

**AKTIVITAS ANTIINFLAMASI EKSTRAK *Gracilaria* sp. TERHADAP
BAKTERI SECARA *IN VITRO***

SKRIPSI

Oleh

**ARSY NUR SABILA PUTRI
2014221010**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

**AKTIVITAS ANTIINFLAMASI EKSTRAK *Gracilaria* sp. TERHADAP
BAKTERI SECARA *IN VITRO***

Oleh

ARSY NUR SABILA PUTRI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2025**

ABSTRAK

AKTIVITAS ANTIINFLAMASI EKSTRAK *Gracilaria* sp. TERHADAP BAKTERI SECARA *IN VITRO*

Oleh

ARSY NUR SABILA PUTRI

Gracilaria sp., merupakan salah satu rumput laut dari kelas Rhodophyta, memiliki potensi sebagai agen antiinflamasi alami yang akan dicobakan terhadap bakteri patogen. *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, dan *Streptococcus mutans* merupakan beberapa bakteri yang menyebabkan inflamasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa bioaktif pada ekstrak *Gracilaria* sp. dan mengetahui efektivitas ekstrak sebagai agen anti-inflamasi pada tiga jenis bakteri patogen secara *in vitro*. Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan pelarut etanol 96%, dan analisis senyawa bioaktif dilakukan menggunakan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) dan pengujian efektivitas dilakukan melalui difusi cakram dengan pengamatan zona hambat dan dianalisis signifikansi statistik dengan pendekatan non-parametrik. Hasil GC-MS menunjukkan adanya 18 senyawa, termasuk senyawa – senyawa dengan potensi aktivitas antiinflamasi seperti neophytadiene, phytol, 3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, hexadecanoic acid methyl ester, dan n-hexadecanoic acid. Hasil uji antiinflamasi menunjukkan ekstrak *Gracilaria* sp. menghasilkan zona hambat yang tergolong rendah hingga sedang (<8 mm). Zona hambat tertinggi terdapat pada *S. aureus* sebesar 7,8 mm (24 jam, 30 ppm), *S. mutans* sebesar 7,8 mm (24 jam, 40 ppm), dan *P. aeruginosa* sebesar 7,46 mm (24 jam, 60 ppm). Analisis statistik menunjukkan terdapat perbedaan signifikan zona hambat antara waktu inkubasi (24 jam vs 48 jam), antar konsentrasi ekstrak, serta antar jenis bakteri ($p < 0,05$). Dengan demikian, ekstrak *Gracilaria* sp. dapat digunakan sebagai agen antiinflamasi berdasarkan hasil analisis senyawa bioaktif dan efektivitas ekstrak terhadap bakteri patogen penyebab inflamasi.

Kata kunci: Antiinflamasi, Bakteri Patogen, *Gracilaria* sp., Senyawa Bioaktif.

ABSTRACT

ANTI-INFLAMMATORY POTENTIAL OF *Gracilaria* sp. EXTRACT AGAINST BACTERIAL STRAINS: AN *IN VITRO* STUDY

By

ARSY NUR SABILA PUTRI

Gracilaria sp., a type of seaweed from the Rhodophyta class, has potential as a natural anti-inflammatory agent that will be tested against pathogenic bacteria. *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, and *Streptococcus mutans* are some of the bacteria that cause inflammation. This study aimed to analyze the content of bioactive compounds in *Gracilaria* sp. extract and to determine the effectiveness of the extract as an anti-inflammatory agent on three species of pathogenic bacteria in vitro. Extraction was conducted using the maceration method with 96% ethanol solvent, and the analysis of bioactive compounds was performed using *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) instruments. The effectiveness test was performed through disc diffusion with observation of the inhibition zone and analyzed for statistical significance using a non-parametric approach. The GC-MS results showed the presence of 18 compounds, including compounds with potential anti-inflammatory activity such as neophytadiene, phytol, 3,7,11,15-tetramethyl-2-hexadecen-1-ol, hexadecanoic acid methyl ester, and n-hexadecanoic acid. The anti-inflammatory test results showed that *Gracilaria* sp. extract produced low to moderate inhibition zones (<8 mm). The highest inhibition zones were found in *S. aureus* at 7.8 mm (24 hours, 30 ppm), *S. mutans* at 7.8 mm (24 hours, 40 ppm), and *P. aeruginosa* at 7.46 mm (24 hours, 60 ppm). Statistical analysis showed significant differences in inhibition zones between incubation times (24 hours vs. 48 hours), between extract concentrations, and between bacterial types ($p < 0.05$). Thus, *Gracilaria* sp. extract can be used as an anti-inflammatory agent based on the results of bioactive compound analysis and the extract's effectiveness against pathogenic bacteria that cause inflammation.

Keywords: Anti-inflammatory, Bioactive Compounds, *Gracilaria* sp., Pathogenic Bacteria

Judul skripsi

: AKTIVITAS ANTIINFLAMASI EKSTRAK

***Gracilaria* sp. TERHADAP BAKTERI SECARA
IN VITRO**

Nama Mahasiswa

: Arsy Nur Sabila Putri

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2014221010

Program Studi

: Ilmu Kelautan

Fakultas

: Pertanian



1. Komisi Pembimbing

Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

NIP. 196402151996032001

Muhammad Kholiqul Amiin S.Pi., M.Si.

NIP. 199407132022031010

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.

NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

Sekretaris

: Muhammad Kholiqlu Amiin S.Pi., M.Si

Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.

2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal lulus ujian skripsi: 25 Agustus 2025



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul “Aktivitas Antiinflamasi Ekstrak *Gracilaria* sp. Terhadap Bakteri Secara *In Vitro*” tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 17 September 2025

Yang membuat pernyataan



Arsy Nur Sabila Putri
NPM. 2014221010

RIWAYAT HIDUP

Arsy Nur Sabila Putri adalah nama lengkap penulis, lahir di Kota Metro, Provinsi Lampung, pada tanggal 05 November 2002 sebagai anak dari pasangan suami istri Bapak Herry Irawan dan Ibu Wiwik Rosniawati. Menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-kanak ABA V Negeri Jemanten, Kabupaten Lampung Timur, pada tahun 2007 – 2008, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 2 Negeri Jemanten, pada tahun 2008 – 2014, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMP Muhammadiyah 1 Margatiga, pada tahun 2014 – 2017, dan pendidikan menengah atas di SMA Muhammadiyah 1 Metro, pada tahun 2017 – 2020.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi di Universitas Lampung dengan Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, pada tahun 2020. Penulis mengikuti unit kegiatan mahasiswa tingkat universitas yaitu mahasiswa pecinta alam (MAPALA UNILA).

Selama masa perkuliahan, pernah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Gedung Cahya Kuningan, Kecamatan Ngambur, Kabupaten Pesisir Barat, Provinsi Lampung, selama 40 hari pada bulan Januari – Februari 2023. Penulis juga telah melaksanakan kegiatan Praktik Umum di Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (PUSHIDROSAL), Jakarta Utara.

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan kasih sayang-Nya. Terima kasih yang tulus kepada Ayah dan Ibu tercinta, serta adik – adikku atas doa, dukungan, dan cinta yang selalu menguatkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Aktivitas Antiinflamasi Ekstrak Gracilaria sp. Terhadap Bakteri Secara In Vitro*” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan FP Unila;
2. Munti Sarida, S.Pi. M.Sc. Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Muhammad Kholiqul Amiin S.Pi., M.Si selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Dr. Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si. selaku Penguji Utama dan Dosen Pembimbing Akademik;
6. Kedua orang tua, Bapak Herry Irawan dan Ibu Wiwik Rosniawati.

Bandar Lampung, September 2025

Arsy Nur Sabila Putri
2014221010

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pikir Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp.	5
2.1.1 Potensi Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp.	6
2.2 Bakteri <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	7
2.3 Bakteri <i>S. aureus</i>	8
2.4 Bakteri <i>Streptococcus mutans</i>	9
2.5 Inflamasi	10
2.6 GC-MS	11
2.6.1 Neophytadiene	12
2.6.2 Phytol	12
2.6.3 Hexadecanoic acid, methyl ester.....	12
2.6.4 n-Hexadecanoid acid.....	13
2.7 Uji Aktivitas Antiinflamasi	13
III. METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Bahan dan Alat	14
3.2.1 Bahan	14
3.2.2 Alat.....	15
3.3 Rancangan Penelitian	16
3.4 Prosedur Penelitian.....	16
3.4.4 Analisis <i>Gas Chromatography-Mass Spectrometry</i> (GC-MS)	19
3.4.5 Pembuatan Media.....	19
3.4.6 Isolasi Bakteri	19
3.4.7 Uji Aktivitas Antiinflamasi.....	20

3.5 Analisis dan Pengolahan Data	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Hasil.....	22
4.1.1 Kelompok Senyawa Bioaktif <i>Gracilaria</i> sp.	22
4.1.2 Kelompok senyawa dengan Kandungan Antiinflamasi.....	24
4.1.3 Uji Aktivitas Antiinflamasi terhadap Bakteri <i>P. aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i> , dan <i>S. mutans</i>	27
4.2 Pembahasan	29
4.2.1 Ekstrak Rumput Laut <i>Gracilaria</i> sp.	29
4.2.2 Kelompok Senyawa Bioaktif <i>Gracilaria</i> sp.	29
4.2.3 Analisis Zona Hambat Antara Waktu Pengamatan 24 dan 48 jam	32
4.2.4 Analisis Zona Hambat Antar Konsentrasi Ekstrak <i>Gracilaria</i> sp.	33
4.2.5 Analisis Zona Hambat Antar Bakteri.....	34
V. SIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Simpulan.....	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bahan yang digunakan dalam penelitian.....	14
2. Alat yang digunakan dalam penelitian	15
3. Kelompok senyawa bioaktif ekstrak <i>Gracilaria</i> sp. rumus molekul, RT (menit), area%, & keterangan	23
4. Kelompok senyawa bioaktif antiinflamasi ekstrak <i>Gracilaria</i> sp. rumus molekul, RT (menit), area%, & keterangan	27
5. Rerata uji zona hambat ekstrak <i>Gracilaria</i> sp., terhadap bakteri <i>P. aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i> , & <i>S. mutans</i>	27
6. Ringkasan tujuan uji zona hambat, uji statistik, nilai statistik, derajat bebas, p- value, & keterangan signifikansi dari ekstrak <i>Gracilaria</i> sp. pada 3 jenis bakteri.....	28

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur kerangka pikir.	4
2. <i>Gracilaria</i> sp.	5
3. Bakteri <i>P. aeruginosa</i>	7
4. Bakteri <i>S. aureus</i>	8
5. Bakteri <i>S. mutans</i>	10
6. Prosedur Penelitian.	17
7. Kromatogram GC-MS ekstrak <i>Gracilaria</i> sp.	22
8. Kromatogram neophytadiene.	24
9. Kromatogram phytol.	25
10. Kromatogram 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol.	25
11. Kromatogram hexadecanoic acid, methyl ester.	26
12. Kromatogram n-Hexadecanoic acid.	26

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pembuatan ekstrak <i>Gracilaria</i> sp.....	44
2. Uji aktivitas antiinflamasi	45
3. Hasil uji aktivitas antiinflamasi.....	46
4. Struktur senyawa GC-MS ekstrak <i>Gracilaria</i> sp.	48
5. Analisis IBM Statistik.....	51

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rumput laut *Gracilaria* sp. salah satu jenis alga merah (Rhodophyta), telah banyak dimanfaatkan sebagai sumber bahan bioaktif alami. Kandungan senyawa bioaktifnya, seperti terpenoid, flavonoid, alkaloid, fenolik, dan asam lemak, diketahui memiliki berbagai aktivitas biologis, termasuk sebagai agen anti-inflamasi dan antimikroba (Widowati et al., 2014). Mengingat aktivitas biologisnya tersebut, *Gracilaria* sp. memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai alternatif alami inflamasi yang disebabkan oleh bakteri patogen.

Inflamasi atau peradangan adalah pelindung alami dari sistem kekebalan organisme hidup terhadap berbagai infeksi atau kerusakan jaringan (Kotas & Medzhitov, 2015). Infeksi bakteri patogen, seperti *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* dan *Streptococcus mutans* merupakan beberapa pemicu utama inflamasi. Bakteri *P. aeruginosa* merupakan bakteri gram negatif oportunistik, yang dapat menyebabkan berbagai infeksi pada inang, menyerang manusia dan hewan, pada manusia bakteri ini menyebabkan peradangan sehingga terjadi infeksi luka bakar, pneumonia, infeksi kulit dan banyak lainnya (Mulcahy et al., 2014). *P. aeruginosa* juga menyerang ikan mas dan menimbulkan penyakit peradangan yang ditandai dengan timbul bercak merah serta pengelupasan sisik pada sirip (Nurjanah et al., 2014).

S. aureus merupakan salah satu bakteri penyebab infeksi yang sering terjadi, bakteri *S. aureus* adalah mikroorganisme normal yang terdapat pada kulit, saluran pernapasan, dan saluran pencernaan manusia, serta dapat ditemukan di udara dan lingkungan sekitar. Akibat dari serangan bakteri *S. aureus* menyebabkan infeksi kulit, dengan ciri yang khas yaitu, peradangan, nekrosis dan lainnya

(Rasquel-Oliveira et al., 2025) selain itu, bakteri ini juga menyebabkan peradangan pada rongga mulut. Bakteri *S. aureus* juga menyebabkan keracunan melalui makanann dari olahan ikan asap, akibat dari proses pembuatan yang kurang higenis menyebabkan kontaminasi *S. aureus* pada ikan (Rahmi et al., 2021).

Bakteri patogen *S. mutans* menyerang manusia, penyakit akibat bakteri ini disebut karies yaitu merupakan salah satu penyakit rongga mulut yang masih tergolong tinggi dan merupakan infeksi yang menyerang jaringan keras gigi. Karies gigi terjadi akibat aktivitas mikroba yang memfermentasi karbohidrat (Fatmawati., 2011). Penggunaan antiinflamasi konvensional seperti steroid dan NSAID terbukti efektif tetapi memiliki resiko efek samping jika dikonsumsi dalam jangka panjang, antara lain gangguan pencernaan, peningkatan resiko penyakit kardiovaskular, hingga masalah ginjal (Harirforoosh et al., 2013) oleh karena itu, pencarian alternatif antiinflamasi alami menjadi penting, khususnya yang berasal dari sumberdaya hayati yang melimpah seperti *Gracilaria* sp. Rumput laut ini diketahui mudah dibudidayakan (Abidin et al., 2022), terutama di tambak – tambak di Indonesia (Sipahutar et al., 2019), sehingga memiliki potensi besar untuk dikem-bangkan lebih lanjut sebagai alternatif alami dalam penanganan inflamasi. Penelitian sebelumnya, yang pernah dilakukan oleh Kurniawati et al., (2011) tentang uji antibakteri ekstrak *Gracilaria* sp. terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*, dengan hasil zona hambat pada kedua bakteri uji ter-masuk dalam kategori kuat, Selain itu, konsentrasi hambat minimum (KHM) ekstrak diketahui sebesar 0,05%, menandakan bahwa senyawa bioaktif dalam rumput laut tersebut memiliki potensi sebagai agen antibakteri.

1.2 Tujuan Penelitian

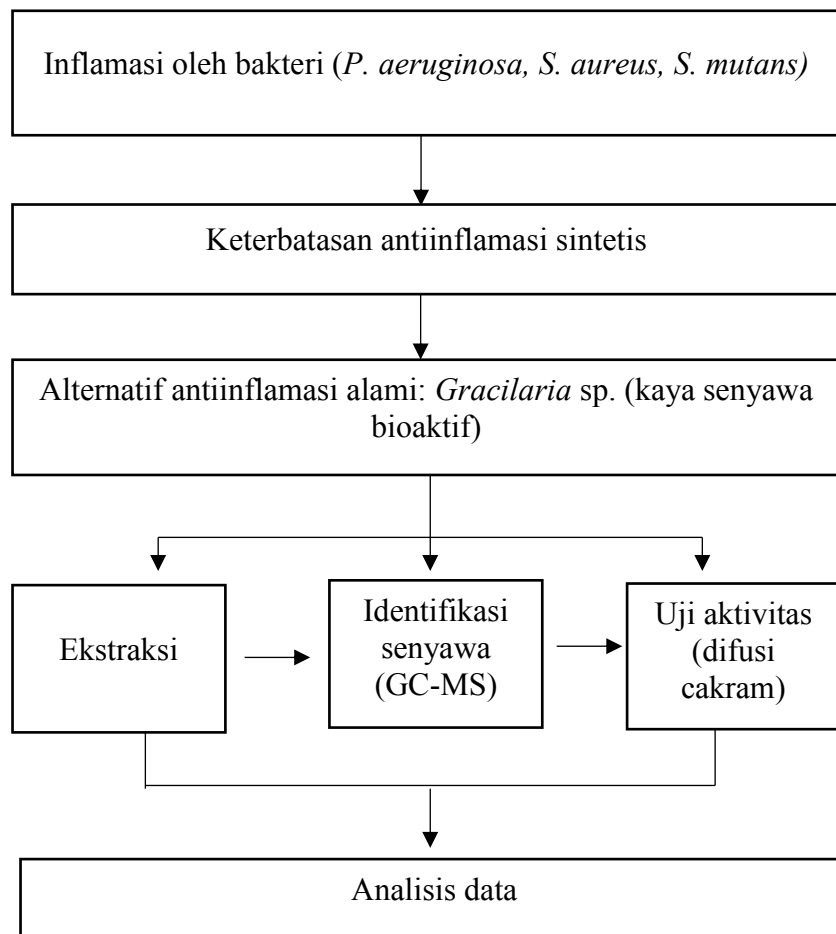
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kandungan senyawa bioaktif pada ekstrak *Gracilaria* sp. dan membandingkan efektivitas ekstrak tersebut sebagai agen antiinflamasi pada tiga jenis bakteri patogen melalui pengamatan zona hambat, serta menganalisis signifikansi statistik dari hasil percobaan menggunakan pendekatan nonparametrik.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kandungan senyawa bioaktif dari *Gracilaria* sp., serta aktivitas antiinflamasi terhadap bakteri *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *S. mutans* yang dapat menjadi referensi untuk pengembangan penelitian selanjutnya dalam kajian bioteknologi kelautan.

1.4 Kerangka Pikir Penelitian

Inflamasi merupakan respon tubuh terhadap serangan bakteri patogen beberapa diantaranya yaitu, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, dan *S. mutans*. Pencegahan antiinflamasi menggunakan bahan sintesis memang efektif, tetapi penggunaan dalam jangka panjang beresiko menimbulkan efek samping. Oleh karena itu diperlukan alternatif yang lebih aman. Salah satu sumber daya hayati laut yang berpotensi sebagai agen antiinflamasi adalah rumput laut, karena mengandung senyawa bioaktif. Penelitian ini dilakukan dengan mengekstraksi *Gracilaria* sp. mengidentifikasi senyawa bioaktif menggunakan GC-MS, dan menguji aktivitas antiinflamasi ekstrak terhadap bakteri patogen dengan metode difusi cakram. Melalui alur tersebut diharapkan dapat diketahui potensi *Gracilaria* sp. sebagai sumber alternatif antiinflamasi (Gambar 1).



Gambar 1. Alur kerangka pikir.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Laut *Gracilaria* sp.

Rumput laut adalah jenis tumbuhan laut yang tumbuh menempel di dasar perairan. Taksonomi rumput laut termasuk kedalam divisi *Thallophyta*, rumput laut dalam kelompok tersebut memiliki karakteristik yang tidak bisa dibedakan antara bagian akar, batang, dan daun (Suparmi & Sahri, 2009). Berdasarkan pigmen yang dikandung, rumput laut terbagi menjadi empat kelas, yaitu rumput laut hijau (*Chlorophyta*), rumput laut merah (*Rhodophyta* – *Gracilaria* sp.) (Gambar 2), rumput laut coklat (*Phaeophyta*), dan rumput laut pirang (*Chrysophyta*). *Gracilaria* merupakan genus alga merah (*Rhodophyceae*) yang berfungsi sebagai *agarophyte*, tersebar luas diperairan tropis dan subtropis, faktor utama lingkungan yang mempengaruhi distribusinya adalah salinitas dan suhu, didukung oleh cahaya dan nutrisi (Mendoza-Segura et al., 2023). Di ekosistem tambak, *Gracilaria* memiliki peran ekologis penting sebagai biofilter, sumber nutrisi, penyedia oksigen, dan penstabil kualitas air termasuk pH, BOD, dan kandungan amonia atau logam berat (Wandira et al., 2018).



Gambar 2. *Gracilaria* sp.

Sumber: (Komarawidjaja, 2005)

Klasifikasi rumput laut *Gracilaria* sp., menurut Torres et al. (2019) adalah sebagai berikut.

Phylum : Rhodophyta

Class : Florideophyceae

Order : Gracilariales

Family : Gracilariaceae

Genus : *Gracilaria*

Species: *Gracilaria* sp.

Menurut (Soamole et al., 2018) *Gracilaria* sp. memiliki kandungan senyawa metabolit sekunder seperti alkanoid, flavonoid, terpenoid atau steroid saponin dan juga tannin. Alga ini dikenal sebagai sumber utama agar-agar, selain itu merupakan polisakarida yang digunakan secara luas dalam industri makanan, farmasi, dan bioteknologi.

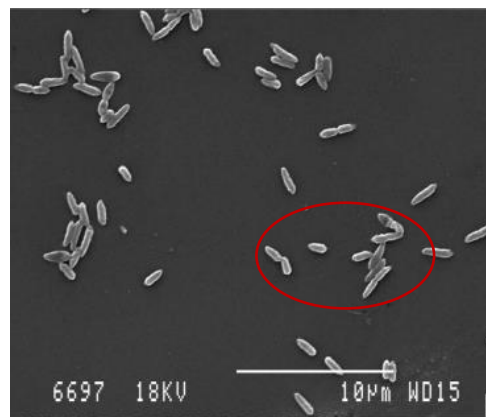
2.1.1 Potensi Rumput Laut *Gracilaria* sp.

Rumput laut telah menarik perhatian sebagai sumber utama polisakarida tersulfat yang memiliki beragam manfaat dalam industri makanan, kosmetik, farmasi, serta bioteknologi. Senyawa bioaktif dari *Gracilaria* sp. alkaloid, flavonoid, terpenoid atau steroid saponin dan juga tannin. Senyawa - senyawa tersebut menunjukkan berbagai aktivitas biologis dan memiliki sifat - sifat seperti antioksidan, antitumor, imonostimulan, antinosiseptif, antiinflamasi, dan pro-inflamasi. Polisakarida tersulfat yang terdapat pada rumput laut merah sebagian besar berupa galaktan yang menghasilkan agar (Magalhaes et al., 2011). Senyawa tersebut juga memiliki potensi sebagai antimikroba dengan cara menghambat pertumbuhan mikroba. Ekstrak *Gracilaria* sp., dengan konsentrasi 3% mampu menghambat pertumbuhan total mikroba pada ikan yang disimpan pada suhu ruang (Kaimudin et al., 2020).

2.2 Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*

P. aeruginosa adalah bakteri patogen oportunistik yang dapat menyebabkan infeksi ketika sistem pertahanan tubuh inang melemah, dan memanfaatkan kerusakan pada sistem pertahanan tersebut untuk memulai infeksi. Termasuk ke dalam bakteri gram negatif yang memiliki sifat aerob, berbentuk batang, dan memiliki satu flagel di ujung tubuhnya (Scania & Ningsih, 2023). Bakteri ini memiliki aktivitas oksidase dan memiliki bau khas seperti anggur. Bakteri *P. aeruginosa* (Gambar 3) tumbuh pada suhu antara 25°C hingga 35°C, dapat juga tumbuh pada suhu 42°C. Klasifikasi *P. aeruginosa* Diggle & Whiteley (2020) sebagai berikut:

Phylum : Proteobacteria
 Class : Gammaproteobacteria
 Order : Pseudomonadales
 Family : Pseudomonadaceae
 Genus : *Pseudomonas*
 Species : *P. aeruginosa*.



Gambar 3. Bakteri *P. aeruginosa*.

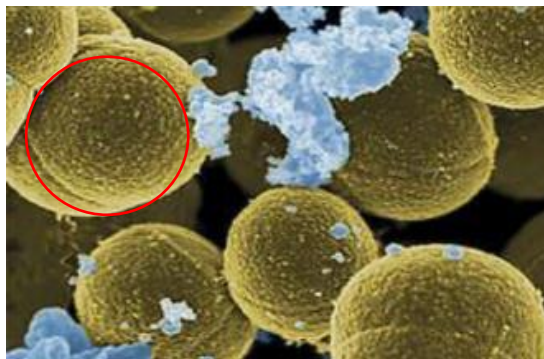
Sumber: (Deligianni et al., 2010)

Bakteri *P. aeruginosa* merupakan bakteri non-spore yang dapat menyebabkan berbagai infeksi pada inang, menyerang manusia dan hewan, pada manusia bakteri ini menyebabkan peradangan sehingga terjadi infeksi luka bakar, pneumonia, infeksi kulit dan banyak lainnya (Mulcahy et al., 2014). Bakteri patogen *P. aeruginosa* dapat menjadi ancaman utama bagi budidaya perikanan, yang dapat menginfeksi ikan, serta menyebabkan kematian pada ikan. Ikan yang

dapat terserang penyakit akibat dari bakteri *P. aeruginosa* adalah ikan mas. Ciri – ciri yang ditimbulkan bakteri tersebut yaitu munculnya bercak merah serta pengelupasan sisik di bagian pangkal ekor dan sirip ikan (Nurjanah et al., 2014). Masalah penyakit ikan akibat bakteri juga dapat membahayakan kesehatan masyarakat umum apabila mengkonsumsi ikan mas yang terserang bakteri.

2.3 Bakteri *S. aureus*

S. aureus adalah bakteri gram positif yang berbentuk bulat dan membentuk koloni bergerombol, mirip dengan buah anggur (*Staphylococcus*), serta memiliki warna keemasan (*aureus*). Pertumbuhan dan kelangsungan hidup *S. aureus* (Gambar 4) dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, seperti, suhu, aktivitas air, pH, ketersediaan oksigen, dan komposisi makanan. Rentang suhu yang mendukung pertumbuhan bakteri ini adalah antara 12 – 44°C, dengan suhu yang optimal pada 37°C, bakteri patogen ini juga tahan terhadap pembekuan dan dapat bertahan dengan baik dalam makanan yang disimpan pada suhu dibawah - 20-25°C (Dewi, 2013).



Gambar 4. Bakteri *S. aureus*.

Sumber: (Jadhav & Khetre, 2020)

Klasifikasi dari bakteri *S. aureus* menurut Holt (1984):

Phylum : Firmicutes

Class : Bacili

Order : Staphylococcales

Family : Staphylococcaceae

Genus : *Staphylococcus*

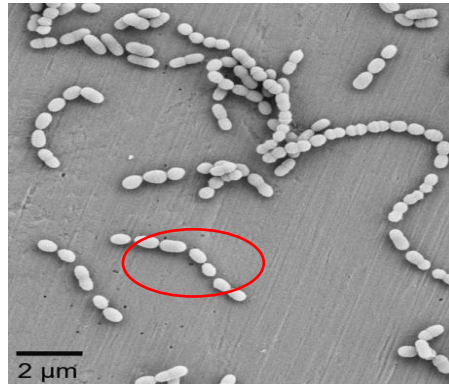
Species : *S. aureus* (Alexander Ogston, 1880).

S. aureus merupakan salah satu bakteri penyebab infeksi yang sering terjadi, bakteri *S. aureus* adalah mikroorganisme normal yang terdapat pada kulit, saluran pernapasan, dan saluran pencernaan manusia, serta dapat ditemukan di udara dan lingkungan sekitar. Akibat dari bakteri ini juga menyebabkan infeksi kulit, dengan ciri yang khas yaitu, peradangan, nekrosis dan lainnya (Rasquel-Oliveira et al., 2025) selain itu, bakteri ini juga menyebabkan peradangan pada rongga mulut. Bakteri *S. aureus* dapat menyerang manusia melalui produk olahan makanan. Ikan menjadi salah satu bahan makanan yang populer di kalangan masyarakat Indonesia, seperti produk olahan ikan asap. mengalami kerentanan terhadap penurunan mutu, dengan daya simpan ikan yang terbatas sering kali terkontaminasi oleh bakteri patogen *S. aureus*. Kontaminasi dapat terjadi akibat dari rendahnya standar sanitasi dan kebersihan selama proses pengolahan yang dapat mengakibatkan keracunan makanan (Karimela et al., 2017) merupakan bakteri penyebab infeksi yang berada di sekitar manusia menyebabkan penyakit seperti, endokarditis infeksi, infeksi kulit dan jaringan lunak dan lainnya (Tong et al., 2015).

2.4 Bakteri *Streptococcus mutans*

Bakteri *S. mutans* adalah bakteri oportunistik (Ranganathan & Akhila, 2019) dan merupakan bakteri gram positif yang tidak memiliki spora biasanya berada di rongga mulut manusia, dengan ukuran 0,5 hingga 1,0 mikron biasanya berbentuk bulat kokus atau berantai (Gambar 5). Klasifikasi *Streptococcus mutans* menurut (Michalek & Childers, 1990):

Phylum : Firmicutes
 Class : Bacili
 Order : Lactobacillales
 Family : Streptococcaceae
 Genus : *Streptococcus*
 Species : *Streptococcus mutans*



Gambar 5. Bakteri *S. mutans*.

Sumber: (Meyer et al., 2024)

Hidup dalam suhu 18°C- 40°C. Bakteri ini menyebabkan penyakit komplikasi dalam mulut dan merupakan mikroorganisme yang memiliki peran tinggi dalam pembentukan karies gigi. Secara umum potensi kariogenik *S. mutans* ada tiga faktor yaitu:

1. Kemampuan memproduksi polimer ekstraseluler dalam jumlah yang besar dari sukrosa
2. Mampu mengangkut dan mengubah berbagai jenis karbohidrat menjadi asam organik atau meningkatkan keasaman dan
3. Bakteri ini mampu bertahan hidup dilingkungan yang stress, terutama pada pH rendah.

Sebagai patogen manusia, *S. mutans* juga berperan dalam terjadinya endocarditis bakteri subakut, yaitu peradangan pada katup jantung yang dapat mengancam jiwa (Lemos et al., 2019).

2.5 Inflamasi

Inflamasi atau peradangan adalah pelindung alami dari sistem kekebalan organisme hidup terhadap suatu infeksi yang disebabkan oleh bakteri (Kotas & Medzhitov, 2015), akibat dari mikroorganisme, suhu, benturan atau trauma (Riansyah et al., 2015). Proses inflamasi diawali dengan pengenalan agen penyebab reseptor pengenalan pola yang terdapat pada sel – sel imun seperti makrofag dan sel dendritik, memicu pelepasan mediator proinflamasi, antara lain histamin, prostaglandin, serta sitokin seperti TNF- α dan IL-1, yang kemudian

menimbulkan perubahan vascular berupa vasodilatasi dan peningkatan permeabilitas kapiler. Perubahan tersebut menyebabkan gejala klasik inflamasi yaitu kemerahan, rasa panas, pembengkakan, dan nyeri (Medzitov, 2010)

Selanjutnya terjadi perekrutan leukosit ke tempat terjadinya inflamasi melalui mekanisme adhesi dan diapedesis. Neutrophil merupakan sel yang datang pertama untuk melakukan fagositosis terhadap mikroorganisme dan debris jaringan, diikuti oleh makrofag dan limfosit yang berperan dalam fase lebih lanjut. Proses eliminasi agen penyebab dilakukan melalui pelepasan radikal bebas oksigen, oksida nitrit, serta enzim proteolitik yang merusak patogen (Ortega-Gomez et al., 2013). Inflamasi akan memasuki fase resolusi yang ditandai oleh aktivasi mediator antiinflamasi seperti IL-10, TGF- β , resolvin, dan lipoxin yang berfungsi menghentikan reaksi inflamasi serta merangsang penyembuhan jaringan.

Bertujuan untuk menghilangkan ancaman tersebut dan memulai proses penyembuhan dengan demikian peradangan melakukan peran sebagai mekanisme pelindung yang mendukung kesehatan tubuh (Nathan & Ding, 2010). Anti-inflamasi adalah proses menghancurkan, mengurangi, bagi jaringan yang rusak ataupun agen yang merusak, tujuan dari penggunaan antiinflamasi adalah melindungi dari kerusakan akibat dari infeksi dari bakteri patogen.

2.6 GC-MS

Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) adalah suatu teknik yang menggabungkan kromatografi gas dengan spektrofometri massa. Kromatografi gas digunakan untuk menganalisis senyawa yang mudah menguap pada kondisi vakum tinggi dan tekanan rendah saat dipanaskan. Sementara spektrofotometri massa digunakan untuk mengidentifikasi massa molekul, rumus molekul, serta menghasilkan ion bermuatan dari senyawa yang dianalisis (Hotmian et al., 2021). Keunggulan metode GC-MS dibandingkan dengan metode yang lain yaitu lebih efisien waktu, selain itu GC-MS adalah salah satu perangkat analitis yang sering digunakan untuk menganalisis berbagai kelompok senyawa dalam tanaman obat, seperti minyak esensial, asam lemak, hidrokarbon, lipid, dan senyawa lainnya (Sudarwati, 2018).

2.6.1 Neophytadiene

Neophytadine merupakan kelompok senyawa golongan terpenoid dari kelompok diterpene dengan rumus molekul $C_{20}H_{38}$, yang biasanya banyak terkandung dalam minyak esensial. Minyak esensial berasal dari ekstrak pekat yang diperoleh dari tanaman dan mengandung senyawa kimia aktif. Senyawa – senyawa tersebut diketahui memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan mikroorganisme melalui mekanisme kerusakan terhadap dinding sel, asam nukleat, maupun protein mikroba. Kandungan terpenoid dan senyawa fenolik dalam jumlah kecil pada tanaman herbal diketahui mampu merusak membran luar bakteri gram negatif (Quinto et al., 2019). Neophytadine adalah kelompok senyawa antimikroba, antifungi, antioksidan, dan antiinflamasi yang kuat (Dewatisari et al., 2022). Berat molekul 278,5 g/mol dengan Panjang rantai utama 15 atom karbon, terdapat tiga ikatan rangkap ($C=C$).

2.6.2 Phytol

Phytol dan 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol adalah kelompok senyawa alkohol diterpenoid tak jenuh (NCBI 2025) yang terdapat dalam vitamin K, vitamin E dan senyawa yang termasuk dalam kelompok vitamin E, kelompok senyawa Phytol telah dilaporkan memiliki aktivitas farmakologis yang signifikan termasuk sebagai agen antiinflamasi, antialergi dan imunomodulator (Ryu et al., 2011), Phytol juga menunjukkan aktivitas antimikroba pada *S. aureus* (Inoue et al., 2005). Berat molekul 296,5 g/mol, berasal dari klorofil tumbuhan dan fitoplankton, memiliki panjang rantai karbon 16, memiliki empat gugus metil cabang dan gugus aldehida ($-CHO$) yang berada di ujung rantai struktur kimia Phytol (Lampiran 4), $C_{20}H_{40}O$.

2.6.3 Hexadecanoic acid, methyl ester

Hexadecanoic acid, methyl ester metil palmitat $C_{17}H_{34}O_2$ (Lampiran 4) yang merupakan metil ester asam lemak berperan sebagai metabolit. Kelompok senyawa ini terbentuk melalui proses esterifikasi antara asam palmitat (hexadecanoic acid) dan metanol, dengan bantuan katalis berupa asam kuat seperti

asam sulfat. Hexadecenoic acid methyl ester juga ditemukan pada penelitian (Akbar & Hasan, 2024) pada ekstrak etanol *Gracilaria endulis*. Dalam bidang biokimia, senyawa ini kerap dijumpai sebagai komponen dalam lemak hewani maupun minyak nabati. Dari sisi lingkungan, methyl palmitate dikenal sebagai senyawa yang mudah terurai secara hayati (*biodegradable*), sehingga lebih ramah lingkungan dibandingkan pelumas berbasis minyak fosil. Kelompok senyawa ini memiliki potensi sebagai agen antimikroba dan anti-inflamasi (Jabeen et al., 2023), terdeteksi pada puncak ke sebelas.

2.6.4 n-Hexadecanoic acid

n-Hexadecanoic acid (Asam Palmitat), asam lemak jenuh yang umumnya ditemukan dalam lemak dan lilin termasuk minyak zaitun, minyak sawit dan lipid tubuh, dalam beberapa spesies rumput laut merah termasuk *Gracilaria* sp. asam palmitat ditemukan sebagai asam lemak yang dominan (Dawczynski et al., 2007). Terdiri dari 16 atom karbon dan berantai panjang (Lampiran 4) memiliki sifat bakterisida terhadap mikroorganisme yang bersifat patogen termasuk *S. aureus* (Zheng et al., 2005), senyawa asam palmitat memiliki berat 256,42 g/mol dengan rumus molekul $C_{16}H_{32}O_2$, pada hasil GC-MS senyawa ini ditemukan pada menit 16.860, dan senyawa turunan di menit 17.165 dengan area 0,83.

2.7 Uji Aktivitas Antiinflamasi

Uji aktivitas terdapat beberapa metode yaitu, metode dilusi, metode difusi agar, dan metode difusi dilusi. Metode difusi agar adalah metode yang sering digunakan (Nurhayati et al., 2020). Metode difusi dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu, metode sumuran, metode cakram, dan metode silinder. Metode cakram menggunakan kertas cakram yang telah diberi senyawa uji yang diletakan pada permukaan agar yang sudah diinokulasi bakteri untuk melihat zona hambat yang terbentuk (Balouiri et al., 2016). Metode sumuran, senyawa uji dimasukkan ke dalam sumuran atau lubang yang dibuat pada permukaan agar yang sudah diinokulasi dengan bakteri. Metode silinder, senyawa uji dimasukan kedalam silinder kecil yang diletakkan pada permukaan agar yang diinokulasi.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan pada bulan September 2024 - Maret 2025 di Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Bahan dan Alat

Penelitian dilakukan dengan menggunakan komponen alat dan bahan sebagai berikut:

3.2.1 Bahan

Tabel 1. Bahan yang digunakan dalam penelitian

No	Bahan	Deskripsi	Merek	Keterangan
1	<i>Gracilaria</i> sp.	300 g	-	Rumput laut yang akan diekstrak.
2	Akuades			Pelarut pembuat media.
3	Air laut			Pelarut pembuat media.
4	Etanol teknis 96%	900 ml		Sebagai pelarut untuk ekstraksi.
5	Alkohol 70%	-	Onemed	Sterilisasi alat dan diri.
6	<i>Tryptone soya agar</i> (TSA)	-	Himedia	Media untuk melakukan pengujian mikroba.
7	<i>Tryptone soya broth</i> (TSB)	-	Himedia	Media kultur mikroba.
8	Bakteri <i>P. aeruginosa</i> , <i>S. aureus</i> dan <i>S. mutans</i> .	-	-	Sebagai bahan uji aktivitas antiinflamasi.

3.2.2 Alat

Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian

No	Nama Alat	Deskripsi	Merek	Fungsi/Kegunaan
1	Erlenmeyer	Kapasitas 500 ml	PYREX	Wadah untuk membuat media.
2	Autoklaf	-		Sterilisasi alat dan bahan.
3	Hotplate	Max volume 2000 ml	SH-2 digital	Penghomogen media.
4	<i>Laminar air flow</i>	-	Nuaire	Meja kerja steril.
5	Bunsen	-	Rofa lab	Sterilisasi.
6	Cawan petri	-	Anumbra	Wadah media pertumbuhan mikroba.
7	Blender		Miyako	Menghaluskan sampel.
8	Gelas ukur	250 ml	Onemed	Mengukur volume larutan.
9	Timbangan digital	-	-	Mengukur berat/massa.
10	Tabung sentrifugasi	15 ml	Charuzu labwere	Wadah media isolat dan bakteri Patogen.
12	Jangka sorong	-	-	Mengukur hasil zona hambat.
13	<i>Rotary evaporator</i>	-	-	Memisahkan pelarut dari sampel larutan.
14	GC-MS	-	-	Alat uji senyawa bioaktif.
15	Inkubator	360x280x360 mm	INC 100	Menginkubasi bakteri dengan suhu terkontrol.
16	<i>Paper disc</i>	6 mm	Onemed	Wadah menampung zat antimikroba.
17	Mikropipet	100-1000 µl	Dragon Oner	Memindahkan larutan dengan volume sangat kecil.
18	<i>Spreader</i>	-	-	Meratakan kultur bakteri dalam cawan petri.
19	Jarum ose	-	-	Alat untuk mengambil/memindahkan koloni mikroba ke media baru.

Tabel 2. Alat yang digunakan dalam penelitian (lanjutan)

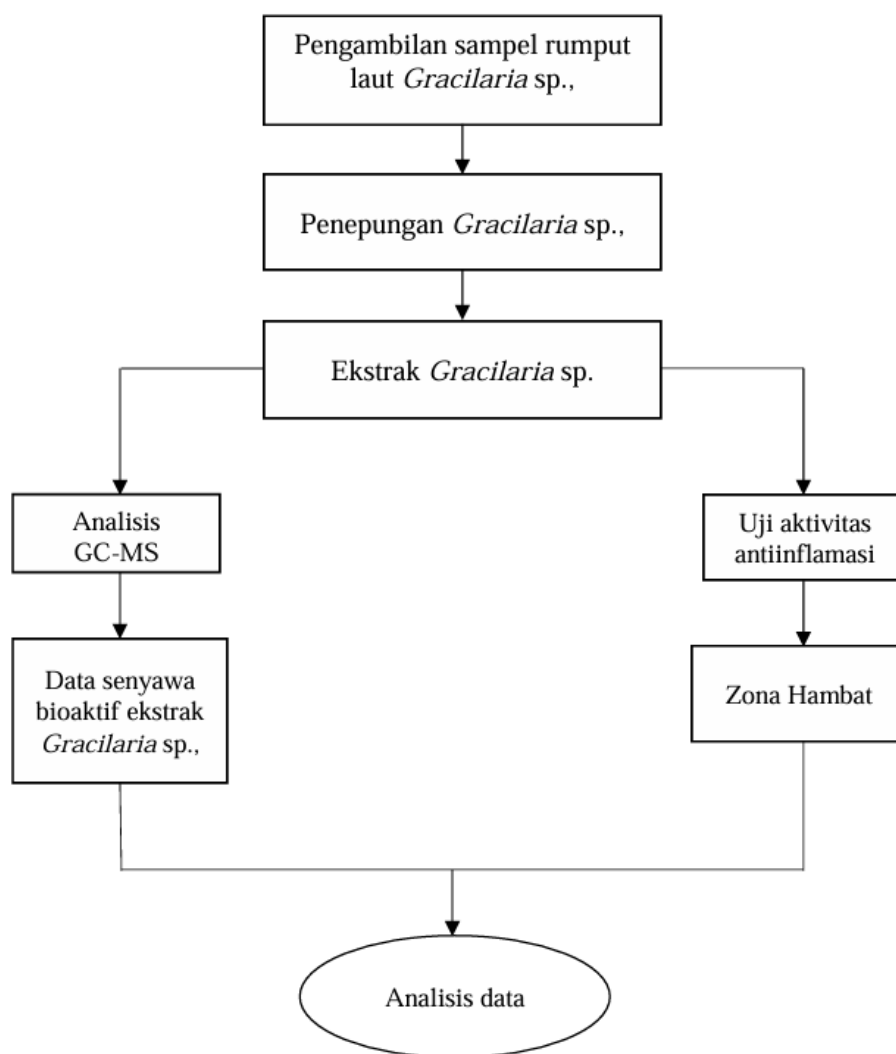
20	Pinset	-	-	Untuk mengambil dan meletakkan kertas cakram.
21	Aluminium foil	-	<i>Best fresh</i>	Penutup dalam proses sterilisasi.
22	Plastik tahan panas	Kapasitas 2 kg	Obor	Melindungi dari kontaminasi pada saat autoklaf.
23	Toples/ botol	-	-	Wadah perendaman ekstrak.
24	Plastik wrap	-	Klinpak	Pembungkus cawan petri yang berisi media.
25	Spritus	-	-	Bahan bakar bunsen.
26	Jas laboratorium	-	-	Melindungi tubuh dari paparan zat berbahaya.
27	Masker	-	Onemed	Melindungi saluran pernapasan dari kontaminan udara.
28	Sarung tangan latex	-	Onemed	Melindungi tangan dari kontaminan.
29	<i>Blue tip</i>	1000 μ l	Onemed	Mengambil larutan dalam ukuran mikro.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimental laboratorium, dan dilakukan secara bertahap yang mencakup ekstraksi *Gracilaria* sp. isolasi bakteri *P. aeruginosa*, *S. aureus*, dan *S. mutans*, identifikasi senyawa bioaktif dari ekstrak *Gracilaria* sp., dan pengujian aktivitas antiinflamasi terhadap *P. aeruginosa*, *S. aureus*, dan *S. mutans*.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian diawali dengan pengambilan sampel *Gracilaria* sp. sampel rumput laut dikeringkan untuk dibuat tepung dan diekstraksi kemudian dilihat senyawa bioaktif menggunakan GC-MS dan dilakukan pengujian aktivitas antiinflamasi terhadap bakteri *P. aeruginosa*, *S. aureus* dan *S. mutans*. Gambar 6 menunjukkan prosedur penelitian secara umum.



Gambar 6. Prosedur Penelitian.

3.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi dengan pembakaran api bunsen, dilakukan pada alat seperti, jarum ose, spreader dan mulut labu. Labu erlenmeyer, *blue tip*, air laut, akuades, media, disterilisasi basah menggunakan autoklaf dengan proses uap air dengan suhu 121°C dan tekanan 15 psi dalam waktu kurang lebih 15-20 menit, (Kurniawansyah, 2016). Waktu sterilisasi dihitung setelah autoklaf mencapai kondisi normal pada suhu 121°C dan dalam tekanan 15 psi (Vishal Gupta, 2016).

3.4.2 Penepungan *Gracilaria* sp.

Sampel *Gracilaria* sp. yang telah disiapkan dicuci dengan air mengalir, kemudian dilakukan pengeringan dengan bantuan sinar matahari selama 4 hari, setelah itu dilakukan penghalusan. Penghalusan *Gracilaria* sp. kering dilakukan dengan menggunakan blender untuk mendapatkan hasil simplisia atau tepung *Gracilaria* sp., kemudian simplisia disimpan dengan wadah tertutup dan siap untuk diproses pada tahapan penelitian selanjutnya.

3.4.3 Pembuatan Ekstrak *Gracilaria* sp.

Pembuatan ekstrak *Gracilaria* sp. dilakukan dengan metode maserasi. Maserasi adalah metode untuk memisahkan senyawa dengan cara merendam bahan dalam pelarut organik pada suhu tertentu. Bubuk simplisia *Gracilaria* sp. direndam menggunakan etanol 96%, karena etanol memiliki polaritas yang tinggi (Azis et al., 2014) dengan perbandingan 1:3 (b/v) dalam waktu 5 hari, setiap 24 jam sekali rendaman diaduk. Semakin lama waktu maserasi maka rendemen yang dihasilkan semakin meningkat, hal tersebut karena waktu dalam ekstraksi akan mempengaruhi rentang waktu interaksi antara alat dan bahan (Pamudi et al., 2021). Penyaringan dilakukan menggunakan corong dan kertas saring, hasil yang di-dapatkan berupa filtrat. Filtrat tersebut dievaporasi menggunakan alat *rotary evaporator* agar menghasilkan ekstrak *Gracilaria* sp. setelah didapatkan hasil ekstrak yang berbentuk pasta dimasukkan ke dalam botol vial yang tertutup rapat dan disimpan dalam lemari pendingin.

Perhitungan rendemen:

$$\begin{aligned}\% \text{ Rendemen} &= \frac{\text{Berat ekstrak yang dihasilkan (g)}}{\text{Berat sampel awal (g)}} \times 100\% \\ &= \frac{13,7 \text{ g}}{300 \text{ g}} \times 100\% \\ &= 4,56 \%\end{aligned}$$

3.4.4 Analisis *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS)

Analisis senyawa bioaktif dilakukan dengan menggunakan alat kromatografi gas spektrometri massa (GC-MS), berada di Pusat Laboratorium Forensik Bareskrim Polri, Bogor, Jawa Barat. Energi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekitar 70 eV, dengan gas helium kemurnian (99,999%) sebagai gas pembawa yang mengalir pada laju konstan 1,21 ml/menit. Sebanyak 1 mikroliter sampel disuntikkan menggunakan mode split dengan rasio 10. Suhu *injector* GC dan jalur transfer MS diatur pada 300°C. Suhu oven dimulai pada 100°C selama 2 menit, kemudian dinaikkan menjadi 200°C dengan laju 5°C/menit dan dipertahankan selama 5 menit, sebelum akhirnya dinaikkan lagi ke 235°C dengan laju 10°C/menit dan dipertahankan selama 10 menit.

3.4.5 Pembuatan Media

Tryptone soya agar (TSA) adalah bubuk yang digunakan sebagai media agar. *Tryptone soya broth* (TSB) merupakan media kultur cair, TSA dan TSB digunakan untuk melakukan kultur bakteri dan uji aktivitas pada *P. aeruginosa*, *S. aureus* dan *S. mutans*. Adapun proses pembuatannya yaitu, menimbang bubuk media agar (TSA) sebanyak 9 gr, dan media cair (TSB) 1,5 gr, bubuk tersebut diletakkan dalam erlenmeyer, kemudian menambahkan akuades atau air laut, lalu dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer*. Langkah selanjutnya menutup erlenmeyer menggunakan kapas yang dibalut dengan kasa dan ditutup dengan *aluminium foil*. Setelah larut, bungkus erlenmeyer media dengan plastik tahan panas untuk disterilkan di dalam autoklaf selama 15-20 menit dengan tekanan 121°C. Setelah proses autoklaf selesai, dilakukan penuangan media pada cawan dan tabung reaksi untuk proses isolasi bakteri.

3.4.6 Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri *P. aeruginosa*, *S. aureus*, dan *S. mutans*, dilakukan dengan cara mengambil bakteri dari isolat murni yang akan ditumbuhkan atau diperbanyak pada media agar (TSA). Proses isolasi dilakukan di dalam *Laminar Air Flow* secara steril. Selanjutnya, sampel hasil isolasi disimpan ke dalam inkubator

selama 24 jam, selanjutnya dilakukan pengamatan di cawan petri. Langkah selanjutnya yaitu, menginokulasi kembali bakteri pada media agar ke media *broth* (TSB) di dalam tabung sentrifugasi. Hasil inokulasi bakteri dimasukkan ke dalam inkubator selama 2 hari hingga mendapatkan kepadatan 10^3 . Tingkat pengenceran tergantung dengan jumlah mikroba yang ada (Tyas et al., 2018).

3.4.7 Uji Aktivitas Antiinflamasi

Uji aktivitas antiinflamasi dilakukan agar dapat melihat aktivitas ekstrak *Gracilaria* sp., terhadap bakteri patogen *P. aeruginosa*, *S. mutans*, dan *S. aureus*, uji ini sering disebut dengan uji konfirmasi. Pengujian aktivitas antiinflamasi menggunakan metode difusi agar. Prosedur tersebut melibatkan difusi senyawa antimikroba ke dalam agar, dengan menggunakan kertas cakram yang diletakan di atas permukaan media yang sudah diinokulasi dengan bakteri patogen yang akan diuji (Wilapangga & Syaputra, 2018). Uji aktivitas antiinflamasi terdapat dua uji yaitu uji pendahuluan dan uji utama, uji pendahuluan digunakan untuk menentukan konsentrasi ekstrak *Gracilaria* sp., yang akan digunakan dalam uji utama. Berikut ini merupakan langkah - langkah uji aktivitas antiinflamasi:

1. Pengambilan bakteri patogen yang sudah dikultur sebanyak 100 μ l
2. Menginokulasikan bakteri patogen ke dalam cawan petri yang berisi media *Tryptone Soya Agar* menggunakan *spreader*.
3. Kertas cakram direndam dalam larutan ekstrak *Gracilaria* sp., dengan konsentrasi 30ppm, 40ppm, 50ppm, 60ppm, 70ppm dan diletakkan diatas media agar yang sudah berisi sampel bakteri
4. *Chloramphenicol* yang akan digunakan sebagai kontrol positif dengan konsentrasi 1000 ppm
5. Pelarut steril akuades digunakan sebagai kontrol negatif
6. Inkubasi selama 1-2 hari untuk melihat zona hambat
7. Pengukuran zona hambat menggunakan jangka sorong.

3.5 Analisis dan Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari hasil analisis GC-MS berupa data senyawa bio-aktif dan disajikan dalam bentuk tabulasi. Data hasil pengukuran zona hambat dianalisis secara kuantitatif dengan uji statistik non parametrik yaitu, data disajikan dalam bentuk rerata $\pm$ standar deviasi serta statistik menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistik versi 27. Analisis data dilakukan melalui beberapa tahapan:

1. Uji Normalitas

Uji normalitas data dilakukan menggunakan uji *Shapiro-Wilk*. Pada penelitian ini menggunakan sampel < 50 ($n = 21$ per kelompok). Data dinyatakan terdistribusi normal jika nilai *p-value* $> 0,05$ (Dahlan, 2014).

2. Analisis Inferensial

Analisis dilanjutkan dengan uji non-parametrik yaitu, uji *Kruskal-Wallis* untuk membandingkan >2 kelompok independent, kemudian dilanjut dengan uji *Mann-Whitney U* untuk membandingkan 2 kelompok independent dan uji *Wilcoxon Signed Rank* untuk membandingkan 2 kelompok berpasangan. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95% dengan nilai signifikansi $\alpha = 0,05$. Data dinyatakan mempunyai perbedaan yang signifikan jika nilai *p-value* $< 0,05$ (Santoso, 2019)

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa teridentifikasi 18 senyawa kimia (4 terpenoid dan senyawa turunannya, 3 asam lemak, 2 siloksana, 2 fenolik, 1 steroid, 1 alkana, 1 senyawa aromatic, dan 4 senyawa bioaktif lainnya), berdasarkan yang telah dilakukan, terdapat 5 senyawa yang memiliki aktivitas antiinflamasi, diantaranya neophytadiene(terpenoid), phytol (terpenoid), 3,7,11,15-Tetramethyl-2-hexadecen-1-ol (terpenoid), n-Hexadecanoic acid methyl ester (asam lemak) dan hexadecenoic acid (asam lemak) pada ekstrak *Gracilaria* sp. dengan GC-MS. Ekstrak *Gracilaria* sp., memiliki aktivitas antiinflamasi tergolong rendah hingga sedang terhadap bakteri patogen *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, dan *Streptococcus mutans*. Serta terdapat perbedaan signifikan antara waktu inkubasi (24 jam dengan 48 jam), antar konsentrasi ekstrak, dan antar jenis bakteri pada beberapa perlakuan. Dengan demikian, ekstrak *Gracilaria* sp. dapat digunakan sebagai agen anti-inflamasi berdasarkan hasil analisis senyawa bioaktif dan efektivitas ekstrak terhadap bakteri patogen penyebab inflamasi.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengujian aktivitas antiinflamasi secara *in vivo* menggunakan model hewan untuk mengevaluasi efektivitas dan keamanan ekstrak, serta optimasi metode ekstraksi dan isolasi senyawa bioaktif utama agar potensi anti-inflamasi dari *Gracilaria* sp. dapat maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Sipahutar, Y. H., & Sirait, J. (2022). Pemanfaatan rumput laut (*Gracilaria* sp) sebagai produk mie kering utilization of seaweed *Gracilaria* sp. as dry noodle product. *Aurelia Journal*, 4(1), 87-96.
<http://dx.doi.org/10.15578/aj.v4i1.10818>
- Akbar, S. A., & Hasan, M. (2024). Evaluation of bioactive composition and phytochemical profile of macroalgae *Gracilaria edulis* and *Acanthophora spicifera* from the Banda Aceh Coast, Indonesia. *Science & Technology Asia*, 29(1), 194–207.
<https://ph02.tcithaijo.org/index.php/SciTechAsia/article/view/251590>
- Azis, T., Febrizky, S., & Mario, A. D. (2014). Pengaruh jenis pelarut terhadap persen yiel dalkaloid dari daun salam india (*Murraya Koenigii*). *Teknik Kimia*, 20(2), 1-6. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:109370823>
- Balouiri, M., Sadiki, M., & Ibensouda, S. K. (2016). Methods for *in vitro* evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*, 6(2), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.jpha.2015.11.005>
- Dahlan, M. S. (2014). *Statistik untuk kedokteran dan kesehatan deskriptif, bivariat, dan multivariat dilengkapi aplikasi dengan menggunakan SPSS*. PT Epidemiologi Indonesia.
- Dawczynski, C., Schubert, R., & Jahreis, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103(3), 891–899.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.041>
- Deligianni, E., Pattison, S., Berrar, D., Ternan, N. G., Haylock, R. W., Moore, J. E., Elborn, S. J., & Dooley, J. S. G. (2010). *Pseudomonas aeruginosa* cystic fibrosis isolates of similar random amplified polymorphic DNA genotype exhibit diversity in biofilm forming ability in vitro. *BMC Microbiology*, 10(1), 38. <https://doi.org/10.1186/1471-2180-10-38>
- Dewatisari, W. F., Nugroho, L. H., Retnaningrum, E., & Purwestri, Y. A. (2022). Antibacterial and anti-biofilm-forming activity of secondary metabolites from sansevieria trifasciata leaves against *Pseudomonas aeruginosa*. *Indonesian Journal of Pharmacy*, 33(1), 100-109.

- Dewi, A. K. (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. <https://doi.org/10.22146/jsv.3780>
- Diggle, S. P., & Whiteley, M. (2020). Microbe profile: *Pseudomonas aeruginosa*: Opportunistic pathogen and lab rat. *Microbiology (United Kingdom)*, 166(1), 30–33. <https://doi.org/10.1099/mic.0.000860>
- Esati, N. K., Jawa La, E. O., & Lestari, G. A. D. (2022). Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun rosemary (*Rosemarinus officinalis* L.) dengan metode DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) dan FRAP (*Ferric Reducing Antioxidant Power*) serta pengaplikasiannya sebagai zat aktif dalam losion. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 4(4), 363–369. <https://doi.org/10.25026/jsk.v4i4.1129>
- Fatmawati, D. W. A. (2011). Hubungan biofilm *Streptococcus mutans* terhadap resiko terjadinya karies gigi. *STOMATOGNATIC-Jurnal Kedokteran Gigi*, 8(3), 127-130. <https://stoma.jurnal.unej.ac.id/index.php/STOMA/article/view/2122>
- Gessard, C. (1984). On the blue and green coloration that appears on bandages. *Reviews of infectious Diseases*, 6(3), S775-S776. https://doi.org/10.1093/clinids/6.Supplement_3.S775
- Harirforoosh, S., Asghar, W., & Jamali, F. (2013). Adverse effects of nonsteroidal antiinflammatory drugs: an update of gastrointestinal, cardiovascular and renal complications. *Journal of Pharmacy & Pharmaceutical Sciences*, 16(5), 821-847. <https://doi.org/10.18433/J3VW2F>
- Holt, J. G. 1984. *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*. Williams & Wilkins.
- Hotmian, E., Suoth, E., Fatimawali, F., & Tallei, T. (2021). Analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrometry*) ekstrak metanol dari umbi rumput teki (*Cyperus rotundus* L.). *Pharmacon*, 10(2), 849-856. <https://doi.org/10.35799/pha.10.2021.34034>
- Inoue, Y., Hada, T., Shiraishi, A., Hirose, K., Hamashima, H., & Kobayashi, S. (2005). Biphasic effects of geranylgeraniol, teprenone, and phytol on the growth of *Staphylococcus aureus*. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 49(5), 1770–1774. <https://doi.org/10.1128/AAC.49.5.1770-1774.2005>
- Jabeen, M., Uzair, M., Siddique, F., Khan, M. S., Hanif, M., Salamatullah, A. M., & Bourhia, M. (2023). Exploring the antioxidant and anti-Inflammatory potential of *Wilckia maritima*: *in vitro* and *in silico* investigations. *Processes*, 11(5), 1497. <https://doi.org/10.3390/pr11051497>

- Jadhav, A. L., & Khetre, S. M. (2020). Antibacterial activity of LaNiO_3 prepared by sonicated solgel method using combination fuel. *International Nano Letters*, 10(1), 23–31. <https://doi.org/10.1007/s40089-019-00285-7>
- Kaimudin, M., Moniharapon, T., Mailoa, M. N., & Pattipeilohy, F. (2020). Efektivitas ekstrak *Gracilaria* sp. dalam menghambat pertumbuhan mikroba ikan layang dan tuna pada penyimpanan suhu ruang. *Jurnal pengolahan hasil perikanan indonesia*, 23(3), 523-531. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v23i3.32611>
- Karimela, E. J., Ijong, F. G., & Dien, H. A. (2017). Characteristics of *Staphylococcus aureus* isolated smoked fish pinekuhe from traditionally processed from Sangahe District. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 20(1), 188-198. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i1.16506>
- Kurniati, K., Melki, M., & Putri, W. A. E. (2011). Uji antibakteri ekstrak rumput laut *Gracilaria* sp. terhadap bakteri *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus* (Skripsi Tidak Terpublikasi). Universitas Sriwijaya.
- Kurniawansyah, I. S. (2016). Penentuan tingkatan jaminan sterilitas pada autoklaf dengan indikator biologi spore strip. *Farmaka*, 14(1), 59-69. <https://doi.org/10.24198/jf.v14i1.8542>
- Komarawidjaja, W. (2005). Rumput laut *Gracilaria* sp. sebagai fitoremediasi bahan organik perairan tambak budidaya. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 6(2). <https://doi.org/10.29122/jtl.v6i2.346>
- Kotas, M. E., & Medzhitov, R. (2015). Homeostasis, inflammation, and disease susceptibility. *Cell*, 160(5), 816–827. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2015.02.010>
- Kurniawansyah, I. S. (2016). Penentuan tingkatan jaminan sterilitas pada autoklaf dengan indikator biologi spore strip. *Farmaka*, 14(1), 59-69. <https://doi.org/10.24198/jf.v14i1.8542>
- Lemos, J. A., Palmer, S. R., Zeng, L., Wen, Z. T., Kajfasz, J. K., Freires, I. A., Abranches, J., & Brady, L. J. (2019). The biology of *Streptococcus mutans*. *Microbiology Spectrum*, 7(1), 10-1128. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.gpp3-0051-2018>
- Magalhaes, K. D., Costa, L. S., Fidelis, G. P., Oliveira, R. M., Nobre, L. T. D. B., Dantas-Santos, N., Camara, R. B. G., Albuquerque, I. R. L., Cordeiro, S. L., Sabry, D. A., Costa, M. S. S. P., Alves, L. G., & Rocha, H. A. O. (2011). Anticoagulant, antioxidant and antitumor activities of heterofucans from the seaweed dictyopteris delicatula. *International Journal of Molecular Sciences*, 12(5), 3352–3365. <https://doi.org/10.3390/ijms12053352>

- Martsiningsih, A.M., Suyana, Noviani, A., Rahmawati, U., Sujono., & Astuti, D.F. (2023). Pengaruh waktu inkubasi terhadap diameter zona hambat antibiotik pada uji sensitivitas bakteri *Klebsiella pneumonia*, 11(1), 1-8. <https://doi.org/10.33992/meditory.v1i1.2361>
- Medzhitov, R. (2010). Inflammation 2010: new adventures of an old flame. *Cell*, 140(6), 771-776. [doi: 10.1016/j.cell.2010.03.006](https://doi.org/10.1016/j.cell.2010.03.006).
- Mendoza-Segura, C., Fernández, E., & Beca-Carretero, P. (2023). Predicted changes in the biogeographical range of *Gracilaria vermiculophylla* under present and future climate scenarios. *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(2), 367. <https://doi.org/10.3390/jmse11020367>
- Meyer, F., Zur Wiesche, E. S., Amaechi, B. T., Limeback, H., & Enax, J. (2024). Caries etiology and preventive measures. *European Journal of Dentistry*, 18(03), 766-776. <https://doi.org/10.1055/s-0043-1777051>
- Michalek, S. M., & Childers, N. K. (1990). Development and outlook for a caries vaccine. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 1(1), 37-54. <https://doi.org/10.1177/10454411900010010401>
- Misra, A. N., & Misra, M. (2012). Sterilisation techniques in plant tissue culture. *Plant Tissue Culture: Totipotency to Transgenic*, 31-42. <https://doi.org/10.13140/2.1.1622.5281>
- Mulcahy, L. R., Isabella, V. M., & Lewis, K. (2014). *Pseudomonas aeruginosa* biofilms in disease. *Microbial Ecology*, 68(1), 1-12. <https://doi.org/10.1007/s00248-013-0297-x>
- Nathan, C., & Ding, A. (2010). Nonresolving inflammation. *Cell*, 140(6), 871-882. <https://doi.org/10.1016/j.cell.2010.02.029>
- Nurhayati, L. S., Yahdiyani, N., & Hidayatulloh, A. (2020). Perbandingan pengujian aktivitas antibakteri starter yogurt dengan metode difusi sumuran dan metode difusi cakram. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 1(2), 41-46. <https://doi.org/10.24198/jthp.v1i2.27537>
- Nurjanah, S., Prayitno, B. S., & Sarjito. (2014). Sensitivitas bakteri *Aeromonas* sp. dan *Pseudomonas* sp. yang diisolasi pada ikan mas (*Cyprinus carpio*) sakit terhadap berbagai macam obat beredar. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3, 308-316. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jamt/article/view/7347>
- Ogston, A. (1882). On abscesses. *British Medical Journal*, 1(1101), 602-607. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC1310127/>

- Ortega-Gómez, A., Perretti, M., & Soehnlein, O. (2013). Resolution of inflammation: an integrated view. *EMBO molecular medicine*, 5(5), 661-674. <https://doi.org/10.1002/emmm.201202382>
- Pamudi, B. F., Munira, M., Saha, R. A., & Nasir, M. (2021). Pengaruh lama maserasi daun ketapang merah (*Terminalia Catappa L.*) terhadap daya hambat *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Jurnal SAGO Gizi dan Kesehatan*, 2(2), 158-163. <https://doi.org/10.30867/gikes.v2i2.664>
- Quinto, E. J., Caro, I., Villalobos-Delgado, L. H., Mateo, J., De-Mateo-Silleras, B., & Redondo-Del-Rio, M. P. (2019). Food safety through natural antimicrobials. *Antibiotics*, 8(4), 208. <https://doi.org/10.3390/antibiotics8040208>
- Rahmi, N., Wulandari, P., & Advinda, L. (2021). Pengendalian cemaran mikro-organisme pada ikan. Mini Review. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 1(2), 611-623. <https://doi.org/10.24036/prosemnasbio/vol1/170>
- Ranganathan, V., & Akhila, C. (2019). *Streptococcus mutans*: has it become prime perpetrator for oral manifestations. *Journal of Microbiology & Experimentation*, 7(4). <https://doi.org/10.15406/jmen.2019.07.00261>
- Rasquel-Oliveira, F. S., Ribeiro, J. M., Martelossi-Cebinelli, G., Costa, F. B., Nakazato, G., Casagrande, R., & Verri, W. A. (2025). *Staphylococcus aureus* in inflammation and pain: update on pathologic mechanisms. *Pathogens*, 14(2), 185. doi:10.3390/pathogens14020185
- Riansyah, Y., Lanny, M., & Ratu, C. (2015). Uji aktivitas antiinflamasi ekstrak etanol daun ubi jalar ungu (*Ipomoea Batatas (L.) Lamk*) terhadap tikus wistar jantan. *Prosiding Penelitian SPeSIA Unisba*, 3(2), 630-636.
- Ryu, K. R., Choi, J. Y., Chung, S., & Kim, D. H. (2011). Anti-scratching behavioral effect of the essential oil and phytol isolated from artemisia princeps pamp. Mice. *Planta Medica*, 77(1), 22–26. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1250119>
- Santoso, S. (2019). Menguasai statistik parametrik; konsep dan aplikasi dengan SPSS. PT Elex Media Komputindo.
- Scania, A. E., & Ningsih, I. (2023). *Pseudomonas aeruginosa*: permasalahan, resistensi antibiotik dan pemeriksaan mikrobiologi. *Pratista Patologi*, 8(3), 139-147.
- Sipahutar, Y. H., Taufiq, T., Kristiani, M. G. E., Prabowo, D. H. G., Ramadheka, R. R., Suryanto, M. R., & Pratama, R. B. (2019). The effect of *Gracilaria* powder on the characteristics of nemipterid fish sausage. *Iop conference series: Earth and Environmental Science*, 404(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/404/1/012033>

- Soamole, H. H., Sanger, G., & Harikedua, S. D. (2018). Kandungan fitokimia ekstrak etanol rumput laut segar (*Turbinaria* sp., *Gracilaria* sp., dan *Halimeda macroloba*). *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan* 6(3). <https://doi.org/10.35800/mthp.6.3.2018.21259>
- Sudarwati, T.P. L. (2018). Analisis Gcms terhadap senyawa fitokimia ekstrak metanol *Ganoderma lucidum*. *Jurnal Kimia Riset*, 3(2). <https://e-journal.unair.ac.id/JKR/article/view/12060/7076>
- Suparmi, S., & Sahri, A. (2009). Mengenal potensi rumput laut: kajian pemanfaatan sumber daya rumput laut dari aspek industri dan kesehatan. *Majalah Ilmiah Sultan Agung*, 44(118), 95-116. <https://jurnal.unissula.ac.id/index.php/majalahilmiahsultanagung/article/view/252>
- Tong, S. Y. C., Davis, J. S., Eichenberger, E., Holland, T. L., & Fowler, V. G. (2015). *Staphylococcus aureus* infections: Epidemiology, pathophysiology, clinical manifestations, and management. *Clinical Microbiology Reviews*, 28(3), 603–661. <https://doi.org/10.1128/CMR.00134-14>
- Torres, P., Santos, J. P., Chow, F., & dos Santos, D. Y. A. C. (2019). A comprehensive review of traditional uses, bioactivity potential, and chemical diversity of the genus *Gracilaria* (Gracilariales, Rhodophyta). *Algal Research*, 37, 288–306. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.12.009>
- Tyas, D. E., Widyorini, N., & Solichin, A. (2018). Perbedaan jumlah bakteri dalam sedimen pada kawasan bermangrove dan tidak bermangrove di perairan Desa Bedono, Demak. *Management of Aquatic Resources Journal (MAQUARES)*, 7(2), 189-196. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/maquares>
- Vishal, G. N. (2016). Qualification of Autoclave. *International Journal of PharmTech Research*. 9(4), 220-226, https://www.researchgate.net/publication/303574370_Qualification_of_autoclave
- Wandira, A. W., Sunaryo, S., & Sedjati, S. (2018). Rumput laut *Gracilaria* sp. sebagai bioremedial dalam sistem budidaya polikultur dengan kepiting bakau (*Scylla serrata*). *Journal of Marine Research*, 7(2), 113-124. <https://doi.org/10.14710/jmr.v7i2.25900>
- Wang, C. Y., Chen, Y. W., & Hou, C. Y. (2019). Antioxidant and antibacterial activity of seven predominant terpenoids. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 230-238. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1582541>

- Widowati, I., Puspita, M., Lubac, D., & Bourgougnon, N. (2014). Antibacterial and antioxydant properties of the red alga *Glacillaria verrucosa* from the North Coast of Java, Semarang, Indonesia. *International Journal of Latest Research in Science and Technology*, 3(3), 179-185.
- Wijaya, H., Novitasari, & Jubaidah, S. (2018). Perbandingan metode ekstraksi terhadap rendemen ekstrak daun rambai laut (*Sonneratia caseolaris* L. Engl). *Jurnal Ilmiah Manuntung*, 4(1), 79-83.
<https://jurnal.stiksam.ac.id/index.php/jim/article/view/148>
- Wilapangga, A., & Syaputra, S. (2018). Analisis antibakteri metode agar cakram dan uji toksisitas menggunakan BSLT (*Brine Shrimp Lethality Test*) dari ekstrak metanol daun salam (*eugenia polyantha*). *Brine Shrimp Lethality Test) Dari Ekstrak Metanol Daun Salam*, 2(2), 50-56.
<https://doi.org/10.47007/ijobb.v2i2.20>
- Zheng, C. J., Yoo, J. S., Lee, T. G., Cho, H. Y., Kim, Y. H., & Kim, W. G. (2005). Fatty acid synthesis is a target for antibacterial activity of unsaturated fatty acids. *Federation of European Biochemical Societies*, 579(23), 5157–5162. <https://doi.org/10.1016/j.febslet.2005.08.028>
- Zgurskaya, H. I., & Rybenkov, V. V. (2020). Permeability barriers of gram-negative pathogens. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1459(1), 5-18. <https://doi.org/10.1111/nyas.14134>