

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK N-HEKSANA PAKIS
SAYUR (*Diplazium esculentum*) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI
Staphylococcus aureus dan *Escherichia coli* SECARA *IN VITRO***

(Skripsi)

Oleh

**NABILA
NPM 2117021025**



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

**UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK N-HEKSANA PAKIS
SAYUR (*Diplazium esculentum*) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI
Staphylococcus aureus dan *Escherichia coli* SECARA *IN VITRO***

Oleh

NABILA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA SAINS

Pada

Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK N-HEKSANA PAKIS SAYUR (*Diplazium esculentum*) TERHADAP PERTUMBUHAN BAKTERI *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* SECARA *IN* *VITRO*

Oleh

Nabila

Penyakit infeksi menjadi penyebab kematian utama pada anak-anak dan merupakan masalah kesehatan yang signifikan di berbagai negara, baik maju maupun berkembang. Angka kejadian penyakit infeksi yang disebabkan oleh bakteri semakin meningkat terutama pada *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Pengobatan infeksi ini umumnya menggunakan antibiotik, namun penggunaan antibiotik sering menimbulkan efek samping. Oleh karena itu, pengembangan pengobatan alternatif dengan memanfaatkan tanaman obat yang mengandung senyawa bioaktif sebagai agen antibakteri menjadi sangat penting. Pakis sayur (*Diplazium esculentum*) dikenal sebagai salah satu tanaman obat yang mengandung berbagai senyawa aktif seperti saponin, steroid, glikosida, alkaloid, triterpenoid, fenol, flavon, tanin, dan flavonoid, yang berpotensi memiliki aktivitas antibakteri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi aktivitas bakteriostatik ekstrak n-heksana pakis sayur (*Diplazium esculentum*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dan mengetahui konsentrasi terbaik dari ekstrak n-heksana pakis sayur (*D. esculentum*) yang efektif sebagai bakteriostatik terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan empat konsentrasi ekstrak n-heksana pakis sayur (*D. esculentum*) yaitu, 20%, 33%, 43%, dan 50%. Perlakuan kontrol positif menggunakan antibiotik kloramfenikol dan kontrol negatif yaitu akuades steril. Data dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya melalui studi literatur. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak n-heksana *D. esculentum* tidak memiliki aktivitas bakteriostatik dan tidak dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* pada konsentrasi 20%, 33%, 43%, dan 50%.

Kata Kunci: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Diplazium esculentum*, bakteriostatik

ABSTRACT

THE ANTIBACTERIAL ACTIVITY TEST OF N-HEXANE EXTRACT FROM VEGETABLE FERN (*Diplazium esculentum*) AGAINST THE GROWTH OF *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* IN VITRO

By

Nabila

Infectious diseases are a leading cause of death in children and represent a significant health problem in various countries, both developed and developing. The incidence of bacterial infectious diseases, especially those caused by *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*, is increasing. Treatment of these infections commonly involves antibiotics, but antibiotic use often causes side effects. Therefore, the development of alternative treatments utilizing medicinal plants containing bioactive compounds as antibacterial agents is very important. Pakis sayur (*Diplazium esculentum*) is known as a medicinal plant containing various active compounds such as saponins, steroids, glycosides, alkaloids, triterpenoids, phenols, flavones, tannin, and flavonoids, which potentially possess antibacterial activity. This study aims to determine the potential bacteriostatic activity of n-hexane extract of pakis sayur (*Diplazium esculentum*) against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria, and to identify the best concentration of n-hexane extract of pakis sayur (*D. esculentum*) that is effective as a bacteriostatic against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. This research used a Completely Randomized Block Design (CRBD) with four concentrations of n-hexane extract of pakis sayur (*D. esculentum*), namely 20%, 33%, 43%, and 50%. The positive control treatment used chloramphenicol antibiotic, and the negative control was sterile distilled water. Data were analyzed descriptively by comparing the research results with previous studies through literature review. The results showed that the n-Hexane extract of *D. esculentum* did not possess bacteriostatic activity and could not inhibit the growth of *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* bacteria at concentrations of 20%, 33%, 43%, and 50%.

Keywords: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Diplazium esculentum*, bacteriostatic

Judul Skripsi : Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-Heksana
Pakis Sayur (*Diplazium esculentum*) terhadap
Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*
dan *Escherichia coli* secara *in Vitro*

Nama Mahasiswa : Nabila

Nomor Pokok Mahasiswa : 2117021025

Program Studi : Biologi

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Menyetujui

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I

Rochmah Agustina, Ph.D
NIP. 196108031989032002

Pembimbing II

Ir. Salman Parisi, M.Si
NIP. 196104181987031001

2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA

Dr. Jani Master, M.Si
NIP. 198301312008121001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Rochmah Agustrina, Ph.D.**

Sekretaris : **Ir. Salman Farisi, M.Si.**

Anggota : **Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si.**

2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **18 Juli 2025**

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nāma : Nābila
NPM : 2117021025
Jurusan : Biologi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya, bahwa skripsi saya yang berjudul:

“Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N- Heksana Pakis Sayur (*Diplazium esculentum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* secara *in Vitro*”

Baik data, hasil analisis, dan kajian ilmiah adalah benar hasil karya yang saya susun sendiri dengan berpedoman pada etika akademik dan penulisan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 23 Juli 2025

Yang Menyatakan,



Nabila

NPM. 2117021025

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Nabila yang lahir pada tanggal 02 Juli 2003 di Kalianda. Penulis merupakan anak ketujuh dari tujuh bersaudara dari pasangan Bapak Sahri dan Ibu Sareah. Penulis menempuh pendidikan pertama di Sekolah Dasar Negeri 4 Kalianda tahun 2009-2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Kalianda tahun 2015-2018, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Kalianda tahun 2018-2021. Penulis menjadi mahasiswa Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2021.

Selama melanjutkan pendidikan akademik di jurusan Biologi, penulis telah melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Tangerang pada tahun 2023-2024 dengan judul “Uji Cemaran *Salmonella* sp. dan *Eschericia coli* Pada Rektal Penjamah Makanan Di Upt Laboratorium Kesehatan Daerah Kota Tangerang”. Penulis menjadi asisten praktikum Mikrobiologi Umum di Laboratorium Mikrobiologi pada tahun 2025. Penulis juga telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di desa Tulung Balak, Kecamatan Batang Hari Nuban, Kabupaten Lampung Timur pada Juni-Agustus tahun 2024. Selain kegiatan akademik, penulis juga menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) bidang Ekspedisi periode 2022-2023 dan 2023-2024, serta menjadi Badan Pengawas Organisasi (BPO) sejak tahun 2024. Penulis menyusun skripsi pada bulan Desember 2024-Mei 2025 dengan judul “Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-

Heksana Pakis Sayur (*Diplazium esculentum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri
Staphylococcus aureus dan *Escherichia coli* secara *in Vitro*

PERSEMBAHAN

Dengan mengucap Alhamdulillah dan syukur kepada Allah SWT atas nikmat serta hidayah-Nya sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya. Dengan rasa syukur dan Bahagia, saya persembahkan rasa terimakasih saya kepada :

Kedua Orang Tuaku

Bapak Sahri dan Ibu Sareah

Terima kasih karena senantiasa telah memberikan doa, kasih sayang, dukungan serta kepercayaannya selama ini kepadaku sehingga dapat menyelesaikan pendidikan sarjana di Universitas Lampung.

Kepada Bapak dan Ibu dosen yang telah membimbing, memberikan motivasi serta memberikan ilmu yang berharga kepada mahasiswanya sehingga dapat menyelesaikan pendidikan dan mendapatkan gelar sarjana;

Teman-teman seperjuangan yang selalu menemani, memberikan bantuan, dukungan, semangat, motivasi serta doa-doa baik dalam hal apapun kepadaku.

Terima kasih telah tumbuh dan berproses bersama- sama selama masa perkuliahan.

Almamater tercinta yang menjadi tempat saya menempuh pendidikan hingga mendapat gelar sarjana.

Universitas Lampung

MOTTO

Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji bahwa
sesungguhnya bersama kesulitan akan ada kemudahan

(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

Tidak ada ujian yang tidak bisa diselesaikan. Tidak ada kesulitan yang melebihi
batas kesanggupan. Karena Allah tidak akan membebani seseorang melainkan
sesuai dengan kadar kesanggupannya.

(Q.S. Albaqarah: 286)

Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar.

(Q.S. Ar Rum: 60)

*It will all pass. The good, the bad, the unknown – everything. It all passes.
whatever happening in your life today, it will pass"*

It's not always easy, but that's life. Be strong because there better days

(Mark lee)

Terwujud Tak Terwujud Tetap Bersujud

(Arridho)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-Heksana Pakis Sayur (*Diplazium esculentum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* secara *in Vitro***”. Tak lupa pula shalawat serta salam yang selalu kita sanjung agungkan kepada junjungan kita nabi besar Muhammad SAW menjadi suri tauladan bagi kita semua. Dalam proses penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang telah membantu memberikan bimbingan, dukungan, arahan, motivasi serta saran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT karena berkat rahmat dan hidayah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeila Afriani, D.E.A., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
4. Bapak Dr. Jani Master, S.Si., M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
5. Ibu Dr. Kusuma Handayani, M.Si., selaku Ketua Program Studi S1-Biologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
6. Ibu Dr. Eti Ernawati, M.P. selaku Pembimbing Akademik penulis yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.

7. Ibu Rochmah Agustrina, Ph.D., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, dukungan, masukan, serta bantuan kepada penulis selama melaksanakan penelitian.
8. Bapak Ir. Salman Farisi, M.Si., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan dukungan, motivasi, dan masukan kepada penulis.
9. Ibu Dr. Sri Wahyuningsih, M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan masukan yang membangun kepada penulis.
10. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Jurusan Biologi atas ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menuntut ilmu.
11. Ibu Dhiny Suntya Putri, S.P., M.Si., selaku Laboran Botani, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung atas arahan dan masukan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian.
12. Ibu Oni Mastuti, S.Si., selaku Laboran Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung atas dedikasi dan kepedulian yang telah diberikan kepada seluruh rekan-rekan peneliti mikrobiologi, serta arahan dan masukan yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian.
13. Orang tua tercinta, Bapak Sahri dan Ibu Sareah untuk segala bentuk cinta yang sudah diberikan, baik dalam bentuk materi, perkataan, perhatian maupun perlakuan. Terima kasih senantiasa memberikan semangat, dukungan, kasih sayang, dan doa yang tiada hentinya kepada penulis. Terima kasih atas kepercayaan yang telah diberikan kepada penulis sehingga penulis mampu menyelesaikan pendidikan Sarjana ini dengan baik.
14. Kakak dan Tete tersayang, Samsiah, Ojah, Asep, Ajun, Linda dan Agung terimakasih untuk segala bentuk semangat, dukungan materi, maupun doa yang diberikan kepada penulis, terima kasih sudah mengusahakan banyak hal untuk adik kecilnya ini.
15. Rekan Seperjuangan sejak masa sekolah, Ginanda, Elysia, Eka, Nindya, Jinan, Ajeng, dan Luthfia terimakasih karena sudah menemani penulis hingga sampai ditahap ini. Meskipun beda Universitas tidak membuat kita

untuk saling berhenti memberikan dukungan satu sama lain selama masa penulisan skripsi ini. Terimakasih atas semua kebaikan yang kalian berikan selama kita berteman dan sudah mendengar cerita-cerita penulis.

16. Rekan seperjuangan selama masa masa perkuliahan, Hana Dipa, Annisa Rahma, Yasminia Friska, Nancy Septina dan Ribka Debora, yang setia menemani setiap proses perkuliahan yang dilalui oleh penulis dan memberikan begitu banyak semangat untuk pantang menyerah, menjadi pendengar yang baik, serta memberikan banyak kenangan indah semasa perkuliahan untuk penulis.
17. Semua pihak yang terlibat, terimakasih teman-teman yang membantu penulis selama penyusunan skripsi ini yang mungkin tidak dapat penulis sebutkan namanya satu persatu.
18. Terakhir untuk diriku sendiri, terima kasih sudah bertahan sampai sejauh ini, tidak pernah menyerah dan selalu meyakinkan diri sendiri bahwa semuanya akan terlewati. Terima kasih atas segala usaha yang sudah kamu lakukan hingga sampai ditahap ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis juga mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar menjadi lebih baik lagi untuk kedepannya.

Bandar Lampung, 23 Juli 2025

Nabila
NPM. 2117021025

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix

I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Kerangka Pikir	4
1.4 Hipotesis.....	5
 II. TINJAUAN PUSTAKA.....	 6
2.1 Tumbuhan Pakis Sayur (<i>Diplazium esculentum</i>)	6
2.1.1 Habitat dan Siklus Hidup <i>Diplazium esculentum</i>	6
2.1.2 Morfologi dan Taksonomi <i>Diplazium esculentum</i>	7
2.1.3 Kandungan Senyawa Metabolit Sekunder <i>Diplazium esculentum</i>	8
2.2 Ekstraksi.....	14
2.3 Pelarut n-Heksana	15
2.4 Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i>	16
2.4.1 Karakteristik dan Taksonomi	16
2.4.2 Patogenitas <i>Staphylococcus aureus</i>	17
2.5 Bakteri <i>Escherichia coli</i>	19
2.5.1 Karakteristik dan Taksonomi	19
2.5.2 Patogenitas <i>Escherichia coli</i>	20
2.6 Antibakteri.....	20
2.7 Metode Pengujian Antibakteri	21
2.7.1 Metode Difusi.....	21
2.7.2 Metode Dilusi.....	22
 III. METODE PENELITIAN	 24
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.3 Rancangan Penelitian	25
3.4 Diagram Alir Penelitian	26
3.5 Prosedur Penelitian.....	27
3.5.1 Persiapan Sampel	27
3.5.2 Pembuatan Ekstrak Pakis Sayur (<i>Diplazium esculentum</i>)	27
3.5.3 Uji Aktivitas Antibakteri.....	27

3.5.3.1	Sterilisasi	27
3.5.3.2	Pembuatan Media Bakteri	28
3.5.3.3	Peremajaan Biakan Murni <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	28
3.5.3.4	Pembuatan Suspensi Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	29
3.5.3.5	Pembuatan Konsentrasi Larutan, Kontrol Positif dan Negatif yang akan diujikan.....	29
3.5.3.6	Uji Aktivitas Antibakteri	30
3.5.3.7	Perhitungan Zona Hambat yang Terbentuk.....	31
3.6	Analisis Data	32
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Hasil Pengamatan.....	33
4.2	Pembahasan.....	35
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	40
5.1	Simpulan	40
5.2	Saran.....	40
	DAFTAR PUSTAKA	41
	LAMPIRAN.....	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tata Letak Unit Percobaan Pengaruh Ekstrak N-Heksana <i>Diplazium esculentum</i> sebagai Antibakteri terhadap pertumbuhan <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	25
2. Penentuan konsentrasi larutan ekstrak n-heksana <i>Diplazium esculentum</i> ...	30
3. Rerata Diameter Zona Hambat Pertumbuhan <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i> Sebagai Respon terhadap Ekstrak n-Heksana Pakis Sayur	34
4. Perbandingan Tingkat Kepolaran Pelarut	36

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Siklus Hidup Tanaman Paku.....	7
2. Morfologi <i>Diplazium esculentum</i>	8
3. Struktur Kimia Saponin.....	9
4. Struktur Kimia Steroid	10
5. Struktur Kimia Alkaloid.....	11
6. Struktur Kimia Tanin.....	12
7. Struktur Kimia Glikosida	13
8 Struktur Kimia Triterpenoid.....	13
9. Struktur Kimia Flavonoid.....	14
10. Struktur Kimia N-Heksana.....	16
11. Morfologi <i>Staphylococcus aureus</i>	17
12. Morfologi <i>Escherichia coli</i> Barr =5 μ m.....	19
13. Diagram Alir Penelitian.....	26
14. Diagram Pengukuran Zona Hambat	32
15. Zona Hambat Pertumbuhan <i>Staphylococcus aureus</i>	33
16. Zona Hambat Pertumbuhan <i>Escherichia coli</i>	33

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penyakit infeksi merupakan permasalahan utama bidang kesehatan masyarakat baik di negara maju maupun berkembang. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), infeksi merupakan penyebab kematian tertinggi pada anak-anak (Novard dkk., 2019). Infeksi adalah penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme seperti bakteri, virus, jamur, atau parasit, yang umum banyak ditemukan di wilayah tropis seperti Indonesia, bahkan beberapa di antaranya bersifat endemik. Lingkungan rumah tangga, khususnya area dapur dan kamar mandi, menjadi tempat yang ideal bagi perkembangan bakteri dan virus. Area seperti wastafel dan saluran udara sering kali terkontaminasi bakteri berbahaya, misalnya *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. Kedua bakteri ini merupakan mikroflora normal dalam tubuh manusia. Namun, sering menjadi penyebab infeksi, mulai dari diare hingga infeksi saluran kemih (Aryasa dan Artini, 2022).

Penyakit infeksi muncul ketika interaksi dengan mikroba menyebabkan kerusakan pada tubuh manusia, yang kemudian menimbulkan berbagai gejala dan tanda klinis. Mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit pada manusia dikenal sebagai mikroorganisme patogen, termasuk di antaranya adalah bakteri patogen (Novard dkk., 2019).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri yang paling sering menginfeksi manusia. *S. aureus* sering ditemukan sebagai kuman flora normal pada kulit dan selaput lendir manusia. Namun, dapat menyebabkan berbagai macam infeksi seperti endokarditis, infeksi kulit, dan jaringan lunak (Rahmadani

dkk., 2017). Infeksi *S. aureus* merupakan salah satu penyebab meningkatnya jumlah penyakit dan kematian (Rahman dkk., 2018).

Bakteri lainnya yang juga menjadi masalah kesehatan adalah *Escherichia coli*. *E. coli* merupakan bakteri yang sering ditemukan di sekitar makhluk hidup dan merupakan mikroflora normal dalam usus. Namun, pada kondisi tertentu dapat menjadi patogen. *E. coli* dapat tumbuh dan berkembang biak dalam tanah sehingga jumlahnya di dalam tanah meningkat, terutama pada musim hujan (Sutiknowati, 2016). Selain itu, *E. coli* dikenal sebagai bakteri penyebab infeksi saluran kemih dan diare (Apriliana dan Hawarima, 2016). Diare menjadi penyakit infeksi bakteri terbanyak kedua setelah infeksi penyakit rotavirus (Bakri dkk., 2015). Menurut WHO (2024), diare merupakan penyebab kedua kematian pada anak di bawah lima tahun yang mencapai 443.832 orang setiap tahun. Secara global terdapat 1,7 miliar kasus diare pada anak setiap tahunnya. Di Indonesia, diare masih jadi permasalahan utama sehingga memerlukan penindakan serta kajian dari berbagai aspek.

Upaya penanggulangan penyakit infeksi oleh bakteri dapat dilakukan dengan pemberian antibiotik. Namun, penggunaan antibiotik dapat memberikan efek samping yang tidak diinginkan. Saat ini, banyak dilakukan penelitian untuk menemukan dan mengembangkan senyawa bioaktif dari bahan alam sebagai antibakteri, antara lain dari tanaman. Beberapa golongan senyawa yang terkandung pada tanaman yang memiliki aktivitas antimikroba adalah dari golongan senyawa fenolik, flavonoid, terpen, dan alkaloid (Jumania dkk., 2020).

Tanaman pakis sayur (*Diplazium esculentum*) merupakan salah satu tanaman yang dikenal sebagai tanaman obat. Secara empirik, rebusan rimpang tanaman pakis sayur dapat mengobati batuk berdarah. Daun pakis sayur digunakan untuk terapi sakit kepala, nyeri akibat luka, dan demam. Tanaman pakis juga digunakan untuk mengobati disentri, gangguan pencernaan, diare,

pembengkakan kelenjar, dan berbagai infeksi pada kulit (Wahyuni dkk., 2016).

D. esculentum dapat dimanfaatkan sebagai sumber antibakteri karena kandungan metabolit sekundernya dapat digunakan sebagai senyawa alternatif untuk pengobatan infeksi yang disebabkan oleh berbagai mikroba (Semwal *et al.*, 2020). Kandungan metabolit sekunder suatu tanaman dipengaruhi oleh pemilihan pelarut dan metode ekstraksi (Khotimah, 2016). Pelarut heksana banyak digunakan karena merupakan salah satu pelarut dengan titik didih rendah dan dapat menarik senyawa non polar seperti terpenoid dan steroid. Hasil uji fitokimia Hermawan dkk. (2017), menunjukkan bahwa daun tumbuhan pakis sayur mengandung saponin, steroid, glikosida, alkaloid, triterpenoid, fenol, flavon, tanin, dan flavonoid. Senyawa tersebut dapat berfungsi sebagai antimikroba terhadap bakteri.

Menurut Khusna dkk. (2016), konsentrasi ekstrak metanol tanaman pakis 100% dapat membentuk diameter zona hambat sebesar 13,33 mm terhadap *Staphylococcus aureus* dan 9,20 mm terhadap *Escherichia coli*. Pembentukan zona hambat di sekitar *paper disk* menunjukkan bahwa ekstrak metanol pakis sayur muda mengandung metabolit sekunder yang bersifat antibakteri. Selain itu, Vincent *et al.* (2014), menjelaskan bahwa ekstrak air dan etanol pakis sayur menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap *Salmonella typhi*, *Salmonella arizonae*, *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*.

Berdasarkan uraian latar belakang di atas diketahui bahwa kajian terhadap ekstrak *n*-heksana pakis sayur sebagai sumber antibakteri alami belum diteliti sebelumnya oleh karena itu, penulis tertarik untuk melakukan kajian dengan judul **“Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak N-Heksana Pakis Sayur (*Diplazium esculentum*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* Secara *In Vitro*”**

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk

1. mengetahui potensi aktivitas bakteriostatik ekstrak n-heksana pakis sayur (*D. esculentum*) terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.
2. mengetahui konsentrasi terbaik dari ekstrak n-heksana pakis sayur (*D. esculentum*) yang efektif sebagai bakteriostatik terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

1.3 Kerangka Pikir

Penyakit infeksi merupakan penyebab utama kematian pada anak-anak. Infeksi yang disebabkan oleh bakteri patogen, seperti *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menjadi salah satu masalah kesehatan global yang serius. Bakteri ini dapat menyebabkan berbagai penyakit, mulai dari diare hingga infeksi saluran kemih. Upaya pengendalian penyakit infeksi dilakukan dengan penggunaan antibiotik. Namun, penggunaan antibiotik ini dapat menimbulkan efek samping pada tubuh yang tidak diinginkan sehingga perlu dicari alternatif pengobatan yang lebih aman dan efektif.

Salah satu tanaman yang potensial untuk dikembangkan sebagai agen antibakteri hayati adalah tumbuhan *D. esculentum* karena menghasilkan metabolit sekunder antara lain senyawa golongan saponin, steroid, glikosida, alkaloid, triterpenoid, fenol, flavon, tanin, dan flavonoid. Kajian sebelumnya menunjukkan bahwa ekstrak metanol tanaman pakis 100% dapat membentuk diameter zona hambat sebesar 13,33 mm terhadap *Staphylococcus aureus* dan 9,20 mm terhadap *Escherichia coli*. Pembentukan zona hambat di sekitar *paper disk* menunjukkan bahwa ekstrak metanol pakis sayur muda mengandung metabolit sekunder yang bersifat antibakteri.

Sampai saat ini kajian terhadap daya bakteriostatik ekstrak *n*-heksana pakis sayur belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini diajukan bertujuan untuk mengetahui aktivitas antibakteri ekstrak *n*-heksana daun

pakis sayur untuk menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

1.4 Hipotesis

Adapun hipotesis dari penelitian ini adalah

1. ekstrak *n*-heksana pakis sayur (*D. esculentum*) menunjukkan potensi aktivitas bakteriostatik terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*
2. didapatkan konsentrasi yang efektif dari ekstrak *n*-heksana daun pakis sayur (*D. esculentum*) sebagai patogen *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

II. TINJAUAN PUSTAKA

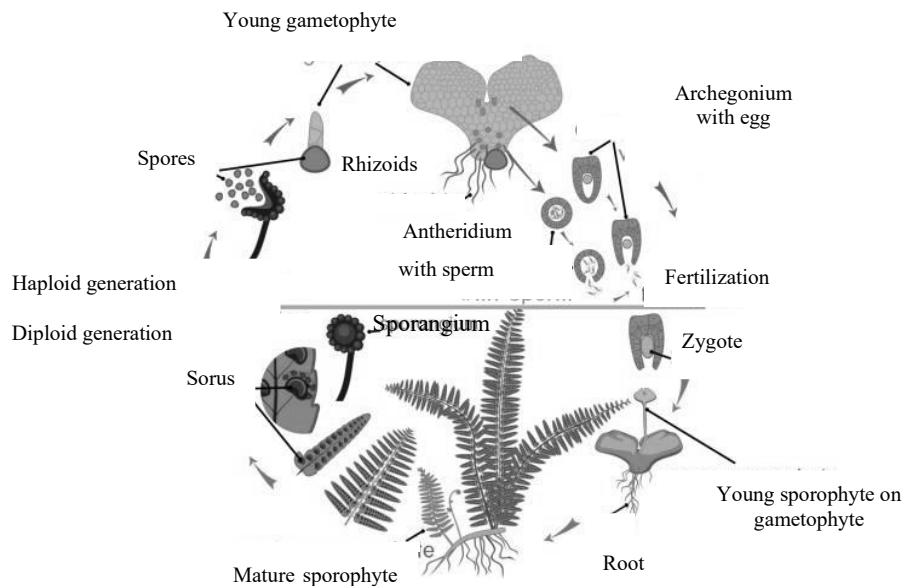
2.1 Tumbuhan Pakis Sayur (*Diplazium esculentum*)

2.1.1 Habitat dan Siklus Hidup *Diplazium esculentum*

Pakis sayur atau *Diplazium esculentum* merupakan jenis paku-pakuan (pteridophyta) yang dimanfaatkan oleh masyarakat Indonesia sebagai salah satu bahan makanan. Pakis sayur merupakan tumbuhan asli di daerah tropis dan subtropis benua Asia, kemudian menyebar ke kawasan Afrika dan Amerika Utara. Pakis sayur umumnya ditemukan banyak tumbuh di tempat terbuka, tanah lembab, daerah Sungai (Pradipta dkk., 2023). Karakteristik tanaman ini dapat hidup di tempat terbuka yang mendapat sinar matahari langsung dan teduh dengan pencahayaan matahari yang kurang (Purnawati dkk., 2014).

Tumbuhan paku memiliki siklus hidup yang disebut metagenensis yang terdiri dari dua fase pertumbuhan, yaitu fase gametofit (seksual) dan sporofit (aseksual). Fase gametofit tumbuhan paku adalah protalium sedangkan fase sporofitnya merupakan tumbuhan paku itu sendiri. Pada siklus hidup tumbuhan paku, fase sporofit adalah fase yang paling dominan dibandingkan dengan fase gametofit. Gamet jantan dihasilkan dalam antheridia dan disebut antherozoid karena memiliki flagella, sementara archegonia menghasilkan gamet betina, atau sel telur. Zigot terbentuk oleh sel telur yang dibuahi, berkembang menjadi sporofit muda melalui pembelahan mitosis (2n). Spora non-motil keluar dari sporofit dan kemudian berkecambah. menjadi haploid gametofit (n). Siklus hidup tumbuhan paku terdiri dari lima fase:

pembelahan, protalium muda (gametofit), protalium dewasa, sporofit muda, dan sporofit dewasa (Akbar dkk., 2018). Siklus hidup tanaman ini dapat dilihat pada Gambar 1.



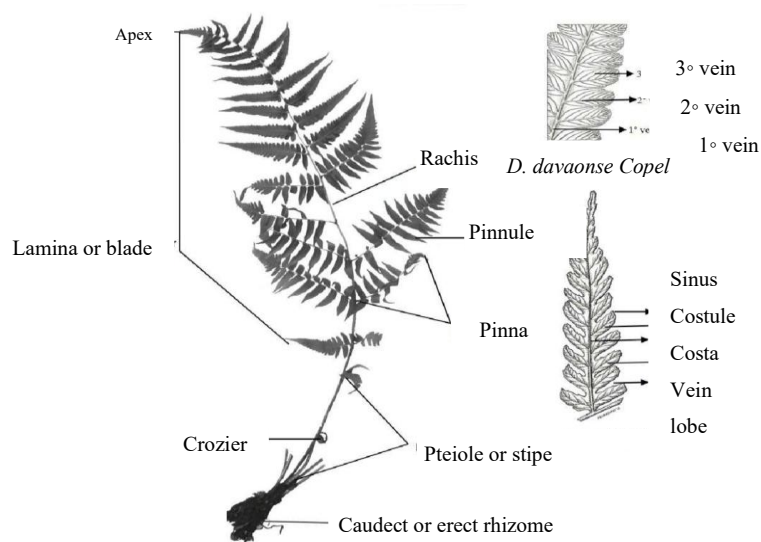
Gambar 1. Siklus Hidup Tanaman Paku (Mariaflaya, 2018).

2.1.2 Morfologi dan Taksonomi *Diplazium esculentum*

Tanaman pakis sayur memiliki sistem perakaran serabut dan ujungnya dilindungi oleh kaliptra. Akar tanaman pakis sayur umumnya berwarna coklat tua atau kehitaman, cenderung tumbuh dalam tanah yang lembab dan dapat tumbuh secara horizontal (Pradipta dkk., 2023). Batang tanaman pakis sayur berwarna hijau dan berbentuk bulat. Batang nya tegak, tinggi batang 20-50 cm dan bercabang-cabang (Kayu dkk., 2019).

Bentuk daun pakis sayur menyirip dua dan tangkai daun kecokelatan. Dan merupakan daun majemuk menyirip, berbentuk lanset dengan tepi bergerigi, ujung daun runcing, dan pangkal daun tumpul. Pinna berpasangan sebanyak 15 pasang tersusun secara berselang-seling. Lamina menyirip 2-3 berwarna hijau muda hingga hijau tua dengan panjang 0,5-1,5 m dan lebar 0,5-1 m. Sori yang terletak di permukaan

bawah daun tepatnya di bagian tepi pada lekukan anak daun (Pradipta, 2023). Panjang daun majemuk dari tanaman ini bisa mencapai 1,5 m dengan panjang daun sekunder sekitar 8 cm dan lebar 2 cm (Zannah dkk., 2017). Berikut adalah morfologi *Diplazium esculentum* yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Morfologi *Diplazium esculentum* (Conda *et al*, 2017).

Klasifikasi *Diplazium esculentum* menurut Cronquist (1981), adalah sebagai berikut.

Kerajaan : Tumbuhan
 Divisi : Pteridophyta
 Kelas : Polypodiopsida
 Bangsa : Athyriales
 Suku : Athyriaceae
 Marga : *Diplazium*
 Jenis : *Diplazium esculentum*

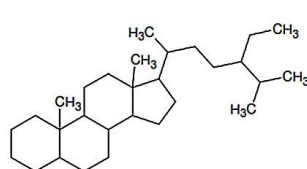
2.1.3 Kandungan Senyawa Metabolit Sekunder *Diplazium esculentum*

Senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam daun *Diplazium esculentum* meliputi golongan senyawa saponin, steroid, alkaloid, tanin, glikosida, triterpenoid, fenol, flavon, dan flavonoid (Hermawan

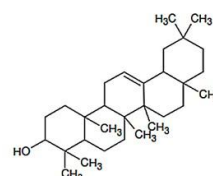
dkk., 2017). Berikut ini adalah penjelasan terkait kandungan senyawa yang ada pada *Diplazium esculentum*.

2.1.3.1 Senyawa Saponin

Saponin merupakan senyawa glikosida yang tersebar luas pada tumbuhan tingkat tinggi, tersusun atas glikon dan aglikon. Bagian glikon terdiri dari gugus gula seperti glukosa, fruktosa, dan jenis gula lainnya. Bagian aglikon merupakan sapogenin. Nama saponin diturunkan dari Bahasa Latin “*sapo*” yang berarti sabun atau detergen sehingga saponin memiliki sifat sebagai surfaktan alami. Saponin merupakan senyawa amfipatik. Gugus gula (heksosa) pada saponin dapat larut dalam air tetapi tidak larut dalam alkohol absolut, kloroform, eter dan pelarut organik non polar lainnya. Sedangkan gugus steroid (sapogenin) pada saponin, biasa juga disebut dengan triterpenoid aglikon dapat larut dalam lemak dan dapat membentuk emulsi dengan minyak dan resin. Saponin memiliki berbagai macam aktivitas biologis seperti kemampuan hemolitik, antimoluska, aktivitas antivirus, aktivitas sitotoksik atau antikanker, efek hipokolesterolemia, dan antiprotozoa (Putri dkk., 2023). Saponin dikelompokkan berdasarkan sifat kimianya yaitu saponin steroid dan saponin triterpenoid (Gambar 3).



Saponin Steroid

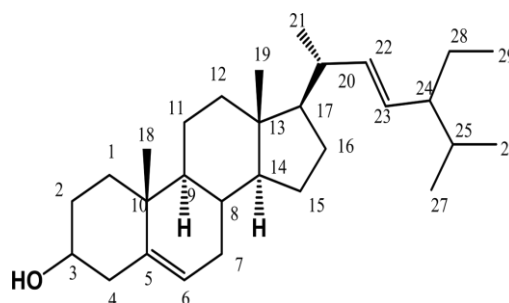


Saponin Triterpenoid

Gambar 3. Struktur Kimia Saponin (Jayanegara dkk., 2019).

2.1.3.2 Senyawa Steroid

Steroid merupakan terpenoid lipid yang dikenal melalui empat cincin kerangka dasar karbon yang menyatu. Struktur senyawanya pun cukup beragam. Perbedaan tersebut disebabkan karena adanya gugus fungsi teroksidasi yang terikat pada cincin dan terjadinya oksidasi cincin karbonnya. Steroid berperan penting bagi tubuh dalam menjaga keseimbangan garam, mengendalikan metabolisme dan meningkatkan fungsi organ seksual serta perbedaan fungsi biologis lainnya antara jenis kelamin. Steroid merupakan salah satu di antara golongan senyawa metabolit sekunder yang kehadirannya diharapkan sebagai konstituen kimia yang memberi nilai pengobatan pada suatu tumbuhan (Nasrudin dkk., 2017). Struktur kimia steroid dapat dilihat pada Gambar 4.

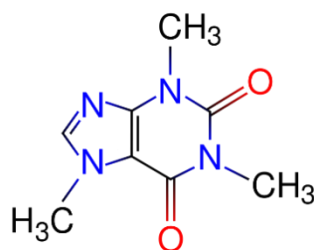


Gambar 4. Struktur Kimia Steroid (Darwati dkk., 2019).

2.1.3.3 Senyawa Alkaloid

Alkaloid adalah kelompok metabolit sekunder terpenting yang ditemukan pada tumbuhan. Alkaloid bersifat basa, mengandung satu atau lebih atom nitrogen biasanya dalam cincin heterosiklik. Secara fisik kebanyakan alkaloid berbentuk padatan kristal dan sedikit yang merupakan padatan amorf. Kebanyakan alkaloid memiliki rasa pahit, bersifat basa lemah, dan sedikit larut dalam air, dan dapat larut dalam

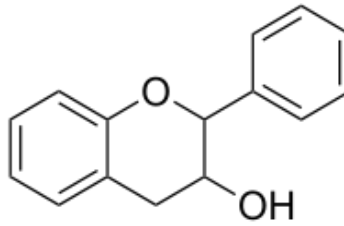
pelarut organik non polar seperti dietil eter, kloroform, dan lain-lain (Julianto, 2019). Senyawa alkaloid yang terdapat pada *Diplazium esculentum* diduga memiliki kemampuan sebagai antibakteri dapat mengganggu komponen penyusun peptidoglikan pada bakteri, sehingga lapisan dinding sel tidak terbentuk utuh kemudian menyebabkan kematian sel (Khusna dkk., 2016). Struktur kimia alkaloid dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Struktur Kimia Alkaloid (Tok, 2021).

2.1.3.4 Tanin

Tanin adalah suatu senyawa fenolik yang memberikan rasa pahit dan sepat/kelat, dapat bereaksi dan menggumpalkan protein atau senyawa organik lainnya yang mengandung asam amino dan alkaloid (Julianto, 2019). Tanin banyak ditemukan pada banyak jenis tumbuhan dan menyebabkan tumbuhan mampu melindungi dari hama. Tanin mampu menghambat pertumbuhan bakteri dengan menginaktivasi enzim-enzim esensial, merusak membran sel, destruksi fungsi material serta menghambat enzim reverse transcriptase dan DNA topoisomerase sehingga sel bakteri tidak dapat terbentuk (Nurdianti dkk., 2022). Struktur kimia tanin dapat dilihat pada Gambar 6.

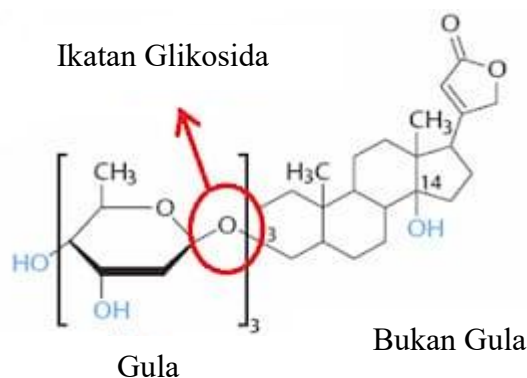


Gambar 6. Struktur Kimia Tanin (Julianto, 2019).

2.1.3.5 Glikosida

Glikosida adalah suatu senyawa metabolit sekunder yang berikatan dengan senyawa gula melalui ikatan glikosida. Bagian gula glikosida terikat pada atom C anomerik membentuk ikatan glikosida. Glikosida dapat terikat oleh atom O- (O-gloikosida), N- (glikosida amin), S- (thioglikosida), C-(C-glikosida). Bagian gula glikosida disebut glikon, dan bagian non-gula disebut aglikon atau genin. Glikon dapat terdiri dari gula tunggal (monosakarida) atau beberapa unit gula (oligosakarida).

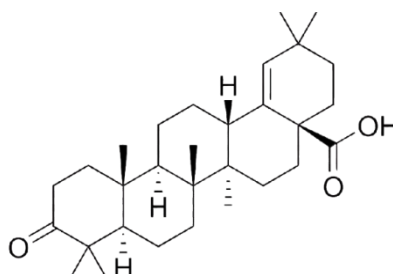
Beberapa tumbuhan menyimpan senyawa-senyawa kimia dalam bentuk glikosida yang tidak aktif. Senyawa-senyawa kimia ini akan dapat kembali aktif dengan bantuan enzim hidrolase yang menyebabkan bagian gula putus, menghasilkan senyawa kimia yang siap untuk digunakan. Beberapa glikosida dalam tumbuhan digunakan dalam pengobatan (Julianto, 2019). Struktur kimia glikosida dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Struktur Kimia Glikosida (Maulida, 2013).

2.1.3.6 Triterpenoid

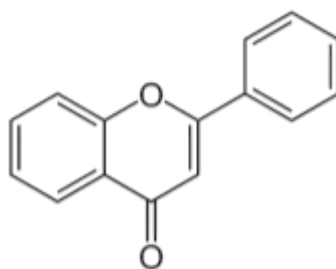
Triterpenoid adalah metabolit sekunder turunan dari terpenoid yang tulang punggung karbonnya berasal dari enam unit isoprena (2-metilbutil-1,3- diena), yaitu tersusun dari enam unit C₅. Kerangka karbonnya berasal dari hidrokarbon C₃₀ asiklik, yaitu skualena. Senyawa ini bersifat siklik atau asiklik dan sering memiliki gugus alkohol, aldehida atau asam karboksilat. Triterpenoid memiliki aktivitas farmakologis yang signifikan, seperti antivirus, antibakteri, antiinflamasi, penghambat sintesis kolesterol, dan efek antikanker, sedangkan tumbuhan yang mengandung triterpenoid bernilai ekologis karena senyawa ini memiliki efek antijamur, insektisida, antikanker, antibakteri, dan antivirus (Hidayah dkk., 2023). Struktur kimia triterpenoid dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur Kimia Triterpenoid (Saputri, 2017).

2.1.3.7 Flavonoid

Flavonoid merupakan senyawa bahan alam dari golongan fenolik. Senyawa flavonoid dapat digambarkan sebagai deretan senyawa C₆-C₃-C₆, artinya, kerangka karbonnya terdiri atas dua gugus C₆ (cincin benzena tersubstitusi) disambungkan oleh rantai alifatik tiga-karbon (Hermawan dkk., 2017). Lebih dari 2000 flavonoid yang berasal dari tumbuhan telah diidentifikasi diantaranya: antosianin, flavonol, dan flavon. Flavonoid sebagian besar tersimpan didalam vakuola sel tumbuhan walaupun tempat sintesisnya ada diluar vakuola (Yustinus dkk., 2018). Flavonoid bertanggung jawab untuk warna bunga, buah-buahan dan kadang-kadang daun, dapat bertindak sebagai co-pigmen. Flavonoid melindungi tanaman dari efek UV yang merusak. Baru-baru ini, flavonoid telah menarik minat karena penemuan aktivitas farmakologi sebagai anti-inflamasi, analgesik, antitumor, anti-HIV, antidiare, anti-hepatotoksik, antijamur, *antilipolytic*, antioksidan, vasodilator, imunostimulan, dan *anti-ulcerogenic* (Hermawan dkk., 2017). Struktur kimia dari flavonoid dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Struktur Kimia Flavonoid (Julianto, 2019)

2.2 Ekstraksi

Ekstraksi dapat didefinisikan sebagai proses pemisahan berdasarkan perbedaan kemampuan melarutnya komponen-komponen yang ada dalam campuran, seperti senyawa senyawa didalam tumbuhan obat, hewan, dan

organisme laut. Tujuan utama ekstraksi adalah untuk mengisolasi kandungan kimia dalam organisme. Kecepatan proses konsentrasi hasil ekstraksi bergantung pada perpindahan komponen padat dari simplisia ke pelarut melalui perpindahan massa. Setelah pelarut menembus dinding sel, pelarut berdifusi sehingga menyebabkan tekanan gradien antara ruang dalam dan luar sel (Departemen kesehatan, 2016).

Metode ekstraksi terbagi menjadi dua bagian kelompok, yang terdiri dari ekstraksi panas dan dingin. Kelompok ekstraksi dingin terdiri dari maserasi, dan perkolasi. Kelompok ekstraksi panas terdiri dari pemanfaatan refluks, infus, dan distilasi uap air (Departemen kesehatan, 2016). Dalam proses ekstraksi pemilihan pelarut penting untuk dilakukan. Pelarut ekstraksi yang baik harus mudah menguap, aman digunakan, mampu menyerap zat dengan baik, dan bebas dari karakteristik yang menyebabkan ekstrak dan pelarut membentuk kompleks (Susanti, 2015).

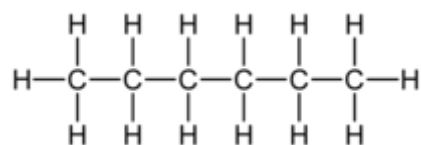
2.3 Pelarut N-Heksana

N-heksana adalah sebuah hidrokarbon alkana yang memiliki rumus kimia C_6H_{14} . Heksana dihasilkan dari penyulingan minyak mentah. Sumber minyak yang digunakan akan mempengaruhi komposisi dan fraksinya. Secara umum kisarannya adalah setengah dari berat rantai isomer dengan titik didih $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Semua isomer n-heksana dapat dijadikan pelarut organik oleh karena sifatnya yang non polar (Laia dkk., 2022).

Menurut prinsip “*like dissolves like*”, bahan kimia non-polar yang terdapat dalam tanaman dapat diekstraksi dengan menggunakan n-heksana sebagai pelarut dalam proses ekstraksi (Susanti, 2015). N-heksana memiliki sifat yang mudah menguap, stabil, dan selektif sehingga baik untuk mengekstraksi senyawa non-polar. Pelarut ini juga dapat menarik steroid, alkaloid, dan flavonoid yang memiliki sifat antibakteri (Wahdaningsih dkk., 2014). Kegunaan heksana di laboratorium adalah untuk mengekstrak minyak dan lemak (Yuniar dkk., 2019). Di bidang industri, heksana dipakai dalam pembuatan lem untuk memproduksi produk kulit, sepatu,

atap, serta dalam pembersihan. N-heksana dapat digunakan dalam bahan pembersih produk sepatu, meubeler, tekstil, serta percetakan (Novella dan Purwanti, 2019).

Pelarut heksan bersifat *inert*, memiliki titik didih yang rendah serta dapat melarutkan dengan cepat dan sempurna. Pelarut dengan titik didih rendah umumnya lebih mudah digunakan karena lebih mudah dipekatkan (Azhari dkk., 2020). Struktur kimia dari n-heksana dapat dilihat pada Gambar 10.



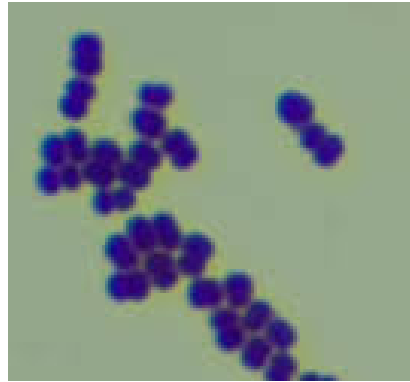
Gambar 10. Struktur Kimia N-Heksana (p2k.unimus, 2021).

2.4 Bakteri *Staphylococcus aureus*

2.4.1 Karakteristik dan Taksonomi

Istilah “*Staphylococcus*” berasal dari kata Yunani “*staphyle*,” yang mengacu pada sekelompok buah anggur, dan “*cocci*,” yang berarti benih berbentuk bola. Istilah “*aureus*” berasal dari kata Latin “*aurum*,” yang berarti emas logam mulia (Hasibuan dan Siti, 2016).

Staphylococcus aureus merupakan bakteri Gram positif berbentuk bulat dengan diameter 0,7-1,2 µm, berkelompok tidak teratur seperti buah anggur, tidak membentuk spora, dan anaerob. Suhu ideal untuk pertumbuhannya mencapai 37 °C, tetapi akan membentuk pigmen dengan warna abu-abu hingga kuning keemasan dengan koloni bundar, halus, menonjol, dan berkilau pada suhu kamar 20–25 °C. Lebih dari 90% isolat klinik menunjukkan bentuk *S. aureus* dengan kapsul polisakarida atau selaput tipis. Faktor-faktor ini berkontribusi pada kemampuan bakteri untuk menyebar dengan cepat (Karimela dkk., 2017). Morfologi *Staphylococcus aureus* dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Morfologi *Staphylococcus aureus* (Abdilah dan Kurniawan, 2021).

Infeksi bakteri ini merupakan salah satu penyebab meningkatnya jumlah penyakit dan kematian. Bakteri *Staphylococcus aureus* dapat menginfeksi banyak bagian tubuh manusia meliputi daerah rongga hidung dan rongga tenggorokan, mulut, permukaan kulit, area mata, jari, sistem pencernaan, dan hati. Bakteri ini dapat tinggal sementara di area kulit yang lembab. *Staphylococcus aureus* sering terjadi pada luka terbuka (Sari, 2018)

Klasifikasi *Staphylococcus aureus* menurut Gibson (1996), adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Bacteria
Filum	: Firmicutes
Kelas	: Bacilus
Bangsa	: Bacilliales
Suku	: Staphylococcaceae
Marga	: <i>Staphylococcus</i>
Jenis	: <i>Staphylococcus aureus</i>

2.4.2 Patogenitas *Staphylococcus aureus*

Patogenitas adalah kemampuan suatu organisme untuk menyebabkan penyakit pada tubuh inangnya dan menimbulkan gejala penyakit apabila patogen mampu beradaptasi dan bertahan hidup di dalam tubuh

inangnya. Kemudian menyerang sistem kekebalan tubuh sehingga menyebabkan penyakit.

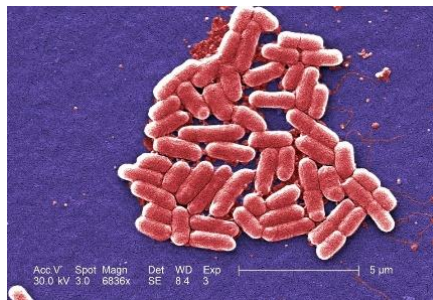
Beberapa spesies *Staphylococcus aureus* adalah flora normal dan merupakan penyebab utama sepsis nosokomial dan infeksi masyarakat. Sepsis nosokomial adalah infeksi yang terjadi di rumah sakit atau fasilitas pelayanan kesehatan lainnya, yang dapat disebabkan oleh virus, bakteri, parasit, atau jamur. Infeksi nosokomial tersering adalah infeksi pada luka operasi, infeksi saluran kemih, infeksi saluran nafas bawah, dan infeksi pada aliran darah (Achmad, 2017). Selain itu *S. aureus* pada kulit dan selaput lendir manusia dapat menyebabkan supurasi dan bahkan septikemia yang fatal. *S. aureus* memiliki kemampuan untuk membelah dan menyebarkan luas ke dalam jaringan melalui produksi beberapa bahan ekstraseluler dan menyebabkan infeksi pada orang sehat. *S. aureus* dapat terikat pada molekul-molekul seperti kolagen, fibronektin, dan vitronektin yang rusak akibat kerusakan jaringan. *S. aureus* dapat menjadi patogen jika menempel pada permukaan kulit atau mukosa (Husna, 2018).

Beberapa faktor virulensi *S. aureus* adalah karena kemampuannya untuk membentuk toksin, membentuk biofilm, dan enzim yang merusak jaringan. Faktor inilah yang menjadi patogenitas *S. aureus*. Toksin yang ditunjukkan seperti enterotoksin dan hemolisin dapat menyebabkan keracunan makanan dan kerusakan sel, serta koagulase, yang melindungi dari fagositosis. Infeksi dapat bervariasi dari yang ringan seperti bisul hingga yang serius seperti pneumonia dan endokarditis. Orang dengan sistem kekebalan yang lemah atau setelah trauma sering terkena infeksi (Husna, 2018).

2.5 Bakteri *Escherichia coli*

2.5.1 Karakteristik dan Taksonomi

Genus *Escherichia* merupakan bagian dari *Escherichiae* yang termasuk dalam famili *Enterobacteriaceae*. *Escherichia coli* merupakan bakteri Gram negatif, kokobasil dengan ukuran $2.4 \times 0.4 - 0.7 \mu\text{m}$, bersifat anaerob fakultatif, memiliki flagella petritikus sehingga bersifat motil, dan tidak dapat membentuk spora (Prasetya dkk., 2019). *E. coli* mampu memproduksi indol, kurang mampu memfermentasi sitrat, dan bersifat negatif pada analisis urease.



Gambar 12. Morfologi *Escherichia coli* Bar = $5 \mu\text{m}$ (Carr, 2020).

Escherichia coli membentuk koloni bundar, cembung, dan halus dengan tepi yang nyata. Bakteri ini termasuk flora normal. Sifatnya unik karena dapat menyebabkan infeksi primer pada usus misalnya diare pada anak dan *travelers diarrhea*, dan menimbulkan infeksi pada jaringan tubuh lain di luar usus (Khairunnida dkk., 2020).

Klasifikasi *Escherichia coli* menurut Songer dan Post (2005), adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Bacteria
Filum	: Proteobacteria
Kelas	: Gammaproteobacteria
Bangsa	: Enterobacteriales
Suku	: Enterobacteriaceae
Marga	: <i>Escherichia</i>
Jenis	: <i>Escherichia coli</i>

2.5.2 Patogenitas *Escherichia coli*

Escherichia coli dapat menjadi patogen apabila jumlah bakteri dalam saluran pencernaan meningkat atau berada diluar usus. *E. coli* diklasifikasikan oleh ciri khas sifat-sifat virulensinya, setiap koloni menimbulkan penyakit melalui mekanisme yang berbeda. Gen virulensi ini terdapat pada kromosom atau plasmid indigenus atau pun berasal dari mikroorganisme lainnya. Kombinasi gen virulensi ini akan menentukan patotipe *E. coli*, dan masing-masing patotipe menyebabkan gejala klinis yang berbeda. Gejala klinis yang ditimbulkan oleh strain *E. coli* patogen umumnya bertanggung jawab atas tiga tipe infeksi pada manusia, yaitu infeksi pada saluran pencernaan yang mengakibatkan diare, infeksi saluran kemih, dan meningitis neonatal (Rahayu dkk., 2018).

2.6 Antibakteri

Antibakteri adalah senyawa yang mampu menghambat dan membunuh pertumbuhan bakteri. Antibakteri biasanya terdapat dalam suatu organisme sebagai senyawa metabolit sekunder. Mekanisme senyawa antibakteri secara umum dilakukan dengan cara merusak dinding sel, mengubah permeabilitas membran, mengganggu sintesis protein, dan menghambat kerja enzim. Senyawa yang berperan dalam merusak dinding sel antara lain fenol, flavonoid, dan alkaloid. Senyawa metabolit sekunder tersebut berpotensi sebagai antibakteri alami pada bakteri patogen, contohnya terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Septiani dkk., 2017). Salah satu zat antibakteri yang banyak digunakan adalah antibiotik. Antibiotik adalah senyawa kimia khas yang dihasilkan atau diturunkan oleh organisme hidup termasuk struktur analognya yang dibuat secara sintetik, yang dalam kadar rendah mampu menghambat proses penting dalam kehidupan satu spesies atau lebih mikroorganisme (Siswodihardjo dan Siswandono, 2018).

2.7 Metode Pengujian Antibakteri

Uji aktivitas antibakteri dapat dilakukan dengan menggunakan uji sensitivitas. Uji sensitivitas antibakteri merupakan suatu uji yang digunakan untuk menentukan tingkat kepekaan bakteri terhadap zat antibakteri dan mengetahui senyawa aktif dari zat antibakteri (Khusuma dkk., 2019). Berikut adalah metode yang umum digunakan dalam uji antibakteri

2.7.1 Metode Difusi

Metode ini terdiri dari

a. Metode Difusi Cakram (*Disc Diffusion*)

Metode difusi cakram merupakan pengukuran luas zona bebas atau bening yang terbentuk di sekitar kertas cakram untuk mengetahui aktivitas antibakteri. Cakram digunakan sebagai media untuk menyerap bahan antimikroba yang akan diuji. Kertas cakram kemudian diletakkan pada permukaan media agar yang diinokulasi kultur mikroba uji dan diinkubasi selama 18-24 jam pada suhu 35 °C. Daerah atau zona bening di sekitar kertas cakram yang terbentuk menunjukkan ada tidaknya pertumbuhan mikroba. Diameter zona bening sebanding dengan konsentrasi senyawa yang diserap kertas cakram (Nurhayati dkk., 2020). Keunggulan metode difusi cakram meliputi proses pengujian yang cepat, biaya yang terjangkau, serta kemudahan pelaksanaannya tanpa memerlukan keahlian khusus (Sarosa dkk., 2018). Namun metode ini memiliki kelemahan, yaitu kurang efektif untuk mikroorganisme dengan pertumbuhan yang lambat, dan zona hambat yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh kondisi inkubasi, jumlah inokulum, serta ketebalan media (Handayani dkk., 2018)

b. Metode Parit (*Ditch Plate*)

Metode parit dilakukan dengan membuat parit pada media uji yang telah diinokulasi bakteri uji. Parit tersebut kemudian diisi dengan zat antibakteri, dilanjutkan dengan inkubasi pada suhu dan waktu yang sesuai dengan kondisi optimum setiap bakteri uji. Terbentuk atau tidak zona bebas atau bening di sekitar parit diamati untuk melihat resistensi mikroba terhadap zat bakteriostatik (Khusuma dkk., 2019).

c. Metode sumuran (*Cup/Hole plate*)

Metode sumuran dilakukan dengan membuat lubang tegak lurus pada media yang telah diinokulasi dengan bakteri uji. Jumlah dan letak lubang pada media agar disesuaikan dengan tujuan penelitian. Lubang kemudian diisi dengan zat antibakteri yang akan diuji. Setelah dilakukan inkubasi, pertumbuhan bakteri diamati melalui ada tidaknya zona bebas atau zona bening. Kelebihan metode sumuran yaitu luas zona hambat yang terbentuk lebih mudah diukur karena bakteri beraktivitas tidak hanya di permukaan atas nutrisi agar tetapi juga sampai ke bawah (Nurhayati dkk., 2020). Kelemahan dari metode sumuran yaitu media mudah terkontaminasi saat proses pembuatan lubang dan pemberian sampel, karena cawan petri lebih sering dibuka dibandingkan metode difusi cakram (Kirtanayasa, 2022).

2.7.2 Metode Dilusi

Metode dilusi terdiri dari

a. Metode Pengenceran Serial dalam Tabung

Metode dilusi dengan pengenceran serial dalam tabung dilakukan dengan membuat seri pengenceran agen antimikroba pada medium cair, lalu diinokulasi dengan mikroba patogen dan diinkubasi pada waktu dan suhu yang

sesuai untuk pertumbuhan mikroba uji. Aktivitas zat ditentukan berdasarkan kadar hambat minimal (KHM) (Fitriana dkk., 2019). Metode dilusi lebih peka dan terjamin homogenitas antar media, bahan uji, dan suspensi bakteri. Bahan uji lebih mudah berinteraksi dengan bakteri karena suspensi bakteri tersebar merata. Dengan metode ini dapat diketahui Kadar Hambat Minimal (KHM) dan Kadar Bunuh Minimal (KBM) terhadap bakteri (Nasir dan Munira, 2023).

Kelemahan metode pengenceran serial dalam tabung meliputi meningkatnya kemungkinan kesalahan pada setiap tahap pengenceran, serta hasil dapat dipengaruhi oleh pengenceran pada konsentrasi terendah. Selain itu, metode ini juga cenderung memakan waktu dan memerlukan persiapan yang cukup saat digunakan untuk menghitung jumlah koloni bakteri (Yuniar dan Rosmania, 2021).

b. Metode Dilusi dengan Lempeng Agar

Metode dilusi dengan lempeng agar dilakukan dengan menginokulasi mikroba uji pada media agar yang mengandung agen antimikroba, lalu diinkubasi pada waktu dan suhu sesuai dengan mikroba uji. Kadar Hambat Minimal (KHM) ditentukan dari kadar terendah larutan zat antibakteri yang masih memberikan hambatan terhadap pertumbuhan kuman. Metode dilusi memiliki kelebihan dalam menentukan tingkat resistensi secara kuantitatif, sedangkan kekurangannya adalah pada kompleksitas dalam pelaksanaannya (Fitriana dkk., 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari-Mei 2025 di Laboratorium Botani dan Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat- alat yang digunakan adalah *rotary vacum evaporator* untuk menguapkan pelarut ekstrak, blender, corong *buchner*, beaker glass, cawan petri, batang pengaduk, gelas kaca, labu erlenmeyer, autoklaf, mikropipet, tabung reaksi, neraca, rak tabung reaksi, *Biological safety cabinet (BSC)* sebagai tempat untuk inokulasi bakteri dan bekerja secara aseptis, lampu spiritus, inkubator, lemari pendingin, plastik tahan panas, sendok, pinset, bunsen, jarum ose, oven, gelas ukur, *hotplate*, sarung tangan, dan jangka sorong.

Bahan bahan yang digunakan adalah daun dan batang pakis sayur (*Diplazium esculentum*) yang diperoleh dari pasar tradisional yang ada di Kalianda Lampung Selatan, mikroba yang digunakan untuk uji antibakteri adalah *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*, aquades steril, alkohol 70 %, pelarut n-heksana, aluminium foil, kertas label, tisu, kertas saring, kloramfenikol sebagai kontrol positif, media NA (*Nutrient agar*), media MHA (*Mueller-Hinton Agar*), dan NaCl 0,9 %.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) dengan dua perlakuan. Perlakuan yang pertama ekstrak n-heksana pakis sayur dengan tingkat perlakuan kontrol positif menggunakan kloramfenikol (K^+), kontrol negatif menggunakan akuades (K^-), ekstrak n-heksana pakis sayur konsentrasi 20 % (K_{20}), 33 % (K_{33}), 42 % (K_{42}), dan 50 % (K_{50}). Perlakuan yang kedua adalah mikroba uji yaitu, *Staphylococcus aureus* (B_S) dan *Escherichia coli* (B_E). Setiap unit perlakuan diulang sebanyak 3 kali (Tabel 1). Variabel yang diukur adalah zona hambat yang terbentuk pada media.

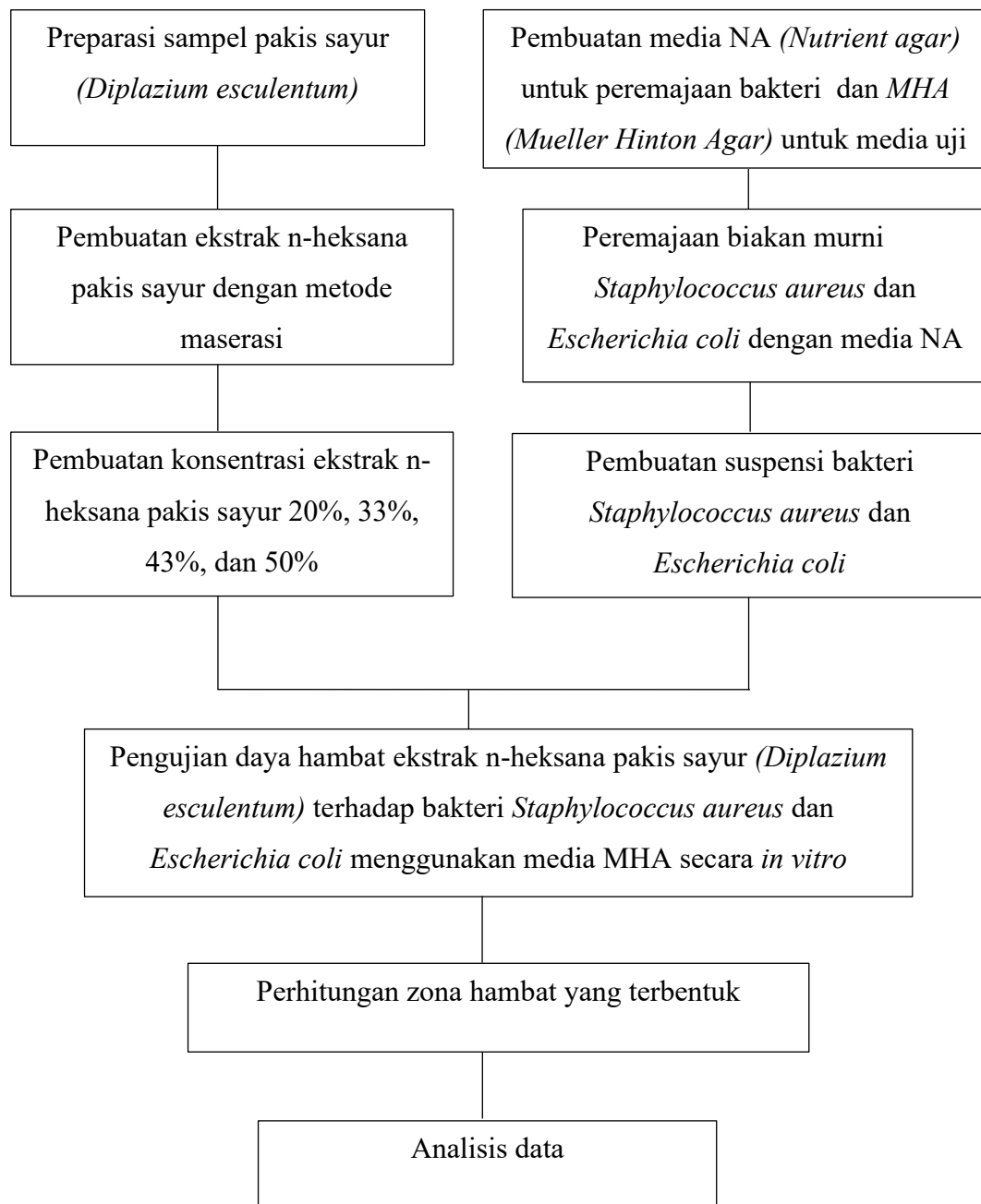
Tabel 1. Tata Letak Unit Percobaan Pengaruh Ekstrak N-Heksana *Diplazium esculentum* sebagai Antibakteri terhadap pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

Kombinasi Perlakuan		
I	II	III
$B_E K^- U_1$	$B_S K_{50} U_2$	$B_E K_{50} U_3$
$B_S K^+ U_1$	$B_E K_{33} U_2$	$B_S K_{33} U_3$
$B_E K^+ U_1$	$B_S K^+ U_2$	$B_E K_{33} U_3$
$B_E K_{43} U_1$	$B_S K^- U_2$	$B_S K_{50} U_3$
$B_S K_{20} U_1$	$B_E K_{50} U_2$	$B_E K^- U_3$
$B_E K_{20} U_1$	$B_E K^+ U_2$	$B_S K^+ U_3$
$B_S K_{33} U_1$	$B_E K_{43} U_2$	$B_S K_{43} U_3$
$B_E K_{50} U_1$	$B_S K_{20} U_2$	$B_E K_{20} U_3$
$B_S K_{50} U_1$	$B_S K_{43} U_2$	$B_S K_{20} U_3$
$B_S K^- U_1$	$B_S K_{33} U_2$	$B_E K^+ U_3$
$B_E K_{33} U_1$	$B_E K^- U_2$	$B_E K_{43} U_3$
$B_S K_{43} U_1$	$B_E K_{20} U_2$	$B_S K^- U_3$

Keterangan: B_S = *Staphylococcus aureus*; B_E = *Escherichia coli*;
K= Konsentrasi; U= Ulangan

3.4 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Persiapan Sampel

Sampel yang digunakan pada penelitian ini adalah batang dan daun pakis sayur yang diperoleh dari pasar tradisional yang ada di Kalianda, Lampung Selatan. Sebanyak 5 kg batang dan daun pakis sayur dibersihkan dengan air bersih mengalir hingga semua kotoran hilang. Batang dan daun pakis sayur yang telah bersih dikering anginkan di bawah sinar matahari selama 5 hari hingga tidak ada lagi air yang tersisa kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi serbuk dan diletakkan ke dalam wadah (Armansyah dkk., 2022).

3.5.2 Pembuatan Ekstrak Pakis Sayur (*Diplazium esculentum*)

Sebanyak 600 g serbuk batang dan daun pakis sayur dilarutkan dengan pelarut n-heksana sebanyak 7500 mL. Maserasi dilakukan selama 1 x 24 jam sebanyak 6 kali kemudian dilakukan remaserasi sebanyak 4 kali pada suhu ruang agar maserat yang dihasilkan lebih optimal dan dapat menarik senyawa metabolit sekunder yang terkandung dalam tanaman tersebut. Kemudian disaring menggunakan corong *buchner* dan filtrat diuapkan menggunakan *rotary vacuum evaporator* dengan suhu 40 °C hingga diperoleh ekstrak kental. Hasil yang diperoleh ditimbang dan disimpan dalam wadah tertutup (Khotijah dkk., 2020).

3.5.3 Uji Aktivitas Antibakteri

3.5.3.1 Sterilisasi

Seluruh peralatan yang akan digunakan dicuci bersih dan dikeringkan. Sterilisasi peralatan dilakukan di autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Tabung reaksi, gelas ukur, dan labu erlenmeyer ditutup mulutnya dengan sumbat kapas. Cawan petri dibungkus dengan kertas HVS kemudian dimasukkan dalam

oven. Pinset dan jarum ose disterilkan dengan cara memijarkannya pada api bunsen (Armansyah dkk., 2022).

3.5.3.2 Pembuatan Media Bakteri

Media *Nutrient agar* (NA) digunakan sebagai media untuk peremajaan biakan murni pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* sedangkan media MHA (*Mueller Hinton Agar*) digunakan untuk uji antibakteri. Media NA dibuat dengan melarutkan 2,4 (komposisi kemasan 20gr/1000 mL) serbuk media ke dalam gelas beaker yang berisi akuades sebanyak 120 mL. Media *Muller Hinton Agar* dibuat dengan memasukkan 11,4 g MHA. Komposisi MHA pada kemasan adalah 2 g *beef extract*; 17,5 g *casein hydrolysate*; 1,5 g *starch*; 17 g agar, dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi akuades sebanyak 350 mL. Kedua media tersebut kemudian dipanaskan di atas *hotplate* hingga mendidih dan terlihat bening. Selanjutnya media disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 20 menit. Media MHA dan NA dituangkan pada cawan petri steril. Selanjutnya kedua media didiamkan pada suhu kamar hingga memadat. Kemudian disimpan pada suhu 4 °C (di dalam lemari es) (Utomo dkk., 2018).

3.5.3.3 Peremajaan Biakan Murni *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

Peremajaan kultur murni bakteri uji *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dilakukan dengan menginokulasikan sebanyak 1 ose atau 2 ose dengan cara digoreskan pada medium *Nutrient Agar* (NA) secara aseptis. Bakteri uji tersebut diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C. Setelah inkubasi selesai, bakteri yang telah tumbuh dapat digunakan sebagai mikroba uji (Jasmiadi dan Asabila, 2023).

3.5.3.4 Pembuatan Suspensi Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*

Isolat bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* hasil peremajaan bakteri selama 24 jam diinokulasikan menggunakan ose ke tabung reaksi yang telah berisi 9 mL NaCl fisiologis, kemudian divortex hingga suspensi bakteri homogen (Badan Standar Nasional, 2016). Kekeruhan suspensi koloni uji distandarisasi dengan standar kekeruhan 0,5 *McFarland* (sekitar $1,5 \times 10^8$ CFU/mL) (Nurhayati dkk., 2020).

Larutan *McFarland* dibuat dengan mencampurkan larutan H_2SO_4 0,36 N sebanyak 99,5 mL dengan larutan $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 1,175 % sebanyak 0,5 mL dalam Erlenmeyer. Kemudian di homogenkan hingga larutan menjadi keruh. Kekeruhan Larutan *McFarland* digunakan sebagai standar kekeruhan suspensi bakteri (Aviany dan Pujiyanto, 2020).

3.5.3.5 Pembuatan Konsentrasi Larutan, Kontrol Positif dan Negatif yang akan diujikan

Untuk mendapatkan konsentrasi larutan yang akan diujikan maka dilakukan pengenceran menggunakan *aquadest* steril dengan menggunakan rumus pengenceran sebagai berikut.

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

Keterangan:

M_1 : molaritas (konsentrasi) larutan awal (larutan pekat).

V_1 : volume larutan awal.

M_2 : molaritas larutan setelah pengenceran (larutan encer).

V_2 : volume larutan setelah pengenceran.

Konsentrasi ekstrak n-heksana pakis sayur yang digunakan yaitu 20 %, 33 %, 42 % dan, 50 %. Pengenceran ekstrak n-heksana

dilakukan dengan *aquadest* steril kemudian divortex hingga homogen.

Tabel 2. Penentuan konsentrasi larutan ekstrak *n*-heksana *Diplazium esculentum*

Stok ekstrak <i>n</i> -heksana pakis sayur	Ditambah akuades	Konsentrasi ekstrak yang diujikan
0,625 gr	2,5 mL	20%
1,25 gr	2,5 mL	33%
1,875 gr	2,5 mL	43%
2,5 gr	2,5 mL	50%

Sebagai kontrol positif daya hambat bakteri digunakan kloramfenikol. Sebanyak 0,06 gram kloramfenikol dilarutkan dalam 10 mL *aquadest*. Kemudian kontrol negatif menggunakan *aquadest* 10 mL.

3.5.3.6 Uji Aktivitas Antibakteri

Pengujian antibakteri ekstrak *n*-heksana pakis sayur dilakukan dengan metode difusi cakram Kirby- Baurer (*Disk-Diffusion method*). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan kertas cakram berukuran diameter 5 mm dari kertas saring steril. Kertas cakram yang sudah steril kemudian direndam dengan berbagai konsentrasi larutan ekstrak selama 24 jam. Selanjutnya suspensi biakan pada larutan NaCl 0,9 % yang sudah sama tingkat kekeruhannya, diambil sebanyak 100 mikron ke cawan berisi media MHA. Suspensi dioleskan menggunakan *cotton swab* steril ke seluruh permukaan media sampai inokulum merata. Inokulum dibiarkan mengering selama beberapa menit. Kemudian kertas cakram diletakkan diatas media dengan berbagai konsentrasi. Cawan petri yang telah diinokulasi dan diisi kertas cakram kemudian diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Kemudian zona bening yang terbentuk di sekitar

cakram diukur menggunakan jangka sorong dengan satuan milimeter (mm).

3.5.3.7 Perhitungan Zona Hambat yang Terbentuk

Pengamatan zona hambat yang terbentuk pada media dilakukan setelah 24 jam inkubasi. Diameter zona hambat atau zona bening di sekitar kertas cakram merupakan petunjuk kepekaan bakteri terhadap bahan antibakteri yang digunakan sebagai bahan uji. Zona hambat yang terbentuk diukur dengan diameter vertikal, diameter horizontal, dan diameter diagonalnya menggunakan jangka sorong (Toy dkk., 2015). Diameter zona hambat diukur dengan rumus:

$$\frac{(D_v - D_c) + (D_h - D_c) + (D_d - D_c)}{3}$$

Ket: D_v : Diameter vertikal

D_h : Diameter horizontal

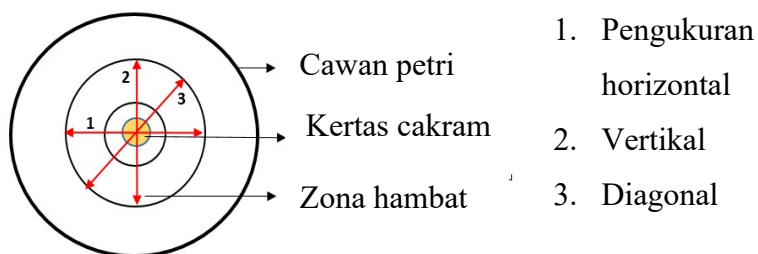
D_d : Diameter diagonal

D_c : Diameter cakram

Hasil perhitungan diameter zona hambat kemudian dimasukkan ke dalam kriteria klasifikasi efektivitas zat antibakteri (Greenwood, 1995) sebagai berikut.

1. Diameter <10 mm : tidak ada daya hambat (bakteri resisten)
2. Diameter 10-15 mm : daya hambat lemah (bakteri cukup resisten)
3. Diameter 16-20 mm : daya hambat sedang (bakteri rentan)
4. Diameter >20 mm : daya hambat kuat (bakteri sangat rentan).

Diagram pengukuran zona hambat dapat dilihat pada Gambar 14.



Gambar 14. Diagram Pengukuran Zona Hambat (Hijri dan Dwandaru, 2017).

3.6 Analisis Data

Hasil uji aktivitas antibakteri ekstrak n heksana pakis sayur terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* tidak menunjukkan adanya daya hambat, sehingga analisis data dilakukan secara deskriptif dengan membandingkan data yang diperoleh langsung dari hasil penelitian dengan data hasil penelitian sebelumnya melalui studi literatur, sehingga memberikan dasar pembahasan ilmiah yang kuat untuk menginterpretasikan hasil penelitian.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. ekstrak n-heksana *Diplazium esculentum* tidak memiliki potensi aktivitas bakteriostatik pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.
2. ekstrak n-heksana *Diplazium esculentum* dengan konsentrasi 20%, 33%, 43%, dan 50% tidak efektif dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* dengan tidak terbentuknya zona hambat pada media uji.

5.2 Saran

Adapun saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. perlu dilakukannya uji fitokimia pada ekstrak n-heksana pakis sayur (*Diplazium esculentum*) untuk mengetahui kandungan senyawa metabolit sekunder.
2. perlu penelitian lebih lanjut mengenai aktivitas ekstrak n-Heksana pakis sayur (*Diplazium esculentum*) terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan bakteri *Escherichia coli* dengan menggunakan metode yang berbeda dengan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdilah, F., dan Kurniawan. 2021. Morphological Characteristics Of Air Bacteria In Mannitol Salt Agar. *Journal of Medical Laboratory Technology (BJMLT)*. 3(2): 353-359.
- Achmad, I. 2017. Manejemen Perawatan Pasien Total Care dan Kejadian Infeksi Nosokomial di Ruang ICU RSUD Masohi tahun 2016. *Global Health Science*. 2(1): 24-33.
- Akbar, M., Santri, D. J., dan Ermayanti. 2018. Morfologi Perkembangan Jenis Paku *Davalia denticulata*, *Microsorium scolopendria*, *Nephrolepis biserrata* dan Sumbanganya Pada Pembelajaran Biologi SMA. *Jurnal Pembelajaran Biologi*. 5(1): 56-73.
- Amit, S., Kaushik, S., Bhatt, SP., Arvin, N. 2011. Antibacterial activity of *Diplazium esculentum* (Retz.) Sw. *Pharmacognosy Journal*. 3(21): 77-79.
- Anggitha, I. 2012. *Performa Flokulasi Bioflokulan DYT pada Beragam Keasaman dan Kekuatan Ion terhadap Turbiditas Larutan Kaolin*. Universitas Pendidikan Indonesia: Jakarta.
- Apriliana E., dan Hawarima, V. 2016. Kandungan Buah Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) Sebagai Antibakteri terhadap *E. coli* Penyebab Diare. *Jurnal Majority*. 5(2): 126-130.
- 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.
- Aryasa, I. W. T., dan Artini, N. P. R. 2022. Antibakteri Cuka Apel terhadap Pertumbuhan Bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* Secara In Vitro. *The Journal of Muhammadiyah Medical Laboratory Technologist*. 5(2): 106-114.
- Aviany, H. B., dan Pujiyanto, D. S. 2020. Analisis Efektivitas Probiotik di Dalam Produk Kecantikan sebagai Antibakteri terhadap Bakteri *Staphylococcus epidermidis*. *Jurnal Berkala Bioteknologi*. 3(2).

- Azhari, A., Mutia, N., dan Ishak, I. 2020. Proses Ekstraksi Minyak dari Biji Pepaya (*Carica papaya*) dengan Menggunakan Pelarut N-Heksana. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 9(1): 58-67.
- Badan Standardisasi Nasional, 2016. *Uji Sensitivitas Bakteri yang Diisolasi Dari Ikan dan Lingkungan Terhadap Antimikroba Dengan Menggunakan Metode Difusi Cakram*. SNI : 8234. Badan Standardisasi Nasional, Jakarta.
- Bakri Z, Hatta, M., dan Massi, MN. 2015. Deteksi Keberadaan Bakteri *Escherichia coli* O157: H7 Pada Feses Penderita Diare dengan Metode Kultur dan PCR. *JST Kesehatan*. 5(2): 184-192.
- Branen, A. L. dan P, M. Davidson. 2005. *Antimicrobials in Food*- Third Edition. Boca Raton: CRC Press.
- Brooks., Geo, F., Butel, S., Janet., Morse., dan Stephen, A. 2008. *Mikrobiologi Kedokteran Jawetz, Melnick Adelberg*: EGC. Jakarta.
- Carr, J. H. 2020. <https://pixnio.com/id/ilmu-pengetahuan/mikroskop-gambar/escherichia-coli/gram-negatif-escherichia-coli-bakteri>. Diakses pada hari Senin, tanggal 14 Oktober 2024.
- Conda, J. M., Pitargue, Jr., Rodrigo E., dan Escobin, R. P. 2017. <https://search.app?link=https%3A%2F%2Fwww.researchgate.net%2Ffigure%2Fillustrations-of-Diplazium-species-plant>. Diakses pada Hari Rabu, tanggal 13 November 2024.
- Cronquist, A. 1981. *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press, New York, 248-250.
- Darwati, D., Nurlelarsi, N., dan Mayanti, T. 2019. Senyawa Steroid dari Akar Tumbuhan Asam Kandis (*Garcinia cowa*) Sebagai Obat Penurun Demam. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*. 37(1): 51-57.
- Departemen Kesehatan Republik Indonesia. 2016. *Farmakope Indonesia. Edisi VI*. : Direktorat Jenderal Pengawasan Obat dan Makanan. Jakarta.
- Fandini, S. 2023. Uji Antibakteri Ekstrak Etanol Pakis Sayur (*Diplazium esculentum* (Retz.) Sw.) terhadap Bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Staphylococcus epidermidis*. *Skripsi*. Padang: Universitas Andalas.
- Fitriana, Y. A. N., Fatimah, V. A. N., dan Fitri, A. S. 2019. Aktivitas Anti Bakteri Daun Sirih: Uji Ekstrak KHM (Kadar Hambat Minimum) dan KBM (Kadar Bakterisidal Minimum). *Jurnal Sainteks*. 16(2): 101-108.
- Gibson, J.M. 1996. *Mikrobiologi dan Patologi Modern*: Penerbit Buku Kedokteran EGC. Jakarta.

- Greenwood. 1995. *Antibiotic Susceptibility (Sensitivity) Test, Antimicrobial and Chemotherapy*. USA: Mc Graw Hill Company. 1995.
- Handayani, R., Qamariah, N., dan Mardova, S. A. 2018. Uji Daya Hambat Ekstrak Etanol Batang Saluang Belum terhadap Bakteri *Escherichia coli*. *Borneo Journal of Pharmacy*. 1(1): 16– 18.
- Hasibuan dan A, Siti. 2016. Perbandingan Daya Hambat Ekstrak Daun Jarak Pagar (*Jatropha curcas*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* secara In Vitro. *Skripsi*. Lampung: Universitas Lampung.
- Hermawan, L. Purwanti., dan Dasuki, U. A. 2017. Identifikasi Senyawa Flavonoid dari Daun Pakis Sayur [*Diplazium esculentum* (Retz.) Swartz]. *Prosiding Farmasi*. 3(2):642-650.
- Hidayah, H., Nurfirzatullo, I., Insani, M., dan Shafira, R. A. 2023. Literatur Review Article: Aktivitas Terpenoid Sebagai Senyawa Antiinflamasi. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 9(16): 430-436.
- Hijri, M. F., dan Dwandaru, S. B. 2017. Sintesis Carbon Nanodots Berbahan Dasar Limbah Padat Tanaman Kayu Putih Sebagai Antibakteri *Staphylococcus aureus*. Universitas Negeri Jakarta. 36-42.
- Husna, C. A. 2018. Peranan Protein Adhesi Matriks Ekstraselular dalam Patogenitas Bakteri *Staphylococcus aureus*. *Jurnal Averrous*. 4(2).
- Jasmiadi, H. R., dan Assabila, A. A. 2023. Antibacterial Activity of Ethanol Extract of Basil Leaves (*Ocimum sanctum L.*) Against the Growth of *Escherichia coli* Bacteria. *Jurnal Novem Medika Farmasi*. 2(2): 60-66.
- Jayanegara, A., Ridla, M., Laconi, E. B. dan Nahrowi. 2019. *Komponen Antinutrisi pada Pakan*. IPB Press.
- Julianto. 2019. *Metabolit Sekunder*. PT Gramedia Pustaka Utama: Jakarta
- Jumania, E., Sukmawati., Muthiadin, C dan Sari, S.R. 2020. Skrining Fitokimia Ekstrak Tanaman Tambalepen dan Pengaruh Penghambatannya terhadap Bakteri *Salmonella thypi*. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*. 347-354.
- Karimela, E. J., Ijong, F. G. dan Dien, H. A . 2017. Characteristics Of *Staphylococcus aureus* Isolated Smoked Fish Pinekuhe from Traditionally Processed from Sangihe District. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 188-198.

- Kayu, R. B., Boro, L. Y., Danong., dan T. Maria, T. 2019. Identification Of Terrestrial and Epiphytic In The Watu Bakul Torest Area In Dewa Jara Village District Katiku Tana Sumba Tengah. *Jurnal Biotropikal Sains*. 16(3).
- Khairunnida, G. R., Rusmini, H., Maharyuni, E., dan Warganegara, E. 2020. Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Escherichia coli* Penyebab *Waterborne Disease* pada Air Minum Kemasan dan Isi Ulang. *Jurnal Ilmiah Kesehatan Sandi Husada*. 9(2): 634-639.
- Khotijah, S., Laily, D. I., Widodo, B. N., dan Sutoyo, S. 2020. Aktivitas Mukolitik Ekstrak N-Heksana Tumbuhan Paku *Nephrolepis Radicans*. *Unesa Journal Of Chemistry*. 9(2): 121-127.
- Khotimah, K. 2016. Skrining Fitokimia dan Identifikasi Metabolit Sekunder Senyawa Karpain pada Ekstrak Metanol Daun *Carica pubescens Lenne and K. Koch* dengan *LC/MS (Liquid Chromatograph-tandem Mass Spectrometry)*. *Skripsi*.
- Khusna, F. A., Sulasmi, E. S., dan Witjoro, A 2016. Uji Aktifitas Ekstrak Metanol Ental Muda *Diplazium esculentum (Rert.) Swartz* terhadap Pertumbuhan *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* Secara In Vitro. Universitas Negeri Malang.
- Khusuma, A., Safitri, Y., Yuniarni, A., dan Rizki, K. 2019. Uji Teknik Difusi Menggunakan Kertas Saring Media Tampung Antibiotik dengan *Escherichia coli* Sebagai Bakteri Uji. *Jurnal Kesehatan Prima*.13(2): 151-155.
- Kirtanayasa, I. G. Y. A., 2022. Literatur Review : Aktivitas Antibakteri Beberapa Ekstrak Tanaman terhadap Bakteri *Klebsiella Pneumonia*. *Gema Argo*. 27(2): 107-111.
- Laia, R. A. J. O., Putri, N. N., dan Hasan, R. S. 2022. Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak N-Heksana Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca L.*) dengan Metode DPPH. *Jurnal Health And Science; Journal Health And Science Community*. 6(1): 50-57.
- Larasati, A. A., Rosyunita., dan Djannah, F. 2024. Antibacterial Activity of *Centella asiatica* N-Hexane Fraction against *Pseudomonas aeruginosa* Clinical Isolates. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(4): 604 – 611.
- Mariaflaya. 2018. <https://www.istockphoto.com/id/vektor/siklus-hidup-siklus-hidup-tanaman-dengan-pergantian-fase-sporophytic-dan-haploid-gm989907902-268335844>. Diakses pada Hari Rabu, tanggal 6 November 2024.
- Maulida, N. F., 2013. *Catatan Farmakognisi*. *WordPress*. Diakses pada Hari Senin, tanggal 14 Oktober 2024.

- Nasir, M., dan Munira. 2023. Uji Kadar Hambat Minimum (KHM) dan Kadar Bunuh Minimum (KBM) Ekstrak Daun Kirinyuh (*Chromolaena odorata*) dari Geothermal Le Seum Aceh Besar terhadap *Staphylococcus aureus*. *SAGO Gizi dan Kesehatan*. 4(3): 179-185.
- Nasrudin., Wahyono., Mustofa., dan Susidarti, R. A. 2017. Isolasi Senyawa Steroid dari Kulit Akar Senggungu (*Clerodendrum seratus L. Moon*). *Pharmacon: Jurnal Ilmiah Farmasi*. 6(3): 332-340.
- Nurdianti, L., Hidayat, T., dan Bastian, R. 2022. Formulasi dan Evaluasi Sediaan Suppositoria Ekstrak Etanol Kulit Buah Manggis (*Garcinia mangostana L.*). *Prosiding Seminar Nasional S1 Farmasi*. Universitas Bakti Tunas Husada. Tasikmalaya.
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., dan Hidayatullah, A. 2020. Perbandingan Pengujian Aktivitas Antibakteri Starter Yoghurt dengan Metode Difusi Sumuran dan Metode Difusi Cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*. 1(2): 41-46.
- Novard, M. F. A., Suharti, N., dan Rasyid, R. 2019. Gambaran Bakteri Penyebab Infeksi Pada Anak Berdasarkan Jenis Spesimen dan Pola Resistensinya Di Laboratorium RSUP Dr. M. Djamil Padang Tahun 2014-2016. *Jurnal Kesehatan Andalas*. 8(2): 26-32.
- Novella, R., dan Purwanti. A. 2019. Pengambilan Minyak Nabati dari Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*) dengan Pelarut n-Heksana. *Jurnal Inovasi Proses*. 4(2): 75-80.
- Oroh, S. B., Febby, E. F., Kandou., Johanis, P., dan Dingse, P. 2015. Uji Daya Hambat Ekstrak Metanol *Selaginella delicatula* dan *Diplazium dilatatum* terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal Ilmiah Sains*. 15(1): 52-57.
- Pradipta, A. R., Hariani, S. A., dan Novenda, L. 2023. Identifikasi Tumbuhan Paku Berdasarkan Letak dan Posisi Sorus dengan Ketinggian Berbeda Di Kabupaten Bondowoso. *Jurnal Biologi Edukasi*. Edisi 30. 15(1): 18-28.
- Prasetya, A. Y., Winarsih, I. Y., Pratiwi, K, A., Hartono, M. C., dan Rochimah, D. N. 2019. Deteksi Fenotipik *Escherichia coli* Penghasil Extended Spectrum Beta-Lactamases (ESBLs) Pada Sampel Makanan Di Krian Sidoarjo. *Jurnal Life Science*. 8(1): 75-85
- Prayitno, S. A. and Rahim, A. R. 2020. The Comparison of Extracts (Ethanol And Aquos Solvents) *Muntingia calabura* Leaves on Total Phenol, Flavonid And Antioxidant (Ic50) Properties. *Kontribusi Research Dissemination for Community Development*. 3(2): 319.

- Purnawati, U., Turnip, M., dan Lovadi, I. 2014. Eksplorasi Paku Pakuan (Pteridophyta) Di Kawasan Cagar Alam Mandor Kabupaten Landak. *Jurnal Protobiont*. 3(2): 155-165.
- Putri, P. A., Chatri, M., Adinda, L., dan Violita. 2023. Karakteristik Saponin Senyawa Metabolit Sekunder pada Tumbuhan. *Jurnal Serambi Biologi*. 8(2): 251-258.
- P2k.unimus. 2021. <https://p2k.stekom.ac.id/ensiklopedia/Heksana>. Diakses pada Hari Senin, Tanggal 14 Oktober 2024.
- Rahmadani, A., Budiyono, B., dan Suhartono, S. 2017. Gambaran Keberadaan Bakteri *Staphylococcus aureus*, Kondisi Lingkungan Fisik, dan Angka Lempeng Total Di Udara Ruang Rawat Inap RSUD Prof. Dr. M. A. Hanafiah SM Batusangkar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 5(5): 492-501.
- Rahayu, W. P., Nurjanah, S., dan Komalasari, E. 2018. *Escherichia coli: Patogenitas Analisis dan Kajian Resiko*. IPB PRESS. Bogor.
- Rahman, Hardi, I., dan Baharuddin, A. 2018. Identifikasi Bakteri *Staphylococcus sp.* pada Handphone dan Analisis Praktik Personal Hygiene. *Window Of Health*. 1(1): 40–49.
- Saputri, R. E., 2017. *Definisi dan Struktur Triterpenoid*. <https://id.scribd.com/presentation/466194548/Definisi-dan-Struktur-Triterpenoid>. Diakses pada hari Senin, tanggal 14 Oktober 2024.
- Sari, D. L. 2018. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol Daun Sirsak Muda dan Tua (*Annona Muricata*) terhadap *Staphylococcus aureus* Skripsi. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Sari, E. 2018. Klasifikasi Pteridophyta Di Perkebunan Kelapa Sawit Kawasan Pante Ceuremen Kecamatan Babahrot Aceh Barat Daya Sebagai Media Pembelajaran Biologi Di SMAN 7 Aceh Barat Daya. *Skripsi*. Banda Aceh: Fakultas Tarbiyah Dan Keguruan Universitas Islam Negeri AR-RANIRY Darussalam, Banda Aceh.
- Sarosa, A. H., Santoso, P., Nurhadianty, H. T., 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 Oil*. 3(1): 1–8.
- Semwal P., Painuli, S., Tewari, D., Bussmann, R. W., Palni, L, M. N. S., dan Thapliyal, A. 2020. *Diplazium esculentum (Retz.) Sw.*: Ethnomedicinal, Phytochemical, and Pharmacological Overview of the Himalayan Ferns. *Ethnobotany Research and Applications*. 19(40): 1-15.

- Septiani., E, Dewi, N., dan Wijayanti, I. 2017. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Lamun (*Cymodocea rotundata*) terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Indonesian Journal Of Fisheries Science And Technology*. 13(1): 1-6.
- Shinta, G. D. 2021. Uji Daya Hambat Ekstrak Biji Buah Durian (*Durio zibethinus Murray*) terhadap Pertumbuhan Jamur *Candida albicans*. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara.
- Siswodihardjo dan Siswandono. 2018. *Kimia Medisinal 2, Edisi Kedua*: Airlangga University Press. Surabaya
- Songer, J. G., dan Post, K. W. 2005. *Veterinary Microbiology. Bacterial and Fungal Agent of Animal Disease*: Elsevier Saunders. USA.
- Sudarmadji, S. B., Haryono., dan Suhardi. 1997. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*: Liberty. Yogyakarta.
- Susanti, A. 2015. Uji Aktivitas Antibakteri Ekstrak Etanol, Fraksi N-Heksan, Dan Fraksi Etil Asestat Daun Artemisia Californica Less terhadap *Escherichia coli* ATCC 35218 dan *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 Secara In Vitro. *Skripsi*. Yogyakarta. Universitas Gadjah Mada
- Sutiknowati, L. I. 2016. Bioindikator pencemar bakteri *Escherichia coli*. *Jurnal Oseana*. 41(4): 63-71.
- Tok. 2021. *Struktur Alkaloid*. <https://www.struktur-alkaloid.com>. Diakses pada Hari Senin, Tanggal 14 Oktober 2024.
- Toy, T., Lampus, S., dan Hutagalung, S. P. 2015. Uji Daya Hambat Ekstrak Rumput Laut *Gracilaria sp.* terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. Fakultas Kedokteran Universitas Sam Ratulangi. Manado. *Jurnal e-GiGi (eG)*. 3(1): 153-159
- Utomo, S. B., Fujiyanti, M., Lestari, W. H., dan Mulyani, S. 2018. Uji Aktivitas Antibakteri Senyawa C-4-Metoksifenilkaliks[4]Resorsinarena Termodifikasi Hexadecyltrimethylammonium-Bromide Terhadap Bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jkpk (Jurnal Kimia Dan Pendidikan Kimia)*. 3(3): 201-209.
- Vincent V. T., Villaber, R. A., Remill, M. A., and Razal, R. 2014. Nutritional and phytochemical screening, and total phenolic and flavonoid content of *Diplazium esculentum*(Retz.) Sw. from Philippines. *J. Chem. Pharm. Res*. 6(8).
- Wahdaningsih, S., Untari, E. K., dan Fauziah, Y. 2014. Antibakteri Fraksi n-Heksana Kulit *Hylocereus polyrhizus* terhadap *Staphylococcus epidermidis* dan *Propionibacterium acnes*. *Pharm Sci Res*. 1(3): 181-193.

- Wahyuni, F., Ramadhani, I., dan Widasari, M. 2016. Uji Aktivitas Antibakteri Secara *In Vivo* Ekstrak Etanol Daun Pakis Sayur (*Diplazium esculentum Swartz*) pada Mencit Jantan Galur BALB/C yang Diinfeksi *Salmonella typhi* ATCC 14028. *Jurnal Farmasi UIN Alauddin*. 4(2): 4-11.
- WHO. 2024. https://www.who.int/health-topics/diarrhoea#tab=tab_1. Diakses pada Hari Senin, Tanggal 14 Oktober 2024.
- Yuniar, E., Simatupang, S. F. L., Putri, A. T., dan Marwati, Y. 2019. Pemodelan Isomerisasi Struktur Molekul C₆H₁₄ Melalui Studi Komputasi. *Jurnal Pendidikan Kimia dan Ilmu Kimia*. 2(1): 28.
- Yuniar dan Rosmania, 2021. Pengaruh Waktu Penyimpanan Inokulum *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* pada Suhu Dingin terhadap Jumlah Sel Bakteri di Laboratorium. *Jurnal Penelitian Sain*. 23(3): 117-124.
- Yusran, A., dan Kevin. 2009. Uji Daya Hambat Anti Jamur Ekstrak Minyak Atsiri *Cinnamomum burmanii* terhadap Pertumbuhan *Candida albicans*. *Dentofasial*. 8(2): 104-110.
- Yustinus, U. A., Retno, S. I., Susanti, R., Yuniastuti, A., Nugraha, W. H. L., Noor, A. H., Siti, H. B., dan M. Dafip. 2018. *Metabolit Sekunder pada Tanaman: Aplikasi dan Produksi*. Semarang: FMIPA Unnes.
- Zannah, F., Amin, M., Suwono, H., dan Lukiaty, B. 2017. Phytochemical Screening Of *Diplazium esculentum* As Medicinal Plant From Central Kalimantan, Indonesia. *In AIP Conference Proceedings*. 1844(1).