

**Aktivitas Antimikroba Fraksi *n*-heksan Daun dan Kulit Batang Bakau  
(*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus  
pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans***

**(Skripsi)**

**Oleh  
NANDA APRI SANI  
2018031033**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

**Aktivitas Antimikroba Fraksi *n*-heksan Daun dan Kulit Batang Bakau  
(*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus  
pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans***

**Oleh**

**Nanda Apri Sani**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar  
SARJANA FARMASI**

**Pada**

**Program Studi S1 Farmasi  
Fakultas Kedokteran Universitas Lampung**



**FAKULTAS KEDOKTERAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi : **AKTIVITAS ANTIMIKROBA FRAKSI  
n-HEKSAN DAUN DAN KULIT  
BATANG BAKAU (*Rhizophora apiculata*)  
TERHADAP *Staphylococcus aureus*,  
*Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas  
aeruginosa*, DAN *Candida albicans***

Nama Mahasiswa : **Nanda Apri Sani**

No. Pokok Mahasiswa : 2018031033

Program Studi : FARMASI

Fakultas : KEDOKTERAN



Pembimbing 1

Pembimbing 2

**Femmy Andrifanie, S.Farm., M.Farm.**  
NIP. 199009222022032013

**Dr. Si. dr. Syazili Mustofa, M. Biomed**  
NIP. 198307132008121003

**MENGETAHUI**  
Dekan Fakultas Kedokteran



**Dr. dr. Evi Kurniawaty, M. Sc**  
NIP. 197601202003122001

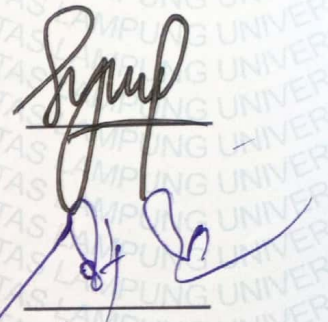
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : **Femmy Andrifianie, S.Farm., M.Farm.**



Sekretaris : **Dr. Si. dr. Syazili Mustofa, M. Biomed**



Penguji  
Bukan Pembimbing : **apt. Zulpakor Oktoba, S.Si., M.Farm**

2. Dekan Fakultas Kedokteran



**Dr. dr. Evi Kurniawaty, M. Sc**  
NIP. 197601202003122001

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Januari 2024**

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya, bahwa:  
Skripsi dengan judul “**AKTIVITAS ANTIMIKROBA FRAKSI N-HEKSAN DAUN DAN KULIT BATANG BAKAU (*Rhizophora apiculata*) TERHADAP *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, DAN *Candida albicans***” adalah hasil karya sendiri dan tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau disebut plagiarisme. Hal intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila di kemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya.

Bandar Lampung, Februari 2024

Pembuat Pernyataan



**Nanda Apri Sani**

**NPM. 2018031033**

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Labuhan Ratu pada tanggal 27 April 2002 sebagai anak keempat dari pasangan Bapak Nurmansyah dan Ibu Yulinar. Penulis memiliki riwayat pendidikan sebagai berikut: Taman Kanak-Kanak (TK) di TK PKK 1 Yosodadi pada tahun 2006-2008, Sekolah Dasar (SD) di SD Negeri 4 Metro Timur pada tahun 2008-2014, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 4 Metro pada tahun 2014-2017, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) di SMAN 1 Metro pada tahun 2017-2020. Pada tahun 2020 penulis melanjutkan sarjana di Program Studi Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi (SBMPTN).

Sebagai mahasiswa, Penulis menjalani masa perkuliahan dengan aktif dalam beberapa perlombaan dan organisasi. Penulis berkesempatan menjadi juara pada 20 perlombaan tingkat nasional yang diadakan oleh berbagai universitas di Indonesia pada tahun 2020-2023. Kemudian sebagai finalis pada Warmadewa *Aesculapius Competition* yang mewakili Universitas Lampung di Bali pada tahun 2023. Penulis juga mengikuti lembaga kemahasiswaan di lingkungan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yaitu PMPATD Pakis Rescue Team selama dua tahun sebagai anggota divisi organisasi. Penulis juga mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Farmasi Unila selama 2 tahun sebagai kepala departemen bisnis dan kerja sama. Berbagai pengalaman dan penghargaan penulis peroleh selama mengikuti organisasi.

Atas izin Allah SWT

**Dengan penuh rasa syukur, sebuah persembahan kecil dan sederhana untuk kedua orang tua dan keluarga tercinta. Serta ungkapan terima kasih kepada para guru, sahabat, dan semua orang yang dengan setulus hati terlibat dalam perjalanan hidupku serta memberikan doa dan dukungan yang tak ternilai.**

*“Tuhanmu tiada meninggalkan kamu dan tiada (pula) benci kepadamu”*

*QS. Ad-Duha : 3*

*“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”*

*QS. Al-Baqarah: 286*

*“Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan?”*

*QS. Ar-Rahman : 13*

*“Hatiku tenang karena mengetahui bahwa apa yang melewatkanmu tidak akan pernah menjadi takdirku, dan apa yang ditakdirkan untukku tidak akan pernah melewatkanmu”*

Umar bin Khattab *radhiallahu ‘anhu*

## SANWACANA

Puji Syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT. yang telah melimpahkan segala Rahmat dan Karunia-Nya. Salawat serta salam semoga senantiasa tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW., sehingga skripsi dengan judul “Aktivitas Antimikroba Fraksi *n*-heksan Daun dan Kulit Batang Bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*” dapat terselesaikan.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bimbingan, masukan, bantuan, dorongan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Dengan ini penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Dr. dr. Evi Kurniawaty, S.Ked., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
3. dr. Oktafany, M.Pd.Ked, selaku Kepala Jurusan Farmasi dan pembimbing akademik atas nasihat, motivasi, kritik, dan saran kepada penulis selama menempuh pendidikan di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
4. Femmy andrifanie, S. Farm., M. Farm. selaku pembimbing I atas kesediannya meluangkan waktu, membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan ilmu, nasihat, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat selama proses penyelesaian skripsi ini;
5. Dr. Si. dr. Syazili Mustofa, M.Biomed., selaku pembimbing II atas kesediannya meluangkan waktu, membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan ilmu, nasihat, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat selama proses penyelesaian skripsi ini;



6. Apt. Zulpakor Oktoba, S. Farm., M. Farm., selaku pembahas atas kesediannya meluangkan waktu, membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan ilmu, nasihat, kritik, dan saran yang sangat bermanfaat selama proses penyelesaian skripsi ini;
7. Seluruh dosen Fakultas Kedokteran Universitas Lampung atas ilmu dan bimbingan yang telah diberikan selama proses perkuliahan;
8. Seluruh staf dan civitas akademik Fakultas Kedokteran Universitas Lampung yang telah membantu proses penyusunan skripsi dan membantu penulis selama menjalankan studi;
9. Seluruh staf Bagian Mikrobiologi UPTD Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) Provinsi Lampung yang telah membantu penelitian;
10. Kedua orang tua luar biasa, Ayah dan Mak yang senantiasa telah memberikan segala doa, dukungan, semangat, nasihat, perhatian, dan selalu menjadi garda terdepan di kehidupan penulis dan juga studi penulis di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
11. Kakak – kakak Penulis, Abang, Ikutan, Atu, Imbangan, Alem, dan Setia yang senantiasa telah memberikan doa, dukungan moril dan materil, motivasi, semangat, dan nasihatnya dalam menemani penulis untuk dapat menyelesaikan pendidikan sampai tahap akhir skripsi ini;
12. Seluruh keluarga besar Sahmin dan Abdul Roni yang selalu memberikan dukungan dan doa kepada penulis selama studi di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
13. Keponakan tersayang, Ajo Atha, Ohta Nana, Duli Nasha, Abang Igham, Ses Ayash, Adik Nadhil yang telah memberikan semangat dan menjadi penghibur bagi penulis;
14. Saudaraku, Po, Adin, Adon, Aqib, Acit yang telah menemani selama penulis tinggal di Metro-Bandar Lampung dan memberikan semangat sampai menyelesaikan studi penulis di Fakultas Kedokteran Universitas Lampung;
15. Sahabat-sahabat healing, Jasmine, Putri, Nadia, Silmi yang selalu membagi semangat, motivasi, manajemen stres, dukungan dan ilmu sehingga perjalanan studi penulis terasa lebih mudah dan menyenangkan;

16. Sobat bakau Sintia, Putri, Faridi, Egi, Pitha, Dewi karena telah menjadi teman yang memotivasi, menjelajahi hutan bakau bersama, menguatkan satu sama lain dan berkontribusi banyak untuk menyelesaikan skripsi ini;
17. Sahabat semasa SMA, Dilla, Kiki, Sapi, Noval yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan menjadi tempat berbagi cerita dan pengalaman perjalanan studinya masing-masing;
18. Sahabat KKN Pekon Gunung Sugih, Tasyana dan Monica yang telah menambahkan cerita yang seru dan menarik selama 40 hari di Lampung Barat, keceriaan serta menjadi teman yang selalu ada apabila dibutuhkan;
19. Teman-teman Farmasi 2020, 43 individu yang senantiasa berbagi dukungan, nasihat, waktu, dan keceriaan, telah menjadi peran penting dalam perjalanan studi penulis mulai dari awal hingga akhir;
20. Keluarga besar HIMAFARSI Unila, khususnya departemen Bisnis dan Kerjasama yang telah menjadi keluarga, tempat bertumbuh, belajar berorganisasi, dan menjalin relasi;
21. Keluarga besar PMPATD Pakis, Anggota SC 15, dan Divisi Organisasi yang telah memberikan banyak sekali ilmu dalam organisasi dan kenangan indah dalam kegiatan kemanusiaan dan pencinta alam. Salam Lestari!;
22. Teman-Teman Trombosit 2020 Fakultas Kedokteran Universitas Lampung atas kebersamaannya selama ini. Semoga kedepannya kita dapat menjadi teman sejawat yang saling membantu dan mendukung;
23. Semua pihak yang turut membantu dan terlibat dalam perjalanan studi penulis dan penyusunan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, karena kesempurnaan itu hanya milik Allah SWT. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran untuk masukkan kedepannya. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi orang banyak dan dapat menambah pengetahuan serta informasi bagi pembaca. Aamiin.

Bandar Lampung, 15 Januari 2024

Penulis  
Nanda Apri Sani

## ABSTRACT

### ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF *n*-HEXANE FRACTION FROM MANGROVE LEAVES AND BARK (*Rhizophora apiculata*) AGAINST *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, AND *Candida albicans*.

By

Nanda Apri Sani

**Background:** Infection diseases have become one of the leading causes of death in both developed and developing countries. The use of synthetic antimicrobials can lead to bacterial resistance and is relatively expensive. Mangrove leaves and bark (*Rhizophora apiculata*) contain secondary metabolites believed to inhibit the growth of microbial agents causing infections.

**Methods:** This research was an experiment to determine the antimicrobial activity of *n*-hexane fractions from mangrove leaves and bark (*Rhizophora apiculata*) at concentrations of 1.6%, 3.2%, 6.25%, 12.5%, and 25% against *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Candida albicans*.

**Result:** The research results indicate that the *n*-hexane fraction from mangrove leaves (*Rhizophora apiculata*) has antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* at a concentration of 25%, with an average inhibition zone diameter of 5.4 mm, and against *Streptococcus pyogenes* at concentrations of 6.25%, 12.5%, and 25%, with average inhibition zone diameters of 4.4 mm, 9.7 mm, and 19.7 mm, respectively. However, it didn't exhibit antimicrobial activity against *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida albicans*. The *n*-hexane fraction from the bark of mangrove stems (*Rhizophora apiculata*) didn't show inhibitory effects against *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Candida albicans*.

**Conclusion:** Antimicrobial activity was observed in the *n*-hexane fraction of mangrove leaves (*Rhizophora apiculata*) against *Staphylococcus aureus* and *Streptococcus pyogenes*. However, no antimicrobial activity was detected in the *n*-hexane fraction of mangrove stem bark (*Rhizophora apiculata*) against *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, and *Candida albicans*.

**Keywords:** Infection diseases, Antimicrobial, *Rhizophora apiculata*

## ABSTRAK

### **AKTIVITAS ANTIMIKROBA FRAKSI *n*-HEKSAN DAUN DAN KULIT BATANG BAKAU (*Rhizophora apiculata*) TERHADAP *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, DAN *Candida albicans***

Oleh

**Nanda Apri Sani**

**Latar Belakang:** Penyakit infeksi menjadi salah satu penyebab kematian utama di negara-negara maju maupun berkembang. Penggunaan antimikroba sintetik, dapat menyebabkan resistensi bakteri dan harganya tergolong mahal. Daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) mengandung metabolit sekunder yang diduga dapat menghambat pertumbuhan mikroba penyebab infeksi.

**Metode:** Penelitian ini berupa eksperimental untuk mengetahui efek aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) pada konsentrasi konsentrasi 1,6%, 3,2%, 6,25%, 12,5%, 25% terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*.

**Hasil:** Hasil penelitian menunjukkan antimikroba fraksi *n*-heksan dari daun bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi 25% dengan rata-rata diameter zona hambat 5,4 mm dan *Streptococcus pyogenes* pada konsentrasi 6,25, 12,5 %, 25% dengan rata-rata diameter zona hambat 4,4 mm, 9,7 mm, 19,7 mm. Namun tidak memiliki aktivitas antimikroba terhadap *Pseudomonas aeruginosa* dan *Candida albicans*. Pada fraksi *n*-heksan dari kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) tidak memiliki daya hambat terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*.

**Kesimpulan:** Terdapat aktivitas antimikroba pada fraksi *n*-heksan daun bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus pyogenes*. Tidak terdapat aktivitas antimikroba pada fraksi *n*-heksan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*.

**Kata Kunci:** Penyakit infeksi, Antimikroba, *Rhizophora apiculata*

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>ix</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	5
1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti .....	5
1.4.2 Manfaat Bagi Pendidikan dan Masyarakat .....	5
1.4.3 Manfaat Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Penyakit Infeksi.....	6
2.1.1 Definisi Infeksi .....	6
2.2 Uraian Mikroba Patogen .....	10
2.2.1 Definisi Mikroba.....	11
2.2.2 <i>Staphylococcus aureus</i> .....	13
2.2.3 <i>Streptococcus pyogenes</i> .....	15
2.2.4 <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	18
2.2.5 <i>Candida albicans</i> .....	21
2.3 Antimikroba .....	23
2.3.1 Definisi Antimikroba .....	24
2.3.2 Mekanisme Kerja Antimikroba .....	24
2.4 <i>Rhizophora apiculata</i> .....	26

2.4.1 Definisi <i>Rhizophora apiculata</i> .....	26
2.4.2 Morfologi dan Taksonomi <i>Rhizophora apiculata</i> .....	27
2.4.3 Kandungan <i>Rhizophora apiculata</i> .....	29
2.5 Metode Penyarian.....	35
2.5.1 Ekstraksi.....	35
2.5.2 Fraksinasi .....	37
2.6 Pelarut .....	38
2.7 Metode Pengujian Antimikroba .....	41
2.8 Kerangka Teori.....	44
2.9 Kerangka Konsep .....	45
2.10 Hipotesis.....	45
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>48</b>
3.1 Desain Penelitian.....	48
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian .....	48
3.2.1 Tempat Penelitian .....	48
3.2.2 Waktu Penelitian.....	49
3.3 Alat, Mikroba Uji dan Bahan Uji Penelitian .....	49
3.3.1 Mikroba Uji.....	49
3.3.2 Bahan Uji .....	49
3.2.3 Media Kultur.....	49
3.2.4 Alat Uji .....	50
3.4 Identifikasi Variabel.....	50
3.4.1 Variabel Bebas .....	50
3.4.2 Variabel Terikat .....	50
3.5 Definisi Operasional.....	51
3.6 Besar Sampel.....	51
3.6.2 Alur Penelitian .....	55
3.7 Prosedur Penelitian.....	56
3.7.1 Determinasi Tanaman .....	56
3.7.2 Sterilisasi Alat.....	56
3.7.3 Ekstraksi dan Fraksinasi .....	56
3.7.4 Pengujian Parameter Spesifik .....	60

3.7.5 Penapisan Fitokimia Ekstrak dan Fraksi.....	60
3.7.6 Pengenceran Fraksi <i>n</i> -heksan Daun dan Kulit Batang Bakau .....	62
3.7.7 Identifikasi Bakteri .....	62
3.7.8 Uji Diameter Zona Hambat.....	64
3.8 Analisis Data .....	66
3.9 Etika Penelitian .....	67
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>68</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	68
4.1.1 Hasil Determinasi Tanaman.....	69
4.1.2 Hasil Rendemen Ekstrak dan Fraksi.....	69
4.1.3 Hasil Parameter Uji Spesifik.....	70
4.1.4 Hasil Skirining Fitokimia .....	71
4.1.4 Hasil Identifikasi Bakteri .....	73
4.1.5 Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat.....	74
4.5.6 Hasil Analisis Bivariat .....	87
4.2 Pembahasan.....	107
4.2.1 Rendemen Ekstrak dan Fraksi .....	107
4.2.2 Parameter Uji Spesifik .....	109
4.2.3 Penapisan Fitokimia Ekstrak dan Fraksi.....	110
4.2.4 Uji Aktivitas Antimikroba .....	113
<b>BAB IV SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>124</b>
5.1 Simpulan .....	124
5.2 Saran.....	125
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>126</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>136</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 1. Klasifikasi <i>Staphylococcus aureus</i> .....	13
Tabel 2. Klasifikasi <i>Streptococcus pyogenes</i> .....	15
Tabel 3. Klasifikasi <i>Pseudomonas aeruginosa</i> . .....	18
Tabel 4. Klasifikasi <i>Candida albicans</i> .....	21
Tabel 5. Klasifikasi <i>Rhizophora apiculata</i> .....	28
Tabel 6. Definisi Operasional .....	51
Tabel 7. Kelompok Perlakuan.....	52
Tabel 8. Kategori Zona Hambat.....	66
Tabel 9. Hasil Rendemen Ekstrak Etanol 96% dan Fraksi <i>n</i> -heksan Daun dan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) .....	69
Tabel 10. Hasil Uji Organoleptis Etanol 96% dan Fraksi <i>n</i> -heksan Daun dan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) .....	71
Tabel 11. Hasil Penapisan Fitokimia Ekstrak Etanol 96% dan Fraksi <i>n</i> -heksan Daun dan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ). .....	72
Tabel 12. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> ....	77
Tabel 13. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Streptococcus pyogenes</i> ..	78
Tabel 14. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>P. aeruginosa</i> .....	79
Tabel 15. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Candida albicans</i> .....	80



Tabel 16. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>S. aureus</i> .....	83
Tabel 17. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>S. pyogenes</i> .....	84
Tabel 18. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>P. aeruginosa</i> .....	85
Tabel 19. Hasil Uji Aktivitas Antimikroba dan Analisis Univariat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>C. albicans</i> .....	86
Tabel 20. Hasil Analisis Normalitas dan Homogenitas Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> .....	87
Tabel 21. Hasil Analisis <i>Kruskal-Wallis</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> .....	88
Tabel 22. Hasil Uji Analisis <i>Man-Whitney</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> ....	89
Tabel 23. Hasil Analisis Normalitas dan Homogenitas Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Streptococcus pyogenes</i> .....	90
Tabel 24. Hasil Analisis <i>Kruskal-Wallis</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Streptococcus pyogenes</i> .....	91
Tabel 25. Hasil Uji Analisis <i>Man-Whitney</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Streptococcus pyogenes</i> ..	92
Tabel 26. Hasil Analisis Normalitas dan Homogenitas Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	93
Tabel 27. Hasil Analisis <i>Kruskal-Wallis</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	94
Tabel 28. Hasil Analisis Normalitas dan Homogenitas Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>C. albicans</i> .....	95

Tabel 29. Hasil Analisis <i>Kruskal-Wallis</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Candida albicans</i> .....	96
Tabel 30. Hasil Analisis Normalitas dan Homogenitas Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>S. aureus</i> .....	97
Tabel 31. Hasil Analisis <i>Kruskal-Wallis</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> .	98
Tabel 32. Hasil Analisis Normalitas dan Homogenitas Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>S. pyogenes</i> .....	99
Tabel 33. Hasil Analisis <i>Kruskal-Wallis</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>S. pyogenes</i> .....	100
Tabel 34. Hasil Analisis Normalitas dan Homogenitas Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>P. aeruginosa</i> ....	101
Tabel 35. Hasil Analisis <i>Kruskal-Wallis</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>P. aeruginosa</i> .....	102
Tabel 36. Hasil Analisis Normalitas dan Homogenitas Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>C. albicans</i> .....	103
Tabel 37. Hasil Analisis <i>Kruskal-Wallis</i> Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Candida albicans</i> .....	104
Tabel 38. Hasil Kategori Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun dan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap Mikroba Uji .....	105

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
Gambar 1. Mikroskopis <i>Staphylococcus aureus</i> .....	13
Gambar 2. <i>Staphylococcus aureus</i> pada Media .....	14
Gambar 3. Mikroskopis <i>Streptococcus pyogenes</i> .....	16
Gambar 4. <i>Streptococcus pyogenes</i> pada Agar Darah .....	17
Gambar 5. Mikroskopis <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	19
Gambar 6. Koloni <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	20
Gambar 7. Mikroskopis <i>Candida albicans</i> .....	21
Gambar 8. Koloni <i>Candida albicans</i> Media DSA .....	22
Gambar 9. Tumbuhan <i>Rhizophora apiculata</i> .....	28
Gambar 10. Struktur Senyawa Tanin .....	30
Gambar 11. Struktur Dasar Flavonoid .....	31
Gambar 12. Struktur Saponin.....	32
Gambar 13. Struktur Dasar Alkaloid Isoquinolin .....	33
Gambar 14. Struktur Dasar Steroid.....	34
Gambar 15. Proses Maserasi .....	36
Gambar 17. Proses Fraksinasi Cair-Cair .....	38
Gambar 18. Kerangka Teori.....	44
Gambar 19. Kerangka Konsep .....	45
Gambar 20. Diagram Alur.....	55
Gambar 21. Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> .....	75
Gambar 22. Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora</i>	

<i>apiculata</i> ) Terhadap <i>Streptococcus pyogenes</i> .....	75
Gambar 23. Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	76
Gambar 24. Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Daun Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Candida albicans</i> .....	76
Gambar 25. Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Staphylococcus aureus</i> .....	81
Gambar 26. Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Streptococcus pyogenes</i> .....	81
Gambar 27. Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Pseudomonas aeruginosa</i> .....	82
Gambar 28. Diameter Zona Hambat Fraksi <i>n</i> -heksan Kulit Batang Bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) Terhadap <i>Candida albicans</i> .....	82

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Lampiran</b>	<b>Halaman</b>
Lampiran 1. Etika Penelitian.....	135
Lampiran 2. Determinasi Tanaman.....	136
Lampiran 3. Hasil Penapisan fitokimia.....	138
Lampiran 4. Sertifikat Identifikasi Bakteri .....	142
Lampiran 5. Kegiatan Penelitian.....	146
Lampiran 6. Analisis Data.....	153

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Penyakit infeksi, yang umumnya disebabkan oleh mikroorganisme patogen, merupakan kondisi kesehatan yang dapat mengancam individu. Penyakit-penyakit infeksi dapat dengan mudah menyebar dari satu individu ke individu lainnya, baik melalui kontak langsung maupun secara tidak langsung. Dalam konteks global, penyakit infeksi tetap menjadi salah satu penyebab kematian utama di negara-negara maju maupun berkembang, dan dampaknya terhadap morbiditas dan mortalitas individu sangat signifikan. Penduduk di negara berkembang, termasuk Indonesia, masih paling sering menderita penyakit infeksi. Bakteri, virus, fungi, dan parasit menimbulkan penyakit infeksi (Perdana *et al.*, 2023).

Penyakit infeksi dapat disebabkan beberapa jenis mikroorganisme golongan bakteri dan jamur diantaranya *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan jamur *Candida albicans* sering menyebabkan infeksi kulit pada manusia. Bakteri *Staphylococcus aureus* biasanya ditemukan di permukaan orang yang sehat, seperti pada area hidung, mulut, alat kelamin, dan rektum, tanpa menyebabkan kerusakan. Apabila, kulit terkena luka, *Staphylococcus aureus* dapat masuk melalui luka sehingga menyebabkan suatu infeksi (Diana, 2016). *Streptococcus pyogenes* adalah bakteri yang memerlukan media kaya akan darah untuk berkembang dan merupakan organisme fakultatif. Bakteri ini, terutama pada kulit dan saluran pernapasan, dapat menyebabkan penyakit ringan hingga kronis, dan bahkan dapat membunuh jutaan orang (Brigitta *et al.*, 2021). *Pseudomonas aeruginosa* adalah bakteri yang tergolong gram negatif.

Bakteri ini paling sering menyebabkan infeksi pada manusia, tetapi *Pseudomonas aeruginosa* dapat ditemukan pada usus dan kulit sebagai flora normal. Bakteri ini bersifat patogen dan dapat menyebabkan infeksi saat sistem pertahanan tubuh tidak berfungsi dengan baik, seperti ketika membran mukosa dan kulit "robek" karena kerusakan jaringan langsung (Devi & Mulyani, 2017). Jamur *Candida albicans* salah satu jamur yang terdapat pada pencernaan, saluran pernafasan atas, dan mukosa kelamin pada mamalia. Namun populasi yang lebih besar dapat menyebabkan sariawan, luka pada kulit. *Candida albicans* merupakan jamur patogen dapat menjadi penyebab utama penyakit kandidiasis (Lani *et al.*, 2021).

Pengobatan penyakit infeksi akibat bakteri dan jamur dapat diobati dengan antibiotik dan antijamur. Antibiotik sering digunakan untuk mengobati infeksi bakteri. Secara efektif, antibiotik menghambat pertumbuhan bakteri atau bahkan membunuh bakteri (Djide *et al.*, 2008). Penggunaan antibiotik sintetis, dapat menyebabkan resistensi bakteri dan harganya tergolong mahal (Zulkarnain *et al.*, 2021). Salah satu obat yang paling umum diresepkan untuk mengobati infeksi jamur adalah antijamur. Namun, penggunaan yang berlebihan dapat menyebabkan resistensi dan efek samping. Akibatnya, penting untuk melakukan penelitian lebih lanjut untuk mengeksplorasi antibiotik dan antijamur yang berasal dari sumber alami (Triana *et al.*, 2016).

Menemukan obat baru yang terbuat dari zat alami adalah bagian yang sangat penting dalam memecahkan masalah besar tentang cara mengobati infeksi akibat mikroba. Resistensi antibiotik semakin memburuk, yang merupakan masalah besar bagi kesehatan dunia karena membuat beberapa penyakit lebih sulit diobati dan meningkatkan risiko kematian. Efektivitas antibiotik yang sudah ada di pasar juga semakin memburuk, memberi pasien lebih sedikit pilihan pengobatan yang baik (Fauzia, 2015). Situasi ini membutuhkan pengembangan inovatif untuk menemukan sumber antibiotik baru yang dapat mengatasi resistensi antibiotik dan menawarkan cara lain untuk mengobati infeksi yang sulit ditangani. Bahan-bahan alami memiliki banyak potensi di bidang ini karena mereka mengandung banyak

senyawa yang dapat digunakan untuk melawan mikroba. Pengetahuan lokal dan fakta bahwa orang telah menggunakan obat alami untuk waktu yang lama juga digunakan dalam penelitian tentang antibiotik yang dibuat dari bahan alami. Metode ini juga memiliki manfaat tambahan dari mengurangi efek berbahaya pada lingkungan dan membuat pilihan pengobatan lebih murah (Zulkarnain *et al.*, 2021).

Pemanfaatan bahan yang berasal dari alam sebagai antimikroba telah banyak dilakukan penelitian dan juga digunakan dalam pengobatan penyakit infeksi akibat mikroba patogen. Salah satu tanaman yang dapat dikembangkan ialah tanaman bakau. Bakau tumbuh di pantai, baik tropis maupun subtropis, mereka sangat tahan terhadap cuaca ekstrim. Hutan bakau sangat banyak di Indonesia. Namun, masyarakat Indonesia belum memanfaatkan tanaman bakau secara maksimal. Hutan bakau memiliki banyak keuntungan ekosistem yang belum diketahui (Mustofa & Hanif, 2019). *Rhizophora apiculata*, yang sering disebut sebagai bakau minyak, adalah tumbuhan yang banyak diteliti potensinya sebagai obat. Famili *Rhizophoraceae* mencakup tumbuhan *Rhizophora apiculata*, yang tumbuh di pesisir Indonesia. *Rhizophora apiculata* memiliki potensi yang besar dengan peluang yang besar untuk digunakan dalam bidang medis karena sangat tersebar luas dan banyak di Indonesia (Ayu *et al.*, 2023). Tanaman *Rhizophora apiculata*, yang mengandung senyawa antibakteri berupa metabolit sekunder seperti flavonoid, terpenoid, saponin, alkaloid, tanin yang merupakan senyawa bahan alami yang telah terbukti dapat menghentikan pertumbuhan bakteri gram positif dan gram negatif (Kurniawan, 2021). Sejumlah masyarakat Indonesia telah menggunakannya sebagai obat tradisional terutama untuk meredakan masalah pencernaan seperti sakit maag dan gangguan perut. Mereka mengonsumsi tanaman ini dalam bentuk minuman yang dihasilkan dari merebus buah, bunga, dan daunnya. Tanaman bakau banyak digunakan di negara lain, seperti India, tumbuhan ini juga dikenal digunakan sebagai pengobatan untuk mengatasi mual, muntah, diare, dan amoebiasis (Mustofa & Tarigan, 2023).



Potensi tanaman obat sebagai pengobatan penyakit infeksi di Indonesia sangat besar apabila dilakukan penelitian dan pengembangan secara maksimal. Berdasarkan uraian diatas *Rhizophora apiculata* merupakan salah satu contoh potensi tanaman obat yang bermanfaat sebagai antimikroba. Penelitian mengenai aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans* belum banyak dikembangkan. Dikarenakan paparan data diatas, peneliti ingin melakukan penelitian untuk membuktikan aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*).

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Apa kandungan metabolit sekunder yang terkandung dalam fraksi *n*-heksan daun bakau (*Rhizophora apiculata*) ?
2. Apa kandungan metabolit sekunder yang terkandung dalam fraksi *n*-heksan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) ?
3. Apakah fraksi *n*-heksan daun bakau (*Rhizophora apiculata*) memiliki efek aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus* *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans* ?
4. Apakah fraksi *n*-heksan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) memiliki efek aktivitas antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus* , *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans* ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kandungan metabolit sekunder yang terkandung dalam fraksi *n*-heksan daun bakau (*Rhizophora apiculata*).
2. Mengetahui kandungan metabolit sekunder yang terkandung dalam fraksi *n*-heksan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*).

3. Mengetahui efek aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*.
4. Mengetahui efek aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

### **1.4.1 Manfaat Bagi Peneliti**

Penelitian yang dilakukan dapat dijadikan sebagai pengalaman dalam melakukan penelitian dan informasi dasar untuk mengetahui potensi antimikroba daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*.

### **1.4.2 Manfaat Bagi Pendidikan dan Masyarakat**

Penelitian yang dilakukan dapat menghasilkan informasi dan pengembangan obat herbal mengenai potensi yang terkandung di dalam fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) sebagai antimikroba terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*.

### **1.4.3 Manfaat Bagi Ilmu Pengetahuan dan Teknologi**

Penelitian yang dilakukan dapat menghasilkan sumber ilmu tambahan mengenai potensi yang terkandung di dalam daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) sebagai antimikroba terhadap *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, dan *Candida albicans*.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Penyakit Infeksi**

Penyakit yang disebabkan oleh kuman disebut penyakit infeksi, dan biasanya muncul di wilayah tropis seperti Indonesia, bahkan ada beberapa yang menjadi endemik. Penyakit ini diakibatkan oleh masuknya dan perkembangbiakan mikroorganisme, kelompok organisme mikroskopis yang terdiri dari satu atau lebih sel, seperti virus, bakteri, fungi, dan parasit, dapat merusak tubuh inang, menyebabkan berbagai gejala dan tanda klinis. (Perdana *et al.*, 2023).

##### **2.1.1 Definisi Infeksi**

Infeksi adalah kondisi medis yang disebabkan oleh sumber infeksi tertentu atau produk toksik dari sumber infeksi tersebut. Proses masuk dan berkembangnya agen penyebab penyakit dalam tubuh manusia atau hewan. Infeksi dapat menunjukkan beberapa tanda dan gejala atau mempengaruhi kesehatan seseorang. Secara langsung atau tidak langsung, agen atau produknya dapat menyebar. Virus, bakteri, jamur, atau parasit dapat menjadi agen penyebab infeksi. Penularan dapat terjadi melalui berbagai cara, seperti bersentuhan langsung dengan individu yang menderita penyakit, gigitan hewan atau serangga yang dapat menularkan penyakit, atau makanan dan minuman yang tercemar kuman penyebab penyakit. Penularan terjadi melalui tempat mati seperti tanah dan air (Straif-Bourgeois *et al.*, 2014).

### 2.1.2 Jenis-Jenis Infeksi

Menurut (Joegijantoro, 2019) Penyakit infeksi dibagi menjadi beberapa kelompok dalam klasifikasi LV Gromashevsky berdasarkan lokasi infeksi pada pasien. Kelompok-kelompok ini dibagi berdasarkan tanda utama, yang menentukan mekanisme penyebaran penyakit. Kelompok penyakit infeksi tersebut terbagi dalam beberapa jenis diantaranya :

a. Infeksi Saluran Pernapasan

Pada kategori penyakit ini termasuk kondisi yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen yang terdapat dalam mukosa pernapasan dan dapat dilepaskan ke lingkungan melalui tetesan dahak yang dikeluarkan ketika seseorang bersin, batuk, berbicara keras, atau bahkan saat bernapas. Infeksi dapat terjadi ketika individu yang terinfeksi atau menjadi pembawa bakteri tersebut menyebarkan mikroorganisme ini. Hal ini menciptakan potensi penularan penyakit kepada individu lain. Batuk dan bersin yang disebabkan oleh peradangan selaput lendir saluran pernapasan bagian atas menyebabkan kuman patogen yang sangat besar dilepaskan ke udara bersama dengan tetesan lendir atau droplet. Mikroorganisme patogen yang menyebabkan penyakit dapat bertahan di tempat sakit selama waktu tertentu. Partikel lendir atau sputum yang terinfeksi dapat mengering dan menyusup ke dalam udara. Beberapa perantara seperti pakaian dalam, peralatan, mainan, dan lainnya dapat membawa beberapa penyakit pada kelompok ini. Influenza, mononucleosis infeksiosa, cacar, dan meningitis adalah beberapa contoh infeksi saluran pernapasan (Joegijantoro, 2019).

b. Infeksi Kulit dan Jaringan Lunak

Mikroba patogen menyerang kulit sehingga menyebabkan infeksi kulit dan jaringan lunak. Penatalaksanaan didasarkan pada intensitas infeksi dan lokasinya. Infeksi sederhana (*uncomplicated*) seperti impetigo,

folikulitis, bisul, abses, dan infeksi terkait trauma umumnya merespon dengan baik terhadap tindakan rawat jalan. Sedangkan Infeksi yang berkembang menjadi bentuk yang rumit (*complicated*) dapat menyebar ke dalam jaringan dalam tubuh, seperti pembentukan abses dalam, *ulkus dekubitus*, *necrotizing fasciitis*, *fournier gangrene*, atau infeksi yang berasal dari gigitan manusia atau hewan. Seringkali, kondisi infeksi ini disertai dengan respons inflamasi sistemik atau sepsis, dan dalam beberapa kasus dapat menyebabkan nekrosis iskemik (Joegijantoro, 2019).

c. Infeksi Saluran Cerna

Infeksi ini dapat dikenali oleh lokasi agen penyebab yang terletak dalam saluran pencernaan dan mekanisme penyebarannya melalui kontaminasi feces dalam lingkungan sekitar. Infeksi terutama berasal dari orang sakit atau pembawa mikroorganisme patogen, yang melepaskan banyak patogen melalui feces. Makanan atau air minum yang tercemar di lingkungan, mikroorganisme patogen memasuki tubuh melalui mulut. Ada banyak mikroba yang merusak saluran pencernaan. Penyakit di saluran pencernaan dapat disebabkan oleh bakteri. Sebagian besar infeksi yang memengaruhi usus seringkali menimbulkan gejala seperti diare atau disentri, bersama dengan mual, muntah, dan kram perut. Ketika infeksi menyerang usus kecil, gejala yang umumnya muncul adalah diare yang berair dan/atau muntah. Sedangkan infeksi yang berkaitan dengan usus besar cenderung menyebabkan kondisi disentri, yang ditandai dengan volume tinja yang kecil, terdapat lendir, dan bahkan darah (Joegijantoro, 2019).

### 2.1.3 Terapi Penyakit Infeksi

Terapi pengobatan penyakit infeksi menggunakan antimikroba. Antimikroba adalah zat yang memiliki tingkat toksisitas yang rendah terhadap manusia tetapi memiliki kemampuan untuk menghentikan maupun membunuh pertumbuhan mikroba (Fauzia, 2015). Antimikroba dibagi menjadi beberapa golongan diantaranya :

#### a. Antibakteri

Zat antibakteri memiliki kemampuan untuk menghentikan pertumbuhan dan membunuh bakteri patogen. Antibakteri dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama: bakteriostatik, yang menghentikan perkembangan bakteri dengan mencegah reproduksi mereka, dan bakterisidal, yang memiliki kemampuan untuk membunuh bakteri secara langsung. Menurut (Kemenkes RI, 2011) antibiotik dapat dikelompokkan berdasarkan cara mereka bekerja, seperti :

1. Antibiotik seperti beta-laktam (seperti penisilin, sefalosporin) bekerja dengan menghentikan pembentukan dinding sel bakteri, yang membuat bakteri lebih rentan dan akhirnya mati.
2. Antibiotik yang mengubah atau menghambat sintesis protein seperti aminoglikosid, kloramfenikol.
3. Antibiotik trimetoprim dan sulfonamid berinteraksi dengan enzim-enzim yang memiliki peran penting dalam proses metabolisme folat. Keduanya mengganggu fungsi enzim-enzim ini, yang pada gilirannya mempengaruhi metabolisme folat dalam tubuh.
4. Antibiotik seperti kuinolon dan nitrofurantoin mempengaruhi sintesis atau metabolisme asam nukleat tubuh. Mereka berinteraksi dengan pembentukan atau penguraian asam nukleat, yang mempengaruhi aktivitas genetik mikroorganisme patogen.

b. Antijamur

Antijamur atau antifungi adalah kelompok obat yang digunakan untuk mengobati infeksi jamur yang terjadi pada berbagai bagian tubuh, seperti kulit, kuku, mulut, vagina, atau bahkan sistemik (menyeluruh di dalam tubuh). Infeksi jamur sistemik biasanya diobati dengan dua jenis obat antijamur yaitu Amfoterisin B yang digunakan untuk mengobati infeksi jamur yang parah dengan mengganggu membran sel jamur melalui interaksi dengan ergosterol, suatu komponen penting membran sel jamur. Kemudian Azol (termasuk flukonazol, itrakonazol, ketokonazol, dan vorikonazol) bekerja dengan menghentikan enzim yang terlibat dalam sintesis ergosterol (Katzung, 2012).

c. Antivirus

Obat antivirus adalah kelas obat yang digunakan untuk mengobati infeksi virus. Obat antivirus yang secara langsung menargetkan virus termasuk penghambat penempelan virus, penghambat masuknya virus, penghambat uncoating, penghambat polimerase, penghambat protease, penghambat nukleosida, dan penghambat integrase. Kelas penghambat protease, yang termasuk obat seperti ritonavir, atazanavir, dan darunavir, juga termasuk penghambat DNA polimerase, seperti acyclovir, tenofovir, valganciclovir, dan valacyclovir, yang digunakan untuk memerangi berbagai jenis infeksi virus. Selain itu, ada juga penghambat integrase, seperti raltegravir, yang sangat penting untuk pengobatan infeksi virus tertentu (Kausar & Khan, 2021).

## 2.2 Uraian Mikroba Patogen

Mikroba patogen adalah kata untuk mikroorganisme yang menyebabkan penyakit infeksi pada manusia. Kemampuan setiap strain atau spesies mikroorganisme untuk menyebabkan penyakit berbeda-beda. Karakteristik yang melekat pada mikroba dan kemampuan inang atau hospes untuk melawan infeksi sangat

memengaruhi potensi patogenitas mikroorganisme, atau kemampuan mereka untuk menyebabkan penyakit. Mikroorganisme memiliki berbagai mekanisme adaptasi untuk bertahan hidup dalam lingkungan yang mungkin tidak ramah bagi mereka. (Harahap *et al.*, 2021).

### 2.2.1 Definisi Mikroba

Mikroba, juga dikenal sebagai mikroorganisme, mikrobia, atau jasad renik. Mikroba adalah makhluk hidup yang sangat kecil sehingga tidak dapat diamati dengan mata telanjang dan diamati melalui mikroskop. Secara umum, mikroba adalah jenis organisme yang tidak terlalu kompleks. Bakteri, protozoa, beberapa jenis alga dan jamur mikroskopis adalah beberapa contoh mikroba yang biasanya terdiri dari satu sel, sementara beberapa mikroba multiseluler juga sangat kecil (Hafsan, 2011).

Mikroba dibagi berdasarkan struktur selnya, mikroba dapat dibagi ke dalam dua kelompok utama: prokariotik dan eukariotik. Bakteri dan *arkhae* (alga hijau biru) adalah satu-satunya kelompok yang memiliki sel prokariotik, sementara tumbuhan, jamur, protista, dan hewan semuanya memiliki sel eukariotik (Hafsan, 2011).

Salah satu mikroba prokariotik yang memiliki tingkat kelimpahan tertinggi di bumi adalah bakteri. Karena ketiadaan organel-organel di dalam sel, organisme prokariotik tidak memiliki sistem endomembran. Prokariotik bertukar DNA dengan berbagai mekanisme, melakukan pembelahan sel dengan cepat, dan menunjukkan keragaman metabolik yang luar biasa. Sel prokariotik lebih kecil daripada sel eukaryotik, dan mereka memiliki berbagai bentuk, seperti *coccus* (bola), *bacillus* (batang), dan *spirillum* (spiral). Mikroba prokariotik dapat bereproduksi dengan cepat; beberapa spesies dapat membelah setiap dua puluh menit. Bakteri biasanya memanjangkan selnya untuk berbiak atau bereproduksi secara aseksual.



Setelah itu, sel membesar dan membagi dua, yang disebut pembelahan biner (Harahap *et al.*, 2021).

Fungi merupakan salah satu mikroba eukariotik yang biasanya tidak motil dan memiliki dinding sel. Karakteristik ini mirip dengan yang ada pada tumbuhan. Namun demikian, karena fungi tidak memiliki klorofil, fungi tidak dapat melakukan fotosintesis dan menghasilkan bahan organik dari karbondioksida dan air, sehingga disebut organisme heterotrof karena organisme heterotrof, mereka membutuhkan bahan organik dari luar untuk tetap tumbuh. Sebagai organisme eukariot, sel jamur paling tidak terdiri dari satu nukleus atau inti bersama dengan retikulum endoplasma, mitokondria, dan membran intinya. Tidak seperti sel mikroba, sel jamur jauh lebih maju daripada sel tumbuhan tinggi dan hewan. Hampir semua sel fungi memiliki dinding sel kaku yang mengandung selulosa dan atau khitin. Fungi dapat menjadi penyebab penyakit pada manusia. Fungi dapat menyebabkan penyakit dari yang ringan seperti panu hingga yang parah yang dapat menyebabkan kematian (Hafsan, 2011).

### 2.2.2 *Staphylococcus aureus*

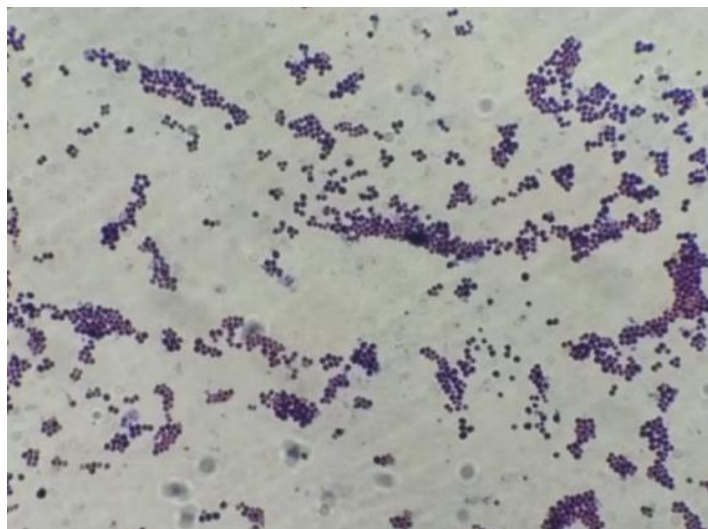
*Staphylococcus aureus* adalah salah satu bakteri, apabila jumlahnya besar dapat menyebabkan penyakit infeksi. Berikut merupakan klasifikasi dan morfologi bakteri *Staphylococcus aureus* :

#### a. Klasifikasi *Staphylococcus aureus*

**Tabel 1.** Klasifikasi *Staphylococcus aureus* (Sahli, 2023)

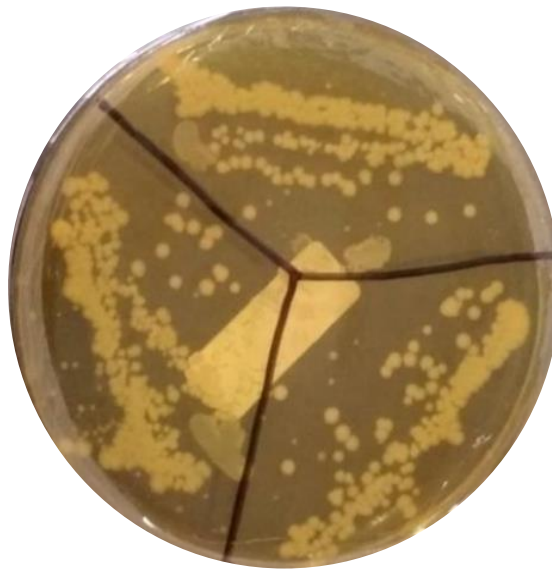
<i>Staphylococcus aureus</i>	
Domain	<i>Bacteria</i>
Filum	<i>Furmicutes</i>
Kelas	<i>Bacilli</i>
Ordo	<i>Bacillales</i>
Famili	<i>Staphylococcaceae</i>
Genus	<i>Staphylococcus</i>
Spesies	<i>Staphylococcus aureus</i>

#### b. Morfologi *Staphylococcus aureus*



**Gambar 1.** Mikroskopis *Staphylococcus aureus* (Hayati et al., 2019)

*Staphylococcus aureus* adalah salah satu bakteri yang tergolong dalam bakteri gram-positif yang berbentuk kokus dengan disebut "mirip anggur". Organisme ini dapat menghasilkan kadar garam hingga sepuluh persen pada media pertumbuhannya, dan koloni yang sering muncul berwarna keemasan atau kuning, sesuai dengan arti kata "*aureus*", yang berarti emas atau kuning. *Staphylococcus aureus* adalah bakteri gram positif dan fakultatif anaerob yang berbentuk bulat, berkelompok tidak teratur seperti buah anggur, dan tidak membentuk spora. Mereka akan membentuk pigmen dengan koloni berbentuk bundar, halus, menonjol, dan berkilau pada suhu kamar 20–25 °C, meskipun suhu idealnya adalah 37°C. (Rianti *et al.*, 2022). Bakteri yang diambil dari nanah dapat muncul dalam berbagai bentuk, seperti tunggal, berpasangan, atau mengelompok. Terkadang, sediaan ini bahkan dapat membentuk susunan yang menyerupai rantai pendek. Bakteri gram positif memiliki kuman yang tidak bergerak dan tidak membentuk spora (Sahli, 2023).



**Gambar 2.** *Staphylococcus aureus* pada Media (Hayati *et al.*, 2019)

Koloni *Staphylococcus aureus* memiliki bentuk bundar, permukaan halus, menonjol, dan kilau yang khas ketika dibiakkan pada medium padat; koloni ini dapat tumbuh dengan cepat dalam waktu 24 jam dan dapat mencapai diameter sekitar 4 mm. Koloni memiliki warna mulai dari abu-abu hingga kuning emas tua. Perlu diingat bahwa *lipochrom* *Staphylococcus aureus* menghasilkan pigmen kuning keemasan (kadang-kadang kuning jeruk) pada koloninya. Pigmen ini membedakan *Staphylococcus aureus* dari bakteri lain, seperti *Staphylococcus epidermidis*, yang menghasilkan pigmen putih. *S. aureus* juga dapat menyebabkan infeksi saluran kemih melalui berbagai jalur, seperti melalui kontaminasi langsung pada luka terbuka seperti serin. Selain itu, *S. aureus* dapat menyebabkan infeksi yang lebih serius seperti pneumonia, mastitis, osteomielitis, dan meningitis (Dewi, 2014).

### 2.2.3 *Streptococcus pyogenes*

Bakteri *Streptococcus pyogenes* adalah salah satu jenis bakteri patogen yang dapat menyebabkan berbagai jenis infeksi pada manusia. Berikut merupakan klasifikasi dan morfologi bakteri *Streptococcus pyogenes* :

#### a. Klasifikasi *Streptococcus pyogenes*

**Tabel 2.** Klasifikasi *Streptococcus pyogenes* (Breed *et al.*, 1957)

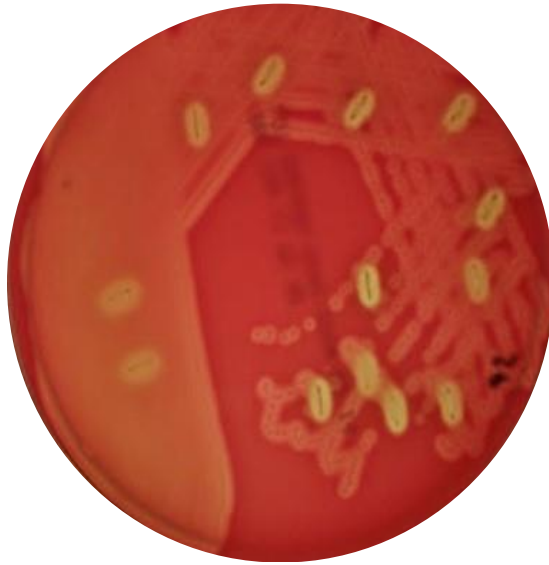
<i>Streptococcus pyogenes</i>	
Domain	<i>Bacteria</i>
Filum	<i>Firmicutes</i>
Kelas	<i>Bacilli</i>
Ordo	<i>Lactobacillales</i>
Famili	<i>Streptococcaceae</i>
Genus	<i>Streptococcus</i>
Spesies	<i>Streptococcus pyogenes</i>

b. Morfologi *Streptococcus pyogenes*



**Gambar 3.** Mikroskopis *Streptococcus pyogenes* (Soekiman, 2015)

Bakteri *Streptococcus pyogenes* adalah bakteri gram positif, nonmotil, tidak berspora, dan dapat menjadi anaerob. Rantainya berdiameter antara 0,6 dan 1,0 mikrometer. *Coccus* telur berbentuk bulat hingga bulat dengan diameter 0,6–1,0  $\mu\text{m}$  adalah ciri khas *S pyogenes*. Mereka berpasangan, atau (terutama dalam media cair atau bahan klinis) dalam rantai dengan panjang yang berbeda, karena mereka membelah dalam satu bidang. *S pneumoniae* adalah diplococcus berukuran 0,5–1,25  $\mu\text{m}$  yang biasanya berbentuk lancet. Bakteri *Streptococcus pyogenes* termasuk dalam kelompok bakteri beta-hemolitikus. Bakteri ini memiliki sifat gram positif dan memiliki bentuk kokus kecil-kecil. Ketika dibiakkan pada media agar, bakteri ini membentuk zona terang dan melakukan metabolisme melalui proses fermentasi (Budianto, 2020).



**Gambar 4.** *Streptococcus pyogenes* pada Agar Darah (Soekiman, 2015)

*Streptococcus pyogenes* berkembang paling baik pada media agar yang diperkaya dengan darah, yang merupakan media yang sesuai untuk pertumbuhan bakteri ini. Sebaliknya, ketika dimasukkan ke dalam media cair yang mengandung glukosa atau serum, *Streptococcus* mampu berkembang subur dan menyebabkan endapan dan kekeruhan, yang terlihat terutama di bagian bawah dan sepanjang dinding tabung media (Soekiman, 2015).

Salah satu bakteri patogen utama manusia adalah *Streptococcus pyogenes* menyebabkan berbagai gejala, mulai dari infeksi ringan di daerah tertentu hingga infeksi invasif yang mematikan. Salah satu infeksi kulit yang paling umum pada anak-anak adalah impetigo. Bakteri *Streptococcus pyogenes* ditemukan di saluran pernafasan manusia. Apabila pertahanan tubuh inang tubuh terganggu, bakteri ini dapat menyebabkan infeksi pada tubuh manusia. Bakteri ini sering ada di kerongkongan kulit dan dapat menyebabkan sakit saat menelan. Bakteri *Streptococcus pyogenes* biasanya tidak menimbulkan gejala penyakit, tetapi sekitar 5–15 persen orang normal memilikinya. Bakteri ini dapat menyebabkan banyak penyakit, seperti faringitis (sakit

tenggorokan), impetigo, erysipelas, cellulitis, necrotizing fasciitis, demam puerperal, sepsis, endokarditis akut, glomerulonephritis, dan demam rematik (Agustin *et al.*, 2019).

#### 2.2.4 *Pseudomonas aeruginosa*

Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* adalah salah satu jenis bakteri yang dapat menyebabkan banyak penyakit infeksi pada manusia. Berikut merupakan klasifikasi dan morfologi bakteri *Pseudomonas aeruginosa* :

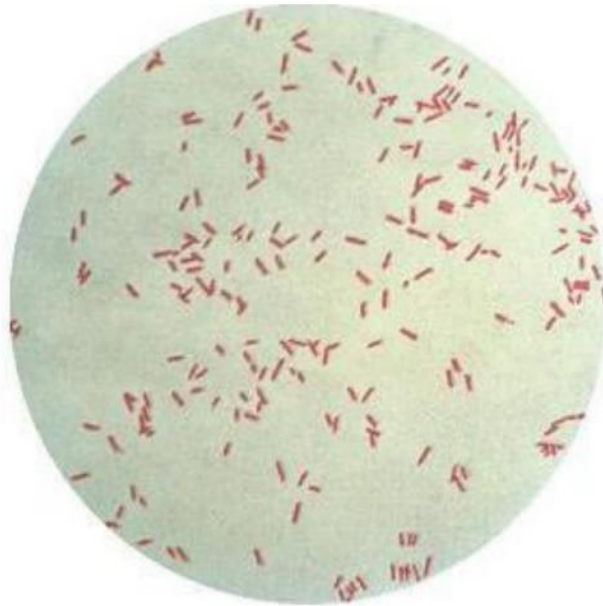
##### a. Klasifikasi *Pseudomonas aeruginosa*

**Tabel 3.** Klasifikasi *Pseudomonas aeruginosa* (Breed *et al.*, 1957)

<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	
Domain	<i>Bacteria</i>
Kelas	<i>Schizomycetes</i>
Ordo	<i>Pseudomonales</i>
Famili	<i>Pseudomonaceae</i>
Genus	<i>Pseudomonas</i>
Spesies	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

##### b. Morfologi *Pseudomonas aeruginosa*

Bakteri gram-negatif *Pseudomonas aeruginosa* memiliki morfologi berupa batang dengan ukuran sekitar 0,5–0,8 mikron lebar dan 1,5–3,0 mikron panjang. Hampir seluruh strain dari bakteri ini memiliki satu flagel di salah satu kutub, yang disebut sebagai flagel polar tunggal. Untuk tumbuh di dalam akuades, *Pseudomonas aeruginosa* hanya membutuhkan asetat sebagai sumber karbon dan sulfat sebagai sumber nitrogen. *Pseudomonas aeruginosa* memiliki ketahanan terhadap konsentrasi tinggi garam, zat warna, dan berbagai jenis antibiotika. Namun, suhu pertumbuhan idealnya adalah 37° Celcius (Soekiman, 2015).



**Gambar 5.** Mikroskopis *Pseudomonas aeruginosa* (Ekawati *et al.*, 2018)

*Pseudomonas aeruginosa* merupakan anggota keluarga *Pseudomonadaceae* dan memiliki kemampuan untuk hidup bebas di berbagai lingkungan yang mencakup tanah, air, flora kulit manusia, serta berbagai lingkungan buatan yang dihuni oleh manusia di seluruh dunia. *P.aeruginosa* adalah organisme aerob atau anaerob fakultatif, yang berarti dapat hidup dalam lingkungan dengan atau tanpa oksigen. Ini membuatnya menjadi penyebab penyakit oportunistik pada hewan, manusia, dan tumbuhan. *P.aeruginosa* memiliki kemampuan untuk menghasilkan berbagai jenis pigmen yang berperan dalam identifikasinya. Contoh pigmen yang dapat diproduksi oleh bakteri ini meliputi *pyocyanin* yang berwarna biru-hijau, *pyoverdine* yang berwarna kuning-hijau dan memiliki sifat fluoresensi, serta *pyorubin* yang berwarna merah-coklat (Soekiman, 2015).





**Gambar 6.** Koloni *Pseudomonas aeruginosa* (Soekiman, 2015)

Koloni bakteri *Pseudomonas aeruginosa* terdiri dari tiga kategori. Koloni kasar yang kecil terdiri dari isolat alami yang berasal dari tanah atau air. Bahan klinik menumbuhkan satu atau dua koloni kecil. Bakteri ini berbentuk seperti telur rebus yang besar, halus, dengan tepi datar dan terangkat. Jenis lain berasal dari sekresi saluran napas dan saluran kemih dan disebut mukoid. Penting untuk memahami karakteristik dan kemampuan adaptasi *Pseudomonas aeruginosa* karena sifatnya yang patogenik dan peranannya sebagai penyebab berbagai infeksi dan gangguan kesehatan pada manusia, hewan, dan tumbuhan (Soekiman, 2015).

### 2.2.5 *Candida albicans*

*Candida albicans* merupakan salah satu jenis jamur patogen yang dapat menyebabkan berbagai penyakit infeksi pada manusia. Berikut adalah klasifikasi dan morfologi *Candida albicans* :

#### a. Klasifikasi *Candida albicans*

**Tabel 4.** Klasifikasi *Candida albicans* (McCullough *et al.*, 1996)

<i>Candida albicans</i>	
Domain	<i>Fungi</i>
Kelas	<i>Saccharomycetes</i>
Ordo	<i>Saccharomycetales</i>
Famili	<i>Saccharomycetaceae</i>
Genus	<i>Candida</i>
Spesies	<i>Candida albicans</i>

#### b. Morfologi *Candida albicans*



**Gambar 7.** Mikroskopis *Candida albicans* (Soekiman, 2015)

*Candida albicans* adalah jenis jamur flora komensal yang biasanya ada di tubuh manusia dan membantu menjaga keseimbangan mikroorganisme penting untuk kesehatan. Jamur ini dapat ditemukan di berbagai tempat di tubuh, seperti kulit, saluran pencernaan, dan sistem reproduksi. Fungsinya adalah menjaga ekosistem mikroba dalam tubuh manusia yang seimbang dan bermanfaat. Namun, *Candida albicans* juga dapat menjadi patogen dalam kondisi tertentu, menyebabkan infeksi yang memerlukan pengobatan medis, seperti kegagalan sistem kekebalan tubuh. Jamur ini juga ada di traktus intestinal, kulit, dan traktus genita urinaria. *Candida albicans* memiliki berbagai bentuk makroskopis, seperti bulat, lonjong, atau keduanya. Koloninya menonjol di atas permukaan ketika tumbuh pada medium padat. Permukaan koloni biasanya halus, licin, atau terkadang berlipat-lipat. Koloni ini biasanya memiliki warna putih hingga kekuningan, dan mereka memiliki bau ragi yang khas. Umur koloni menentukan ukurannya. Hifa semu dapat diamati pada tepi koloni sebagai benang-benang halus yang masuk ke dalam medium (Indrayati & Sari, 2018).



**Gambar 8.** Koloni *Candida albicans* Media DSA (Naim *et al.*, 2020)

Koloni *Candida albicans*, berbentuk seperti ragi, berwarna putih atau kuning krim pada medium dextrose agar Sabouraud. Bentuk sel tunas pada sel mirip-ragi, blastokonidia, atau sel sferis atau subsferis berukuran 2.0-7.0 x 3.0-8.5  $\mu\text{m}$  terlihat pada pemeriksaan mikroskopi (Indrayati & Sari, 2018).

Infeksi yang paling sering terjadi di masyarakat Indonesia adalah akibat dari *Candida albicans*. Indonesia, yang terletak di wilayah tropis, memiliki kelembaban udara yang tinggi yang ideal untuk pertumbuhan jamur. *Candida albicans* tumbuh di mukosa genital, saluran pencernaan, dan saluran pernafasan bagian atas mamalia secara alami. Jamur ini dapat menyebabkan penyakit jika muncul dalam habitat alaminya. *C. albicans* adalah jamur oportunistik flora rongga mulut. Selain itu, dikatakan bahwa jika sistem kekebalan tubuh hospesnya menurun, *C. albicans* dapat berpoliferasi dengan cepat, yang meningkatkan kekuatan infeksi dan dapat menyebabkan kandidiasis (Lani *et al.*, 2021). Kondisi yang dikenal sebagai kandidiasis vaginitis dapat disebabkan oleh pertumbuhan jamur *Candida albicans* yang berlebihan. Penggunaan air seperti toilet yang mengandung *Candida sp.* setelah defekasi dapat menyebabkan infeksi ini. Air yang digunakan untuk membersihkan diri atau air yang digunakan untuk kuku juga dapat menyebabkan infeksi ini. Wanita dengan vaginitis yang disebabkan oleh *Candida albicans* sering mengalami fluor albus, gejala yang sering disertai dengan rasa gatal (Soekiman, 2015).

### **2.3 Antimikroba**

Pengobatan yang dapat dilakukan akibat penyakit infeksi dilakukan dengan pemberian antimikroba. Antimikroba dibagi menjadi beberapa golongan yaitu antibakteri, antijamur, dan antivirus. Antimikroba memiliki mekanisme kerja dalam membunuh dan menghambat pertumbuhan mikroba (Susanto, 2018).

### **2.3.1 Definisi Antimikroba**

Antimikroba adalah zat kimia yang dibuat atau diperoleh untuk membunuh mikroorganisme. Meskipun dibuat dalam jumlah kecil, zat ini memiliki kemampuan menghentikan aktivitas mikroorganisme lain. Antimikroba juga tidak berbahaya bagi manusia dengan toksisitas yang rendah (Susanto, 2018).

Antibakteri adalah zat yang menghambat pertumbuhan dan membunuh bakteri. Ada dua jenis antibiotik berdasarkan cara kerjanya. Pertama, ada bakteriostatika yang berfungsi untuk menghambat pertumbuhan bakteri sehingga mereka tidak dapat berkembang biak. Kedua, ada bakterisida yang bekerja membunuh bakteri secara langsung (Rollando, 2019).

Antifungi adalah obat yang dibuat untuk melawan infeksi yang disebabkan oleh jamur. Mereka melindungi pertumbuhan dan penyebaran jamur, yang dapat menyebabkan berbagai masalah kesehatan pada manusia. Ada dua jenis antifungi berdasarkan cara kerjanya. Pertama, fungisidal adalah istilah untuk obat atau senyawa yang memiliki kemampuan untuk secara aktif membunuh jamur dengan menghancurkan sel-sel dan bagian pentingnya. Kedua, fungistatik adalah senyawa atau obat yang menghambat pertumbuhan jamur tanpa membunuh jamur (Mustapa, 2014)

### **2.3.2 Mekanisme Kerja Antimikroba**

Antimikroba memiliki beberapa mekanisme kerja diantaranya yaitu :

a. Menghambat dinding sel

Sebagian besar jenis antimikroba memiliki kemampuan untuk menghentikan pembentukan dinding sel, tetapi hanya berfungsi pada bakteri yang sedang aktif dalam proses pembelahan sel. Mekanisme ini bergantung pada perbedaan struktural di antara dinding sel prokariotik dan eukariotik. Peptidoglikan, komponen dinding sel bakteri, tidak ada dalam dinding sel eukariotik, seperti yang ditemukan pada manusia dan

fungi. Oleh karena itu, antibiotik atau antimikroba yang bertarget pada pembentukan peptidoglikan akan hanya mempengaruhi pertumbuhan dan reproduksi sel bakteri, sementara sel-sel eukariotik tetap tidak terpengaruh (Susanto, 2018).

b. Gangguan pada membran sel.

Akibat dari mekanisme ini, antimikroba yang menghambat sintesis dinding sel dapat memengaruhi permeabilitas membran sel. Dampak dari perubahan permeabilitas ini adalah kehilangan zat-zat intraseluler, seperti ion kalium, oleh sel. Selain itu, antibiotik polien juga dapat membentuk kompleks dengan sterol dalam membran sel, yang mengakibatkan gangguan pada fungsi membran tersebut. Mekanisme yang terjadi ini dapat menghasilkan efek fungisidal, yaitu kemampuan untuk membunuh mikroorganisme penyebab infeksi. (Mustapa, 2014).

c. Penghambatan sintesis kitin.

Penghambatan sintesis kitin adalah salah satu mekanisme yang dianggap sangat ideal dan selektif dalam pengobatan infeksi jamur, karena umumnya tidak menimbulkan efek samping yang merugikan pada manusia atau tumbuhan. Sebagai contoh, senyawa polixin merupakan salah satu zat yang mengikuti mekanisme ini (Mustapa, 2014).

d. Penghambatan sintesis asam nukleat dan protein.

Sebagai contoh, beberapa senyawa seperti sikloheksimia, blastidin, gliseofulvin, dan 5-fluorositosin, bekerja dengan cara menghambat sintesis asam nukleat dan protein dalam mikroorganisme seperti jamur. Namun, penting untuk dicatat bahwa mekanisme penghambatan ini cenderung hanya menimbulkan efek fungistatik, yang berarti mereka menghentikan pertumbuhan mikroorganisme, tetapi tidak secara langsung membunuhnya (Mustapa, 2014)

## 2.4 *Rhizophora apiculata*

*Rhizophora apiculata* atau tanaman bakau minyak merupakan salah satu tanaman yang berpotensi sebagai antimikroba dan antioksidan. Bagian tanaman ini, seperti batang, akar, dan kulit, telah diteliti dan ditemukan mengandung antioksidan. Indonesia memiliki kekayaan hutan bakau yang melimpah, dengan total luas hutan bakau mencapai 4,5 juta hektar, yang menyumbang sekitar 25% dari keseluruhan hutan bakau di seluruh dunia (Mustofa & Tarigan, 2023).

*Rhizophora apiculata* memiliki Indeks Nilai Pohon (INP) yang memiliki signifikansi penting dalam menjaga kestabilan ekosistem. Hasil pengujian aktivitas antioksidan pada tanaman bakau melalui proses penapisan fitokimia menunjukkan bahwa tanaman ini mengandung senyawa-senyawa seperti flavonoid, alkaloid, dan tanin. Senyawa-senyawa ini berperan sebagai antioksidan eksogen yang berpotensi memberikan manfaat dalam menjaga keseimbangan dan keberlanjutan ekosistem (Mustofa *et al.*, 2019). Berikut merupakan penjelasan mengenai definisi, taksonomi, dan morfologi tanaman bakau minyak.

### 2.4.1 Definisi *Rhizophora apiculata*

*Rhizophora apiculata* adalah salah satu spesies tanaman bakau, mirip dengan banyak tanaman *mangrove* lainnya, yang menghuni habitat khas berupa tanah lumpur halus yang terendam saat air laut pasang secara rutin. Tanaman ini cenderung tidak tumbuh subur di lingkungan yang keras dan berpasir, dan biasanya mendominasi sekitar 90% dari komunitas vegetasi di habitatnya yang disukai, yaitu area pasang surut. Tanaman ini berbunga sepanjang tahun dan memiliki waktu tumbuh yang lambat (N. Suryani, 2018).

*Rhizophora apiculata*, sering dikenal sebagai bakau minyak. Masyarakat Indonesia menggunakan bahan aktif yang ditemukan dalam tanaman bakau minyak (*Rhizophora apiculata*) untuk pengobatan medis. Ragam bahan aktif

yang memiliki manfaat dapat ditemukan di seluruh komponen tanaman ini, termasuk daun, batang, dan akar. Tumbuhan ini mengandung sejumlah senyawa seperti alkaloid, flavonoid, triterpenoid, steroid, saponin, dan tanin. Selain itu, berbagai bagian tanaman bakau minyak juga kaya akan senyawa antioksidan (Mustofa *et al.*, 2022).

#### **2.4.2 Morfologi dan Taksonomi *Rhizophora apiculata***

Berdasarkan klasifikasi umum menempatkan *mangrove* dalam keluarga *Rhizophoraceae*, *Avicenniaceae*, *Sonneratiaceae*, dan *Ceriops*. Salah satu jenis tumbuhan *mangrove* yang umum tumbuh di daerah pesisir adalah *Rhizophora apiculata*. Spesies ini dapat tumbuh hingga ketinggian 30 meter dan memiliki diameter batang hingga 50 sentimeter. *Rhizophora* adalah tanaman *mangrove* yang menyerupai pohon. Tangkai daun berwarna coklat keputihan berukuran antara sepuluh dan lima puluh sentimeter panjangnya. Daunnya memanjang dan lonjong. Pangkal daun baji, tidak bertoreh, memiliki tepi rata, dan duri di ujung meruncing. Tulang daun memiliki tangkai yang pendek dan permukaan bawahnya berwarna kemerahan. Daun memiliki panjang antara 3-13 cm dan lebar antara 1-6 cm. Permukaan abaksial memiliki tekstur yang lebih putih kehijauan daripada permukaan adaksial yang lebih hijau kehitaman. Permukaan daun yang mengkilap memiliki tekstur yang lebih terang. *Rhizophora apiculata* adalah spesies *mangrove* yang memiliki beberapa karakteristik unik. Kayu yang dihasilkannya sangat keras, dan pertumbuhannya sangat cepat, membuatnya termasuk dalam kategori *mangrove* yang tumbuh dengan cepat (*fast-growing mangrove*). Daunnya memiliki pola pertumbuhan oposit, dan pohon ini dapat mencapai ketinggian hingga 15 meter. Pada setiap ujung stipula, atau tangkai daun, terdapat kuncup berbentuk memanjang berwarna merah atau hijau (Hadi *et al.*, 2016).



**Tabel 5.** Klasifikasi *Rhizophora apiculata* (Hadi *et al.*, 2016)

Taksonomi <i>Rhizophora apiculata</i>	
Kingdom	Plantae
Divisi	Magnoliophyta
Kelas	Magnoliopsida
Ordo	Myrtales
Famili	Rhizophoraceae
Genus	<i>Rhizophora</i>
Spesies	<i>Rhizophora apiculata</i>

**Gambar 9.** Tumbuhan *Rhizophora apiculata* ( Dokumen Pribadi )

Batang *Rhizophora apiculata* memiliki bentuk seperti pohon. Batang pokok *Rhizophora apiculata* adalah jenis kayu keras dan berkayu. Batang tanaman yang sudah tua memiliki diameter 50 cm. Kulit kayu pada *Rhizophora apiculata* memiliki ciri khas berupa tekstur yang kasar dan memiliki warna abu-abu tua. Batang tanaman ini terdiri dari berbagai lapisan, termasuk epidermis, hipodermis, korteks, endodermis, floem, xylem, dan empulur. Senyawa-senyawa seperti alkaloid, saponin, flavonoid, dan tanin ditemukan hampir di seluruh bagian tanaman *Rhizophora sp.* (Hadi *et al.*, 2016).

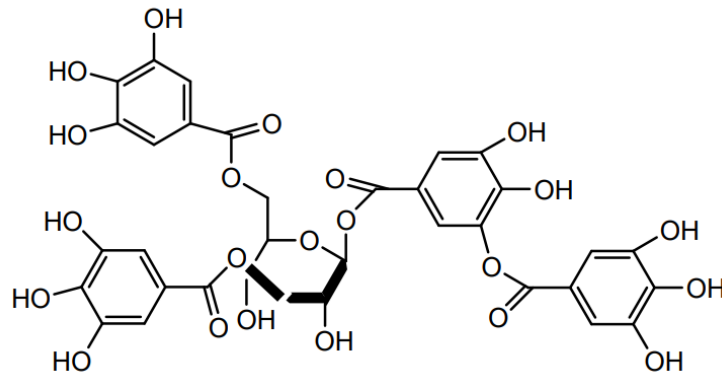
### 2.4.3 Kandungan *Rhizophora apiculata*

Bakau minyak (*Rhizophora apiculata*) adalah spesies bakau yang biasa tumbuh di lingkungan tropis dan sub-tropis. Bakau minyak berguna untuk ekologi, biologis, dan medis. Karena kandungan aktifnya, bakau minyak memiliki sifat antiviral, antialergi, dan antioksidan. *Rhizophora apiculata* memiliki nilai dalam bidang etnomedisin. Tanaman ini mengandung beragam zat aktif yang dapat dimanfaatkan dalam pengobatan berbagai penyakit (Mustofa & Tarigan, 2023).

Menurut penelitian sebelumnya, ekstrak kulit *Rhizophora apiculata* memiliki sifat antioksidan dan anti-inflamasi. Ekstrak ini dapat membantu tikus melindungi pankreas, arteri koroner, dan testis dari bahaya asap rokok. Ekstrak etanol dari kulit memiliki sifat anti-tumor, anti-diabetes, dan anti-mikroba. Tanin dan asam pirolignat adalah komponen aktif dalam ekstrak ini, yang sebagian besar ditemukan dalam kulit batang bakau (Mustofa *et al.*, 2020). Penelitian lain terhadap beberapa jenis *mangrove* menemukan bahwa senyawa alkaloid, fenolik, steroid, dan terpenoid adalah senyawa metabolit sekunder tanaman yang memiliki efek toksik dan farmakologik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi dalam jenis pelarut yang digunakan untuk mengekstrak berdampak pada bahan kimia yang diekstrak pada tanaman. Komponen aktif ekstrak, tanin dan asam pyroligneous, berfungsi sebagai antioksidan dan pembersih radikal bebas (Mustofa & Anisya, 2020). Banyak penelitian telah dilakukan tentang sifat antioksidan dan antiinflamasi ekstrak kulit batang bakau *Rhizophora apiculata*, yang mengandung alkaloid, flavonoid, triterpenoid, steroid, saponin, dan tanin (Mustofa & Fahmi, 2021).

## 1. Tanin

Salah satu metabolit sekunder yang terkandung dalam *Rhizophora apiculata* adalah tannin. Berikut stuktur kimia senyawa tannin.



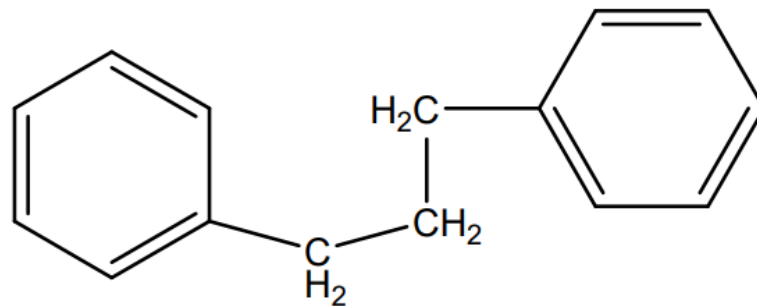
**Gambar 10.** Struktur Senyawa Tanin (Noer *et al.*, 2018)

Tanin adalah jenis polifenol yang memiliki berat molekul tinggi, dengan berat molekul melebihi 500. Struktur tanin terdiri dari gugus flavan-3-ol yang terhubung satu sama lain melalui ikatan karbon C4-C6 atau C8. Tanin memiliki berbagai sifat yang bermanfaat, termasuk sebagai antioksidan, agen astringen, anti diare, dan anti bakteri (Berawi & Marini, 2018). Salah satu alasan di balik kemampuan antibakteri tanin adalah kemampuannya untuk mengakibatkan pengkerutan pada dinding sel, mengganggu permeabilitas sel, dan menyebabkan kerusakan pada dinding sel (Amalia *et al.*, 2018).

Mekanisme kerja tanin sebagai agen antibakteri terjadi melalui proses sellisis, dimana tanin menargetkan dinding polipeptida sel bakteri. Proses ini mengakibatkan pembentukan dinding sel yang tidak sempurna, yang pada akhirnya menyebabkan kematian sel bakteri. Selain itu, tanin juga mampu menginaktifkan enzim bakteri dan mengganggu jalannya protein di dalam lapisan sel (Saptowo *et al.*, 2022).

## 2. Flavonoid

Flavonoid merupakan salah satu kandungan metabolit skunder dalam *Rhizopora apiculata*. Berikut merupakan stuktur kimia senyawa flavonoid.



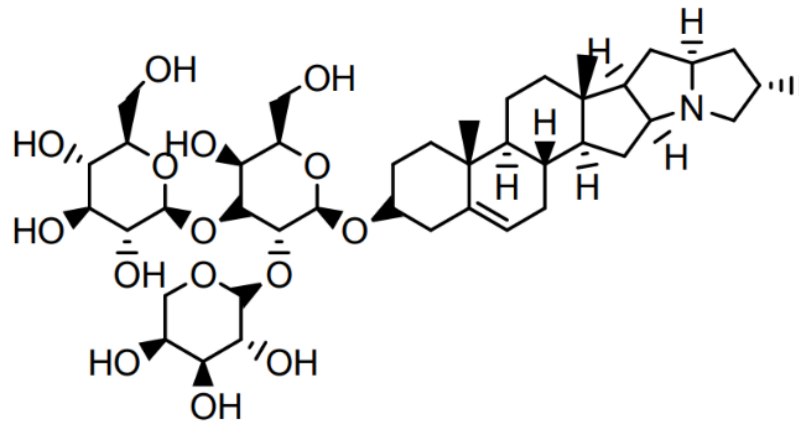
**Gambar 11.** Struktur Dasar Flavonoid (Noer *et al.*, 2018)

Flavonoid adalah kelompok bahan kimia yang biasanya ditemukan pada sayur-sayuran, buah, batang, dan bunga tanaman. Fungsi mereka sebagai antioksidan eksogen memungkinkan mereka untuk menstabilkan radikal bebas (Caesario *et al.*, 2019). Selain sebagai antioksidan flavonoid juga berfungsi sebagai anti bakteri karena cincin beta dan gugus -OH pada flavonoid dianggap sebagai struktur yang bertanggung jawab atas aktivitas antibakteri mereka. Flavonoid melakukan ini dengan merusak dinding sel, menonaktifkan kerja enzim, berikatan dengan adhesin, dan merusak membran sel (Nugraha *et al.*, 2017).

Flavonid memiliki keberadaan gugus hidroksi pada posisi 3,4 dalam cincin C struktur flavonoid. Keberadaan gugus hidroksi ini memungkinkan flavonoid untuk membentuk kompleks dengan protein pada permukaan bakteri, yang pada gilirannya dapat mengakibatkan lisis membran bakteri tersebut (Alfaridz & Amalia, 2018).

### 3. Saponin

Saponin merupakan salah satu kandungan metabolit sekunder dalam *Rhizopora apiculata*. Berikut merupakan stuktur kimia senyawa saponin.

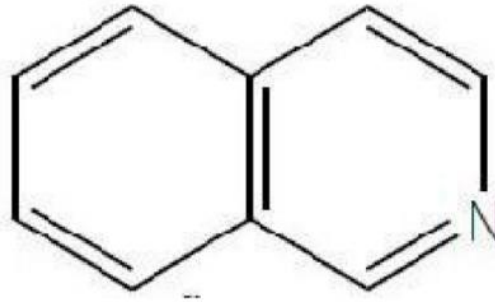


**Gambar 12.** Struktur Saponin (Noer *et al.*, 2018)

Saponin merupakan metabolit sekunderr yang dapat ditemukan dalam berbagai bagian tanaman, termasuk kulit, daun, akar, dan buah. Saponin memiliki peran penting dalam sistem pertahanan tanaman. Selain kegunaannya sebagai obat, saponin memiliki sifat fisika, kimia, dan biologi yang sangat spesifik (Handarni *et al.*, 2020). Saponin memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur. Kemampuan menghambat jamur terjadi karena adanya kelompok monosakarida dalam saponin, dan variasi turunannya memiliki fungsi serupa dengan deterjen. Di sisi lain, saponin juga bertindak sebagai agen antijamur dengan cara merusak sel mikroba melalui proses lisis, di mana stabilitas membran sel terganggu akibat aksi saponin (Komala *et al.*, 2019).

#### 4. Alkaloid

Alkaloid merupakan salah satu kandungan metabolit skunder dalam *Rhizopora apiculata*. Berikut merupakan salah satu contoh stuktur kimia senyawa alkaloid.



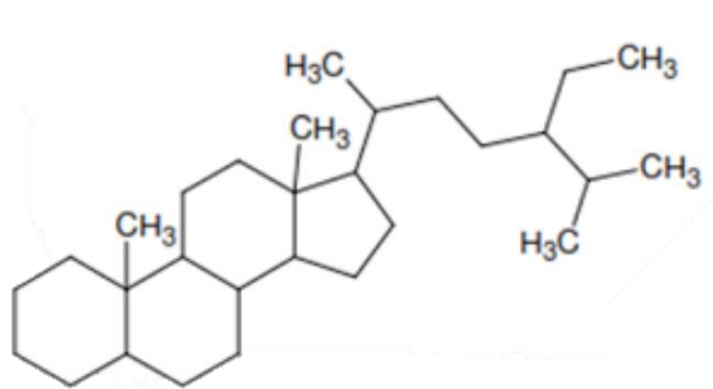
**Gambar 13.** Struktur Dasar Alkaloid Isoquinolin (Jafriati, 2022)

Alkaloid adalah kelompok senyawa metabolit sekunder yang bersifat basa yang sering memiliki satu atau lebih atom nitrogen dalam rangkaian siklik. Alkaloid ada di banyak bagian tanaman, seperti bunga, biji, daun, ranting, akar, dan kulit batang. Alkaloid seringkali hanya ada dalam jumlah kecil dalam tanaman, jadi mereka harus dipisahkan dari kombinasi senyawa kompleks yang ada dalam jaringan tanaman. Alkaloid adalah zat aktif tanaman yang bertindak sebagai obat. Mereka meningkatkan sistem kekebalan tubuh untuk memerangi bakteri, virus, jamur, dan bahkan sel kanker. Alkaloid memiliki kemampuan antimikroba dengan menghalangi enzim esterase, enzim DNA dan RNA *polimerase*, respirasi sel, dan berperan dalam interkalasi DNA. Sebagai agen antijamur, alkaloid berinteraksi kuat dengan ergosterol dalam membran sel, yang merusak integritas membran sel dan dapat menyebabkan lubang di dalam sel (Maisarah *et al.*, 2023). Alkaloid melakukan fungsi antibakteri dengan berinteraksi dengan dinding sel bakteri, menyebabkan kerusakan dinding sel. Alkaloid juga dapat melekat pada DNA bakteri, yang menghentikan sintesis protein. Sebagian besar alkaloid memiliki bentuk padatan kristal

yang memiliki titik lebur khusus atau memiliki rentang dekomposisi tertentu. Saat ini, telah ditemukan ribuan senyawa alkaloid dengan beragam variasi struktur yang unik, mulai dari yang paling sederhana hingga yang sangat kompleks (Setiawan *et al.*, 2017).

## 5. Steroid

Steroid merupakan salah satu kandungan metabolit sekunder dalam *Rhizopora apiculata*. Berikut merupakan salah satu contoh stuktur kimia senyawa steroid.



**Gambar 14.** Struktur Dasar Steroid (Illing *et al.*, 2017)

Steroid adalah kelompok senyawa aktif yang diproduksi oleh tanaman melalui proses metabolit sekunder. Steroid biasanya ditemukan dalam jaringan tumbuhan dan hewan dan terdiri dari cincin siklopentana perhidrofenantren (Harborne, 1996). Salah satu jenis senyawa metabolit sekunder adalah steroid, yang diketahui memiliki sifat bioinsektisida, antibakteri, antifungi, dan antidiabetes (W. Hidayah *et al.*, 2016). Dalam aktivitas antibakterinya, steroid mempengaruhi membran lipid dengan meningkatkan sensitivitas membran fosfolipid terhadap komponen steroid itu sendiri. Ini dapat menyebabkan integritas membran lipid rusak, dan kebocoran membran lipid dapat mempengaruhi fungsi liposom. Interaksi

steroid dengan membran fosfolipid menurunkan integritas membran dan mengubah bentuk membran, yang menyebabkan membran rapuh dan lisis (Bontjura *et al.*, 2015).

## **2.5 Metode Penyarian**

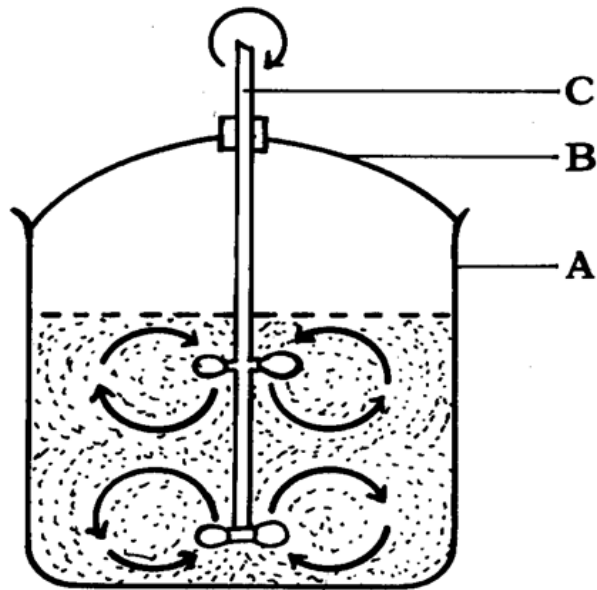
Metode penyarian merupakan metode untuk mengekstrak zat aktif yang awalnya terdapat dalam sel simplisia atau jaringan tumbuhan. Metode ini menggunakan cairan penyarian atau pelarut untuk mengekstrak zat aktif, sehingga metabolit sekunder yang diinginkan larut dalam cairan penyarian (Sandy *et al.*, 2021). Metode penyarian dapat dilakukan dengan proses ekstraksi dan fraksinasi.

### **2.5.1 Ekstraksi**

Ekstraksi adalah langkah penting dalam penemuan zat aktif dari bagian tanaman obat. Proses ini merupakan tahapan pengambilan zat aktif, biasanya berupa senyawa kimia, dari dalam simplisia atau bagian tumbuhan obat. Metode ekstraksi yang dipilih untuk penemuan obat tradisional bergantung pada sifat bahan dan senyawa yang akan diisolasi. Sebelum memilih metode ekstraksi yang tepat, harus menentukan tujuan ekstraksi. Macam-Macam ekstraksi yang tepat bergantung pada jenis senyawa yang diisolasi, serta tekstur dan kandungan air dari bahan tumbuhan yang diekstraksi (Wewengkang & Rotinsulu, 2021).

Pembuatan serbuk, pembasahan, penyarian, dan pemekatan adalah beberapa langkah dalam proses ekstraksi. Mengekstraksi zat aktif dari sampel dengan pelarut yang tepat dikenal sebagai ekstraksi. Ekstraksi padat-cair adalah jenis ekstraksi yang dapat dilakukan di laboratorium dengan berbagai metode, salah satunya maserasi (Wewengkang & Rotinsulu, 2021). Proses maserasi adalah ekstraksi simplisia dengan menggunakan pelarut dengan beberapa kali pengadukan pada temperatur ruangan.





**Gambar 15.** Proses Maserasi (Nasution, 2020).

Keterangan : A. Bejana B. Tutup Bejana C. Pengaduk

Alat yang digunakan seperti pada gambar 15 A adalah wadah bejana maserasi, B tutup bejana, kemudian C pengaduk. Maserasi melibatkan perendaman bahan yang akan diekstraksi dalam pelarut tertentu untuk mengekstrak senyawa yang diinginkan dari larutan atau padatan (Yulianingtyas *et al.*, 2016). Keuntungan utama dari metode ekstraksi maserasi adalah kepraktisan, penggunaan peralatan yang lebih sederhana, dan tidak memerlukan pemanasan, sehingga bahan alam yang diekstraksi tidak mengalami degradasi. Namun, metode ini memiliki kekurangan dalam hal waktu yang lebih lama yang dibutuhkan jika digunakan dalam skala produksi besar, seperti dalam industri. Proses pencarian zat aktif dimulai dengan merendam serbuk simpilisia dalam pelarut yang dipilih selama periode tiga hari pada suhu kamar yang terlindung dari cahaya. Cairan penyari secara perlahan meresap melalui dinding sel dan masuk ke dalam sel. Karena perbedaan konsentrasi antara larutan di dalam sel dan di luar sel, senyawa aktif larut ke dalam cairan penyari. Proses ini mengikuti prinsip

difusi, di mana larutan dengan konsentrasi tinggi bergerak keluar dan digantikan oleh cairan penyari dengan konsentrasi yang lebih rendah. Selama proses maserasi, cairan penyari diganti setiap hari. Maserat adalah hasil maserasi ketika endapan dipisahkan dan filtratnya dipekatkan (Hasby *et al.*, 2022).

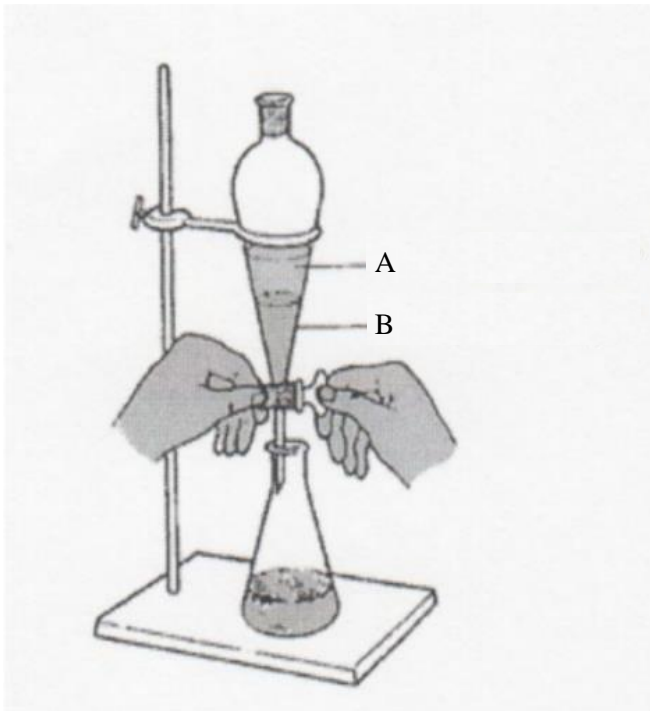
### 2.5.2 Fraksinasi

Fraksinasi adalah penarikan senyawa pada suatu ekstrak dengan menggunakan dua jenis pelarut yang tidak saling bercampur. Pelarut *n*-heksan, etil asetat, dan metanol adalah pelarut umum yang digunakan dalam fraksi nasi. Metode ini digunakan untuk menyari senyawa semi polar dan senyawa non-polar, sedangkan metanol digunakan untuk menyari senyawa senyawa polar. Proses ini memungkinkan kita untuk menentukan sifat kepolaran senyawa yang akan dipisahkan. Umumnya dikenal bahwa senyawa yang memiliki sifat non-polar akan larut dalam pelarut yang juga bersifat non-polar. Namun, penting untuk dicatat bahwa senyawa yang memiliki sifat polar juga dapat larut dalam pelarut yang bersifat polar. Ini mengikuti prinsip dasar larutan, di mana senyawa cenderung larut dalam pelarut dengan sifat kimia yang serupa (Supomo *et al.*, 2021).

#### 1. Fraksinasi Cair-Cair

Fraksinasi cair-cair adalah metode yang sering digunakan dalam pemisahan senyawa. Metode ini melibatkan penggunaan dua cairan pelarut yang tidak bercampur antara satu sama lain, sehingga memungkinkan senyawa yang diinginkan untuk terpisah dari campuran. Fraksinasi cair-cair menggunakan pelarut lebih sedikit dan waktu fraksinasi yang relatif cepat. Metode ini biasanya digunakan untuk fraksinasi labu pemisah yang berisikan dua pelarut yang berbeda dalam hal sifat kepolarannya dan masa jenisnya. Di bagian atas dan bawah labu

pisah terben tuknya dua fase, atau fraksi yang berbeda. Kedua fase terbentuk setelah pelarut dan ekstrak dicampur dengan dikocok dan didiamkan. Hal ini bergantung pada kedekatan sifat senyawa dengan pelarutnya, senyawa dalam ekstrak akan bergerak dan terpisah dengan dua kecenderungan. Sejumlah senyawa akan tersari dengan fase atas, dan sejumlah senyawa lain akan tersari dengan fase bawah (Supomo *et al.*, 2021)



**Gambar 16.** Proses Fraksinasi Cair-Cair (Saifudin, 2014)

Keterangan : A. Lapisan Atas B. Lapisan Bawah

## 2.6 Pelarut

Pelarut adalah bagian penting dari proses ekstraksi, yang digunakan untuk mengekstrak senyawa yang terkandung dalam simpilisia tumbuhan. Prinsip di mana senyawa akan larut dengan baik dalam pelarut yang memiliki sifat kimia yang sebanding, memainkan peran penting dalam menentukan seberapa efektif pelarut tersebut dalam mengekstrak senyawa. Pelarut non polar yang banyak

digunakan dalam proses ekstraksi seperti heksana, etil asetat, kloroform, dan eter. Sedangkan ethanol, metanol, aseton, air, dan lainnya adalah pelarut polar (Verdiana *et al.*, 2018). Sifat-sifat pelarut yang baik dalam ekstraksi tanaman meliputi toksisitas rendah, kemampuan penguapan pada suhu rendah, kemampuan untuk memfasilitasi penyerapan fisiologis yang cepat, serta kemampuan untuk mempertahankan tindakan pengawetan. Selain itu, pelarut yang baik tidak akan membuat ekstrak menjadi kompleks atau menyebabkan berdisosiasi senyawa-senyawa yang diinginkan. Pemilihan pelarut dalam ekstraksi juga dipengaruhi oleh sejumlah faktor, seperti jumlah fitokimia yang akan diekstraksi, laju ekstraksi, keragaman senyawa yang berbeda yang ingin diisolasi, keragaman senyawa penghambat yang diinginkan, kemudahan penanganan ekstrak selanjutnya, potensi toksisitas pelarut selama proses bioassay, dan potensi risiko terhadap kesehatan manusia (Rifai *et al.*, 2018). Pelarut yang biasa digunakan dalam proses ekstraksi antara lain :

#### 1. Air

Air adalah pelarut yang sangat mudah dan ekonomis yang memiliki aplikasi luas dalam berbagai jenis ekstraksi. Pada suhu kamar, air merupakan pelarut yang efektif untuk melarutkan berbagai jenis senyawa, termasuk garam alkaloid, glikosida, asam tumbuhan, zat warna, dan garam mineral. Namun, perlu diperhatikan bahwa ada beberapa pengecualian, di mana peningkatan suhu dapat meningkatkan kelarutan senyawa tertentu, seperti garam glauber, condurangin, dan kalsium hidrat. Keburukan air adalah banyak jenis zat yang tertarik dimana zat tersebut merupakan makanan yang baik untuk jamur atau bakteri dan dapat menyebabkan simplisia, yang membuat penarikan lebih sulit (Wewengkang & Rotinsulu, 2021).

#### 2. Etanol

Etanol, pelarut polar yang serbaguna, dapat menembus bahan dinding sel, memungkinkan difusi sel dan menarik senyawa bioaktif lebih cepat. Pelarut ini cocok untuk ekstraksi pendahuluan (Yulianti *et al.*, 2020). Etanol banyak digunakan karena beberapa alasan. Ini termasuk sifatnya yang tidak toksik

dibandingkan dengan aseton dan metanol, harganya yang terjangkau, dapat digunakan dalam berbagai metode ekstraksi, dan aman untuk digunakan dalam bentuk obat dan makanan. Alasan lain adalah karena etanol adalah pelarut yang mudah diperoleh, efektif, aman bagi lingkungan, dan memiliki tingkat ekstraksi yang tinggi (Hakim & Saputri, 2020).

### 3. *n*-heksan

Pelarut *n*-heksan memiliki kemampuan untuk mengikat gugus nonpolar (OH) pada zat warna flavonoid dan tanin. Dalam kebanyakan kasus, senyawa ini adalah cairan tak berwarna yang tidak larut dalam air. Hasil refining minyak mentah adalah heksana. Sumber minyak memengaruhi komposisi dan fraksinya. Semua isomer heksana dan sering digunakan sebagai pelarut organik yang bersifat inert karena tidak polar, dan biasanya mencakup 50% berat rantai isomer (Utomo, 2016). *n*-heksan dihasilkan dari penyulingan minyak mentah dan digunakan sebagai fraksi mendidih untuk produk industri pada suhu 65 hingga 70°C. Biasanya digunakan untuk mengekstrak minyak dan lemak dengan tingkat kepolaran yang sama, dan *n*-heksan adalah salah satu pelarut yang baik untuk mengekstrak senyawa yang bersifat nonpolar. Dalam keadaan normal, senyawa ini adalah cairan tak berwarna yang tidak larut dalam air (Arsa & Achmad, 2020).

### 4. Etil Asetat

Etil asetat adalah salah satu jenis pelarut semi-polar yang memiliki sifat toksisitas rendah, Namun, karena mudah diuapkan, tidak hidroskopis, dan memiliki toksisitas yang rendah, pelarut ini sangat cocok untuk ekstraksi. Etil asetat memiliki kemampuan untuk dicampur dengan berbagai jenis pelarut, termasuk eter, alkohol, minyak atsiri, dan minyak lemak. Pelarut ini umumnya berwujud cairan tidak berwarna, transparan, memiliki aroma harum yang segar, dan mirip dengan aseton. Etil asetat adalah jenis pelarut yang memiliki tingkat toksisitas rendah dan memiliki sifat semi polar. Oleh karena itu, diharapkan bahwa pelarut ini mampu mengekstraksi senyawa-senyawa yang memiliki sifat polar maupun nonpolar (Putra *et al.*, 2019).

## 2.7 Metode Pengujian Antimikroba

Uji aktivitas antibakteri adalah suatu metode yang digunakan untuk mengevaluasi potensi suatu fraksi atau senyawa dalam menghambat aktivitas mikroba tertentu. Tujuan utama dari uji ini adalah untuk mengukur sejauh mana kemampuan suatu zat dalam menghambat pertumbuhan atau aktivitas mikroorganisme. Uji antibakteri terbagi dalam dua kategori umum untuk uji aktivitas antimikroba yaitu metode difusi dan metode dilusi. Berikut merupakan penjelasan terkait metode pengujian antimikroba (Kapitan, 2017).

### a. Metode Difusi

Dalam pengujian antibakteri, metode difusi adalah salah satu cara untuk mengukur sensitivitas mikroorganisme terhadap agen antimikroba tertentu. Ada beberapa jenis metode difusi, seperti metode difusi silinder, metode difusi cakram, dan metode difusi sumuran atau lubang. Pengujian ini mengukur area atau wilayah di sekitar agen antimikroba yang menghentikan perkembangan mikroba. Area ini digunakan sebagai indikator kepekaan mikroba terhadap zat yang diujikan.

Metode difusi silinder adalah salah satu teknik yang digunakan dalam pengujian antibakteri, yang melibatkan penempatan beberapa silinder yang terbuat dari bahan seperti kaca atau besi tahan karat di atas permukaan media agar yang sebelumnya telah diinokulasi dengan bakteri. Dalam metode ini, silinder aluminium, sebagai contoh, ditempatkan secara vertikal di atas media agar yang telah diinokulasi dengan bakteri. Kemudian, larutan yang akan diuji ditempatkan ke dalam silinder dan diinkubasi selama periode tertentu, biasanya 24 jam. Hasil dari proses inkubasi ini adalah terbentuknya zona bening atau area tanpa pertumbuhan bakteri di sekitar silinder, yang digunakan sebagai indikator aktivitas antimikroba (Kapitan, 2017).

Metode difusi cakram melibatkan penempatan disk atau piringan yang mengandung agen antimikroba pada permukaan media tempat mikroba uji ditanam. Selama proses inkubasi, agen antimikroba akan secara perlahan berdifusi ke dalam media agar. Karena proses difusi melalui media, konsentrasi tertinggi dari senyawa antimikroba akan ditemukan di daerah yang paling dekat dengan disk, dan konsentrasi akan turun secara logaritmik seiring dengan jarak dari disk. Setelah inkubasi, zona hambat terbentuk di sekeliling disk, yang menunjukkan efektivitas senyawa antimikroba. Semakin luas zona hambatnya, senyawa tersebut lebih sensitif (Rollando, 2019).

Metode lubang atau sumuran melibatkan pembuatan lubang pada media agar padat yang sebelumnya telah diinokulasi dengan bakteri. Jumlah dan lokasi lubang dapat disesuaikan sesuai dengan tujuan penelitian. Kemudian, lubang tersebut diisi dengan ekstrak atau senyawa yang akan diuji. Setelah periode inkubasi, pertumbuhan bakteri dapat diamati di sekitar lubang. Salah satu keunggulan metode sumuran adalah kemudahan dalam mengukur luas area hambatan yang terbentuk. Ini dikarenakan isolat mampu menghasilkan aktivitas antimikroba tidak hanya di permukaan medium nutrien, tetapi juga menyebar ke dalam lapisan di bawahnya (Haryati *et al.*, 2017).

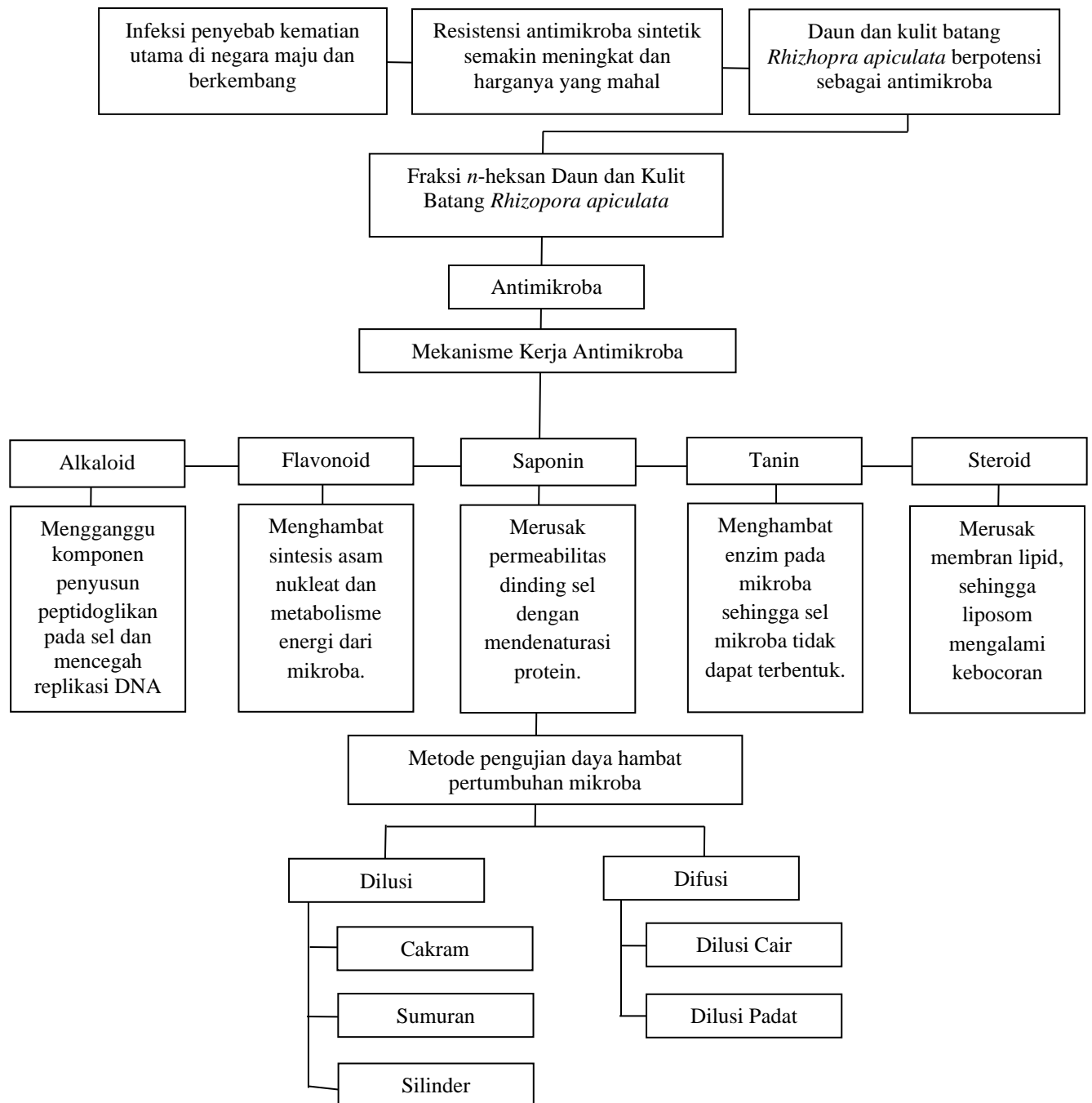
b. Metode Dilusi

Metode ini digunakan untuk menguji kemampuan antibakteri suatu zat dengan melihat efeknya terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Pengujian dapat dilakukan pada media cair setelah pemberian zat antimikroba atau pada media padat yang dicairkan setelah dicampur dengan zat antimikroba. Pada media cair, hasil pengujian dapat diamati melalui perubahan kekeruhan, sementara pada media padat, pertumbuhan mikroorganisme dihambat dengan memeriksa konsentrasi terendah yang efektif. Metode ini terutama cocok untuk zat antimikroba yang larut

dengan baik dalam air dan memungkinkan penyebaran merata dalam media berair. Pengujian ini juga dapat digunakan untuk menetapkan Konsentrasi Hambatan Minimum (KHM) dari senyawa aktif yang diuji (Mustapa, 2014).



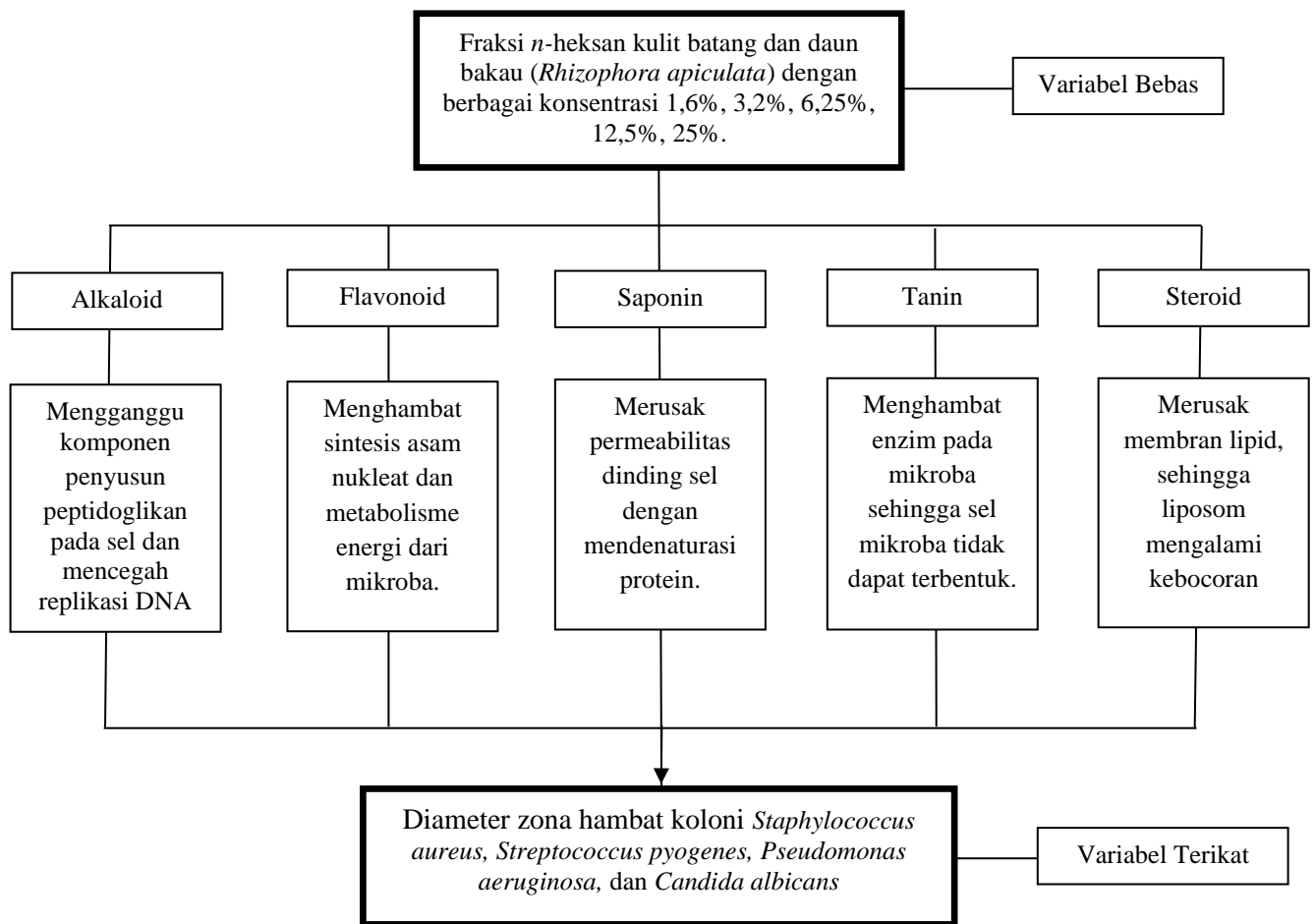
## 2.8 Kerangka Teori



(Komala *et al.*, 2019), (Maisarah *et al.*, 2023), (Bontjura *et al.*, 2015), (Saptowo *et al.*, 2022)

**Gambar 18.** Kerangka Teori

## 2.9 Kerangka Konsep



(Komala *et al.*, 2019), (Maisarah *et al.*, 2023), (Bontjura *et al.*, 2015), (Saptowo *et al.*, 2022)

**Gambar 19.** Kerangka Konsep

## 2.10 Hipotesis

Dalam penelitian ini, hipotesis yang diajukan adalah sebagai berikut :

H01: Tidak terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Staphylococcus aureus*.

- Ha1: Terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Staphylococcus aureus*.
- H02: Tidak terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Streptococcus pyogenes*.
- Ha2: Terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Streptococcus pyogenes*.
- H03: Tidak terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Pseudomonas aeruginosa*.
- Ha3: Terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Pseudomonas aeruginosa*.
- H04: Tidak terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Candida albicans*.
- Ha4: Terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Candida albicans*.
- H05: Tidak terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Staphylococcus aureus*.

- Ha5: Terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Staphylococcus aureus*.
- H06: Tidak terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Streptococcus pyogenes*.
- Ha6: Terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Streptococcus pyogenes*.
- H07: Tidak terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Pseudomonas aeruginosa*.
- Ha7: Terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Pseudomonas aeruginosa*.
- H08: Tidak terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Candida albicans*.
- Ha8: Terdapat pengaruh aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang Bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap daya hambat *Candida albicans*.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Desain Penelitian**

Penelitian ini adalah penelitian eksperimental untuk mengetahui efek antibakteri dari fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap mikroba *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans* kemudian dibandingkan dengan kelompok kontrol.

#### **3.2 Waktu dan Tempat Penelitian**

##### **3.2.1 Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di :

1. Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
2. Laboratorium Biokimia dan Biologi Molekuler Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
3. Laboratorium Kimia dan Analisis Farmasi Fakultas Kedokteran Universitas Lampung
4. Laboratorium Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
5. Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) Provinsi Lampung untuk pengujian aktivitas antimikroba.

### 3.2.2 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September - Desember 2023.

## 3.3 Alat, Mikroba Uji dan Bahan Uji Penelitian

### 3.3.1 Mikroba Uji

Mikroorganisme yang akan diuji dalam penelitian ini meliputi bakteri gram positif, bakteri gram negatif, dan jamur. yaitu bakteri *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan jamur *Candida albicans*. Bakteri tersebut merupakan biakan bakteri yang diperoleh dari Laboratorium Kesehatan Daerah (Labkesda) Provinsi Lampung.

### 3.3.2 Bahan Uji

Bahan yang dijadikan objek penelitian dalam kajian ini terdiri dari daun dan kulit batang tanaman bakau (*Rhizophora apiculata*), yang diperoleh dari KPU Gunung Balak di Kabupaten Lampung Timur. Proses awal penelitian diawali dengan pencucian bersih daun dan kulit batang tanaman bakau (*Rhizophora apiculata*), yang kemudian dikeringkan pada suhu 50°C dan diiris menjadi potongan kecil. Selanjutnya, daun dihaluskan menggunakan blender dan disaring hingga diperoleh bubuk halus. Lalu serbuk di timbang kemudian di ekstraksi menggunakan etanol 96% (Teknis), dilanjutkan dengan fraksinasi hasil ekstrak etanol 96% daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) menggunakan pelarut *n*-heksan (Teknis)

### 3.2.3 Media Kultur

Pada penelitian ini media kultur yang digunakan yaitu *Sabouraud Dextrose Agar* (Merck®), dan *Muller Hinton Agar* (Merck®).

### 3.2.4 Alat Uji

Dalam penelitian ini, peralatan yang digunakan meliputi botol kaca maserasi, pisau (Gluklich®), blender chopper (Miyako®), batang pengaduk (Pyrex®), timbangan analitik (Shimadzu®), rotary evaporator (Buchi), gelas beker (Pyrex®), cawan petri (Iwaki®), tabung erlenmeyer (Pyrex®), rak dan tabung reaksi (Pyrex®), ose (Usbeck®), kapas steril (One Med®), lampu bunsen (Pyrex®), pipet tetes (Pyrex®), pipet mikro (Pyrex®), jangka sorong (KenMaster®), autoclave (Gea®), pipet steril (Pyrex®), ayakan mesh 80 (KZM), spatula (Pyrex®), Oven (Memmert®), Silet (Tiger®), Pipet Steril (Onemed®), cawan Porselen (Pyrex®), Bunsen.

## 3.4 Identifikasi Variabel

### 3.4.1 Variabel Bebas

Dalam penelitian ini, variabel bebasnya adalah fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang tanaman bakau (*Rhizophora apiculata*) dengan berbagai konsentrasi, yaitu 1,6%, 3,2%, 6,25%, 12,5%, dan 25%.

### 3.4.2 Variabel Terikat

Dalam penelitian ini, variabel terikat yang diamati adalah ukuran diameter zona hambat pertumbuhan mikroba terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*.

### 3.5 Definisi Operasional

**Tabel 6.** Definisi Operasional

No	Variabel	Pengertian	Alat Ukur	Hasil Ukur	Skala Ukur
1.	Fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang dan daun bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) konsentrasi 1,6%, 3,2%, 6,25%, 12,5%, 25%.	Suatu zat yang dari fase <i>n</i> -heksan yang diperoleh dari fraksinasi ekstrak etanol 96% menggunakan pelarut <i>n</i> heksan hingga fraksi <i>n</i> -heksan jernih.	Pada penelitian ini, menggunakan satuan berat per volume (b/v) % untuk mengukur konsentrasi ekstrak kental.	Fraksi <i>n</i> -heksan daun dan kulit batang bakau ( <i>Rhizophora apiculata</i> ) dengan kadar 1,6%, 3,2%, 6,25%, 12,5%, 25%.	Ordinal
2.	Diameter zona hambat pertumbuhan <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus pyogenes</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , dan <i>Candida albicans</i> .	Zona hambat adalah area transparan yang muncul di sekitar lubang pada media pertumbuhan bakteri uji yang tidak diinokulasi oleh bakteri. Lebar diameter zona hambat ini diukur menggunakan alat pengukur panjang, seperti mistar atau jangka sorong.	Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong.	Zona hambat pertumbuhan bakteri dalam milimeter  Kategori : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kategori Lemah : ≤ 5 mm</li> <li>• Kategori Sedang : 6-10 mm</li> <li>• Kategori Kuat : 11-20 mm</li> <li>• Kategori Sangat kuat : ≥ 21 mm</li> </ul>	Numerik

### 3.6 Besar Sampel

Dalam penelitian ini, sampel yang menjadi objek uji adalah fraksi *n*-heksan yang berasal dari daun dan kulit batang tanaman bakau (*Rhizophora apiculata*) konsentrasi 1,6%, 3,2%, 6,25%, 12,5%, 25% serta kontrol positif yaitu antibiotik



ampicillin 1% terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus pyogenes*, antibiotik ciprofloxacin 1% terhadap *Pseudomonas aeruginosa*, dan nystatin 1000 IU terhadap jamur *Candida albicans*. Kontrol negatif yang digunakan yaitu DMSO 10% sebagai pembanding. Pada penelitian ini, pada setiap konsentrasi fraksi *n*-heksan dari daun dan kulit batang tanaman bakau konsentrasi 1,6%, 3,2%, 6,25%, 12,5%, 25%, serta pada kontrol positif dan kontrol negatif, dilakukan sebanyak 3 kali percobaan. Jumlah total kelompok perlakuan adalah 7 kelompok. Oleh karena itu, untuk setiap jenis mikroba yang diteliti, dilakukan sebanyak 42 kali pengulangan dalam penelitian ini.

### 3.6.1 Kelompok Perlakuan

**Tabel 7.** Kelompok Perlakuan

No	Kelompok	Perlakuan Daun	Perlakuan Kulit Batang
1.	K(+)	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan antibiotik ampicillin 1% sebagai kontrol positif (+)	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan antibiotik ampicillin 1% sebagai kontrol positif (+)
2.	K(-)	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan DMSO 10% sebagai kontrol negatif (-)	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan DMSO 10% sebagai kontrol negatif (-)
3.	P1	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 1,6%	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 1,6%
4.	P2	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 3,2%	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 3,2%
5.	P3	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 6,25%	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 6,25%
6.	P4	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 12,5%	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 12,5%
7.	P5	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun	Kelompok <i>Staphylococcus aureus</i> yang diberikan diberikan fraksi <i>n</i> -

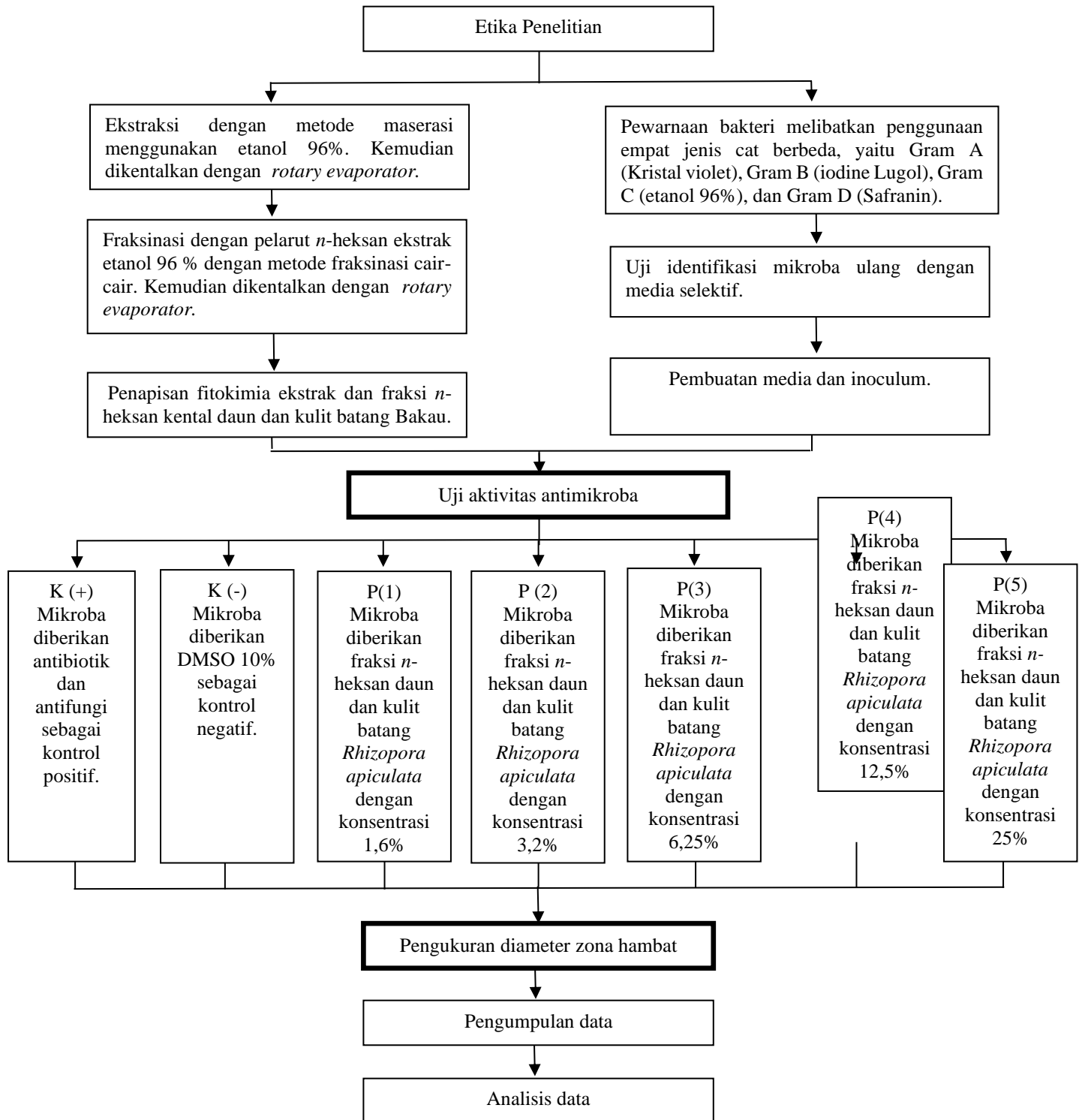
*Rhizopora apiculata* dengan heksan kulit batang *Rhizopora apiculata* dengan konsentrasi 25%

No	Kelompok	Perlakuan Daun	Perlakuan Kulit Batang
1.	K(+)	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan antibiotik ampicillin 1% sebagai kontrol positif (+)	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan antibiotik ampicillin 1% sebagai kontrol positif (+)
2.	K(-)	Kelompok perlakuan <i>Streptococcus pyogenes</i> yang hanya menerima DMSO 10% sebagai kelompok kontrol negatif (-)	Kelompok perlakuan <i>Streptococcus pyogenes</i> yang hanya menerima DMSO 10% sebagai kelompok kontrol negatif (-)
3.	P1	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 1,6%	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 1,6%
4.	P2	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 3,2%	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 3,2%
5.	P3	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 6,25%	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 6,25%
6.	P4	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 12,5%	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 12,5%
7.	P5	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 25%	Kelompok <i>Streptococcus pyogenes</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 25%
No	Kelompok	Perlakuan Daun	Perlakuan Kulit Batang
1.	K(+)	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang menerima antibiotik ciprofloxacin 1% digunakan sebagai kelompok kontrol positif (+)	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang menerima antibiotik ciprofloxacin 1% digunakan sebagai kelompok kontrol positif (+)
2.	K(-)	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan DMSO 10% sebagai kontrol negatif (-)	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan DMSO 10% sebagai kontrol negatif (-)
3.	P1	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 1,6%	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 1,6%
4.	P2	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 3,2%	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 3,2%

5.	P3	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 6,25%	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 6,25%
6.	P4	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 12,5%	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 12,5%
7.	P5	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 25%	Kelompok <i>P. aeruginosa</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 25%

No	Kelompok	Perlakuan Daun	Perlakuan Kulit Batang
1.	K(+)	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan antijamur nystatin 1000 IU sebagai kontrol positif (+)	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan antijamur nystatin 1000 IU sebagai kontrol positif (+)
2.	K(-)	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan DMSO 10% sebagai kontrol negatif (-)	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan DMSO 10% sebagai kontrol negatif (-)
3.	P1	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 1,6%	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 1,6%
4.	P2	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 3,2%	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 3,2%
5.	P3	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 6,25%	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 6,25%
6.	P4	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 12,5%	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 12,5%
7.	P5	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan daun <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 25%	Kelompok <i>Candida albicans</i> yang diberikan fraksi <i>n</i> -heksan kulit batang <i>Rhizopora apiculata</i> dengan konsentrasi 25%

### 3.6.2 Alur Penelitian



**Gambar 20.** Diagram Alir

### **3.7 Prosedur Penelitian**

#### **3.7.1 Determinasi Tanaman**

Proses identifikasi atau determinasi tanaman bakau dilakukan di fasilitas Laboratorium Botani yang berada di Fakultas MIPA Universitas Lampung. Langkah ini ditempuh untuk mengenali dan mengklasifikasikan jenis bakau secara ilmiah. Pada proses determinasi akan diamati ciri-ciri morfologi serta struktur tanaman bakau. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah untuk mengidentifikasi spesies bakau dengan akurat dan akademis.

#### **3.7.2 Sterilisasi Alat**

Semua peralatan harus disterilkan sebelum digunakan dalam penelitian tentang sifat antibakterinya. Selama sekitar dua jam, peralatan kaca dipanaskan dalam oven pada suhu 170°C untuk membersihkannya. Sementara itu, pinset dan jarum ose tetap bersih dengan dibakar di atas api langsung. Selain itu, media yang akan digunakan dalam penelitian disterilkan melalui proses autoklaf selama 30 menit pada suhu 121°C. Tujuan dari prosedur sterilisasi ini adalah untuk memastikan bahwa semua media dan alat bebas dari kontaminasi mikroba, yang dapat mempengaruhi hasil penelitian antibakteri.

#### **3.7.3 Ekstraksi dan Fraksinasi**

##### **a. Ekstraksi**

Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi dengan merendam bahan yang akan diekstraksi dalam pelarut etanol 96% untuk mengekstrak senyawa metabolit sekunder. Ekstraksi dilakukan pada daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*).

- Ekstraksi Daun Bakau (*Rhizophora apiculata*)

Langkah awal dalam penelitian ini adalah mengambil daun tanaman bakau pada pukul 08.00 – 11.00 WIB. Kriteria pemilihan daun bakau yang diambil dalam penelitian adalah daun yang bebas dari cacat fisik yang dapat mengganggu penampilannya. Selain itu, daun yang diambil harus masih dalam kondisi segar pada pucuk ke 3 dan memiliki warna hijau yang cerah.

Proses ekstraksi dimulai dengan menimbang sebanyak 3 kilogram masing-masing daun bakau lalu dipotong menjadi beberapa bagian. Setelah itu, bahan tersebut dikeringkan dengan bantuan oven pada suhu 50°C untuk daun 10 jam. Setelah kering, daun dihaluskan dengan blender untuk menghasilkan bubuk yang halus kemudian diayak. Serbuk simplisia daun bakau yang telah dihaluskan kemudian direndam ke dalam pelarut etanol 96% dengan perbandingan 1:5 selama 6 jam pertama sambil sesekali diaduk, dan direndam ke dalam pelarut etanol 96% dengan perbandingan 1:5 selama 6 jam pertama sambil sesekali diaduk, dan proses ini diteruskan selama 24 jam. Hasil maserasi diambil setiap 24 jam dan diganti dengan pelarut yang baru sebanyak 3 kali penggantian pelarut. Campuran bahan dengan pelarut berupa etanol 96% kemudian menjalani tahap penyaringan dengan menggunakan kertas saring untuk mendapatkan hasil filtrasi. Setelah selesai melalui proses penyaringan, filtrat tersebut dijalani proses penguapan menggunakan perangkat evaporator (Mustofa *et al.*, 2018).

- Ekstraksi Kulit Batang Bakau (*Rhizophora apiculata*)

Pada penelitian ini, kulit dari pohon bakau yang digunakan memiliki usia sekitar tiga tahun dengan diameter 20 cm. Pengambilan kulit bakau dilakukan tanpa merusak pohon secara keseluruhan, dengan menjaga sedikit lapisan kulit kayu pada batang pohon agar pohon

tersebut tetap dapat bertahan hidup dan tidak mengalami kematian.

Proses ekstraksi dimulai dengan menimbang sebanyak 3 kilogram masing-masing daun dan kulit batang bakau lalu dipotong menjadi beberapa bagian. Setelah itu, bahan tersebut dikeringkan dengan bantuan oven pada suhu 60°C untuk kulit batang selama 10 jam. Setelah kering, kulit batang dihaluskan dengan blender untuk menghasilkan bubuk yang halus kemudian diayak dengan mesh 100. Serbuk simplisia kulit batang bakau yang telah dihaluskan kemudian direndam ke dalam pelarut etanol 96% dengan perbandingan 1:5 selama 6 jam pertama sambil sesekali diaduk, dan proses ini diteruskan selama 24 jam. Hasil maserasi diambil setiap 24 jam dan diganti dengan pelarut yang baru sebanyak 3 kali penggantian pelarut. Campuran bahan dengan pelarut berupa etanol 96% kemudian menjalani tahap penyaringan dengan menggunakan kertas saring untuk mendapatkan hasil filtrasi. Setelah selesai melalui proses penyaringan, filtrat tersebut menjalani proses penguapan menggunakan perangkat evaporator (Mustofa *et al.*, 2018).

Selanjutnya, nilai rendemen ekstrak dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Rendemen Ekstrak} = \frac{\text{Bobot Ekstrak}}{\text{Bobot Simplisia}} \times 100\% \quad (\text{Kemenkes RI, 2017})$$

Nilai rendemen yang lebih tinggi biasanya menunjukkan bahwa lebih banyak bahan bioaktif atau zat bernilai terkandung dalam produk akhir (Senduk *et al.*, 2020).

## b. Fraksinasi

Metode fraksinasi yang digunakan adalah fraksinasi cair cair. Setelah ekstrak kental daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) diperoleh dari proses ekstraksi maserasi. Pada penelitian ini, dilakukan pemisahan fraksi dari ekstrak etanol kulit batang dan daun bakau dengan menggunakan metode partisi, dan proses ini dilakukan dengan menggunakan corong pisah yang berbeda antara daun dan kulit batang.

- Fraksinasi Ekstrak Etanol 96% Daun Bakau (*Rhizophora apiculata*)  
Ekstrak etanol dari daun dan kulit batang bakau ditimbang 160 gram lalu dipisahkan masing-masing seberat 20 gram di larutkan dalam campuran air dan etanol dengan perbandingan 1:1 sebanyak 100 mL. Langkah berikutnya adalah penambahan ekstrak ke dalam larutan penyari *n*-heksan sebanyak 100 mL dalam corong pisah. Setelah dicampur, campuran tersebut diaduk hingga terbentuk dua lapisan, dan kemudian fase-fase yang terbentuk dipisahkan satu sama lain. Lapisan teratas yang mengandung *n*-heksana diambil, kemudian menjalani proses fraksinasi hingga lapisan *n*-heksana menunjukkan hasil negatif ketika diuji dengan pereaksi *Liebermann-Burchard*. Fraksinasi dilakukan hingga 160 gram ekstrak habis. Setelah itu, lapisan *n*-heksana yang telah terkumpul diproses dengan menggunakan *rotary evaporator* untuk menghasilkan fraksi *n*-heksan yang memiliki konsistensi yang lebih kental (Oktoba *et al*, 2019).
- Fraksinasi Ekstrak Etanol 96% Kulit Batang Bakau (*Rhizophora apiculata*)  
Ekstrak etanol dari kulit batang bakau ditimbang 200 gram lalu dipisahkan masing-masing seberat 20 gram di larutkan dalam



campuran air dan etanol dengan perbandingan 1:1 sebanyak 100 mL. Langkah berikutnya adalah penambahan ekstrak ke dalam larutan penyari *n*-heksan sebanyak 100 mL dalam corong pisah. Setelah dicampur, campuran tersebut diaduk hingga terbentuk dua lapisan, dan kemudian fase-fase yang terbentuk dipisahkan satu sama lain. Lapisan teratas yang mengandung *n*-heksan diambil, kemudian menjalani proses fraksinasi hingga lapisan *n*-heksan menunjukkan hasil negatif ketika diuji dengan pereaksi *Liebermann-Burchard*. Fraksinasi dilakukan hingga 160 gram ekstrak habis. Setelah itu, lapisan *n*-heksan yang telah terkumpul diproses dengan menggunakan *rotary evaporator* untuk menghasilkan fraksi *n*-heksan yang memiliki konsistensi yang lebih kental (Oktoba *et al*, 2019).

Selanjutnya, nilai rendemen ekstrak dihitung menggunakan rumus :

$$\text{Rendemen Fraksi} = \frac{\text{Bobot Fraksi}}{\text{Bobot Ekstrak}} \times 100\% \quad (\text{Kemenkes RI, 2017})$$

Perhitungan rendemen mencerminkan sejauh mana pelarut efektif dalam memisahkan dan menarik komponen bioaktif selama proses fraksinasi (Fadlilaturrahmah *et al.*, 2021).

### **3.7.4 Pengujian Parameter Spesifik**

Parameter Spesifik yang dilakukan adalah uji organoleptik dimana bentuk, bau, warna, rasa dideskripsikan melalui panca indra (Kemenkes RI, 2017)

### **3.7.5 Penapisan fitokimia Ekstrak dan Fraksi**

Penapisan fitokimia digunakan untuk menilai jumlah senyawa kimia yang ada dalam ekstrak dan fraksi tanaman. Untuk melakukan penapisan fitokimia, reagen yang dapat mendeteksi golongan senyawa seperti flavonoid, alkaloid, tanin, saponin, dan terpenoid digunakan. Setelah ekstrak

tanaman yang ingin diuji dimasukkan ke dalam tabung reaksi, reagen pendeteksi kemudian ditambahkan. Kandungan senyawa dalam ekstrak tanaman akan ditentukan oleh perubahan yang terjadi padanya (Putri & Lubis, 2020). Penapisan fitokimia dilakukan dengan cara sebagai berikut :

#### 1. Identifikasi Alkaloid

Dalam identifikasi alkaloid, digunakan 0,5 gram sampel yang kemudian ditetesi dengan kloroform sebanyak 5 tetes, diikuti oleh penambahan 5 tetes pereaksi Mayer (pereaksi ini terdiri dari 1 gram KI yang dilarutkan dalam 20 ml air destilasi, kemudian ditambahkan 0,271 gram  $HgCl_2$  hingga larut). Keberadaan alkaloid dalam sampel ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi kecoklatan (Harbone, 1987).

#### 2. Identifikasi Flavonoid

Timbang 0,5 gram sampel ke dalam campuran yang mengandung 0,5 gram serbuk Mg dan 5 ml HCl pekat dengan cara meneteskan HCl perlahan-lahan. Keberadaan flavonoid dalam sampel ditandai dengan perubahan warna larutan menjadi merah atau kuning, seringkali disertai dengan terbentuknya busa (Harbone, 1987).

#### 3. Identifikasi Tanin

Sebanyak 0,5 gram sampel yang kemudian diuji dengan menambahkan 3 tetes larutan  $FeCl_3$  10%. Keberadaan kandungan tanin dalam sampel ditandai oleh perubahan warna larutan menjadi hitam kebiruan (Harbone, 1987).

#### 4. Identifikasi Saponin

Sebanyak 0,5 gram sampel dicampur dengan 5 ml air suling (akuades) dan kemudian dikocok selama 30 detik. Keberadaan kandungan saponin dalam sampel ditandai oleh kehadiran busa yang stabil yang dapat bertahan selama 10 menit (Harbone, 1987).

## 5. Identifikasi Steroid

Timbang 0,5 gram sampel dicampur dengan 0,5 ml asam asetat glasial dan 0,5 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Keberadaan steroid dalam sampel ditunjukkan dengan perubahan warna menjadi biru atau ungu, sementara perubahan warna menjadi merah atau kuning mengindikasikan keberadaan terpenoid dalam sampel (Harbone, 1987).

### 3.7.6 Pengenceran Fraksi *n*-heksan Daun dan Kulit Batang Bakau

Pengenceran fraksi dilakukan pengenceran dengan konsentrasi 1,6%, 3,2%, 6,25%, 12,5%, 25%. Pada penelitian ini, menggunakan satuan berat per volume (b/v) % untuk mengukur konsentrasi fraksi kental. Metode pengukuran ini memungkinkan kami untuk memahami perbandingan antara berat ekstrak yang dilarutkan dalam volume tertentu dari pelarut. Berikut adalah konsentrasi ekstrak yang digunakan dalam penelitian ini:

- a. Konsentrasi 1,6%: Konsentrasi ini diperoleh dengan menimbang 0,16 gram ekstrak kental dan melarutkannya dalam 10 ml aquadest.
- b. Konsentrasi 3,2%: Konsentrasi ini diperoleh dengan menimbang 0,32 gram ekstrak kental dan melarutkannya dalam 10 ml aquadest.
- c. Konsentrasi 6,25%: Konsentrasi ini dicapai dengan menimbang 0,625 gram ekstrak kental dan melarutkannya dalam 10 ml aquadest.
- d. Konsentrasi 12,5%: Konsentrasi ini diperoleh dengan menimbang 1,25 gram ekstrak kental dan melarutkannya dalam 10 ml aquadest.
- e. Konsentrasi 25%: Konsentrasi ini dicapai dengan menimbang 2,5 gram ekstrak kental dan melarutkannya dalam 10 ml aquadest.

### 3.7.7 Identifikasi Bakteri

#### a. Pewarnaan Gram

Pewarnaan Gram adalah metode pewarnaan yang secara luas digunakan dalam bidang bakteriologi. Prosedur ini memungkinkan untuk mengelompokkan bakteri ke dalam dua kategori utama, yaitu bakteri gram

positif dan bakteri gram negatif. Dalam proses ini, satu sengkeli koloni bakteri diambil dan diaplikasikan sebagai lapisan tipis permukaan objek kaca yang bersih. Setelah mengering, sampel difiksasi dengan tiga sentuhan permukaan api bunsen di bawah kaca objek (Apriyanthi *et al.*, 2022).

Kemudian, pewarnaan dilakukan dengan mengaplikasikan larutan pewarna gentian violet dan dibiarkan selama 3-5 menit sebelum dicuci dengan air. Langkah berikutnya adalah pemberian larutan lugol, yang juga dibiarkan selama 3-5 menit sebelum dicuci dengan air. Preparat kemudian didekolorisasi menggunakan etanol 96% hingga semua zat warna tampak memudar, dan lalu dicuci dengan air. Terakhir, warna kontras safranin diterapkan pada gram negatif, yang kemudian dicuci negatif dengan air. Bakteri yang, setelah melalui pewarnaan awal, tidak mengalami penghilangan warna akibat kontak, akan memperlihatkan warna ungu atau violet. Warna ini muncul karena bakteri telah menyerap pewarna kristal violet, dan pewarna tersebut tetap tertahan pada sel bakteri. Pada tahap ini, bakteri tersebut tidak lagi menerima atau menyerap pewarna kontras. Kelompok bakteri yang menunjukkan karakteristik ini dikenali sebagai bakteri gram positif. Di sisi lain, kelompok bakteri yang, setelah menerima pewarna dasar, mengalami penghilangan warna setelah terkena negatif, akan menerima pewarna kontras seperti safranin atau karbol fuchsine. Hasilnya, dalam negatif mikroskopis bakteri tersebut akan terlihat berwarna merah. Kelompok bakteri yang positif yaitu bakteri gram negatif (Apriyanthi *et al.*, 2022).

#### b. Uji Katalase

Uji Katalase dilakukan dengan cara meneteskan larutan negatif peroksida ( $H_2O_2$ ) 3% ke atas objek kaca yang bersih. Selanjutnya, biakan mikroorganisme diterapkan ke permukaan objek kaca yang telah diberi tetesan peroksida. Suspensi mikroorganisme kemudian dicampur perlahan

dengan menggunakan alat berbentuk tusuk gigi. Hasil positif dari uji ini akan ditunjukkan oleh terbentuknya gelembung-gelembung udara pada area yang diuji. Uji katalase pada bakteri dengan bentuk *coccus* bertujuan untuk melakukan pemisahan antara *staphylococcus* dan *streptococcus*. Hasil uji katalase pada kelompok bakteri *staphylococcus* umumnya positif, menunjukkan adanya aktivitas enzim katalase dalam kelompok ini. Sebaliknya, bakteri kelompok *streptococcus* cenderung memberikan hasil uji katalase yang negatif, yang menandakan adanya kurangnya aktivitas enzim katalase dalam kelompok tersebut. (Dewi, 2013).

### 3.7.8 Uji Diameter Zona Hambat

#### a. Inokulasi Mikroba dengan Media Agar Miring

Proses inokulasi dilakukan dengan menggunakan jarum ose yang telah difiksasi pada api bunsen. Jarum ose yang sudah dipanaskan kemudian ditempelkan pada isolat murni, dan digunakan untuk menggoreskan isolat secara zig-zag pada permukaan agar miring. Kemudian, tabung reaksi ditutup rapat menggunakan plastik wrap untuk mengurangi potensi kontaminasi dari lingkungan sekitar. Langkah berikutnya adalah melakukan inkubasi selama 24 jam. Penggunaan media agar yang dimiringkan dipilih untuk mempermudah proses dalam pembuatan goresan isolat koloni. Dengan memiringkan media tersebut, area permukaan yang dapat dihuni oleh koloni bakteri akan menjadi lebih luas, yang akan lebih mendukung pertumbuhan bakteri dengan efisien (Prihanto *et al.*, 2018).

#### b. Pembuatan Standar Kekeruhan Larutan

Standar kekeruhan dengan tingkat 0,5 unit *Mc Farland* dibuat melalui pencampuran yang dilakukan dengan mencampurkan larutan  $H_2SO_4$  1% 9,95 ml dengan larutan  $BaCl$  1% 0,05 ml. Larutan standar *Mc Farland* digunakan sebagai rujukan untuk membandingkan jumlah koloni bakteri yang tumbuh dalam medium cair pada pengujian daya antibakteri. Hal ini

berguna untuk mengevaluasi efek antibakteri terhadap kumpulan koloni bakteri pada tingkat kepadatan tertentu (Hendra Sarosa *et al.*, 2018).

c. Pembuatan Suspensi Bakteri Uji

Setelah volume bakteri diukur dengan satu alat ukur, suspensi bakteri dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi sepuluh mililiter larutan natrium klorida fisiologis 0,9%. Dalam tabung reaksi tersebut, biakan murni bakteri juga ada, dan campuran ini dikocok hingga merata dan homogen. Setelah itu, kepekatan suspensi bakteri disesuaikan dengan standar *McFarland* (Rizki *et al.*, 2022).

d. Pembuatan Media Uji

Membuat media agar dalam pengujian, langkah awalnya adalah mencampur 8 g Nutrient Agar (NA) dengan 400 mL aquades steril. Campuran tersebut dipanaskan hingga mencapai titik didih. Proses pengadukan dilakukan dengan menggunakan *magnetic stirrer* untuk memastikan bahwa bahan dalam media tersebar merata dan tercampur dengan baik. Kemudian, media tersebut dijalani proses sterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah nutrient agar telah disiapkan dan disterilkan, media tersebut dituangkan ke dalam cawan petri yang telah disterilkan sebelumnya. Pengujian bakteri dilakukan pada media yang sudah mengeras dan padat setelah dituangkan ke dalam cawan petri. Setelah bakteri uji dimasukkan ke dalam media NA, lima sumuran dibuat di ujung lubang pipet. Ditambahkan 150 mikroliter larutan uji yang berbeda-beda ke setiap lubang sumuran. Kemudian, cawan petri ditempatkan di dalam inkubator dan diinkubasi selama periode 24 jam pada suhu 37°C (Rizki *et al.*, 2022).

e. Pengamatan dan Pengukuran Zona Hambat

Setelah proses inkubasi selesai, daerah penghambatan senyawa antimikroba dari fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora*

*apiculata*) diidentifikasi melalui pengukuran diameter zona hambat, yang ditandai oleh area bening di sekitar sumur uji. Metode ini melibatkan penggunaan jangka sorong untuk mengukur lebar zona hambatan yang terbentuk untuk mengukur diameter zona hambat, lalu angka tersebut dikurangi dari diameter sumur uji. Kekuatan daya hambat dikelompokkan berdasarkan diameternya seperti pada tabel (Y. Suryani *et al.*, 2015).

**Tabel 8.** Kategori Zona Hambat (Y. Suryani *et al.*, 2015)

Diameter (mm)	Kategori Zona Hambat
<5	Kategori Lemah ( <i>weak</i> )
6-10	Kategori Sedang ( <i>moderate</i> )
11-20	Kategori Kuat ( <i>strong</i> )
>20	Kategori Sangat Kuat ( <i>very strong</i> )

### 3.8 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Statistical Packages for Social Science* (SPSS) versi 20 dan analisis pada penelitian ini digunakan analisis univariat dan analisis bivariat untuk mengkaji data dan hubungan antara berbagai variabel dalam penelitian, yang dilakukan sebagai berikut :

#### a. Analisis Univariat

Analisis univariat dalam penelitian ini memiliki tujuan untuk memberikan deskripsi atau penjelasan mengenai karakteristik masing-masing variabel yang tengah diselidiki. Bentuk analisis ini disesuaikan dengan jenis data yang tersedia dalam penelitian. Jika data bersifat numerik, maka digunakan nilai rata-rata (*mean*), median, deviasi standar (*standard deviation*), rentang interkuartil, serta nilai minimum dan maksimum (Dhanam *et al.*, 2021).

#### b. Analisis Bivariat

Analisis bivariat dilaksanakan guna mengevaluasi hubungan variabel independen dan dependen. Fokus metode ini adalah menentukan apakah variasi

konsentrasi fraksi *n*-heksan daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) memiliki dampak terhadap daya hambat *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Candida albicans*. Hasil penelitian diuji terlebih dahulu menggunakan uji normalitas (*Shapiro-Wilk*) untuk memeriksa sebaran data, dan homogenitas (*Levene*) untuk memastikan keseragaman. Distribusi dianggap normal jika nilai *p* lebih besar dari 0,05, hal ini mengindikasikan bahwa data tersebut sesuai dengan asumsi normalitas. Sebaliknya, jika nilai *p* kurang dari 0,05, distribusi dianggap tidak mengikuti pola normal. Uji *One Way ANOVA* dilakukan ketika data terdistribusi secara normal yang kemudian, dilanjutkan dengan melakukan uji *Post Hoc* untuk mengevaluasi signifikansi data pada setiap kelompok secara terpisah. Sedangkan uji *Kruskal-Wallis* digunakan jika data tidak memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas. Uji *Mann Whitney* digunakan untuk membandingkan perbedaan antar kelompok jika diperlukan (Dhanam *et al.*, 2021). Interpretasi dari uji statistik sebagai berikut :

1. Jika nilai yang dihasilkan adalah  $p < 0,05$ , maka kesimpulannya adalah adanya hubungan signifikan atau berarti antara variabel independen dan dependen. Dengan kata lain,  $H_0$  akan ditolak dan  $H_a$  akan diterima.
2. Jika nilai yang dihasilkan adalah  $p > 0,05$ , maka kesimpulannya adalah tidak terdapat hubungan yang signifikan antara variabel independen dan dependen. Dengan kata lain,  $H_0$  akan diterima dan  $H_a$  akan ditolak.

### 3.9 Etika Penelitian

Etika dalam penelitian uji antibakteri sangat penting untuk memastikan bahwa penelitian tersebut dilakukan dengan integritas, kehati-hatian, dan menghormati hak-hak semua pihak yang terlibat. Sebelum pelaksanaan penelitian, telah dilakukan persetujuan etik dari Komisi Etik Fakultas Kedokteran Universitas Lampung selaku institusi dengan No. 3842/UN26.18.05.02.00/2023. Persetujuan etik dapat dilihat pada **Lampiran 1**.



## **BAB IV**

### **SIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kandungan senyawa metabolit yang terkandung dalam fraksi *n*-heksan dari daun bakau (*Rhizophora apiculata*) pada penapisan fitokimia yaitu positif mengandung senyawa steroid, flavonoid, dan tanin.
2. Kandungan senyawa metabolit yang terkandung dalam fraksi *n*-heksan dari kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) pada penapisan fitokimia yaitu positif mengandung senyawa, flavonoid, saponin, tanin dan terpenoid.
3. Terdapat aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan dari daun bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus* pada konsentrasi 25% dengan rata-rata diameter zona hambat 5,4 mm dan *Streptococcus pyogenes* pada konsentrasi 6,25, 12,5 %, 25% dengan rata-rata diameter zona hambat 4,4 mm, 9,7 mm, 19,7 mm. Namun tidak memiliki aktivitas antimikroba terhadap *Pseudomonas aeruginosa* dan *Candida albicans*.
4. Tidak terdapat aktivitas antimikroba fraksi *n*-heksan dari kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) terhadap *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes*, *Pseudomonas aeruginosa* dan *Candida albicans*.

## 5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian ini, penulis menyarankan untuk dilakukan identifikasi lebih lanjut terhadap senyawa-senyawa metabolit yang terkandung dalam fraksi *n*-heksan dari daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) dengan metode analisis kimia yang lebih spesifik, seperti pengujian menggunakan KLT. Hal ini dapat memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai komposisi kimia dan potensi efek biologis dari senyawa-senyawa tersebut. Selain itu perlu adanya penelitian tambahan terkait standarisasi daun dan kulit batang bakau (*Rhizophora apiculata*) yang mencakup aspek-aspek lain, seperti kadar abu, kadar abu yang tidak larut dalam asam, kadar sari larut air, dan kadar sari larut dalam etanol.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adila, R., Nurmiati, dan Agustien, A. (2013). Uji Antimikroba Curcuma Spp. Terhadap Pertumbuhan *Candida Albicans*, *Staphylococcus Aureus* dan *Escherichia Coli*. Jurnal Biologi Universitas Andalas. 2(1):17-25.
- Agustin, D., Zaenab, S., Agus, M., Budiyanto, K., dan Hudha, A. M. (2019). Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Bunga Belimbing Wuluh Terhadap Zona Hambat Pertumbuhan *Streptococcus Pyogenes*. Jurnal Bioterdidik. 7(6):14–25.
- Akasia, A. I., Nyoman, D., Putra, N., Nyoman, I., dan Putra, G. (2021). Skrining Fitokimia Ekstrak Daun Mangrove *Rhizophora Mucronata* Dan *Rhizophora apiculata* Yang Dikoleksi Dari Kawasan Mangrove Desa Tuban, Bali. Jurnal Maritim. 2(1):20-33.
- Alfaridz, F., dan Amalia, R. (2018). Review Jurnal : Klasifikasi Dan Aktivitas Farmakologi Dari Senyawa Aktif Flavonoid. Farmaka. 16(3):1–9.
- Alfiyaturohmah, Ningsih, R., dan Yusnawan, E. (2016). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kasar Etanol, Kloroform Dan N-Heksana Alga Coklat *Sargassum Vulgare* Asal Pantai Kapong Pamekasan Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus* Dan *Escherichia Coli*. Alchemy. 2(2):101–149.
- Amalia, A., Sari, I., dan Nursanty, R. (2018). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etil Asetat Daun Sembung (*Blumea Balsamifera* (L.) Dc.) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Methicillin Resistant Staphylococcus Aureus* (Mrsa). Prosiding Seminar Nasional Biotik. 5(1):387–391.
- Anggaraini, W., Nisa, S., Ramadhani, R., dan Ma'arif, B. (2019). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol 96% Buah Blewah (*Cucumis Melo L. Var. Cantalupensis*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia Coli*. Pharmaceutical Journal Of Indonesia. 5(1):61–66.
- Apriyanthi, D., Laksmi, A., dan Widayanti, N. (2022). Identifikasi Bakteri Kontaminan Pada Gelang Tri Datu. Bioma : Jurnal Biologi Makassar. 7(2):24–33.
- Armansyah, T., Sutriana, A., dan Hanif, M. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak

- N-Heksana, Etil Asetat, Dan Etanol Daun Sirih Merah Terhadap Bakteri *Escherichia Coli* Secara *In Vitro*. Buletin Veteriner Udayana. 14(4):382–390.
- Arsa, A. K., dan Achmad, Z. (2020). Ekstraksi Minyak Atsiri Dari Rimpang Temu Ireng (*Curcuma Aeruginosa Roxb*) Dengan Pelarut Etanol Dan N-Heksana. Jurnal Teknologi Technoscientia. 13(1):83–94.
- Audah, K. A., Batubara, R., Julkipli, Wijaya, E., Kurniawaty, E., dan Batubara, I. (2020). Antibacterial Screening Of Mangrove Extract Library Showed Potential Activity Against *Escherichia Coli* And *Staphylococcus Aureus*. Journal Of Tropical Life Science. 10(2):105–111.
- Ayu, M., Mustofa, S., dan Malarangeng, A. (2023). Review Article: Potensi *Rhizophora apiculata* Sebagai Fitofarmaka. Jurnal Medula. 13(2):137–146.
- Berawi, K., dan Marini, D. (2018). Efektivitas Kulit Batang Bakau Minyak (*Rhizophora Apiculata*) Sebagai Antioksidan. J Agromedicine. 5(1):412–417.
- Bontjura, S., Waworuntu, O. A., dan Siagian, K. V. (2015). Uji Efek Antibakteri Ekstrak Daun Leilem (*Clerodendrum Minahassae L.*) Terhadap Bakteri *Streptococcus Mutans*. Pharmacon. 4(4):96–101.
- Breed, R. S., Murray, E. G. D., dan Smith, N. R. (1957). Bergey's Manual Of Determinative Bacteriology (7th Ed.). Williams And Wilkins.
- Brigitta, P., Nengah, N., Fatmawati, D., Nyoman, N., dan Budayanti, S. (2021). Uji Aktivitas Ekstrak Etanol Daun Sambiloto (*Andrographis Paniculata Nees*) Sebagai Anti Bakteri *Streptococcus Pyogenes* Atcc 19615. Jurnal Medika Udayana. 10(3):2021.
- Budianto, N. (2020). Daya Hambat Dan Daya Bunuh Ekstrak Serbuk Batang Siwak Terhadap Bakteri *Streptococcus Pyogenes*. Hang Tuah Medical Journal. 18(1): 100–113.
- Caesario, B., Mustofa, S., dan Oktaria, D. (2019). Pengaruh Pemberian Ekstrak Etanol 95% Kulit Batang Bakau Minyak (*Rhizophora apiculata*) Terhadap Kadar Mda Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) Galur Sprague Dawley Yang Dipaparkan Asap Rokok. Medula. 9(1):43–47.
- Charmelya, E. N., Nastiti, K., dan Budi, S. (2023). Antibakteri Fraksi N-Hexan Ekstrak Daun Benalu (*Dendrophthoe Pentandra (L.) Miq.*) Terhadap Bakteri *Streptococcus Pyogenes* Dan *Escherichia Coli*. Sains Medisina, 1(6):339–345.
- Devi, S., dan Mulyani, T. (2017). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Pacar Kuku (*Lawsonia Inermis Linn*) Pada Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Jurnal Current Pharmaceutical Sciences. 1(1):30–35.

- Dewi, A. (2013). Isolasi, Identifikasi Dan Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* Terhadap Amoxicillin Dari Sampel Susu Kambing Peranakan Ettawa (Pe) Penderita Mastitis Di Wilayah Girimulyo, Kulonprogo, Yogyakarta. *Jurnal Sain Veteriner*. 31(2):138–150.
- Dhanam, I. D., Fatmawati, N. N., dan Budayanti, N. N. (2021). Efek Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Pepaya (*Carica Papaya L.*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Klebsiella Pneumoniae* Atcc 13883 Dan *Staphylococcus Aureus* Atcc 25923. *Jurnal Medika Udayana*. 10(2):97–105.
- Egra, S., Mardhiana, Rofin, M., Adiwena, M., Jannah, N., dan Mitsunaga, T. (2019). Aktivitas Antimikroba Ekstrak Bakau (*Rhizophora Mucronata*) Dalam Menghambat Pertumbuhan *Ralstonia Solanacearum* Penyebab Penyakit Layu. *Agrovigor*. 2(1):26–31.
- Ekawati, E. R., Husbul, S., dan Herawaty, D. (2018). Identifikasi Kuman Pada Pus Dari Luka Infeksi Kulit. *Jurnal Sainhealth*. 2(1):31–35.
- Evifania, R., Apridamayanti, P., dan Sari, R. (2020). Uji Parameter Spesifik Dan Nonspesifik Simplisia Daun Senggani (*Melastoma Malabathricum L.*). *Jurnal Cerebellum*. 6(1):17–20.
- Fadlilaturrehman, Putra, A., dan Nor, T. (2021). Uji Aktivitas Antioksidan Dan Antitirozinase Fraksi N-Butanol Daun Sungkai (*Peronema Canescens Jack.*) Secara Kualitatif Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis. *Jurnal Pharmascience*. 8(2):90–101.
- Fauzia, D. (2015). Strategi Optimasi Penggunaan Antibiotik. *Jurnal Ilmu Kedokteran*. 9(2):55–64.
- Hadi, A., Irawati, M., dan Suhadi. (2016). Karakteristik Morfo-Anatomi Struktur Vegetatif Spesies *Rhizopora Apiculata (Rhizoporaceae)*. *Jurnal Pendidikan*. 1(9):1688–1692.
- Hafsan. (2011). *Mikrobiologi Umum* (Muh. Mustami, Ed.; 1st Ed.). Makassar: Alauddin Press.
- Hakim, A., dan Saputri, R. (2020). Narrative Review: Optimasi Etanol Sebagai Pelarut Senyawa Flavonoid Dan Fenolik. *Jurnal Surya Medika*. 6(1):177–180.
- Handarni, D., Putri, S. H., dan Tensiska, T. (2020). Skrining Kualitatif Fitokimia Senyawa Antibakteri Pada Ekstrak Daun Jambu Biji (*Psidium Guajava L.*). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*. 8(2):182–188.
- Handayani, P., Fakhurrazi, dan Harris, A. (2019). Daya Hambat Ekstrak Daun Sirsak (*Annona Muricata L.*) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida Albicans*. *Jurnal*

Ilmu Veteriner. 3(2):42–47.

- Harahap, D., Noviantari, A., Hidana, R., Yanti, N., Nugroho, E., Nurdyansyah, F., Widyastuti, D., dan Kahriri. (2021). *Dasar-Dasar Mikrobiologi Dan Penerapannya* (A. Masruroh, Ed.; 1st Ed.). Bandung:Widina Bhakti Persada.
- Harbone, J. (1987). *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan* (2nd Ed., Vol. 1). Bandung: ITB Press.
- Harborne, J. (1996). *Metode Fitokimia : Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan* (1st Ed.). Bandung: ITB Press.
- Haryati, S., Darmawati, S., & Wilson, W. (2017). Perbandingan Efek Ekstrak Buah Alpukat (*Persea Americana Mill*) Terhadap Pertumbuhan Bakteri *Pseudomonas Aeruginosa* Dengan Metode Disk Dan Sumuran. *Prosiding Seminar Nasional Publikasi Hasil-Hasil Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 348–352.
- Haryoto, H., dan Farista, A. (2019). Aktivitas Antioksidan Ekstrak Etanol, Fraksi Polar, Semipolar Dan Non Polar Dari Daun Mangrove Kacangan (*Rhizophora apiculata*) Dengan Metode Dpph Dan Frap. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*. 2(2): 131–138.
- Haryoto, dan Putri, S. (2019). Aktivitas Sitotoksik Ekstrak Etanol, Fraksi Heksan, Etil Asetat Dan Etanol-Air Dari Daun Mangrove Tancang (*Bruguiera Gymnorrhiza*) Terhadap Sel Kanker Payudara T47d. *The 10th University Research Colloquium*. 1(2):177–183.
- Hasby, N., Mauliza, Wati, J., dan Adelina, R. (2022). *Pemanfaatan Metabolit Sekunder Dalam Berbagai Bidang* (Andriyanto, Ed.; 1st Ed.). Klaten: Penerbit Lakeisha.
- Hayati, L., Tyasningsih, W., Praja, R., Chusniati, S., Yunita, M., dan Wibawati, P. (2019). Isolasi Dan Identifikasi *Staphylococcus Aureus* Pada Susu Kambing Peranakan Etawah Penderita Mastitis Subklinis Di Kelurahan Kalipuro, Banyuwangi. *Jurnal Medik Veteriner*. 2(2):76–78.
- Hendra Sarosa, A., Tandiyanto, H., Santoso, B. I., Nurhadianty, V., dan Cahyani, C. (2018). Pengaruh Penambahan Minyak Nilam Sebagai Bahan Aditif Pada Sabun Cair Dalam Upaya Meningkatkan Daya Antibakteri Terhadap *Staphylococcus Aureus*. *Indonesian Journal Of Essential Oilx*. 3(1):1–8.
- Hidayah, N., Mustikaningtyas, D., dan Bintari, S. (2017). Aktivitas Antibakteri Infusa Simplisia *Sargassum Muticum* Terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus Aureus*. *Life Science*. 6(2):50–54.
- Hidayah, W., Kusri, D., dan Fachriyah, E. (2016). Isolasi, Identifikasi Senyawa Steroid Dari Daun Getih-Getihan (*Rivina Humilis L.*) Dan Uji Aktivitas Sebagai Antibakteri. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*. 19(1):32–37.

- Illing, I., Safitri, W., dan Erfiana. (2017). Uji Fitokimia Ekstrak Buah Dengan. Jurnal Dinamika. 8(1):66–84.
- Indrayati, S., dan Sari, R. I. (2018). Gambaran *Candida Albicans* Pada Bak Penampung Air Di Toilet Sdn 17 Batu Banyak Kabupaten Solok. Jurnal Kesehatan Perintis. 5(2):159–164.
- Jafriati. (2022). Monograf Ekstraksi Senyawa *Thalassia Hemprichii* Pada *Salmonella Typhi*. Malang: Literasi Nusantara.
- Joegijantoro, R. (2019). Penyakit Infeksi (1st Ed., Vol. 1). Jakarta: Intimedia.
- Kapitan, L. (2017). Antimicrobial Activity White Lao Extract (*Alpinia Galangas*) Against *Eschericia Coli* And *Salmonella Sp.* Bacteria. Jurnal Info Kesehatan. 15(1):14–20.
- Katzung, B. G. (2012). Farmakologi Dasar Dan Klinik Edisi 10 (10th Ed.). Jakarta: Penerbit EGC.
- Kausar, S., dan Khan, F. S. (2021). A Review: Mechanism Of Action Of Antiviral Drugs. International Journal Of Immunopathology And Pharmacology. 1(1):55-64.
- Kemenkes RI. (2017). Farmakope Herbal Indonesia Edisi II. Jakarta: Kementerian Kesehatan RI.
- Komala, O., Yulianita, dan Siwi, F. (2019). Aktivitas Antijamur Ekstrak Etanol 50% Dan Etanol 96% Daun Pacar Kuku *Lawsonia Inermis L* Terhadap *Trichophyton Mentagrophytes*. Ekologia : Jurnal Ilmiah Ilmu Dasar Dan Lingkungan Hidup. 19(1):12–19.
- Kurniawan, R. (2021). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun *Rhizophora apiculata* Terhadap Bakteri *Edwardsiella Tarda* Antibacterial Activity Of *Rhizophora apiculata* Leaf Extract Against *Edwardsiella Tarda* Bacteria. Jurnal Natur Indonesia. 19(1):13–17.
- Lani, Y. S., Darmayasa, I. B. G., dan Parwanayoni, N. M. S. (2021). Elusidasi Dan Daya Hambat Ekstrak Etanol Daun Sembung Delan (*Sphaeranthus Indicus L.*) Terhadap *Candida Albicans* ATCC 1023. Metamorfosa: Journal Of Biological Sciences. 8(2):336–348.
- Lestari, Y., Ardiningsih, P., dan Hadari Nawawi, J. H. (2016). Aktivitas Antibakteri Gram Positif Dan Negatif Dari Ekstrak Dan Fraksi Daun Nipah (*Nypa Fruticans Wurmb.*) Asal Pesisir Sungai Kakap Kalimantan Barat. JKK. 5(4):1–8.
- Lutfiyanti, R., Ma'ruf, W., dan Dewi, E. (2017). Aktivitas Antijamur Senyawa Bioaktif

- Ekstrak *Gelidium Latifolium* Terhadap *Candida Albicans*. Jurnal Pengolahan Dan Bioteknologi Hasil Perikanan. 1(1):1–8.
- Mahmiah, Afifah, A., dan Riwanti, P. (2019). Bioaktivitas Antijamur Ekstrak Metanol Kulit Batang Bakau Hitam (*Rhizophora Mucronata*) Terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida Albicans*. Seminar Nasional Kelautan XIV. 1(2):32–40.
- Maisarah, M., Chatri, M., dan Advinda, L. (2023). Characteristics And Functions Of Alkaloid Compounds As Antifungals In Plants. Jurnal Serambi Biologi. 8(2): 231–236.
- Mccullough, M. J., Ross, B. C., dan Reade, P. C. (1996). *Candida Albicans*: A Review Of Its History, Taxonomy, Epidemiology, Virulence Attributes, And Methods Of Strain Differentiation. International Journal Of Oral And Maxillofacial Surgery. 25(2):136–144.
- Misna, dan Diana, K. (2016). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Bawang Merah (*Allium Cepa L.*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus*. Galenika Journal Of Pharmacy. 2(2):138–144.
- Mustapa, Moh. A. (2014). Tumbuhan Senyawa Penghambat Bakteri (1st Ed.). Jakarta: Ideas Publishing.
- Mustofa, S., Adli, F. K., Wardani, D. W. S. R., dan Busman, H. (2022). Pengaruh Ekstrak Etanol Daun *Rhizophora apiculata* Terhadap Kolesterol Total Dan Trigliserida *Rattus Norvegicus* Galur *Sprague Dawley* Yang Diinduksi Diet Tinggi Lemak. Jurnal Kesehatan. 13(3): 472–478.
- Mustofa, S., Alfa, N., Wulan, A. J., dan Rakhmanisa, S. (2019). Pengaruh Pemberian Ekstrak Kulit Batang Bakau Minyak (*Rhizophora apiculata*) Etanol 95 % Terhadap Arteri Koronaria Tikus Putih (*Rattus Novergicus*) Jantan Galur *Sprague Dawley* Yang Dipaparkan Asap Rokok. Jurnal Kedokteran Unila. 3(1): 28–33.
- Mustofa, S., dan Anisya, V. (2020). Efek Hepatoprotektif Ekstrak Etanol *Rhizophora apiculata* Pada Tikus Yang Dipaparkan Asap Rokok. JK Unila. 4(1): 12–17.
- Mustofa, S., Bahagia, W., Kurniawaty, E., Rahmanisa, S., dan Audah, K. A. (2018). The Effect Of Mangrove (*Rhizophora apiculata*) Bark Extract Ethanol On Histopathology Pancreas Of Male White Rats *Sprague Dawley* Strain Exposed To Cigarette Smoke. Acta Biochimica Indonesiana. 1(1):7–13.
- Mustofa, S., Ciptaningrum, I., dan Zuya, C. S. (2020). Subacute Toxicity Test Of *Rhizophora apiculata* Bark Extract On Liver And Pancreas Histopathology Of Rats. Acta Biochimica Indonesiana. 3(2): 89–97.
- Mustofa, S., dan Fahmi, Z. (2021). Efek Protektive Kardiovaskular Ekstrak *Rhizophora*



- apiculata* Berbagai Pelarut Pada Tikus Yang Dipaparkan Asap Rokok. JK Unila, 5(1):7–15.
- Mustofa, S., dan Hanif, F. (2019). The Protective Effect Of *Rhizophora apiculata* Bark Extract Against Testicular Damage Induced By Cigarette Smoke In Male Rats. *Acta Biochimica Indonesiana*. 2(1):23–31.
- Mustofa, S., dan Tarigan, C. Y. (2023). Efek Protektif Ekstrak Kulit Batang Bakau *Rhizophora apiculata* Terhadap Kerusakan Histopatologi Paru *Rattus Norvegicus* Yang Diinduksi Asap Rokok. *Jurnal Kesehatan*. 14(2): 241–250.
- Naim, N., Arifuddin, M., Hurustiatty, H., dan Hasan, Z. A. (2020). Efektifitas Berbagai Variasi Konsentrasi Bekatul Terhadap Pertumbuhan *Candida Albicans*. *Jurnal Media Analisis Kesehatan*. 11(1), 47-57.
- Nasution, H. M. (2020). *Farmasi Dalam Perspektif Islam* (1st Ed., Vol. 1). Medan: CV. Manhaji
- Noer, S., Pratiwi, R. D., dan Gresinta, E. (2018). Penetapan Kadar Senyawa Fitokimia (Tanin, Saponin Dan Flavonoid) Sebagai Kuersetin Pada Ekstrak Daun Inggu (*Ruta Angustifolia L.*). *Jurnal Eksakta*. 18(1):19–29.
- Nugraha, A., Prasetya, A., dan Mursiti, S. (2017). Isolasi, Identifikasi, Uji Aktivitas Senyawa Flavonoid Sebagai Antibakteri Dari Daun Mangga. *Indonesian Journal Of Chemical Science*. 6(2):92–96.
- Oktoba, Z., Moektiwardoyo, M., dan Mustarichie, R. (2019). Active Compound from n-Hexane Fraction of Rampai (*Lycopersicon esculentum*) Leaves Ethanol Extract. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 10(5):2537–2544.
- Perdana, A., Syamsi, N., Permana, A., Harun, H., Sari, P., Miranti, dan Hajimi. (2023). Penyakit Infeksi. Padang: PT Global Eksekutif Teknologi.
- Prihanto, A., Timur, H., Jaziri, A., Nurdiani, R., dan Pradarameswari, K. (2018). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Endofit Mangrove *Sonneratia Alba* Penghasil Enzim Gelatinase Dari Pantai Sendang Biru, Malang, Jawa Timur. *Indonesian Journal Of Halal*. 2(1): 31–42.
- Purnomo, H., dan Azzahra, F. (2021). Antibacterial Activity Of Etanol Extract Of Avocado Leaves (*Persea Americana Mill.*) Against *Pseudomonas Aeruginosa*. *Akfarindo*. 6(2): 7–14.
- Putra, A., Supriyadi, dan Santoso, U. (2019). Skrining Fitokimia Ekstrak Etil Asetat Daun Simpor (*Dillenia Suffruticosa*). *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*. 4(1): 36–40.

- Putri, D. M., dan Lubis, S. S. (2020). Skrining Fitokimia Ekstrak Etil Asetat Daun Kalayu (*Erioglossum Rubiginosum (Roxb.) Blum*). *Jurnal Amina*. 2(3): 120–125.
- Rianti, E. D. D., Tania, P. O. A., dan Listyawati, A. F. (2022). Kuat Medan Listrik Ac Dalam Menghambat Pertumbuhan Koloni *Staphylococcus Aureus* Dan *Escherichia Coli*. *Bioma : Jurnal Ilmiah Biologi*. 11(1): 79–88.
- Ridlo, A., Supriyantini, E., dan Sedjati, S. (2019). Kandungan Total Fenolat Pada Ekstrak Rhizophora Sp Dari Teluk Awur. *Jurnal Kelautan Tropis*. 22(1): 27-38.
- Rifai, G., Widarta, I. W. R., dan Nocianitri, K. A. (2018). Pengaruh Jenis Pelarut Dan Rasio Bahan Dengan Pelarut Terhadap Kandungan Senyawa Fenolik Dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Biji Alpukat (*Persea Americana Mill.*). *Jurnal Itepa*. 7(2): 22–32.
- Rizki, S., Latief, M., Fitriyaningsih, dan Rahman, H. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-Heksan, Etil Asetat, Dan Etanol Daun Durian (*Durio Zibethinus Linn.*) Terhadap Bakteri *Propionibacterium Acnes* Dan *Staphylococcus Epidermidis*. *JMJ*. 2(2): 442–457.
- Rollando. (2019). Senyawa Antibakteri Dari Fungi Endofit. Malang: CV. Seribu Bintang.
- Sahli, I. T. (2023). Protein Biofilm Bakteri *Staphylococcus Aureus* Dan Produksi Anribodi Monoklonal. Palu: CV. Feniks Muda Sejahtera.
- Saifudin, A. (2014). Senyawa Alam Metabolit Sekunder. Sleman: Deepublish.
- Sain, U., Sukma, D. N., dan Simatupang, B. S. (2020). Potensi Daun Mangrove (*Rhizopora Mucronata*) Sebagai Antidiabetes. *Jurnal Ilmiah Manuntung*. 6(1): 135–142.
- Salni, Marisa, H., dan Mukti, R. (2014). Isolasi Senyawa Antibakteri Dari Daun Jengkol (*Pithecolobium Lobatum Benth*) Dan Penentuan Nilai KHM-Nya. *Jurnal Penelitian Sains*. 2(1): 15–23.
- Sandy, M., Wardani, T. S., dan Septiarini, A. D. (2021). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak, Fraksi N-Heksan, Fraksi Etil Asetat, Fraksi Air Daun Pegagan (*Centella Asiatica (L.) Urb*) Terhadap *Escherichia Coli Atcc 25922*. *Media Farmasi Indonesia*. 16(2): 1683–1692.
- Saptowo, A., Supriningrum, R., dan Supomo. (2022). Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Batang Sekilang (*Embeliaborneensis Scheff*) Terhadap Bakteri *Propionibacterium Acnes* Dan *Staphylococcus Epidermidis*. *Al Ulum Sains Dan Teknologi*. 7(2): 93–97.

- Senduk, T., Montolalu, L., dan Dotulong, V. (2020). Rendemen Ekstrak Air Rebusan Daun Tua Mangrove *Sonneratia Alba*. *Jurnal Perikanan Dan Kelautan Tropis*. 11(1):9–15.
- Septiani, D., Prabowo, W., & Rusli, R. (2021). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Lintut (*Hemigraphis Sp*) Terhadap Bakteri *Eschericia Coli*, *Staphylococcus Aureus*, *Staphylococcus Epidermidis*, Dan *Salmonella Typhi*. *Proceeding Of Mulawarman Pharmaceuticals Conferences*. 1(2): 62–67.
- Septiani, Dewi, E., dan Wijayanti, I. (2017). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Lamun (*Cymodocea Rotundata*) Terhadap Bakteri *Staphylococcus Aureus* Dan *Escherichia Coli*. *Indonesian Journal Of Fisheries Science And Technology*. 13(1): 1–6.
- Setiawan, E., Setyaningtyas, T., Kartika, D., Ningsih, D. R., Kimia, J., Universitas, F., dan Soedirman, J. (2017). Potensi Ekstrak Metanol Daun Mangga Bacang (*Mangiferafoetida L.*) Sebagai Antibakteri Terhadap Enterobacter Aerogenes Dan Identifikasi Golongan Senyawa Aktifnya. In *Jurnal Kimia Riset*. 2(2): 121-132.
- Soekiman, S. (2015). *Mikrobiologi Kedokteran*. Jakarta: Sagung Seto.
- Straif-Bourgeois, S., Ratard, R., dan Kretzschmar, M. (2014). *Infectious Disease Epidemiology*. USA: Handbook Of Epidemiology.
- Supomo, Sa'adah, H., Syamsul, E., Kintoko, Witasari, H., dan Noorcahyati. (2021). *Khasiat Tumbuhan Akar Kuning Berbasis Bukti*. Makassar: Nas Media Pustaka.
- Supriningrum, R., Sundu, R., Sentat, T., Kumalasari, E., & Niah, R. (2021). Karakterisasi Simplisia Dan Ekstrak Kulit Batang Sekilang (*Embelia Borneensis* Scheff.). *Jurnal Ilmiah Ibnu Sina*, 6(2), 196–205. <https://doi.org/10.36387/jiis.v6i2.677>
- Suryani, N. (2018). Kajian Ekosistem Hutan Mangrove Di Muara Sungai Batang Manggung Kecamatan Pariaman Utara Kota Pariaman Provinsi Sumatera Barat. *Jurnal Geografi*. 10(2): 144–156.
- Suryani, Y., Sophia, L., Cahyanto, T., dan Kinasih, I. (2015). Uji Aktivitas Antibakteri Dan Antioksidan Infusum Cacing Tanah (*Lumbricus Rubellus*) Dengan Tambahan Kitosan Udang Pada *Salmonella Thypi*. *Jurnal Istek*. 9(2): 264–281.
- Susanto, A. (2018). *Bakteriologi (Antimikroba Alami Penyakit Typus)*. Mojokerto: Stikes Press
- Tarman, K., Purwaningsih, S., dan Negara, A. (2014). Aktivitas Antibakteri Ekstrak Daun Bakau Hitam (*Rhizophora Mucronata*) Terhadap Bakteri Penyebab Diare. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 16(3): 249–258.

- Triana, O., Prasetya, F., Kuncoro, H., dan Rijai, L. (2016). Aktivitas Antijamur Ekstrak Daun Ketepeng Cina (*Cassia Alata L.*). *Jurnal Sains Dan Kesehatan*. 1(6): 311–315.
- Utomo, S. (2016). Pengaruh Konsentrasi Pelarut (N-Heksana) Terhadap Rendemen Hasil Ekstraksi Minyak Biji Alpukat Untuk Pembuatan Krim Pelembab Kulit. *Konversi*. 1(1): 39–47.
- Verdiana, M., Widarta, I. W., dan Permana, I. D. (2018). Pengaruh Jenis Pelarut Pada Ekstraksi Menggunakan Gelombang Ultrasonik Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Lemon (*Citrus Limon (Linn.) Burm F.*). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan*. 7(4): 213–222.
- Wewengkang, D., dan Rotinsulu, H. (2021). *Galenika* (Andriyanto, Ed.; 1st Ed.). Klaten: Penerbit Lakeisha.
- Widhiasih, P., Jirna, N., dan Dhyana Putri, S. (2017). Potensi Ekstrak Kulit Buah Delima Terhadap Pertumbuhan *Candida Albicans* Secara In Vitro. *Meditory*. 5(2): 77–82.
- Wijaya, M. D., dan Indraningrat, A. A. G. (2021). Antibacterial Activity Of Mangrove Root Extracts From Ngurah Rai Mangrove Forest, Denpasar-Bali. *Biology, Medicine, & Natural Product Chemistry*. 10(2): 117–121.
- Yulianingtyas, A., Kusmartono, B., Kalisahak No, J., dan Balapan, K. (2016). Optimasi Volume Pelarut Dan Waktu Maserasi Pengambilan Flavonoid Daun Belimbing Wuluh (*Averrhoa Bilimbi L.*). *Jurnal Teknik Kimia*. 10(2): 58–64.
- Yulianti, W., Ayuningtiyas, G., Martini, R., dan Resmeiliana, I. (2020). Pengaruh Metode Ekstraksi Dan Polaritas Pelarut Terhadap Kadar Fenolik Total Daun Kersen (*Muntingia Calabura L.*). *Jurnal Sains Terapan*. 10(2): 41–49.
- Zulkarnain, Muthiadin, C., Nur, F., dan Sijid, St. A. (2021). Potensi Kandungan Senyawa Ekstraksi Daun Patikan Kebo (*Euphorbia Hirta L.*) Sebagai Kandidat Antibiotik Alami. *Jurnal Teknosains*. 15(2): 190–196.