, 53122(2), 191–195.

Fareza, M. S., Choironi, N. A., Harwoko, H., & Sunarto, S. (2018). Antibacterial activity of two isolated endophytic extracts associated with Indonesian mangrove plant *Rhizophora mucronata*. *Pharmaciana*, 8(1), 169. <https://doi.org/10.12928/pharmaciana.v8i1.8878>

Handayani, D., & Hilda Putri, D. (n.d.). *SERAMBI Effect of Antimicrobial Activity Of Starfruit Leaf Extract (Averrhoa bilimbi L.) on the Growth of Staphylococcus aureus Bacteria in Vitro Pengaruh Aktivitas Antimikroba Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.) terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus aureus secara In Vitro.*

Handayani, D., & Hilda Putri, D. (2023). *SERAMBI Effect of Antimicrobial Activity Of Starfruit Leaf Extract (Averrhoa bilimbi L.) on the Growth of Staphylococcus aureus Bacteria in Vitro Pengaruh Aktivitas Antimikroba Ekstrak Daun Belimbing Wuluh (Averrhoa bilimbi L.) terhadap Pertumbuhan Bakter.*

Hasan Basri, M., Zulkifli, L., & Syukur, A. (2021). Isolation of Endophytic Fungi from *Vitex trifolia* L and Antagonism Test against *Sclerotium rolfsii* and pathogenic bacteria. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(1), 72–80. <https://doi.org/10.29303/jbt.v21i1.2340>

Hasanah, U. (2018). Kurva Pertumbuhan Jamur Endofit Antijamur *Candida* dari Tumbuhan Raru (*Cotylelobium melanoxylon*) Genus *Aspergillus*. *Jurnal Biosains*, 4(2), 102–107.

Helmidanora, R., Jubaidah, S., & Fauziah A. A., I. (2023). FORMULASI FILM FORMING SPRAY DARI KLOORAMFENIKOL UNTUK LUKA. *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina (JIIS): Ilmu Farmasi Dan Kesehatan*, 8(2), 327–337. <https://doi.org/10.36387/jiis.v8i2.1517>

Hidjrawan, Y. (2018). *IDENTIFIKASI SENYAWA TANIN PADA DAUN BELIMBING WULUH (Averrhoa bilimbi L.). 4.*

- Holderman, M. V, de Queljoe, E., Rondonuwu, S. B., Studi Biologi, P., & Universitas Sam Ratulangi Manado, F. (2017). IDENTIFIKASI BAKTERI PADA PEGANGAN ESKALATOR DI SALAH SATU PUSAT PERBELANJAAN DI KOTA MANADO. In *Jurnal Ilmiah Sains* (Vol. 17, Issue 1).
- Intan, K., Diani, A., Suci, A., Nurul, R., & Barat, J. (2021). *Jurnal Kesehatan Perintis*. 8(2), 121–127.
- Jafar, W., Sukmawaty, E., Studi Jurusan Biologi, P., Sains dan Teknologi, F., & Alauddin Makassar, U. (2020). *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2020 UJI FITOKIMIA EKSTRAK ETANOL BUNGA POHON HUJAN (Spathodea campanulata) SECARA IN VITRO*.
- Jufri, O., Program, S., Kesehatan, S. I., Fakultas, M., Masyarakat, K., Sam, U., & Manado, R. (2018). *UJI SENSITIVITAS ANTIBIOTIK TERHADAP BAKTERI Escherichia coli PENYEBAB DIARE BALITA DI KOTA MANADO (The Sensitivity Test of Antibiotics to Escherichia coli was Caused The Diarrhea on Underfive Children in Manado City)* (Vol. 2, Issue 1).
- Kurniawan, R., Darniati, D., Abrar, M., Fakhurrazi, F., Jalaluddin, M., & Erina, E. (2023). Isolation and Identification of Bacteria Escherichia coli on Grilled Chicken Feet Product in Gampong Ulee Lheue Banda Aceh City. *JIMVET) Fakultas Kedokteran Hewan Universitas Syiah Kuala*, 7.
- Kusumadewi, A. D., & Idrus, A. Al. (2023). Rhizophoraceae Flower and Fruit Morphology as Evidence of Resilience of Mangrove Revegetation in Lembar West Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 63–69. <https://doi.org/10.29303/jbt.v23i1.4345>
- Kusumo, Y., Atmanto, A. A., Amin Asri, L., Kadir, N. A., Spesialis, D., & Klinik, P. (2022). *MEDIA PERTUMBUHAN KUMAN*. <http://jurnalmedikahutama.com>
- Luringunusa, E., Sanger, G., Sumilat, D. A., Montolalu, R. I., Damongilala, L. J.,

- & Dotulong, D. V. (2023). Qualitative Phytochemical Analysis of *Gracilaria verrucosa* from North Sulawesi Waters (Analisis Fitokimia kuantitatif *Gracilaria verrucosa* Dari Perairan Sulawesi Utara). *Jurnal Ilmiah Platax*, *11*(2), 2023. <https://doi.org/10.35800/jip.v10i2.48777>
- Mairing, P. P. (2022). Isolasi Jamur Endofit dari *Sonneratia Alba* dan Toksisitasnya Terhadap *Artemia Salina*. *Ilmiah Multi Disiplin Indonesia*, *1*(7), 877–884.
- Maisarah, M., Chatri, M., & Advinda, L. (2023). *Characteristics and Functions of Alkaloid Compounds as Antifungals in Plants Karakteristik dan Fungsi Senyawa Alkaloid sebagai Antifungi pada Tumbuhan.*
- Martsiningsih, Noviani, Rahmawati, Sujono, & Astuti. (2023). *PENGARUH WAKTU INKUBASI TERHADAP DIAMETER ZONA HAMBAT ANTIBIOTIK PADA UJI SENSITIVITAS BAKTERI KLEBSIELLA PNEUMONIA* (Vol. 11, Issue 1).
- Martuti, N. K. T., Setyowati, D. L., & Nugraha, S. B. (2018). *Ekosistem mangrove : perannya di pesisir.* Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Negeri Semarang.
- Mastra, S. &. (2020). *GAMBARAN METHICILLIN RESISTANT STAPHYLOCOCCUS AUREUS (MRSA) PADA PETUGAS KESEHATAN RSUD WANGAYA KOTA DENPASAR* (Vol. 8, Issue 1).
- Medeleine Gloriana, E., Sagita, L., Program Studi Teknik Kimia, S., Pembangunan Nasional, U., Timur Jl Raya Rungkut Madya Gunung Anyar, J., & Korespondensi, P. (2021). Karakterisasi Flavonoid Daun Kitolod dengan Metode Maserasi dan Enkapsulasi. In *Journal of Chemical and Process Engineering Jurnal ChemPro* (Vol. 2, Issue 2). [www.chempro.upnjatim.ac.id](http://www.chempro.upnjatim.ac.id)
- Milanda, T., Lestari, K., & Tarina, N. T. I. (2021). Antibacterial Activity of Parijoto (*Medinilla speciosa* Blume) Fruit Against *Serratia marcescens* and *Staphylococcus aureus*. In *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology Journal Homepage* (Issue 2).

<http://jurnal.unpad.ac.id/ijpst/UNPAD76>

- Mile, L., Nursyam, H., Setijawati, D., & Sulistiyati, T. D. (2021). Studi Fitokimia Buah Mangrove (*Rhizophora mucronata*) Di Desa Langge Kabupaten Gorontalo Utara. *Jambura Fish Processing Journal*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.37905/jfpj.v3i1.8585>
- Nawea, Y., Mangindaan, R. E., Bara, R. A., Studi Ilmu Kelautan, P., Perikanan dan Ilmu Kelautan, F., & Sam Ratulangi, U. (2017). Uji Antibakteri Jamur Endofit Dari Tumbuhan Mangrove *Sonneratia alba* Yang Tumbuh Di Perairan Pantai Tanawangko (Antibacterial Activity Study of Endophytic Fungi Derived from *Sonneratia alba* Mangrove Growing on Tanawangko Waters). In *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis* (Vol. 1).
- Ni Wayan Desi Bintari, Ms., Noor Andryan Ilsan, Ms., Istyanto, F., Rochmanah Suhartati, M., Ratih Kartika Dewi, Ms., Biomed Zuraida, M., Herlina, M., Maulin Inggaini, Mk., Seftiwan Pratami, Ms., Jumriah Nur, Ms., Doni Setiawan, Ms., Biotek Dian Rachma Wijayanti, M., & Fitriani Safari, W. (2023). *BAKTERIOLOGI UNTUK MAHASISWA KESEHATAN*.
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yogurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41. <https://doi.org/10.24198/jthp.v1i2.27537>
- Nurhidayanti. (2022). PERBANDINGAN MEDIA ALTERNATIF KACANG KEDELAI DAN MEDIA NUTRIENT AGAR TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Staphylococcus aureus*. In *Jurnal Indobiosains* (Vol. 4, Issue 2).
- Nuur, N. R., Saffela Pradina, W., Tajudin, T., Faizal Farabi, M., Fitri Yana Utami, T., & Studi Farmasi Universitas Al Irsyad Cilacap, P. (2023). *UJI EFEKTIVITAS SEDIAAN GEL KOMBINASI EKSTRAK DAUN MANGROVE (*Rhizophora mucronata* Lamk) DAN MINYAK ATSIRI SEREH (*Cimnopogon citratus*) TERHADAP BAKTERI *Staphylococcus aureus* ATCC 25923*

*Effectiveness Test Of Extract Combination Gel Provides mangrove Leaves (.*

Pelealu, E., Wewengkang, D., & Sumantri, S. (2021). *ANTIBACTERIAL ACTIVITIES TEST OF EXTRACT AND FRACTIONS SPONS OF SPONGE Leucetta chagosensis FROM MANTEHAGE ISLANDS WATERS, NORTH SULAWESI AGAINTS THE GROWTH OF Staphylococcus aureus AND Escherichia coli BACTERIA Uji AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK DAN FRAKS.*

Pransiska, O., Anwari, S., Prayogo, H., & Muin, A. (2022). *Pola Penanaman Propagul Rhizophora apiculata di Hutan Mangrove* (Vol. 1, Issue 4).

Pristianingrum, S., Zainiati, B. L., Muttaqin, Z., Puspita, F. D., & Arman, R. (2021). *Deteksi metichilin resistance staphylococcus aureus (mrsa) pada peralatan medis yang digunakan di ruang rawat inap rsud provinsi ntb. Jurnal Analis Medika Biosains (JAMBS), 8(1), 7–12.*

Putri, & Kusdiyantini. (2018). *Isolasi dan identifikasi bakteri asam laktat dari pangan fermentasi berbasis ikan (Inasua) yang diperjualbelikan di Maluku-Indonesia Isolation and identification of lactic acid bacteria from fish-based fermented foods (Inasua) from Maluku-Indonesia* (Vol. 1, Issue 2). <http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jbt>

Putu Rahayu Artini, N., Made Agus Mahardiananta, I., Made Aditya Nugraha, I., Perikanan, M., Kelautan dan Perikanan Kupang Kementerian Kelautan dan Perikanan Jl Kupang Baru, P., Ferry Bolok, P., & Barat Nusa Tenggara Timur, K. (2022). *RANCANG BANGUN CHILLER BERBASIS MIKROKONTROLER UNTUK EVAPORASI SENYAWA BAHAN ALAM. 5 No 1.* <https://s.id/jurnalresistor>

Rabbana, R., Kosman, R., & Nuryanti, S. (2023). *Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Kayu Jawa (Lannea coromandelica (Houtt.) Merr.) Terhadap Bakteri Penyebab Infeksi Saluran Pencernaan Dengan Metode Difusi Agar. Makassar Pharmaceutical Science Journal, 1(2), 2023–2066.* <https://journal.farmasi.umi.ac.id/index.php/mpsj>

- Rafika Nur Fadillah, S. R. (2024). Sains Indonesiana: Jurnal Ilmiah Nusantara Vol.1, N. *UJI DETEKSI SENYAWA METABOLIT SEKUNDER DAUN SALAM (Syzygium Polyanthum) MENGGUNAKAN METODE MASERASI DENGAN PERBEDAAN LAMA PERENDAMAN*, 1 No 4(April), 182–190.
- Ramadhani, S. H., Samingan, S., & Iswadi, I. (2017). Isolation and Identification of Endophytic Fungi in Leaves of Jamblang (*Syzygium cumini* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, 2(2).
- Ridlo, A., Pramesti, R., Supriyantini, E., & Soenardjo, N. (2017). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Mangrove *Rhizophora mucronata*. *Buletin Oseanografi Marina Oktober*, 6, 110–116. <http://ejournal.undip.ac.id/index.php/buloma>
- Riski, K., & Abrar, M. (2017). The Isolation of *Staphylococcus aureus* Bacteria on Talang-Talang Salted Fish (*Scomberoides commersonianus*) in Leupung, Aceh Besar. *JIMVET*, 01(3), 366–374.
- Rollando, S. (2019). *Senyawa Antibakteri Dari Fungi Endofit*. Puntadewa.
- Sabbathini, G. C., & Pujiyanto, S. (2017). Isolasi dan identifikasi bakteri genus *Sphingomonas* dari daun padi (*Oryza sativa*) di area persawahan Cibinong. *Jurnal Akademika Biologi*, 6(1), 59–64.
- Safitri, I., Kushadiwijayanto, A. A., Nurdiansyah, S. I., Sofiana, M. S. J., & Andreani, A. (2023). Inventarisasi Jenis Mangrove di Wilayah Pesisir Desa Sungai Nibung, Kalimantan Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 22(1), 109–124. <https://doi.org/10.14710/jil.22.1.109-124>
- Sahid, A., Stella Trifena Rugian, N., Pertanian, F., Mulawarman, U., Pasir Balengkong Kampus Gunung Kelua, J., & Timur, K. (2021). *PENGENDALIAN HAMA PENTING TANAMAN PADI MENGGUNAKAN JAMUR Beauveria bassiana Bals. 1*.
- Sandhya, A., Sudarmin, L. □, Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D., & Alam, P. (2022). Isolation and Identification of Secondary Metabolic Compounds from

- Mangrove (*Rhizophora mucronata*) and their Bioactivity Against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* Bacteria. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 11(1). <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>
- Saputra, Y. F., Etika, S. B., & Mulia, M. (2022). Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Pada Jantung Pisang Kapas (*Musa x paradisiaca* L.). *Jurnal Periodic Jurusan Kimia UNP*, 11(3), 1. <https://doi.org/10.24036/p.v11i3.114981>
- Saragih, Arsita, & Erawati. (2019). The phytochemical content of *Zanthoxylum acanthopodium* and its potential as a medicinal plant in the regions of Toba Samosir and North Tapanuli, North Sumatra. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 5(1), 71–76.
- Shalsyabillah, F., Piksi, P., Kartika, G., Politeknik, S., & Ganesha, P. (2023). Skrining Fitokimia serta Analisis Mikroskopik dan Makroskopik Ekstrak Etanol Daun Seledri (*Apium graveolens* L.). In *Health Information : Jurnal Penelitian* (Vol. 15, Issue 2).
- Situmorang, D., & Hendri, M. (2021). Isolasi dan aktivitas antibakteri jamur endofit pada mangrove *Avicennia marina* dari Pulau Payung Kabupaten Banyuwangi Sumatera Selatan. In *Jurnal Penelitian Sains* (Vol. 23, Issue 3). <http://ejournal.mipa.unsri.ac.id/index.php/jps/index>
- Strobel, G., & Daisy, B. (2003). Bioprospecting for Microbial Endophytes and Their Natural Products. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*, 67(4), 491–502. <https://doi.org/10.1128/mmbr.67.4.491-502.2003>
- Sulistiani, S., Fitriana, N. E., & Nurwanti, W. (2021). STERILISASI ALAT KEDOKTERAN GIGI DENGAN STERILISATOR (DRY HEAT) DAN TEKNIK BOILING. *JDHT Journal of Dental Hygiene and Therapy*, 2(1), 34–38. <https://doi.org/10.36082/jdht.v2i1.221>
- Sunaryanto, R., & Marasabessy, A. (2016). BIOTEKNOLOGI & BIOSAINS INDONESIA OPTIMALISASI MEDIA PRODUKSI AMILOGLUKOSIDASE MENGGUNAKAN FERMENTASI MEDIA

PADAT Medium Optimization in Amyloglucosidase Production Using Solid Fermentation. In *Optimalisasi Media Produksi Amiloglukosidase... Sunaryanto dan Marasabessy* (Vol. 7). <http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JBBI>

Susanti, M., Khalimatusa'diah, S., Rasyid, A., Analis, A., & Pekalongan, K. (2022). *BIO EDUCATIO (The Journal of Science and Biology Education) PEMANFAATAN VARIASI SUMBER KARBOHIDRAT DARI PALAWIJA SEBAGAI ALTERNATIF MEDIA SINTETIK UNTUK PERTUMBUHAN BAKTERI*. 7(2), 61. <https://doi.org/10.31949/be.v6i2.3317>

Syafira, R., Perawati, S., Andriani Progam Studi Farmasi, M., Harapan Ibu Jambi Jl Tarmizi Kadir No, S., Baru, P., & Selatan, J. (2022). Pengaruh Pemberian Ekstrak Buah Semangkuk (*Scaphium affine* (Mast.) Pierre) terhadap Jumlah Eritrosit dan Leukosit pada Mencit Putih Jantan (*Mus musculus*) Effect of Giving *Scaphium affine* (Mast.) Pierre Fruit Extract on the Number of Erythrocytes and Leuko. In *Pharmaceutical Journal of Indonesia* (Vol. 19, Issue 02).

Syamsurridjal, M. R., Utami, T. S., & Arbianti, R. (2024). Solid-state fermentation with variation of inoculum volume in mold to increase the content of alpinetin in rice bran oil. *AIP Conference Proceedings*, 2710(1). <https://doi.org/10.1063/5.0145942>

Utami, W. P., Syam, N., Hs, S., Studi, P., Fakultas, A., & Umi Makassar, P. (2023). Perbanyakkan Jamur *Trichoderma* sp. pada beberapa Jenis Media Tumbuh dengan Metode Terbuka dan. In *Tertutup Jurnal AGrotekMAS* (Vol. 4, Issue 1). <https://jurnal.fp.umi.ac.id/index.php/agrotekmas>

Warella, J. C., Wahyu Widodo, A. D., Setiabudi, R. J., Roestamadji, R. I., Rochmanti, M., & Lestari, P. (2021). *Antimicrobial Potential Activity of Extract Selaginella plana (Desv. Ex Poir.) Hieron against the Growth of Staphylococcus aureus ATCC 25922 and Methicillin-Resistance Staphylococcus aureus (MRSA)*. 245–253.

<https://doi.org/10.5220/0010490802450253>

Wari Rahman, I., Arfani, N., & Veronica Tadoda, J. (2023). *Deteksi Bakteri MRSA Methicillin-Resistant Staphylococcus aureus pada Sampel Darah Pasien Rawat Inap*. <https://journal.unhas.ac.id/index.php/jai2>

Wen, J., Okyere, S. K., Wang, S., Wang, J., Xie, L., Ran, Y., & Hu, Y. (2022). Endophytic Fungi: An Effective Alternative Source of Plant-Derived Bioactive Compounds for Pharmacological Studies. *Journal of Fungi*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/jof8020205>

Wijaya, H., Jubaidah, S., Program, ), Farmasi, S., Tinggi, S., & Samarinda, I. K. (2022). *Indonesian Journal of Pharmacy and Natural Product Perbandingan Metode Ekstraksi Maserasi Dan Sokhletasi Terhadap Rendemen Ekstrak Batang Turi (Sesbania Grandiflora L.) Comparison of Extraction Methods on Turi Stem Extract (Sesbania grandiflora L.) Using .*

Wulandari, S., Sholihatun Nisa, Y., Indarti, S., & Rr Rahmi Sri Sayekti, D. (2021). STERILISASI PERALATAN DAN MEDIA KULTUR JARINGAN 1 1 2 2 1\*. In *Agrinova: Journal of Agrotechnology Innovation* (Vol. 4, Issue 2). <https://jurnal.ugm.ac.id/Agrinova/>

Yuliana Ayen, R., Studi Biologi, P., Mipa, F., Tanjungpura, U., & Hadari Nawawi, J. H. (2017). *Aktivitas Antibakteri Ekstrak Metanol Daun Sembung Rambat (Mikania micrantha H.B.K) Terhadap Pertumbuhan Bakteri Bacillus cereus IHB B 379 dan Shigella flexneri* (Vol. 6, Issue 3).

Yunita, & Handoyo. (2020). *Pengaruh Lama Waktu Maserasi (Perendaman) Terhadap Kekentalan Ekstrak Daun Sirih (Piper Betle) The Influence Of Maseration Time (Immeration) On The Vocity Of Birthleaf Extract (Piper Betle)* (Vol. 2, Issue 1).