

BIOTEKNOLOGI KELAUTAN Dalam Perspektif Marine Bioprospecting

by Rozirwan Rozirwan

Submission date: 12-Apr-2023 11:23AM (UTC+0700)

Submission ID: 2062251360

File name: Rozirwan_-_Siap_Cetak.pdf (6.49M)

Word count: 48430

Character count: 315060



BIOTEKNOLOGI KELAUTAN

Dalam Perspektif Marine Bioprospecting

Sanksi Pelanggaran Pasal 113
Undang-undang No. 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta

1. **Setiap Orang** yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf i untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000 (seratus juta rupiah).
2. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
3. Setiap Orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin Pencipta atau pemegang Hak Cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi Pencipta sebagaimana dimaksud dalam Pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g untuk Penggunaan Secara Komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
4. Setiap Orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

BIOTEKNOLOGI KELAUTAN

Dalam Perspektif Marine Bioprospecting

Dr. Rozirwan, S.Pi, M.Sc



BIOTEKNOLOGI KELAUTAN

Dalam Perspektif Marine Bioprospecting

12

Diterbitkan pertama kali oleh CV Amerta Media

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang *All Rights Reserved*

Hak penerbitan pada Penerbit Amerta Media

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini
tanpa seizin tertulis dari Penerbit

Anggota IKAPI

Cetakan Pertama: Maret 2023

15,5 cm x 23 cm

ISBN

978-623-419-292-6

Penulis:

Dr. Rozirwan, S.Pi, M.Sc

Editor:

Alfiatin

Desain Cover:

Adji Azizurrachman

Tata Letak:

Amar Al Farizi

Diterbitkan Oleh:

CV. Amerta Media

NIB. 0220002381476

Jl. Raya Sidakangen, RT 001 RW 003, Kel, Kebanggan, Kec. Sumbang,
Purwokerto, Banyumas 53183, Jawa Tengah. Telp. 081-356-3333-24

Email: mediaamerta@gmail.com

Website: amertamedia.co.id

Whatsapp : 081-356-3333-24

Isi di luar tanggung jawab penerbit Amerta Media

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan, semesta alam yang berkat rahmat-Nya, penulis bisa menyelesaikan karya sederhana ini dengan baik. Ungkapan terima kasih tidak lupa penulis ucapkan kepada keluarga, saudara, kerabat, dan semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis. Karena tanpa dukungan semua pihak penulis tidak akan mampu menyelesaikannya.

Bioteknologi merupakan suatu cabang biologi modern yang berkembang pada abad ke-20 yang berperan dalam mengubah kehidupan manusia sehari-hari, seperti halnya dalam memperbaiki kualitas kesehatan dan kehidupan manusia. Implikasi antara penelitian dasar dan pengembangan teknologi diperlihatkan oleh sebuah perusahaan yang bernama Genentech, sebuah perusahaan dalam bidang bioteknologi terbesar di dunia yang bergerak dalam bidang Penelitian dan Pengembangan (R&D).

Bioteknologi masa sekarang melingkupi berbagai latar belakang bidang keilmuan, akan tetapi pada umumnya masih ditunjang dengan pemahaman dasar biologi yang terletak pada asal muasal dan mekanisme utama sistem hidup pada organisme untuk melakukan reproduksi, berkembang, dan berfungsi.

Buku ini hadir dengan harapan akan semakin menambah literatur bioteknologi kelautan yang akan mendukung para akademisi dalam mendapatkan materi terkait bioteknologi kelautan maupun masyarakat umum yang akan menambah wawasan tentang bioteknologi kelautan. Akhir kata, semoga karya sederhana ini memberikan kebermanfaatan untuk pembaca semua. Selamat membaca!

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TENTANG BUKU	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	iii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Jenis-Jenis Bioteknologi	3
1.2 Ciri Karakteristik Bioteknologi Kelautan	6
1.3 Ruang Lingkup Bioteknologi Kelautan	10
BAB II MARINE BIOPROSPECTING BIOTA LAUT	15
2.1 Bioprospeksi Laut	18
2.2 Proses Bioprospeksi	22
2.3 Aplikasi Bioteknologi dalam Bioprospeksi	24
2.4 Keberadaan dan Potensi Bioprospeksi di Indonesia	28
BAB III METABOLIT SKUNDER PADA BIOTA LAUT	39
3.1 Senyawa- Senyawa Metabolit Sekunder	43
3.2 Senyawa ²⁰ metabolit Sekunder Pada Biota	56
3.3 Analisis Senyawa Metabolit Sekunder dengan Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS)	67
BAB IV POTENSI ANTIBAKTERI PADA ORGANISME LAUT ...	71
4.1 Penggunaan Mikroorganisme dalam Bidang Bioteknologi ...	75
4.2 Potensi Antibakteri Pada Rumput Laut	79
4.3 Potensi Antibakteri Pada Lamun	92
4.4 Potensi Antibakteri Pada Invertebrata Laut	102
4.5 Potensi Antibakteri Tumbuhan Mangrove	125

BAB V POTENSI ANTIOKSIDAN PADA ORGANISME LAUT	131
5.1 Antioksidan	132
5.2 Potensi Antioksidan pada Rumput Laut	141
5.3 Potensi Antioksidan pada Invertebrata Laut	147
5.4 Potensi Antioksidan pada Lamun	152
5.5 Potensi Antioksidan pada Mangrove	155
BAB VI METODE EKSTRAKSI	165
6.1 Preparasi	166
6.2 Macam-Macam Pelarut Ekstraksi	171
6.3 Metode Ekstraksi	175
6.4 Fraksinasi	187
6.5 Metode Analisis Aktivitas Senyawa Bioaktif	194
BAB VII. PRODUK BIOTEKNOLOGI KELAUTAN DI INDONESIA	207
7.1 Produk dan Jasa Bioteknologi Kelautan yang Potensial	208
BAB VII KESIMPULAN	213
DAFTAR PUSTAKA	215
GLOSARIUM	230
INDEKS	240
BIODATA PENULIS	246

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Gabungan beberapa bidang ilmu dalam bioteknologi.....	2
Gambar 1. 2 Jenis bioteknologi dalam warna.....	3
Gambar 1. 3 Contoh perkembangan di bidang bioteknologi modern.....	6
Gambar 1. 4 Diagram alir karakteristik bioteknologi.	7
Gambar 1. 5 Aspek terapan bioteknologi.....	10
Gambar 2. 1 Skema <i>marine bioprospecting</i>	16
Gambar 2. 2 Cakupan bioprospeksi laut.....	18
Gambar 2. 3 Diagram <i>marine biobank</i>	20
Gambar 2. 4 Proses bioprospeksi untuk dikomersialisasikan.	22
Gambar 2. 5 Organisasi untuk mengatur aktivitas bioprospeksi.....	24
Gambar 2. 6 Peralatan modern dalam bioteknologi.....	25
Gambar 2. 7 <i>Acces and benefit bioprospecting</i>	28
Gambar 2. 8 Hutan mangrove.	29
Gambar 2. 9 Penelitian dan pengembangan senyawa fungsional dan organisme laut dengan penerapan biologi molekuler menuju bioteknologi kelautan masa depan.....	30
Gambar 2. 10 Bioteknologi perikanan.....	33
Gambar 3. 1 Cakupan bidang ilmu pemanfaatan metabolit sekunder....	40
Gambar 3. 2 Jalur biosintesis metabolisme skunder dalam tumbuhan.	41
Gambar 3. 3 Metabolit sekunder dari beberapa jalur biosintesisnya.....	42
Gambar 3. 4 Struktur kimia alkaloid non-heterosiklik.....	45
Gambar 3. 5 Struktur kimia alkoid heterosiklik.....	45
Gambar 3. 6 Struktur kimia protoalkaloid alkaloid.....	46
Gambar 3. 7 Struktur kimia true alkaloid.	46
Gambar 3. 8 Struktur kimia pseudoalkaloid alkaloid.	47
Gambar 3. 9 Senyawa turunan steroid.....	47
Gambar 3. 10 Struktur kimia senyawa fenol sederhana dan asam fenolat.	49
Gambar 3. 11 Struktur kimia senyawa fenipropanoid.	50
Gambar 3. 12 Senyawa turunan flavonoid.....	51
Gambar 3. 13 Struktur kimia senyawa tanin terhidrolisis.	53
Gambar 3. 14 Struktur kimia senyawa tanin terkondensasi.	53
Gambar 3. 15 Daun mangrove sebagai salah satu sumber metabolit sekunder.	56
Gambar 3. 16 Karang Lunak.....	58

Gambar 3. 17 Rumput laut (a) <i>Chaetomorpha crassa</i> , (b) <i>Eucheuma spinosum</i> , (c) <i>Eucheuma cottonii</i> , (d) <i>Gracilaria coronopifolia</i> . Sumber : (Sarita <i>et al.</i> , 2021).	60
90 Gambar 3. 18 Spons laut.....	63
Gambar 3. 19 Tunikata.....	64
Gambar 3. 20 Teripang.....	65
Gambar 3. 21 Bintang laut.....	66
Gambar 3. 22 Grafik analisis GC-MS ekstrak metanol.....	67
Gambar 3. 23 Grafik analisis GC-MS ekstrak etil.....	68
Gambar 3. 24 Grafik analisis LC-MS ekstrak metanol <i>Sinularia flexibilis</i> 75	69
Gambar 4. 1 Mikroorganisme (bakteri, jamur, dan virus).....	72
Gambar 4. 2 Kurva pertumbuhan bakteri.....	77
Gambar 4. 3 Morfologi rumput laut.....	80
Gambar 4. 4 Kelompok rumput laut.....	81
Gambar 4. 5 Jalur penggunaan rumput laut	84
Gambar 4. 6 <i>Scanning</i> mikroskop elektron dari biofilm 48 jam <i>C. Albican</i> 8	89
Gambar 4. 7 Contoh biota laut Pulau Maspari. A) <i>Sarcophyton sp.</i> ; B) <i>Aaptos sp.</i> ; C) <i>Sargassum sp.</i> ; D) <i>Halimeda sp.</i> ; E) <i>Avicennia sp.</i> ; F) <i>Rhizophora sp.</i>	90
Gambar 4. 8 Aktivitas antibakteri ekstrak biota laut dalam pelarut EtOAc.....	91
Gambar 4. 9 Morfologi lamun.....	92
Gambar 4. 10 Sampel <i>Thalassia hemprichii</i>	99
Gambar 4. 11 Morfologi terumbu karang.....	102
Gambar 4. 12 Fungsi ekologi dan potensi senyawa bioaktif <i>soft coral</i>	103
Gambar 4. 13 Zooxanthellae.....	104
Gambar 4. 14 Fotomikrograf sayatan tipis jaringan spons memperlihatkan sel-sel sianobakteri. (A) Penampang melintang spons <i>Dysidea herbacea</i> diwarnai o-toluidin menunjukkan berbagai macam sel sianobakteri. (B) Auto Fluoresensisel-sel sianobakteri karena memiliki klorofil	105
Gambar 4. 15 (a) Struktur kimia no namida (diisolasi dari spons <i>Theonella swinhoei</i>) yang sangat mirip dengan struktur senyawa kimia pederin, yang ditemukan pada kumbang	

	Paederus blister dan (b) penampakan spons <i>Theonella swinhoei</i>	106
Gambar 4. 16	Kondisi spesies <i>Sinularia polydactyla</i> , (a) dalam perairan, (b) di atas permukaan.....	107
Gambar 4. 17	Kondisi spesies <i>Sinularia flexibilis</i> , (a) dalam perairan, (b) di atas permukaan.....	108
Gambar 4. 18	Aktivitas antibakteri dari ekstrak karang lunak dalam pelarut EtOAc; (A) ekstrak SpGSN3 terhadap bakteri <i>S. aureus</i> ; (B) ekstrak SpGSN3 terhadap bakteri <i>E. coli</i> ; (C) ekstrak SflLHK4 terhadap bakteri <i>S. aureus</i> ; (D) ekstrak SflLHK4 terhadap bakteri <i>E. coli</i>	109
Gambar 4. 19	Contoh zona hambat ekstrak spons <i>Dictyonella funicularis</i> yang diamati pada pertumbuhan bakteri (1a) <i>Staphylococcus aureus</i> (1x24 jam), (1b) <i>Escherichia coli</i> (1x24 jam), (2a) <i>Staphylococcus aureus</i> (2x24 jam), dan (2b) <i>Escherichia coli</i> (2x24 jam).....	111
Gambar 4. 20	<i>C. Albicans</i> (1) struktur dinding, (2) bentuk mikroskopis.....	113
Gambar 4. 21	Morfologi teripang.....	114
Gambar 4. 22	Contoh hasil uji aktivitas zona daya hambat dari ekstrak etanol, n-heksan, metanol, dan kloroform teripang <i>Holothuria edulis</i> terhadap bakteri (a). <i>Staphylococcus aureus</i> dan (b). <i>Escherichia coli</i> . Sumber : (Manoppo, 2017).....	115
Gambar 4. 23	Tunikat.....	118
Gambar 4. 24	Contoh hasil uji aktivitas antibakteri <i>Polycarpa aurata</i> pada bakteri : (a) <i>Staphylococcus aureus</i> dan (b) <i>Escherichia coli</i>	119
Gambar 4. 25	Bintang laut, (a) <i>Linckia laevigata</i> , (b) <i>Archaster typicus</i> , (c) <i>Protoreaster nodosus</i> , (d) <i>Asterias forbesii</i>	120
Gambar 4. 26	Contoh hasil uji aktivitas antibakteri pada bakteri uji yaitu (a) <i>Shigella disentri</i> , (b) <i>Staphylococcus aureus</i> , (c) <i>Salmonella typhi</i> , (d) <i>Escherichia coli</i> dan (e) <i>Vibrio cholera</i> . Sumber : (Rusli et al., 2016).....	122
Gambar 4. 27	Kelas pelecypoda.....	123
Gambar 4. 28	Zona hambat hasil uji aktivitas antibakteri.....	125
Gambar 4. 29	Potensi senyawa bioaktif pada mangrove.....	126
Gambar 4. 30	Zona bening ekstrak daun <i>A. marina</i>	129

Gambar 5. 1 Beberapa senyawa radikal bebas.....	133
Gambar 5. 2 Sketsa terbentuknya radikal bebas.....	136
Gambar 5. 3 Rumput laut <i>E. cottonii</i> , (a) Kondisi saat basah, (b) Kondisi saat kering	142
Gambar 5. 4 Morfologi rumput laut, (a) <i>H.micronesica</i> (b) <i>H.microlaba</i>	143
Gambar 5. 5 Bentuk daging dan cangkang <i>A.granosa</i>	150
Gambar 5. 6 Contoh pengujian kualitatif aktivitas antioksidan, (a) Ekstrak <i>A. granosa</i> (etanol), (b) <i>A. granosa</i> (etanol) dan DPPH, (c) ketika setelah inkubasi.	150
Gambar 5. 7 . Lamun (a) <i>Enhalus acoroides</i> ,(b) <i>Halodule pinifolia</i> , (c) <i>Cymodecea undata</i>	153
Gambar 5. 8 Morfologi (a) bunga, (b) daun, (c) Batang, (d) Akar <i>Bruguiera norrhiza</i>	157
Gambar 5. 9 Morfologi (a) daun, (b) bunga, (c) akar, (d) batang <i>R. apiculata</i>	159
Gambar 5. 10 Morfologi <i>S. alba</i> (a) daun, (b) bunga, (c) akar, dan (d) batang.....	161
Gambar 5. 11 Morfologi <i>A. marina</i> (a) daun, (b) bunga, (c) batang, dan (d) akar.	162
Gambar 6. 1 Proses pembersihan sampel.....	167
Gambar 6. 2 Proses pemotongan sampel.	168
Gambar 6. 3 Proses pengeringan.	169
Gambar 6. 4 Proses penghalusan sampel.	171
Gambar 6. 5 Proses maserasi.....	175
Gambar 6. 6 Proses penyaringan dengan <i>vacuum pump</i>	176
Gambar 6. 7 Proses evaporasi dengan <i>rotary evaporator</i>	177
Gambar 6. 8 Hasil ekstraksi.....	178
Gambar 6. 9 Mekanisme ekstraksi.	179
Gambar 6. 10 Contoh proses ekstraksi.....	180
Gambar 6. 11 Perkolator.	182
Gambar 6. 12 Metode soxhlet.....	183
Gambar 6. 13 Metode <i>supercritical fluid extraction</i>	184
Gambar 6. 14 <i>Microwave-assisted extraction</i>	184
Gambar 6. 15 Hidrodestilasi.	185
Gambar 6. 16 Destilasi uap air	186
Gambar 6. 17 Destilasi uap.....	187
Gambar 6. 18 Contoh skema proses bioassay aktivitas antibakteri.	188

Gambar 6. 19 Kromatografi kolom.....	189
Gambar 6. 20 Hasil pemisahan pada kromatografi kolom.	190
Gambar 6. 21 Contoh hasil pengkoloman dari pemurniaan isolat senyawa bioaktif karang lunak, A) <i>S. polydactyla</i> , B) <i>S. flexibilis</i>	191
Gambar 6. 22 Contoh hasil fraksi-fraksi pada KLT dari pemurnian isolat senyawa bioaktif karang lunak, A) <i>S. polydactyla</i> , B) <i>S. flexibilis</i> . Sumber : (Rozirwan <i>et al.</i> , 2016).	192
Gambar 6. 23 Hasil identifikasi sampel, A) H-NMR, B) C-NMR.	194
Gambar 6. 24 Contoh mekanisme penelitian antibakteri dari mangrove <i>Avicennia marina</i> dan <i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	195
Gambar 6. 25 Contoh alur pengujian aktivitas toksisitas biota laut.	202

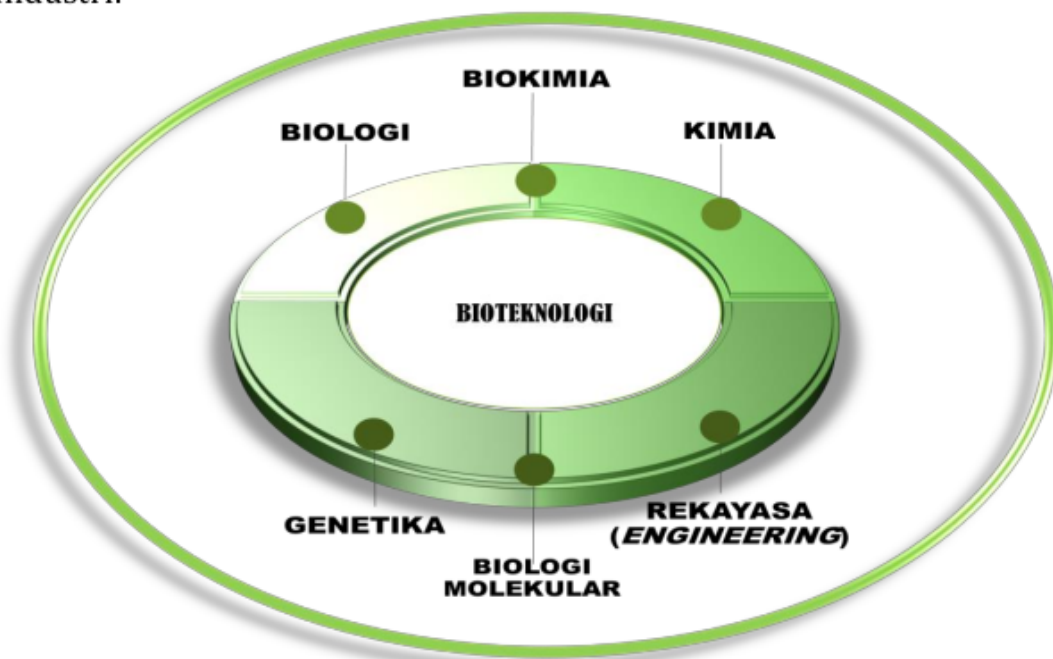
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbedaan permintaan bahan alami dan obat modern	26
Tabel 4.1. Contoh marga rumput laut	82
Tabel 4.2. Zona hambat <i>Halimeda rinchii</i> dan <i>Euchema cattoni</i>	87
Tabel 4.3. Morfo ¹⁵⁶ spesies lamun yang ditemukan di Indonesia....	93
Tabel 4.4. Hasil skrining aktivitas antibakteri berasosiasi <i>Thalassia</i> ¹⁷ <i>mprichii</i>	99
Tabel 4.5. Hasil uji kandungan senyawa fitokimia ¹⁴⁹ a akar dan daun lamun.....	101
Tabel 4.6. Aktivitas bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia</i> <i>coli</i> pada ² ekstrak spons laut.....	110
Tabel 4.7. Contoh hasil rata-rata pengujian ekstrak etanol dan <i>Holothuria edulis</i> terhadap bakteri ²⁴ <i>Staphylococcus aureus</i> dan <i>Escherichia coli</i>	116
Tabel 4.8. Contoh ²⁶ sil uji fitokimia	124
Tabel 4.9. Contoh diameter zona hambat ekstrak kasar mangrove pada bakteri <i>V.harveyi</i>	128
Tabel 5.1. Klasifikasi Kekuatan Antioksidan Berdasarkan Nilai IC50	139
Tabel 5.2. Contoh hasil perhitungan regresi linier dan ²⁰ ekstrak IC50 <i>H. micronesica</i> dan <i>H. Macroloba</i>	144
Tabel 5.3. Contoh ¹¹ hasil uji fitokimia	145
Tabel 5.4. Nilai inhibisi dan rata-rata absorbansi ekstrak <i>A.granosa</i> dan asam askorbat	151
Tabel 5.5. Contoh persamaan regresi linier dan IC50 ekstrak <i>A.granosa</i> dan asam askorbat.....	152
Tabel 6.1. Sifat fisikokimia macam-macam pelarut	171
Tabel 6.2. Contoh Larutan campuran.....	200
Tabel 6.3 Nilai transformasi persentase terhadap probit.....	204
Tabel 6.4 Kategori nilai % mortalitas pada larva uji.....	205
Tabel 6.5 Klasifikasi toksisitas LC50	206
Tabel 6.6 Nilai dan Kategori Toksisitas.....	206
Tabel 7.1. Produk bioteknologi kelautan.....	208



BAB I
PENGANTAR BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi merupakan suatu cabang biologi modern yang berkembang pada abad ke-20 yang berperan dalam mengubah kehidupan manusia sehari-hari, seperti halnya dalam memperbaiki kualitas kesehatan dan kehidupan manusia. Implikasi antara penelitian dasar dan pengembangan teknologi diperlihatkan oleh sebuah perusahaan yang bernama Genentech, sebuah perusahaan dalam bidang bioteknologi terbesar di dunia yang bergerak dalam bidang Penelitian dan Pengembangan (R&D). Kemajuan teknologi yang cepat ini merupakan awal hadirnya sebuah revolusi industri ketiga di bumi. Sistem tersebut memperlihatkan putaran cepat perusahaan bioteknologi yang berkembang dari universitas yang berlaku aktif seperti diperlihatkan oleh Biogen, Genentech, dan Cetus yang dapat menjadi contoh baik kerja sama antara pihak kampus dan industri.

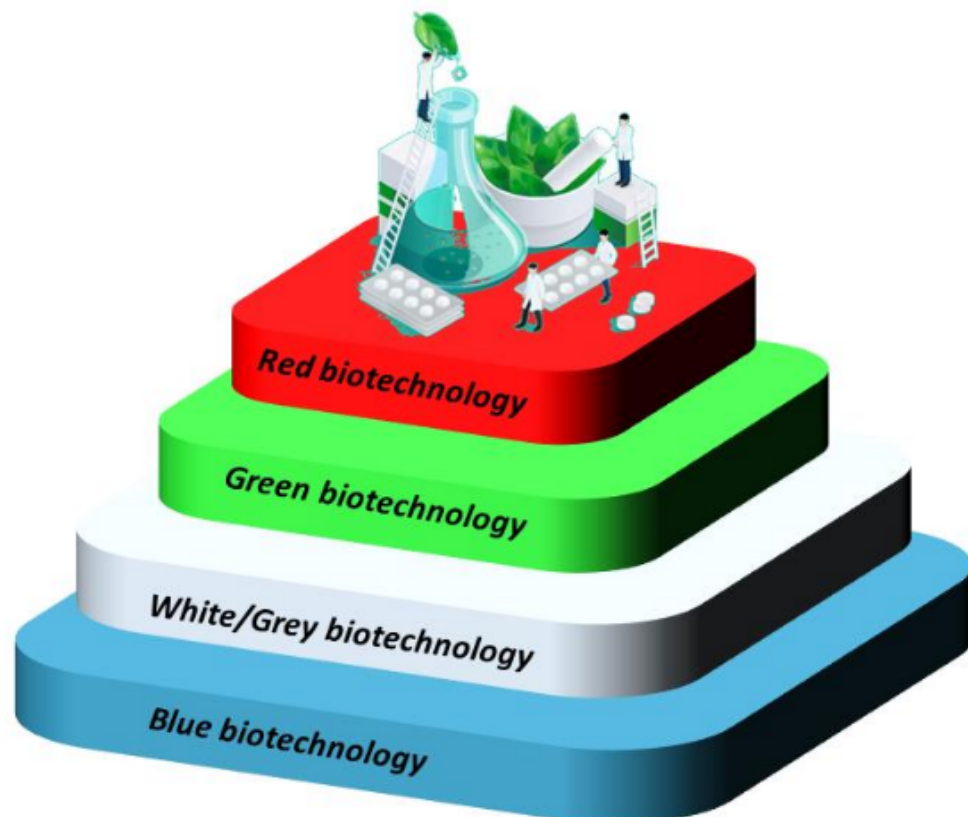


Gambar 1. 1 Gabungan beberapa bidang ilmu dalam bioteknologi.

Bioteknologi adalah gabungan dari beberapa bidang ilmu seperti genetika, rekayasa, kimia, biokimia, biologi, matematika, dan komputer yang saling berkesinambungan menciptakan sesuatu yang dikehendaki atau untuk kemanusiaan. Bioteknologi berdasarkan metode terbagi menjadi 2 yaitu bioteknologi konvensional dan modern yang dimana keduanya memiliki kelemahan dan kelebihan tersendiri. Bioteknologi konvensional menghasilkan produk dengan

memanfaatkan secara langsung mikroorganisme untuk mengubah bentuk ataupun kandungan gizi seperti melalui proses fermentasi, dalam metode ini produk yang dihasilkan masih dalam skala kecil, teknologi yang digunakan sederhana, dan proses yang dilalui belum steril menyebabkan kualitas hasil belum terjamin. Sedangkan bioteknologi modern melakukan proses dengan cara memanupulasi atau rekayasa pada susunan genetik mikroorganisme yang dimanfaatkan, mode ini menargetkan skala besar dalam produksi, teknologi yang digunakan canggih, dan proses yang dilalui dalam keadaan steril sehingga tercipta hasil produksi yang berkualitas. Bidang ilmu dalam bioteknologi cukup luas yang oleh beberapa ahli diasosiasikan dalam warna yaitu bioteknologi biru, putih/abu-abu, hijau, dan merah.

1.1 Jenis-Jenis Bioteknologi



Gambar 1. 2 Jenis bioteknologi dalam warna.

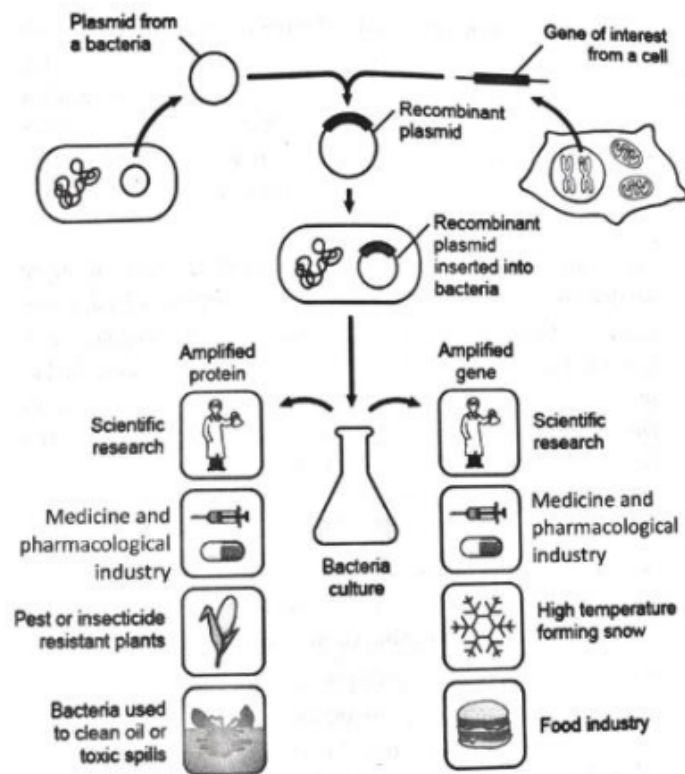
- a. **Red biotechnology** merupakan istilah yang digunakan untuk bagian ilmu bioteknologi yang mempelajari terkait penerapan dalam bidang medis (kesehatan).
- b. **Green biotechnology** merupakan penerapan ilmu bioteknologi yang bergerak pada sektor peternakan dan pertanian.
- c. **White/ Grey biotechnology** merupakan ilmu bioteknologi yang berfokus pada bidang industri contohnya pembuatan energi terbarukan dengan pengembangan senyawa baru.
- d. **Blue biotechnology** merupakan ilmu yang mempelajari penerapan bioteknologi yang mengendalikan setiap proses dalam bidang akuatik atau perairan.

Bioteknologi masa sekarang melingkupi berbagai latar belakang bidang keilmuan, akan tetapi pada umumnya masih ditunjang dengan pemahaman dasar biologi yang terletak pada asal muasal dan mekanisme utama sistem hidup pada organisme untuk melakukan reproduksi, berkembang, dan berfungsi. Bioteknologi tak pelak lagi merupakan penerapan organisme, sistem atau proses-prosesnya untuk berbagai kegiatan industri. Ketergantungan industri-industri bioteknologi terhadap substrat atau medium biosintesis yang murah, proses-proses yang bekerja pada suhu rendah, dan menggunakan sedikit energi. Adanya kegiatan industri yang akan terpengaruh oleh kemajuan di bidang bioteknologi. Misalnya adalah produksi makanan manusia dan pakan hewan, memanfaatkan sumber-sumber senyawa kimia dari bahan untuk menggantikan sumber energi minyak bumi, daur limbah, pengaturan pencemar, produk pertanian, hingga produk-produk yang bermanfaat untuk mendukung kemajuan di bidang kesehatan, peternakan, dan farmasi bidang terapan bioteknologi dalam kehidupan sehari-hari, antara lain.

- **Rekayasa enzim:** bidang kajian ini kajian di ini digunakan sebagai katalisator reaksi kimia khusus yang ekstrim, untuk imobilisasi enzim, serta membuat molekul pengubah (bioreaktor). Produk-produk yang dihasilkan termasuk L-asam amino, sirup dengan kadar fruktosa tinggi, penisilin semi-sintetis, serta hidrolisis pati dan selulosa.

- Teknologi limbah: pendekatan ini sangat penting dalam sejarah perkembangan ilmu pengetahuan, namun saat ini penekanan diarahkan pada penggabungan teknologi ini dengan konservasi dan daur sumber daya.
- Teknologi fermentasi: sejarah menunjukkan bidang ini sangat penting di bidang bioteknologi, dan sampai saat ini telah dicapai kemajuan yang sangat pesat dengan berbagai produk baru yang memiliki manfaat penting di bidang pengobatan, sen yawa pelarut, protein peningkat gizi makanan, dst. Hal ini termasuk pula penelitian terhadap model-model fermentasi untuk meningkatkan
- Teknologi lingkungan: permasalahan dunia masa kini untuk mengatur pencemaran, menghilangkan limbah beracun, penghilangan logam-logam berat dari limbah pertambangan dan bijih kualitas rendah hanya merupakan sedikit contoh bidang kajian dalam lingkup ini.
- Teknologi sumber daya terbarukan: penggunaan sumber daya energi terbarukan khususnya lignoselulose untuk menghasilkan sumber bahan kimia mentah dan energi baru.

Bidang kajian diatas memanfaatkan kemajuan dibidang Biokimia, Genetika, Kimia, Mikrobiologi Terapan, Rekayasa Kimia dan Proses, Matematika dan bahkan Teknologi Komputer. Bidang-bidang kajian bioteknologi tersebut berupaya memanfaatkan hasil.



Gambar 1. 3 Contoh perkembangan di bidang bioteknologi modern.
Sumber : Sidharta, 2016.

1.2 Ciri Karakteristik Bioteknologi Kelautan

Bioteknologi merupakan salah satu dari sekian banyaknya jumlah variable sains dan teknologi yang memiliki banyak manfaat dalam aplikasinya terhadap kehidupan manusia. Lautan menjadi salah satu sumber penghasil dan menyimpan begitu banyak metabolit skunder yang memiliki manfaat dalam berbagai jumlah bidang. Ilmu yang dapat digunakan untuk mengolah bioata lautan secara bijak tanpa merusak dan mendapatkan hasil yang maksimal disebut Bioteknologi. Semua makhluk hidup laut dapat menginterkoneksi dan mengubah sebagian seluruh kandungan organik dalam proses kehidupan untuk bertumbuh dan mereproduksi. *Adenosin Triphosphate* (ATP) dan pasokan gugus dalam sistem pembangun jaringan tubuh merupakan salah satu energi yang terdapat pada makhluk hidup.

Penyaringan produk alami ini dan produknya organisme produsen, ditambah dengan pencarian aktivitas biologis unik mereka yang dapat digunakan di berbagai industri, ditangani dalam bioteknologi kelautan (biru). Organisme laut dan mikroorganisme dapat diselidiki, dan metabolit primer dan sekundernya, biopolimer dan enzim dapat digunakan sebagai agen timbal untuk industri nutraceutical dan farmasi untuk ditingkatkan proses (misalnya dalam pengiriman obat) dan sebagai sumber bahan bio-terinspirasi untuk banyak aplikasi bioteknologi. Padahal bidang ini sudah muncul sejak tahun 1960-an dan 1970-an. itu masih dianggap sebagai bidang yang baru muncul dan bioteknologi kelautan masih dalam masa pertumbuhan, karena banyak lingkungan laut yang ekstrim yang cither hampir tidak dapat diakses untuk pengambilan sampel dan pemanenan dan/atau dilahirkan oleh organisme yang tidak dapat dibiakkan atau tumbuh dalam kondisi laboratorium. Akibatnya, banyak kemajuan di bidang kelautan bioteknologi terhambat sampai kemajuan ilmu pengetahuan baru-baru ini tercapai, termasuk pengambilan sampel metode, dan kolaborasi transdisipliner. Menciptakan suatu penemuan-penemuan baru dalam bidang bioteknologi ini tentu harus ada keterkaitan aplikasi dengan sumber daya manusia sehingga dapat mencapai sasaran utama.



Gambar 1. 4 Diagram alir karakteristik bioteknologi.

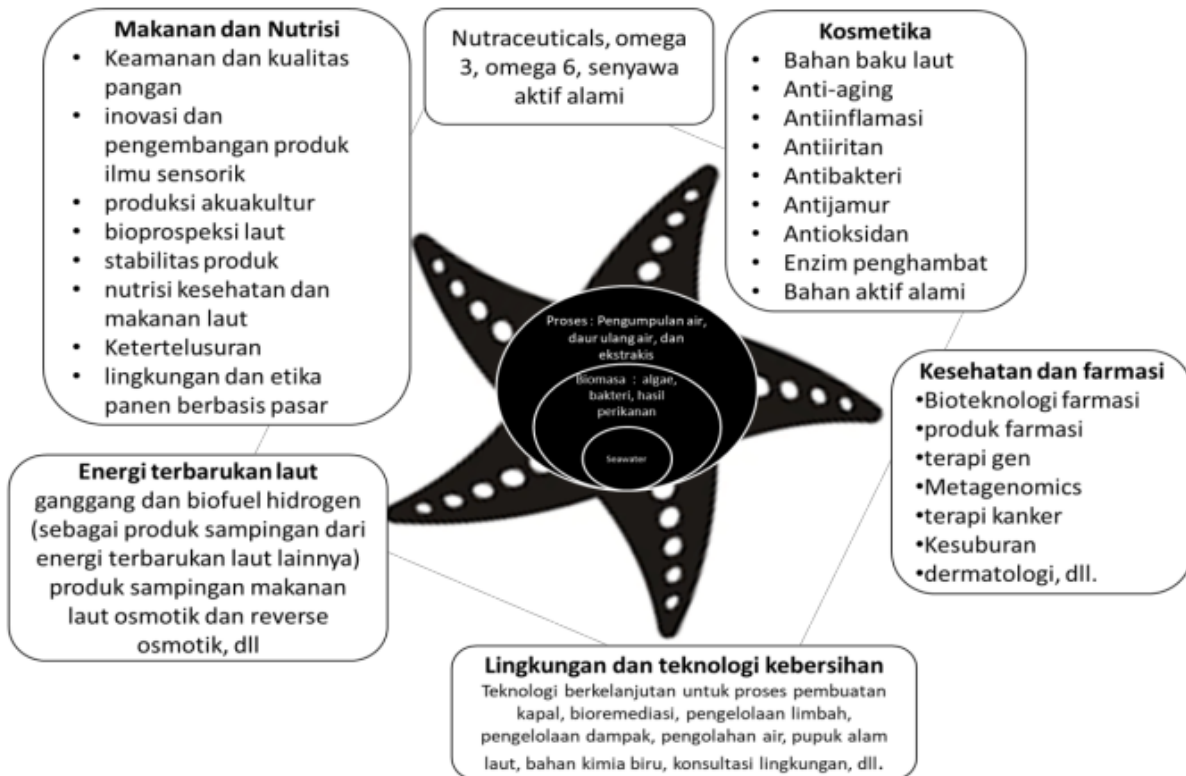
Lautan, termasuk wilayah pesisirnya dan menutupi lebih dari 70% permukaan bumi, selalu mewakili sumber daya lingkungan dan ekonomi yang penting. Memang, hampir 40% dari global penduduk tinggal di masyarakat pesisir. Dengan jasa ekosistemnya, laut merupakan peran penting dalam masyarakat manusia (Rayner *et al.*, 2019). Tidak dapat disangkal, lautan menyediakan makanan, mengatur iklim, menyediakan oksigen, dan memastikan sumber daya ekonomi melalui jalur pelayaran dan peluang pariwisata. Selain itu, laut adalah rumah bagi organisme yang memiliki selama berabad-abad memicu minat ilmiah banyak kelompok penelitian untuk mengungkap keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem laut yang menakjubkan ini. Melalui keanekaragaman hayati dan kimianya, organisme laut mensintesis metabolit sekunder yang unik, biopolimer dan enzim yang diproduksi direspon terhadap rangsangan lingkungan. Metabolit sekunder memainkan peran biologis penting dalam meningkatkan daya saing, memberikan pertahanan kimiawi terhadap pemangsa atau pesaing dan memperlancar proses reproduksi.

Bidang bioteknologi laut semakin terlihat di seluruh dunia dalam banyak bidang ilmiah yang saling melengkapi dan memiliki mengilhami pembentukan beberapa legislatif, infrastruktur dan jaringan kerjasama ilmiah. Pada akhirnya, bidang ini bisa menjadi penggerak penting dalam pembangunan ekonomi, menciptakan klaster yang inovatif dan mengelola yang berkelanjutan pengembangan wilayah pesisir secara global. Namun, untuk mempromosikan eksploitasi hasil ilmu pengetahuan dan komersialisasi produk inovatif dari organisme laut dan mikroorganisme. Dialog yang konstan perlu dipertahankan antara yang ilmiah masyarakat, otoritas legislatif, industri, dan masyarakat umum publik, yang merupakan penerima manfaat dan konsumen akhir dari produk dan proses yang dikembangkan. Ini terlihat di laut bidang bioteknologi melalui beberapa kertas putih, penelitian, proyek inovasi dan tata kelola, inisiatif literasi laut, dan kegiatan paparan media. Ini menuntut keterlibatan komunitas transdisipliner. Mereka memberikan pendekatan yang berbeda untuk ilmu terapan tersebut, berbeda dengan yang dasar, dan bangunan dialog dan kolaborasi antara aktor yang berbeda.

Indonesia merupakan negara yang sering disebut negara maritim, Indonesia mempunyai lautan yang luas dan menyimpan kekayaan sumber daya hayati yang sangat berlimpah dan beragam. Bioteknologi kelautan telah menunjukkan potensinya di berbagai spektrum aplikasi yang berkisar dari biomedis hingga lingkungan. Namun demikian, terlepas dari keberhasilan yang patut dicatat dan sangat prospektif keanekaragaman hayati dan kimia laut yang luas. Sumber daya hayati yang ada di laut salah satunya yaitu biota yang berpotensi untuk dapat dilakukan pengembangan berhubung mempunyai nilai jual yang besar seperti ekosistem mangrove, lamun, karang lunak, plankton, tripang, rumput laut dan lainnya. Tingginya keanekaragaman biota laut memberikan sebuah kesempatan yang sangat tinggi untuk upaya pencarian senyawa metabolit sekunder (bioaktif) diantaranya antijamur, antioksidan, dan antibakteri.

Senyawa metabolit sekunder telah mengalami evolusi dengan mengganggu target-target farmakologis sehingga menjadi suatu senyawa pertahanan. Manusia semakin tertarik melihat potensi senyawa metabolit sekunder untuk kepentingan manusia melalui bioteknologi sehingga semakin diminati dan berkembang. Teknologi dan pengetahuan seiring berkembangnya waktu membuat metabolit sekunder banyak memakai berbagai kebutuhan kehidupan manusia dalam kesehatan (antibakteri, antioksidan, antikanker, antimalaria), lingkungan, pertanian dan pangan. Adanya sebuah kemajuan dalam bidang bioteknologi, semakin membuka peluang dan memungkinkan pemanfaatan Metabolit sekunder yang ada di alam seperti lautan dapat digunakan dalam menopang kehidupan manusia dalam bentuk jasa dan barang untuk kehidupan yang lebih sejahtera.

1.3 Ruang Lingkup Bioteknologi Kelautan



Gambar 1. 5 Aspek terapan bioteknologi.

Ruang lingkup bioteknologi dalam bidang kelautan ini meliputi kajian atau pembahasan yang mencantumkan terkait organisme laut dan aspek terapan.

- Organisme laut** : seluruh taksonomi-taksonomi yang secara berurutan dari mikroorganisme sampai dengan makroorganisme.
- Aspek terapan** : mencakup kajian di bidang kesehatan, kosmetika, pangan, nutrasetika, lingkungan, energi terbarukan, biomaterial, serta sosial-ekonomi-politik.

Mikroba : Bakteri, jamur, dan virus.

Alga : makroalga (rumput laut) dan mikroalga (fitoplankton)

Invertebrata : moluska dan krustasea

Vertebrata : ikan dan mamalia laut

Bioteknologi dapat memonitor kandungan metabolit sekunder pada tumbuhan baik sifatnya ataupun interaksinya. Adanya kandungan senyawa metabolit sekunder ini merupakan faktor yang esensial bagi tumbuhan untuk dapat melindungi diri serangan organisme lainnya. Makhluk hidup lainnya juga memiliki kandungan metabolit sekunder yang bermanfaat bagi tubuhnya. Bioteknologi bisa diterapkan dalam rangka menunjang dan menghasilkan suatu produk bahan-bahan alami yang berasal dari laut, sehingga menyebabkan peningkatan dengan adanya usaha manusia akan kembali pada alam juga sehingga *marine bioprospecting* amat diminati. industri bioteknologi untuk mengembangkan produk produk yang dapat dikembangkan dengan memanfaatkan hayati perairan laut yang beragam seperti mengendalikan pencemaran di wilayah pesisir dan laut serta biota biota laut yang sangat berpotensi dengan kekayaan senyawa-senyawanya.

Marine bioprospecting melalui ilmu bioteknologi dapat digunakan sebagai eksplorasi senyawa kimia baru dari makhluk hidup dan penelusuran secara sistematis pada biokimia dan informasi genetik di alam dengan bertujuan dalam pengembangan produk-produk dari biota biota kelautan. *Marine bioprospecting* dilakukan terutama untuk tujuan penemuan obat. Materi genetik yang dimanfaatkan pada *bioprospecting* merupakan bentuk informasi yang bersumber dari sel organisme hidup yang familiar sebagai sumber daya genetik yang berarti bahwa sumber daya genetik laut mempunyai potensi sangat besar untuk *bioprospecting* di masa depan yang disebabkan oleh masih banyaknya biota yang belum di eksplorasi.

Bioteknologi sangat berperan dalam bidang kesehatan contohnya berperan dalam antibakteri. Mikroba yang menghasilkan senyawa dimana perannya dapat menghentikan peningkatan jumlah mikroba lain disebut antibakteri. Adanya pendekatan dengan bioteknologi ini mampu mengetahui aktivitas antibakteri serta proses ekstraksi dan pengujian pada zona hambat juga. Sebagian besar dari tumbuhan laut seperti mangrove, lamun, rumput laut dapat bermanfaat sebagai bahan obat. Tumbuhan tumbuhan laut mempunyai banyak senyawa yang disebut senyawa bioaktif metabolit sekunder seperti fenol, steroid, terpenoid, flavonoid, saponin, dan alkaloid.

Perbedaan kandungan senyawa dalam tubuh antar biota dapat memberikan peran penting dalam membantu dan membantu kehidupan. Bagian bagian seperti daun, batang, dan akar tersebut juga mempunyai peran esensial kandungan senyawa yang berbeda beda tiap bagiannya. Penerapan ilmu bioteknologi dapat membantu permasalahan permasalahan yang dihadapi dan dapat memaksimalkan pengujian dan penelitian yang dilakukan melalui metode metode yang sangat efisien seperti metode ekstraksi dan metode molekuler.

Bioteknologi sangat berperan dalam bidang kesehatan terutama sebagai antibakteri dan antioksidan. Antioksidan menjadi sebuah topik dan perbincangan dalam bidang kesehatan yang sangat penting. Antioksidan memiliki manfaat dimana antioksidan mampu dalam melindungi dan menjaga tubuh dari kerusakan sel melalui proses menangkal ofensif radikal radikal bebas yang bersifat racun. Senyawa oksigen reaktif disebut juga radikal bebas adalah senyawa yang dimiliki oleh sebuah reaksi oksidatif yang begitu berbahaya, terutama pada manusia saat ini. Stres oksidatif yang diakibatkan oleh radikal bebas di pada tubuh manusia membentuk diantaranya pemicu munculnya berbagai penyakit yang di alami makhluk hidup khususnya manusia manusia.

Kegiatan kegiatan manusia saat ini menghasilkan banyak polusi. Polusi udara meningkat di lingkungan sekitar akibat aktivitas manusia, seperti sinar UV, asap baik dari kendaraan, rokok, pembakaran pabrik, dan pembakaran lahan dan lain-lain. mengkonsumsi makanan dengan pola modern juga mendukung munculnya berbagai jenis penyakit, hal ini biasanya mempunyai kandungan gula, lemak, protein, dan garam yang memiliki kadar tinggi dan rendah serat. Kebiasaan manusia saat inilah yang memicu 141 menyebabkan stres oksidasi, akibatnya memunculkan beraneka macam penyakit degeneratif seperti hipertensi, jantung koroner, kanker, dan juga diabetes militus sehingga mencari informasi mengenai biota biota yang sangat berpotensi dijadikan antibiotik, antioksidan, antibakteri, dan sebagainya.

Kebutuhan antibiotik alami seperti antibakteri, antioksidan eksogen, antikanker antijamur dapat meningkatkan sadarnya masyarakat tentang berharganya kehidupan yang sehat. Antioksidan dapat diperoleh secara alami yaitu dari beragam tumbuhan non pangan dan pangan. Senyawa seperti tanin, polifenol, flavonoid,

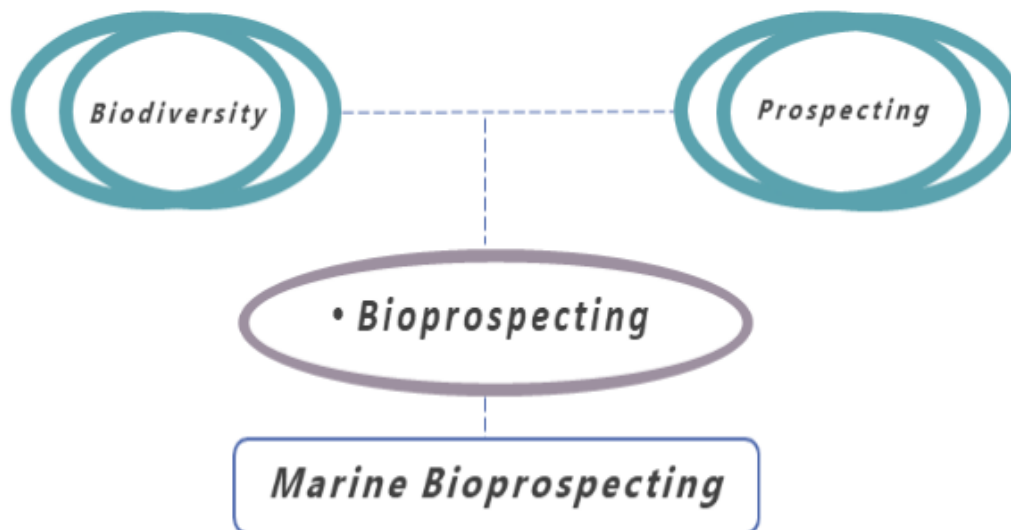
alkaloid, vitamin C, beta karoten, dan lainnya yang ada pada tumbuhan banyak mengandung senyawa antioksidan yang aman bagi tubuh manusia. Akan tetapi saat ini tersedianya antioksidan alami ketersediaannya yang masih minim. Kandungan pada antioksidan sintetik seringkali memiliki dampak negatif bagi kesehatan jika dikonsumsi manusia secara berlebihan. Bioteknologi sangat dibutuhkan dalam pengujian dan penemuan berbagai potensi potensi hasil laut yang sangat melimpah namun belum banyak diketahui potensinya.

Dalam mendapatkan dan memperoleh informasi mengenai senyawa kimia tentang sebuah proses peningkatan dan pertumbuhan kualitas pada tumbuhan dapat menggunakan biosintesis pada kandungan metabolit sekunder. Proses ekstraksi dan isolasi dalam bioteknologi sangat berperan dan diperlukan untuk memisahkan dan mengambil senyawa metabolit sekunder yang diperlukan itu akibatnya manfaat dapat diperoleh. Berbagai metode metode ekstraksi yang terdapat saat ini sangat berguna dalam memperoleh senyawa senyawa yang diperlukan dan diinginkan. Metode ekstraksi seperti maserasi, perkolasi dan sebagainya saat ini sangat menunjang penelitian mengenai penemuan senyawa senyawa yang tersembunyi di balik biota biota lautan. Metode identifikasi secara kualitatif dan kuantitatif dan perkembangan bioteknologi yang semakin meningkat membuka peluang peneliti peneliti saat ini dalam penemuan berbagai kandungan kandungan senyawa metabolit sekunder.

Perkembangan teknologi dan ilmu pengetahuan yang pesat, terkhusus pada bidang ilmu Bioteknologi kini telah berhasil mengungkap dan menyibak banyak hal yang memungkinkan bahwa beberapa tahun lalu belum diketahui oleh manusia. Tidak pernah dibayangkan bahwa dalam tumbuhan serta biota memiliki potensi yang dapat menjadi obat dan menjadi alternatif penyembuhan pada suatu penyakit atau pencegahan dari penyakit tertentu. Tidak pula terlintas dibenak generasi manusia abad lalu yang menemukan bahwa makhluk hidup yang tinggal di laut dapat menghasilkan senyawa kimia "baru" yang sangat penting bagi kemaslahatan dan kesejahteraan manusia masa kini. Singkatnya, perkembangan sebuah kemajuan bioteknologi menyimpan harapan bagi semakin sejahteranya manusia dan semakin membaiknya harapan hidup pada masa depan.



BAB II
MARINE BIOPROSPECTING
BIOTA LAUT



Gambar 2. 1 Skema *marine bioprospecting*.

Marine bioprospecting dilakukan terutama untuk tujuan penemuan obat. Materi genetik yang diperlukan pada *bioprospecting* adalah suatu bentuk informasi yang berasal dari sel organisme hidup dan dikenal sebagai sumber daya genetik. Dalam dunia *bioprospecting* sumber daya genetik laut di masa depan akan memiliki potensi yang sangat esensial karena masih banyaknya bagian belum tereksplor. Keanekaragaman hayati baik yang berada di daratan maupun lautan merupakan sektor terpenting dalam kehidupan setiap makhluk hidup terutama manusia karena dari keanekaragaman yang ada terdapat unsur yang banyak manfaatnya dalam berbagai bidang. Menyelamatkan ekosistem dan habitat merupakan faktor esensial yang dapat dilakukan.

Penyelamatan sumber daya hayati bermakna mengantisipasi kejadian merusaknya suatu ekosistem alam dan juga aktif melindunginya. Perkembangan teknologi pada zaman sekarang semakin menjadi suatu usaha usaha preservasi terhadap sumber daya hayati lebih mudah untuk dipraktikan. Memilih bioteknologi menjadi pilihan dari banyaknya teknologi yang digunakan untuk upaya pelestarian. Pemanfaatan ilmu bioteknologi berkembang di

berbagai bidang seperti kelautan, pertanian, peternakan, kedokteran, farmasi, dan juga bidang lainnya. Upaya atau kegiatan untuk mendapatkan suatu manfaat dari berbagai bidang tersebut disebut sebagai bioprospeksi.

Biodiversity dan *prospecting* merupakan gabungan kata yang dapat menggabungkan kata bioprospeksi yang memiliki arti suatu metode penemuan dari sumber daya hayati yang meliputi sumber daya materi biologi dan genetik yang merupakan proses pencarian sumber daya hayati komponen utama untuk keperluan komersial. Tumbuhan, hewan, dan mikroorganisme merupakan bagian dari sumber daya genetik. Organisme ini dapat ditemukan pada habitat yang luas serta beragam seperti hutan, perkebunan, dan lahan pertanian. Lembaga atau institusi seperti pada perusahaan baik milik negara maupun milik swasta juga dapat melakukan bioprospeksi.

Convention on Biological Diversity (CBD) dimulai sejak tahun 1990-an ini merupakan sebuah kegiatan bioprospeksi dimana dalam kegiatan ini membuat sebuah perjanjian atau kongres yang bernama. Kegiatan koleksi, eksplorasi, penelitian, dan pemanfaatan dari sumber daya biologi serta sumber daya genetik dengan sistematis untuk mendapatkan organisme, senyawa kimia, gen, dan sumber lain yang dapat mempunyai nilai ilmiah dan dikomersilkan tanpa meninggalkan kelestarian dari keanekaragaman hayati disebut juga dengan bioprospeksi. Bioprospeksi ini dapat menjadikan rangkaian industri di dunia akan semakin meningkat disebabkan dapat memperoleh sumber daya yang dapat diperbaharui dan produk yang diperoleh memiliki sifat alami dan baik bagi lingkungan.

2.1 Bioprospeksi Laut



Gambar 2. 2 Cakupan bioprospeksi laut.

Aktivitas pemanfaatan dan eksplorasi sumber daya hayati yang berawal dari lautan dan sekitarnya seperti dasar laut, daerah pantai, dan juga wilayah sekitar laut atau disebut daerah air payau, estuary, air tawar disebut dengan bioprospeksi laut. Cakupan dalam bioprospeksi ini yaitu semua jenis pada organisme mikro seperti, jamur, bakteri, dan virus sampai dengan organisme lainnya seperti hewan avertebrata, invertebrata, dan tumbuhan laut. Bioprospeksi laut memiliki prospek yang sangat baik dalam suatu bidang industri dewasa ini. Adapun tahapan pada aktivitas ini dimulai dari pengelompokan bahan yang berasal dari laut, menganalisis dan melakukan pengembangan untuk memperoleh material yang memiliki nilai ekonomis untuk dijual. Selanjutnya hasil dari bioprospeksi ini dapat diproduksi untuk kemudian dikomersialisasikan. Melakukan kegiatan bioprospeksi ini bertujuan untuk memperoleh komponen seperti kandungan senyawa gen atau bioaktif yang dapat dimiliki sebagai bahan material dalam sebuah produk dan dapat membantu dalam bidang tertentu seperti aplikasinya pada makanan, obat-obatan, dan industri pengolahan.

Bioprospeksi laut adalah proses yang berada di garis depan produksi industri. Ini melibatkan pengumpulan bahan dari laut, kategorisasi dan analisis hingga penelitian dan pengembangan. Bioprospeksi laut memberikan peluang untuk memanfaatkan materi genetik dari laut secara berkelanjutan. Ini tentang melakukan sesuatu yang baru untuk menciptakan kekayaan masa depan. Kekuatan globalisasi meningkatkan persaingan internasional, dan karena itu kita harus berusaha keras untuk melanggar dan menjaga daya saing kita untuk mempertahankan standar hidup kita yang tinggi.

Tujuan bioprospeksi laut, dari perspektif bisnis, adalah untuk memperoleh materi gen atau senyawa yang mungkin dimasukkan menjadi komponen dalam sebuah proses atau produk. Oleh karena itu, bioprospeksi laut tidak sebuah industri dalam pengertian tradisional, tetapi mungkin memperoleh senyawa berbeda yang dapat digunakan dalam banyak perbedaan industri. Bioprospeksi laut membuat eksploitasi bioaktif senyawa dari organisme laut mungkin. Pengumpulan dan analisis / persiapan ekstensif dari yang dikumpulkan bahan diperlukan sebelum bahan tersebut cocok pengembangan lebih lanjut ke produk akhir atau komponen produk. Berbagai fase dalam bioprospeksi laut dapat diilustrasikan menggunakan model yang disederhanakan (lihat diagram di bawah) yang menunjukkan perkembangan dari koleksi organisme laut, persiapan, kategorisasi, penyimpanan dan analisis untuk pembuatan suatu zat, yaitu genetik laut dan bahan biologis dengan potensi untuk digunakan lebih lanjut.



Gambar 2. 3 Diagram *marine biobank*.
Sumber : Sidharta, 2016.

Tahapan teknis digambarkan dalam diagram sebelumnya dapat dianggap sebagai bagian dari rantai nilai jarang linier. Dalam prakteknya, biasanya ada interaksi ekstensif antara berbagai fase hingga produk akhir. Proyek tersebut mungkin berbasis pasar atau berbasis teknologi, atau mungkin merupakan kombinasi keduanya. Sebagai dengan bioteknologi pada umumnya, komersialisasi terkait bioprospeksi laut bersifat jangka panjang, multidisiplin, padat modal dan berisiko. Sehubungan dengan elemen-elemen ini, akan ada variasi yang cukup besar menurut kisaran penggunaan yang diusulkan, misalkan pada biaya pengembangan produk untuk perawatan medis manusia umumnya akan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan yang lain.

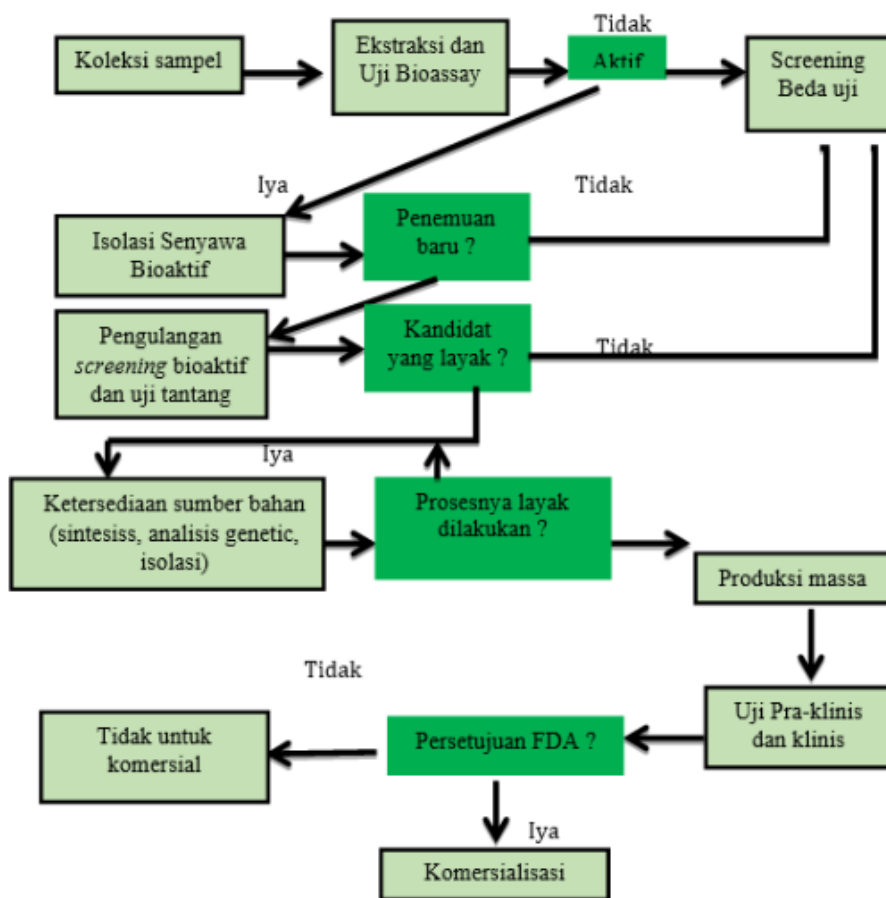
Pemenuhan harapan dalam menemukan substansi bioaktif yang baru dapat dilakukan dengan melibatkan pengambilan biota laut yang melimpah sehingga dapat dikembangkan menjadi suatu senyawa obat yang dapat bermanfaat. Metabolit sekunder atau substansi bioaktif pada tahapan awal pengambilannya masih bersifat luas serta spekulatif. Proses selanjutnya yaitu melibatkan proses ekstraksi dan maserasi. Hasil ekstraksi yang diperoleh dari setiap banyaknya sampel dapat diuji aktivitas biologisnya untuk berbagai penyakit baik yang menular ataupun penyakit kanker dengan menggunakan uji invitro agar dapat memperoleh sampel yang kecil yang memiliki aktivitas biologisnya. Selanjutnya hasil ekstraksi dilakukan analisis lanjutan melalui sebuah proses fraksinasi, isolasi, dan kromatografi dapat menentukan struktur senyawa aktif. Bioprospeksi memiliki kunci utama yaitu dapat menyediakan ribuan senyawa yang mempunyai keunikan struktur bioaktivitasnya.

Lautan memiliki keanekaragaman hayati yang lebih banyak dibandingkan dengan daratan. Dewasa ini, diketahui bahwa masih sangat minim sekali terkait molekul dan juga sifat genetik pada spesies laut pada perairan dalam. Sampai dengan sekarang para peneliti hanya terkonsentrasi pada sebuah daerah subtropis dan tropis saja. Hal ini tentu menjadi sebuah peluang kesempatan yang bisa diambil untuk menggerakkan sebuah penelitian pada bagian perairan utara, diasumsikan bahwa daerah ini masih memiliki organisme laut dengan senyawa aktif yang melimpah. Dalam penemuan ini terdapat contoh peristiwa yaitu pada organisme atau spesies yang hidup di perairan kutub utara bumi (Arktik), lingkungan ini memiliki keadaan yang ekstrim seperti suhu udara yang sangat rendah dan juga rendah kadar garam, cahaya yang diperoleh juga bervariasi. Keadaan seperti ini akan memunculkan bahwa organisme laut untuk survive atau bertahan hidup dalam memproduksi senyawa bio aktif dapat dimanfaatkan untuk perkembangan bioprospeksi. Identifikasi serta mengoleksi suatu organisme yang berpotensi untuk ditingkatkan secara banyak yang memanfaatkan bioteknologi merupakan tujuan dari bioprospeksi.

2.2 Proses Bioprospeksi

Lingkungan yang memiliki karakteristik berbeda-beda menjadikan sumber daya laut dan darat memiliki keunikan tersendiri untuk mempertahankan hidup. Adapun bahan dan proses yang dibutuhkan sumber daya hayati untuk mempertahankan hidupnya dari pH, tekanan, suhu ekstrim membuat hal ini sebagai sumber yang memiliki potensi untuk ditingkatkan dari kegiatan bioprospeksi. Selanjutnya tahapan dari bioprospeksi sebagai berikut.

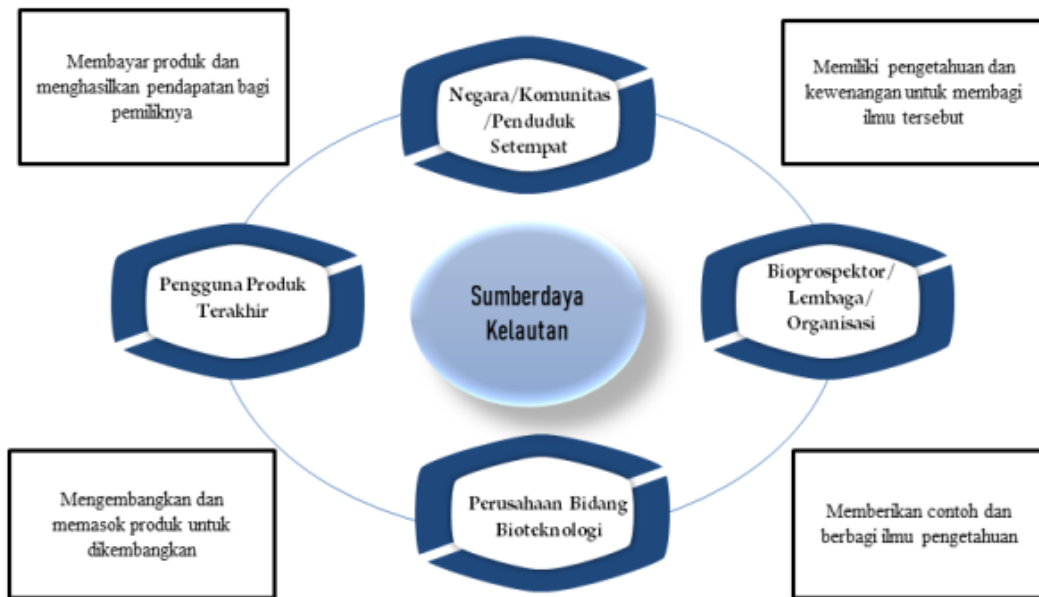
1. Sampel yang diperoleh dari beragam lokasi
2. Produksi senyawa dan isolasi karakterisasi tertentu
3. Melakukan screening pada sebuah bahan yang memiliki potensi di bidang kelautan
4. Melakukan pengembangan dengan menciptakan hak paten, penjualan, promosi, dan juga pemasaran



Gambar 2. 4 Proses bioprospeksi untuk dikomersialisasikan.

Sumber : Newman dan Crag, 2005.

Komponen penting dalam mekanisme pembagian manfaat antara pemerintah dan sumber daya laut dalam sektor bioprospeksi. Pekerjaan sekarang berfokus pada penilaian posisi berbagai mekanisme pembagian manfaat yang terkait dengan bioprospeksi laut dan instrumen hukum internasional yang mempromosikan keuntungan yang rata dan adil untuk masyarakat adat setempat sebagai pemangku kepentingan utama dalam aktivitas bioprospeksi laut. Konsep bab pembagian keuntungan dan sumber daya genetik dijelaskan dengan jelas dalam Konvensi Persatuan Bangsa-bangsa Keanekaragaman Hayati Pasal 8 (j) Konvensi mengakui pentingnya pengetahuan, praktik, dan inovasi masyarakat adat dan lokal. Pasal 15 Konvensi Keanekaragaman Hayati menekankan pada publik atau swasta perusahaan untuk mendapatkan persetujuan sebelumnya untuk mencari akses ke sumber daya keanekaragaman hayati. Selanjutnya, tujuan ketiga dari konvensi sebagaimana diatur dalam Pasal 1 adalah untuk memastikan pembagian dari keuntungan yang rata dan adil bersama dengan akses ke genetik sumber daya. Banyak keanekaragaman hayati dan negara-negara kaya pengetahuan tradisional yang terkait sedang berusaha untuk memperkenalkan peraturan perundang-undangan yang berfokus pada akses dan sistem pembagian manfaat sesuai dengan Konvensi Keanekaragaman Hayati. Berikut merupakan organisasi yang telah dibentuk untuk mengatur aktivitas bioprospeksi.



Gambar 2. 5 Organisasi untuk mengatur aktivitas bioprospeksi.

2.3 Aplikasi Bioteknologi dalam Bioprospeksi

Dibandingkan dengan cabang ilmu lainnya bioteknologi termasuk dalam cabang ilmu baru, akan tetapi seiring berkembangnya zaman para ahli dalam penelitian tentang bioteknologi semakin meningkat apalagi sudah ditemukannya sebuah peralatan dan teknik yang modern seperti *polymerase chain reaction* (PCR), *HPLC*, *GC-MS*, *LC-MS sequencer* dan *microarray*. Bioteknologi digunakan dan dimanfaatkan dalam berbagai bidang contohnya pertanian, perikanan, peternakan, kedokteran, kelautan farmasi, dan lainnya yang berhubungan untuk memanfaatkan agen hayati. Kemajuan bioteknologi di Indonesia semakin berkembang tidak kalah jauh dengan negara maju lainnya, baik yang itu ilmu terapan dan ilmu dasar yang berpotensi untuk dikomersialisasikan. Membangun sebuah industri dapat dilakukan dengan hasil dari penelitian bioteknologi. Berikut gambar peralatan modern dalam Bioteknologi.



Gambar 2. 6 Peralatan modern dalam bioteknologi.

Perkembangan industri dapat memacu dan meningkatnya berkembangnya bioprospeksi yang semakin mengintensifkan suatu penelitian. Terbukanya peluang besar dalam transfer gen dengan tidak terbatas baik kepada spesies ataupun antar famili dengan adanya bioteknologi yang berkembang pesat saat ini. Sebagai negara yang akan akan sumber daya genetik Indonesia harus melakukan upaya untuk dapat melindungi suatu keanekaragaman hayati yang merupakan kekayaan negara yang begitu berharga di masa yang akan datang. Selanjutnya pemerintah juga menetapkan Undang-undang Nomor 12 tahun 2004 yang mengesahkan terkait Protokol Cartagena tentang keamanan hayati atas konvensi tentang keanekaragaman hayati.

Kegiatan *marine bioprospecting* ini menjadi bagian yang sangat penting dari pengaplikasian bioteknologi karena diharapkan output dari bioprospeksi ini selalu berbasis bioteknologi. Pada bidang industri saat ini aplikasi bioteknologi sudah mencapai 39%, sektor pangan/pertanian mencapai 36%, dan untuk kesehatan mencapai 25%. Saat ini hasil dari pengembangan bioprospeksi dari suatu mikroorganisme dengan aplikasi bioteknologi dapat mempersembahkan suatu kontribusi seperti produk dan juga proses untuk memenuhi kebutuhan hidup manusia. Bioprospeksi ini adalah dasar yang sangat penting untuk diketahui menjadi dasar dari produk dan suatu proses yang alami dan juga dapat digunakan pada berbagai aplikasi yaitu bahan untuk perasa dan kandungan nutrisi makanan, obat-obatan, pakan hewan yang mengandung enzim dan mikroorganismee berguna untuk meningkatkan pakan ternak. Tidak

hanya itu dengan adanya bioteknologi ini, hasil dari bioprospeksi dapat dikembangkan menjadi energi terbarukan dan control lingkungan. Penerapan bioteknologi ini diharapkan dapat memproduksi secara banyak bernilai tinggi tanpa mengurangi polusi pada lingkungan dan menurunkan kualitas alaminya.

Kebutuhan manusia saat ini memerlukan kembali terkait pemanfaatan hasil kekayaan alam secara langsung terutama dalam dunia medis atau disebut juga *back to nature*, hal ini merupakan manfaat yang dimiliki oleh bioteknologi. Perkembangan pesat di belahan dunia saat ini untuk upaya penelitian dan pencarian mengenai terkait tanaman obat. Produk yang bersumber dari tanaman yang berpotensi sebagai obat menjadi bagian pelengkap dalam suatu substitusi pemanfaatan obat yang menjadikan suatu pola hidup sebagian masyarakat. Prediksi peningkatan produk obat yang berasal dari tanaman saat ini mengakibatkan tingginya nilai perdagangan. Nilai perdagangan untuk obat herbal, suplemen makanan, nutraceutical dan lainnya di dunia pada tahun 2000 berdasarkan Deptan (2000) besarnya mencapai US\$40 miliar. Kemudian mengalami peningkatan lagi sebesar US\$60 miliar pada tahun 2002, dan diperkirakan peningkatan sebesar US\$ 5 triliun akan terjadi pada tahun 2050 dan maka apabila dipersenkan sekitar 15%/tahun, hal ini memperlihatkan hasil bahwa lebih tinggi apabila disandingkan dengan angka perdagangan obat tradisional yang hanya 3%/tahun. Tidak hanya itu data lain juga menunjukkan bahwa peningkatan permintaan obat alami di dalam negeri terjadinya peningkatan yang cukup signifikan seperti yang telah dilampirkan pada (Tabel 2.1).

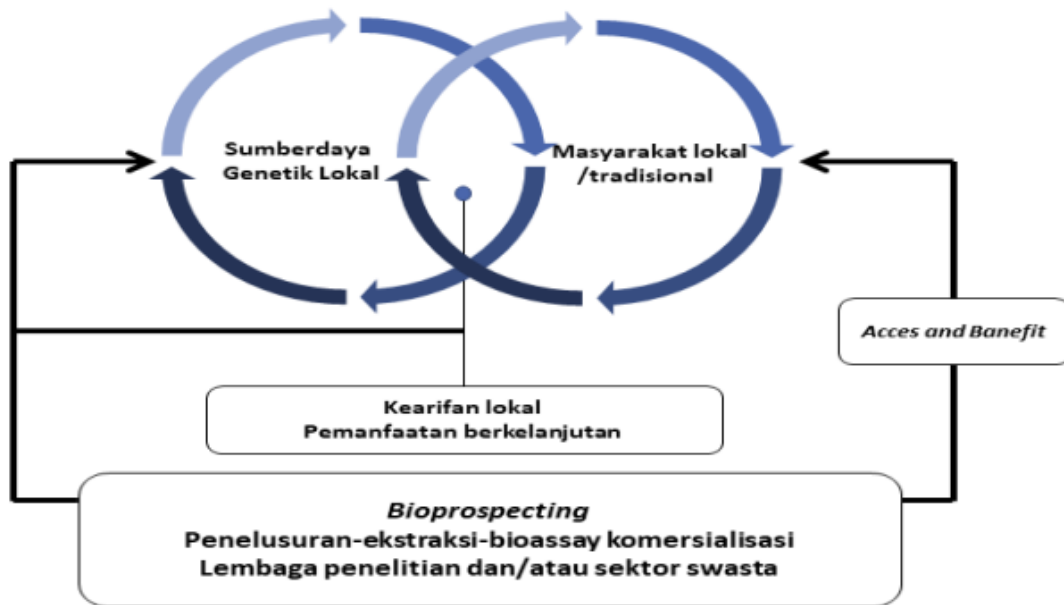
Tabel 2.1. Perbedaan permintaan bahan alami dan obat modern.

Tahun	Obat Modern		Obat Berbahan Alami	
	Pangsa pasar (%)	Permintaan (Rp.Triliun)	Permintaan (Rp.Triliun)	Pangsa pasar (%)
2003	89.50	17	2	10.50
2010	84.00	37	7.2	16.00

Sumber : LIPI (2003).

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa permintaan obat alami lebih rendah jika dibandingkan obat modern, hal ini memperlihatkan bahwa Indonesia dengan sumber daya hayati yang tinggi mempunyai peluang yang begitu besar dalam upaya pengembangan bioprospeksi tanaman obat yang dimana seiring perkembangan teknologi membuat semakin meningkatnya permintaan terkait industri farmasi seperti obat-obatan yang berasal dari senyawa alami dengan harapan dapat berkhasiat untuk menyembuhkan berbagai penyakit. Akan tetapi pemanfaatan tanaman obat alami seringkali bertolak belakang dengan aturan yang telah ditetapkan, oleh sebab itu terancamnya kelestarian obat tersebut hal inilah menjadi suatu permasalahan yang sering terjadi. Permasalahan lainnya juga terjadi seperti tidak adanya sistem pembagian hasil keuntungan yang seimbang dan adil antara pemerintah, pemanfaat, masyarakat lokal, dan pengelola kawasan setempat yang padahal mereka mempunyai pengetahuan dan kearifan tradisional yang diperoleh secara turun temurun dari leluhurnya saat pengetahuan dan budaya lokal yang dimiliki oleh mereka digunakan oleh suatu pihak pemanfaat tanaman obat tanpa memberi keuntungan, maka mereka merasa sangat dirugikan.

Permasalahan yang sering juga terjadi pada suatu kawasan terutama kawasan konservasi terkait pemanfaatan tumbuhan obat yaitu disebabkan oleh tidak terjadinya pembagian keuntungan dari pengelola obat yang juga dapat digunakan bagi pelestarian dan upaya perbaikan kawasan tersebut. Terkait dengan permasalahan ini dalam upaya pemanfaatan tanaman obat di wilayah konservasi membutuhkan pelaksanaan yang berkelanjutan, yaitu dengan melakukan kegiatan *bioprospecting* bidang medis. Bioprospeksi termasuk juga klasifikasi, investigasi, dan penelusuran sistematis untuk tujuan komersial dari sumber kandungan kimia baru baik senyawa metabolit primer maupun sekunder dengan nilai ekonomi yang konkret dan memiliki peluang yang dimanfaatkan dalam sumber daya hayati. Bioprospeksi ini termasuk suatu jalan yang dapat mempersatukan antara potensi ketersediaan dan juga permintaan atau disebut dengan *supply* dan *demand* yang terus mengalami peningkatan baik dalam bidang pangan, sandang dan juga kesehatan (obat-obatan). Lewat hal peningkatan aktivitas bioprospeksi ini difokuskan hutan Indonesia dapat menjadi sumber pemanfaatan obat dengan catatan selalu menerapkan kelestarian dan melakukan konservasi dan serta keberlangsungan secara berlanjut.



Gambar 2.7 Acces and banefit bioprospecting.

2.4 Keberadaan dan Potensi Bioprospeksi di Indonesia

Indonesia sebagai negara yang mempunyai kekayaan alam biodiversitas terestrial tertinggi kedua di dunia. Apabila disatukan dengan keanekaragaman hayati laut maka Indonesia menjadi yang pertama di dunia. Jumlah dan jenis kandungan dalam sumber daya alam menjadi suatu potensi bagi kehidupan manusia. Adanya sumber daya alam ini memiliki fungsi sebagai hasil bahan papan, pangan, energi, dan juga keperluan hidup manusia lainnya. Karbohidrat, protein, vitamin, dan lemak termasuk dalam sumber bahan pangan yang paling dominan. Memelihara kesetimbangan iklim yang dapat memperoleh beragam jenis kayu adalah sumber daya hayati berupa vegetasi. Indonesia juga termasuk negara terluas yang memiliki ekosistem mangrove dan juga mempunyai keanekaragaman hayati yang signifikan tinggi. Kawasan mangrove Indonesia memiliki panjang garis pantai sebesar 95,181 km² dengan luas berkisar 3.489.140,68 Ha. Total keseluruhan luas mangrove di dunia ini adalah 16.530.000 Ha dan sekitar 23% dimiliki oleh wilayah Indonesia sehingga hal ini menjadi potensi ekonomi besar akibatnya mengandung kandungan selulosa, polifenol, dan lignin yang bermanfaat dalam kebutuhan hidup manusia.

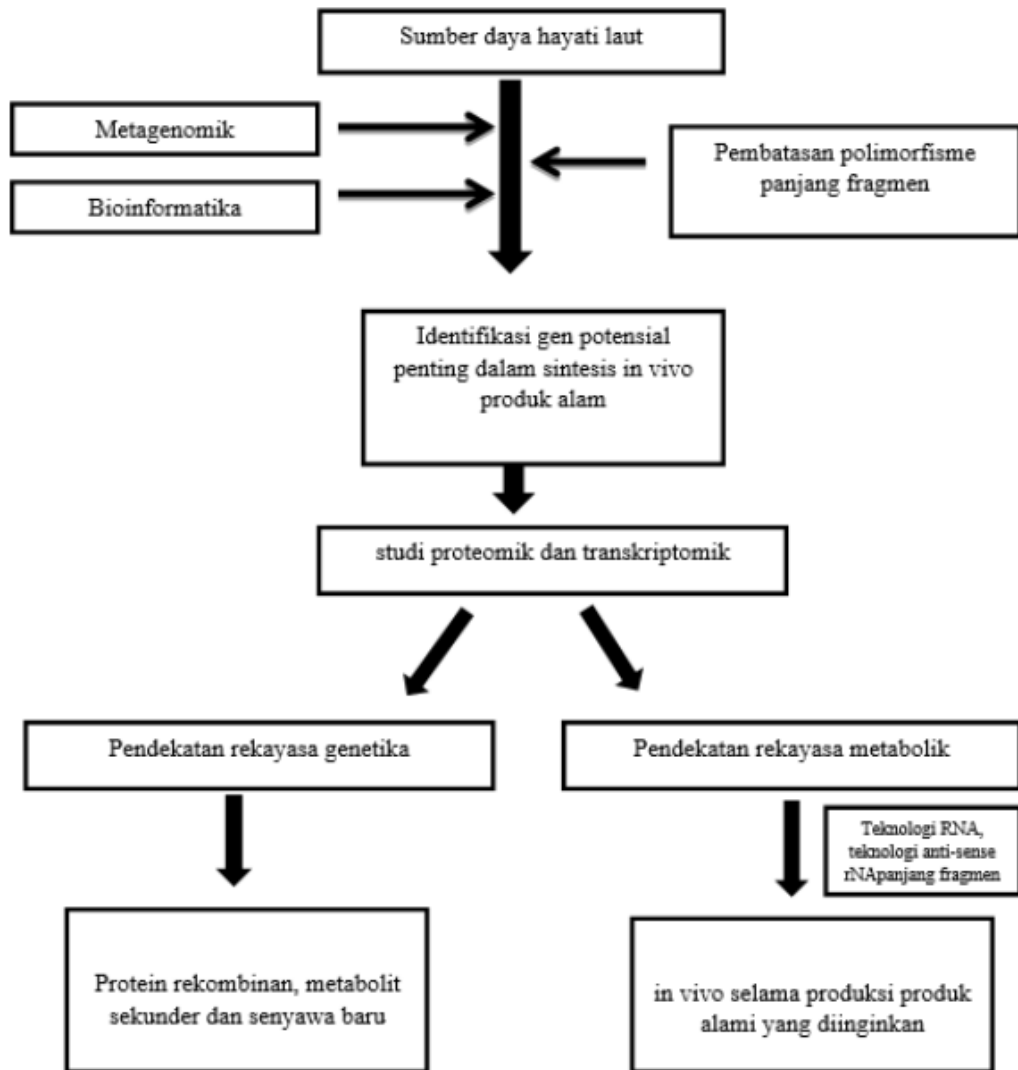


Gambar 2. 8 Hutan mangrove.

Potensi sumber daya yang melimpah dalam dunia bioteknologi kelautan baik mangrove ataupun sumber daya yang lainnya apabila dieksploitasi secara berlebihan maka akan mengakibatkan kerusakan dari sumber daya itu sendiri yang dimana akan berdampak kepada seluruh komponen makhluk hidup. Oleh sebab itu, potensi atau **50** kekayaan alam yang dimiliki Indonesia harus dijaga dan dilestarikan. Sumber daya **50** m tidak selamanya melimpah persebarannya, hal ini dikarenakan ada beberapa sumber daya alam yang jumlahnya terbatas, umumnya dalam proses pembentukannya memerlukan kurun waktu yang biasanya lama. Bioteknologi kelautan memiliki potensi esensial yang dimana memberikan sumbangsih nyata terhadap pembangunan masyarakat dengan lingkungan yang berkelanjutan.

Bioteknologi kelautan mewakili bidang kunci yang memberikan alat, metode, dan temuan baru yang berguna bagi perubahan masyarakat menuju masa depan. Prospek peningkatan kecepatan penemuan sebagian besar didukung oleh kemajuan teknologi yang digunakan dalam mengeksplorasi laut dan keragaman genetik yang terkandung di dalamnya. Teknologi maju untuk meneliti dan mengamati laut dalam. Propagasi terkini bidang biologi molekuler, termasuk genomik, metagenomik, transcriptomic, proteomik, dan bioinformatika bersama dengan perkembangan teknologi seperti rekayasa genetika dan penapisan senyawa bioaktif

menawarkan peluang sangat khas untuk mengembangkan senyawa alami laut sebagai calon obat potensial. Sangat diharapkan kecepatan penemuan terus meningkat seiring dengan pengembangan teknologi. Tingginya keragaman hayati laut memberikan peluang untuk dilakukan bioprospeksi, yaitu sebuah proses untuk mengidentifikasi dan mengisolasi senyawa alami dari bahan genetik.



Gambar 2. 9 Penelitian dan pengembangan senyawa fungsional dan organisme laut dengan penerapan biologi molekuler menuju bioteknologi kelautan masa depan.

Sumber : (Samarakoon *et al.* , 2014).

Prospek keuntungan bioteknologi kelautan secara umum dikhususkan membentuk dua bagian yaitu sebagai berikut.

1. Moneter yang berupa biaya akses, pembayaran di muka, royalty, biaya lisensi komersialisasi, gaji, hibah penelitian, kerja sama, kepemilikan bersama hak cipta dan lain sebagainya.
2. Non-moneter dapat meliputi yaitu, bagi hasil penelitian dan hak pengembangan, kerja sama pengembangan ilmiah, partisipasi pengembangan produk, akses terhadap fasilitas ex situ dan database, gedung pelatihan, sumbangan terhadap ekonomi setempat, keuntungan makanan dan keamanan, kepemilikan bersama hak cipta dst.

Kegiatan bioprospeksi umumnya memerlukan jumlah biomassa sangat terbatas untuk temuan awa, meskipun pada tahap berikutnya diperlukan jumlah biomassa lebih banyak, umumnya kegiatan bioprospeksi dianggap tidak menyebabkan ancaman terhadap keragaman hayati, bila dibandingkan dengan penggunaan biomassa besar-besaran untuk kebutuhan makanan dan eksploitasi mineral (misalnya tambang dan minyak bumi). Peluang untuk mengembangkan Bioteknologi Kelautan di Indonesia sangat besar, mengingat “kesadaran” banyak pihak tentang pentingnya hal ini bagi masa depan bangsa Indonesia. Pengembangan sektor kelautan telah semakin digiatkan di Indonesia, antara lain melalui pembentukan kementerian tersendiri yang bertanggung jawab menangani kelautan sejak tahun 2000. Sejak awal adanya Departemen Kelautan dan Perikanan (KKP), pemerintah Negara Kesatuan Republik Indonesia telah menyiapkan landasan penting untuk penerapannya.

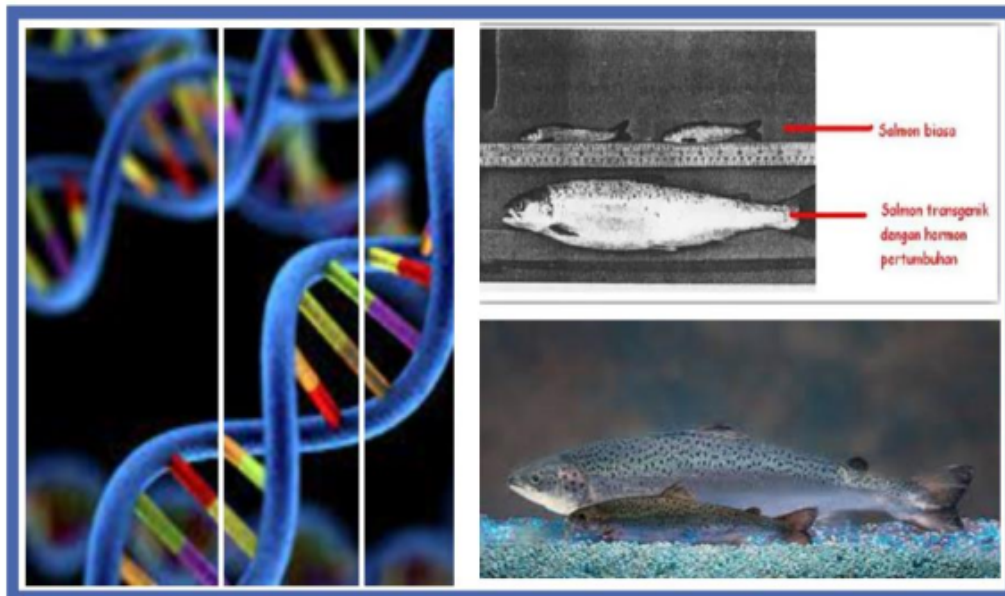
Sumber daya alam hayati saat ini begitu diperlukan dalam kehidupan manusia untuk sandang, tempat tinggal, dan bahan konsumsi makanan serta dengan keragaman komponen kandungan senyawa di dalamnya. Pemanfaatan spesies sumberdaya secara berkelanjutan telah dilakukan karena mempunyai daur hidup yang pendek akibatnya mudah untuk dibudidayakan. Alternatif yang strategis dalam pemanfaatan sumber daya hutan pengganti kayu dapat menggunakan bioprospeksi. Aktivitas bioprospeksi ini dapat dilakukan secara konvensional maupun secara ilmiah, sehingga sumber daya alam hayati dapat ditemukan melalui kedua cara tersebut. penilaian secara ekonomi juga diperlukan dalam melihat

potensi sumber daya alam hayati sehingga memunculkan konsep dari bioprospeksi dapat dilaksanakan dengan formal dalam sistem pengelolaan hutan. Di Indonesia saat ini belum bisa melakukan pendekatan ekologis dalam pemeliharaan hutan, karena hutan saat ini masih menjadi sumber devisa negara dan juga pendapatan masyarakat sekitarnya. Adapun terkait dengan permasalahan eksploitasi hutan dapat diatasi dengan pendekatan secara ekonomi yang menerapkan wawasan terhadap lingkungan. Spesies yang ada di Indonesia baik endemis maupun nonendemis dapat menjadi sumber dari bioprospeksi untuk kemudian dikelola lebih lanjut dengan baik yaitu dengan nilai ekonomi tinggi yang berwawasan terhadap lingkungan. Potensi lainnya juga yang dapat dikelola yaitu senyawa bioaktif pada jenis tanaman untuk pengendalian terhadap penyakit maupun hama.

Bioprospeksi tidak hanya bersumber dari habitat hutan saja tetapi perairan juga dapat menjadi salah satu potensi untuk bioprospeksi, dengan alasan bahwa Indonesia merupakan negara yang beriklim tropis akibatnya beberapa makhluk hidup dapat berkembang biak dengan baik. Akan tetapi misteri dalam pemanfaatannya masih banyaaak yang belum diungkap. Contohnya skrining pada sampel tanah sawah yang memperoleh beragam strain bakteri sebagai penghasil enzim fosfatase dan fitase, seperti dari marga *Klebsiella*, *Bacillus*, *Pantoea*, dan *Enterobacter*.

a. Peranan Bioteknologi dalam Bidang Perikanan

Bioteknologi juga bergerak dalam bidang perikanan, dimana penerapan pada bidang perikanan ini begitu luas yang dimulai dengan teknis media budidaya ikan sampai dengan pasca pemanenan hasil perikanan. Mikroorganisme dapat menjadi media ikan yang berkualitas yang dapat dipertahankan dan tentunya hal ini telah terbukti aman. Bioteknologi telah menghasilkan ikan dengan karakteristik genetik langka yang diperoleh melalui rekayasa genetika. Menghasilkan ikan yang cepat tumbuh dapat dilakukan dengan rekayasa genetika, tidak hanya itu dapat juga menghasilkan warna menarik, daging yang tebal, tahan penyakit, dan lainnya. Selanjutnya saat proses terakhir setelah panen, bioteknologi dapat mentransformasi ikan dengan tahapan transformasi biologis untuk menghasilkan produk yang beruntung untuk berlangsungnya kehidupan manusia.



Gambar 2. 10 Bioteknologi perikanan.

Saat ini terbukti bahwa penggunaan mikroorganisme bisa menjaga kualitas media agar aman dimanfaatkan untuk media budidaya. adanya bioteknologi ini telah menghasilkan ikan dengan karakteristik genetik unik yang diperoleh melalui rekayasa genetika. Rekayasa genetika bisa membuat ikan yang cepat tumbuh, berwarna menarik, berdaging tebal, tahan penyakit, dan banyak. Bioteknologi dapat mengganti ikan menjadi produk yang bermanfaat melalui proses konversi biologis. Kelangsungan hayati manusia begitu. sejak abad ke-11, orang sebenarnya telah memanfaatkan prinsip dasar ini. Produksi makanan mirip pedas, kecap ikan dan pasta ikan artinya akibat berasal bioteknologi. Pembahasan terkait ketahanan pangan saat ini sudah menjadi info global yang sedang dibahas saat ini.

Populasi global diperkirakan mencapai 12 miliar di tahun 2033. Sebagian besar penduduknya tinggal di benua Asia. Terkait pernyataan ini, diprediksi permintaan pangan dari penduduk Asia di tahun 2040 akan melebihi pasokan yang ada. Sebab situasi ini, bangsa Indonesia harus bekerja keras untuk memenuhi permintaan pangan supaya tidak mengalami kekurangan pangan tersebut. Langkah-langkah pemerintah buat mencapai ketahanan pangan saat ini semakin jelas dan salah satu perjanjiannya adalah melipatgandakan produksi ikan dari waktu sebelumnya.

Penyebab nilai produksi perikanan Indonesia rendah yaitu kemampuan mereka dalam memanfaatkannya, 20-25% diperkirakan akibat bahari tidak terpakai sebab masih belum diolah, Bioteknologi Pengolahan Perikanan (BPHP) ialah salah satu cabang bioteknologi pangan yang sudah usang digunakan warga Indonesia untuk melakukan pengolahan hasil laut. Produk yang dibuat warga melalui penerapan bioteknologi diantaranya pede, asam jawa, silase, asam jawa, terasi, dan kecap ikan. Meskipun tidak tahu prinsip-prinsip ilmiah yang menjadi dasar ilmunya, pengolah ikan telah menggunakan ilmu ini untuk membentuk makanan berbasis ikan selama berabad-abad.

Secara garis besar BPHP merupakan salah satu teknik pengolahan hasil laut dengan menggunakan jasa organisme hidup atau mikroorganisme. Mikroba memiliki sifat dimana yang menjadi dasar dari pemanfaatan BPHP karena bisa melepaskan senyawa kompleks yang lebih sederhana dan efisien untuk memperoleh makanan padat, setengah padat, dan cair. Kemampuan dalam mengubah senyawa kompleks (lemak, protein, karbohidrat) menjadi komponen sederhana (glukosa, asam amino, asam lemak,) merupakan kemampuan yang dimiliki mikroorganisme. Dewasa ini membawa banyak perubahan dari produk laut menjadi makanan yang baik untuk dikonsumsi manusia. Namun, jika tidak segera dihentikan, mikroorganisme mengubah senyawa sederhana ini menjadi amonia, alkohol, keton, dan hidrogen sulfida. Akibat hal ini menjadikan makanan tidak dapat dikonsumsi.

b. Aplikasi Bioteknologi Perikanan

Bioteknologi juga termasuk dalam pemanfaatan organisme hidup atau mekanisme biologi saat proses produksi. Bidang perikanan juga menggunakan bioteknologi yang mempunyai cakupan manfaat yang begitu luas. Adapun manfaatnya yaitu untuk meningkatkan perkembangan pembudidaya ikan, peningkatan kandungan gizi dan kesehatan ikan, memperluas jangkauan jenis ikan, peningkatan benih dan pakan alami. Contoh sederhana dari penerapan bioteknologi yaitu seperti menaikkan ketersediaan pakan dengan pemupukan kolam. Tidak hanya itu contoh lainnya juga dalam pemanfaatan teknologi dengan pengetahuan biologi molekuler dan rekayasa genetika yaitu

mendiagnosa penyakit dengan DNA. Penerapan bioteknologi genetika pada ikan bertujuan untuk peningkatan angka pertumbuhan dan juga bisa digunakan untuk mempertinggi daya pertahanan terhadap penyakit. Budidaya ikan bisa dilakukan dengan beberapa metode sebagai berikut.

a) Rekayasa Genetika pada Ikan

Ilmu dasar yang berperan penting dalam mengungkapkan berbagai mekanisme populasi pewarisan gen, genetika fenotip kuantitatif dan kualitatif yang menggambarkan keunggulan sifat dan berlandaskan dasar teori dan juga aplikasi persilangan antar family disebut ilmu genetika. Rekayasa pada kromosom dan gen pada ikan untuk digunakan keterkaitannya memakai seleksi fenotipe kualitatif dan kuantitatif untuk teknik pembiakan ikan untuk memperoleh sifat yang diturunkan dari induk (sifat superior) menggunakan seleksi gen unggul pada bibitnya. Sejak tahun 1980-an penerapan bioteknologi modern pada hewan mulai diterapkan. Pengujian genetika dilakukan oleh para peneliti dengan memasukkan gen pada ke tikus, ikan, dan babi untuk memperoleh tingkatan dalam pertumbuhan yang tinggi, daya tahan yang meningkat pada penyakit, dan pengaruh lainnya. Meskipun beragam sifat yang unggul bisa ditemukan dengan tahapan seleksi secara konvensional tetapi rekayasa genetika juga bisa membentuk efek yang signifikan dari sifat potensial organisme.

Genetically Modified organism (GMO) atau dikenal dengan modifikasi organisme secara genetika adalah pergantian genetik pada organisme material utama atau modifikasi menggunakan metode rekayasa genetika yang akan memiliki sifat yang tidak sinkron dengan organisme biasa. Contoh organisme yang sudah diubah material genetiknya yaitu ragi, bakteri, serangga, tumbuhan, ikan, dan juga malia. Tidak hanya itu beragam jenis tanaman dalam bidang pertanian juga telah menjadi GMO dan dibudidayakan secara luas. Pengalihan materi genetika yang berasal dari organisme digabungkan kepada genetika organisme lainnya dengan tujuan supaya gen yang dialihkan akan disosialisasikan oleh organisme yang mendapatkan gen tersebut.

Para ilmuawan melakukan pengembangan ikan transgenik dengan menerapkan teknik DNA rekombinan untuk memasukkan asal materi genetik suatu organisme ke dalam genom organisme air seperti ikan. Pesatnya penelitian terkait *genetically modified organism* diakibatkan juga berkembangnya kemampuan memodifikasi hewan secara genetik. Ikan merupakan salah satu organisme yang ada di air pada umumnya tumbuh dengan metode akuakultur yang menjadikan para ilmuwan berminat pada *research* terkait dikarenakan dua alasan utama. Alasan yang pertama adalah telur ikan yang dihasilkan dalam jumlah yang banyak akan lebih mudah lebih mudah untuk dimanipulasi, dengan akibatnya dapat mempermudah peneliti untuk menuangkan DNA baru pada telur ikan. Alasan selanjutnya yaitu dengan proses akuakultur. Budidaya komersil sudah berkembang sejak tahun 1984 pada tingkatan tahunan hampir mencapai 10 %, daripada dengan taraf 1,6% pertumbuhan untuk penangkapan dan pertumbuhan 3% untuk daging ternak. Dewasa ini fokus terkonsentrasi pada negara-negara di Asia dimana budidaya perikanan menjadi sektor pilihan yang memiliki perkembangan berjumlah peningkatan angka produk yang dijual pada tahun 1974 mencapai \$ 45.000.000, sedangkan sekitar \$978.000.000 terjadi peningkatan tahun 1998.

Timbulnya kekhawatiran terhadap potensi imbas berbahaya dari ikan yang diubah secara genetik ke dalam rantai makanan walaupun saat ini aplikasi transgenik dalam akuakultur mempunyai potensi esensial yang dapat mengutarakan industri dan permintaan pangan global yang semakin meningkat. Hal ini menggambarkan bahwa pentingnya analisis resiko terlebih dahulu sebelum melakukan pemasukan ikan transgenik dalam budidaya komersil agar mengevaluasi kemungkinan terjadinya kerugian pada kesehatan lingkungan. Pemahaman mengenai organisme air transgenik pada budidaya saat perlepasannya mengakibatkan terjadi resiko substansial yang harus diperhatikan. Contohnya pada udang transgenik yang berhasil bisa menghambat keanekaragaman hayati alami suatu lingkungan dengan berproses menggunakan spesies liar dan mengubah campuran

gen, atau menggunakan peningkatan persaingan yang bisa menyebabkan keseimbangan spesies asli terancam punah.

Kemampuan fekunditas yang tinggi sebagian dimiliki oleh organisme bahari, hal ini disebabkan oleh materi genetik yang baru diperlihatkan memiliki potensi memperluas penyebaran populasi ikan dalam skala besar. Oleh sebab itu kejadian seperti ini secara tetap bisa terjadinya perubahan alur populasi ikan dan mengakibatkan terjadinya kerusakan langsung sumber daya alam hayati suatu spesies. Ahli transgenik bidang akuakultur akan menemui penurunan keberagaman pada habitat alami dan populasi ikan orisinal tidak mampu untuk dapat bersaing. Adapun efek transgenik ini sangat sulit diperkirakan, hal ini sebab kemungkinan pola ekspresi gen pleiotropik yang dimana transformasi tersebut di satu sifat memiliki pengaruh terhadap sifat lainnya.

b) Media Budidaya Ikan dalam Bioteknologi

Bioteknologi perikanan adalah gabungan biologi dan teknologi pada makhluk hidup perikanan dengan proses tahapan rekayasa media pada budidaya perikanan sampai dengan selesai panen hasil perikanan. Bioteknologi perikanan ini juga bisa mempermudah saat melakukan produksi hasil perikanan yang lebih efisien dan efektif. Mikroba menjadi salah satu media dalam budidaya perikanan yang telah mengambil peran penting dalam sistem pertahanan kualitas media sampai dengan tingkat keamanan untuk dimanfaatkan sebagai media budidaya perikanan. Memasuki tahapan setelah panen, adanya bioteknologi dapat memperbarui ikan melalui adanya proses transformasi hayati yang dapat memberikan keamanan untuk dikonsumsi dan memiliki manfaat terhadap kontinuitas dan terpenuhinya kebutuhan hidup manusia. Contoh bentuk produk dari hasil bioteknologi perikanan seperti terasi (ikan, udang), peda, kecap, petis, dan lainnya. Oleh sebab itu, dalam kinerja produksi hasil bioteknologi bidang perikanan ini tentu mikroba mengambil peran penting dalam setiap prosesnya. Contohnya sebagai berikut.

1) Pengurai limbah organik

Faktor yang dapat menjadi penghambat dalam segi ekologis perikanan adalah salah satunya limbah. Tidak hanya itu limbah juga termasuk sulit untuk dapat dihancurkan secara langsung dengan tangan kosong. Oleh sebab itu mikroba berperan penting menjadi dekomposer positif yang bisa mengurai limbah.

2) Recycling hara

Unsur hara termasuk sumber nutrisi dalam rantai makanan dan menjadi faktor utama dalam kelanjutan produktivitas. Tetapi tidak menutup kemungkinan juga bahwa zat hara bisa menjadi suatu zat yang sangat beracun atau bersifat toksik apabila dalam jumlah banyak (*blooming*) sehingga mengakibatkan suatu resiko penurunan kadar oksigen di perairan. Oleh sebab itu proses ini tidak lepas dari peranan mikroba dalam hal ini bisa mempercepat unsur hara untuk mendaur ulang hara tersebut menjadi energi fosil kendati membutuhkan jangka waktu yang lama.

3) Memproses pertumbuhan

Mikroba dalam budidaya dapat membantu percepatan dalam pertumbuhan dan berkembang menjadi potensi produksi yang sangat besar. Adanya mikroba membuat harapan baru pada komoditas perikanan bisa tumbuh dan bereproduksi dengan hasil yang sesuai keinginan.

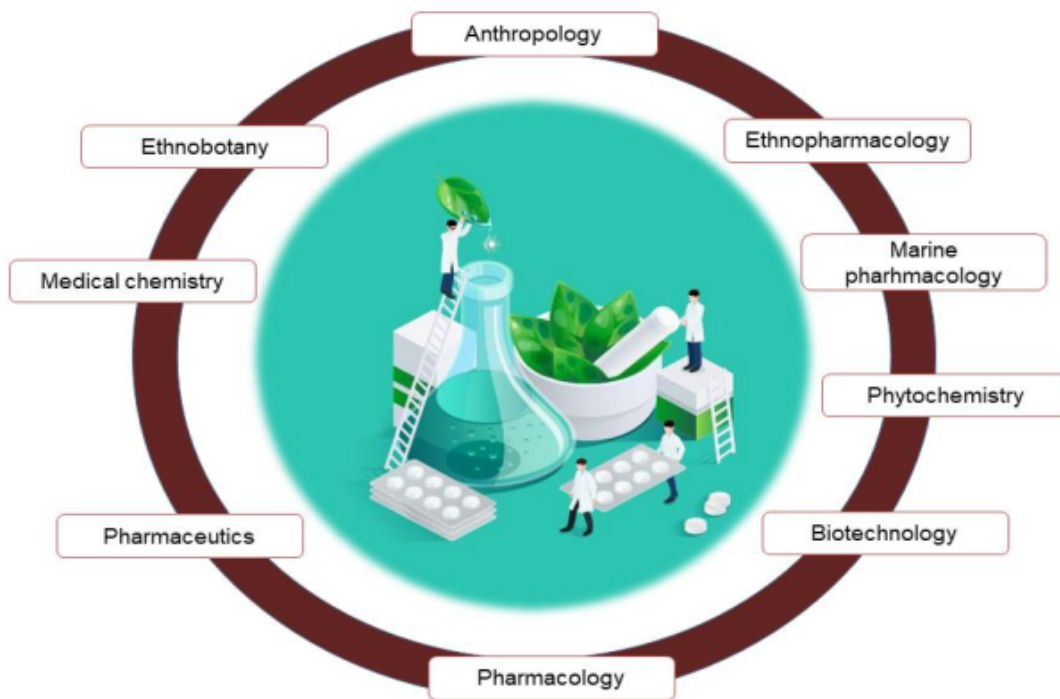
4) Kontrol patogen

Mikroba juga dapat menjadi biokontrol patogen yang memiliki peran dalam hasil perikanan dari pasca panen. Kekhawatiran masyarakat dalam mendistribusikan hasil pasca panen karena adanya sifat alami dari produk yang cepat membusuk memerlukan peran mikroba juga untuk mengatasinya. Bioteknologi dapat menjadi solusi atas ketakutan masyarakat dengan menggunakan mikroba sebagai kompetitor dari bakteri patogen tersebut sampai pertumbuhan dari suatu bakteri tersebut bisa terkontrol dan diredam kuantitasnya melakukan isolasi terhadap bakteri patogen, sehingga hasil akhirnya berupa produk perikanan yang dapat tahan lama saat proses distribusi berjalan lancar dan yang utama adalah sehat serta higienis.



BAB III
METABOLIT SKUNDER PADA
BIOTA LAUT

Metabolit sekunder merupakan suatu senyawa yang merupakan hasil produksi dari organisme organisme sebagai respon terhadap lingkungannya. Metabolit sekunder dihasilkan dan berasal dalam jalur metabolisme lain. Peranan metabolit sekunder dalam pertumbuhan suatu tumbuhan dipandang tidak begitu penting, akan tetapi meskipun begitu bagi tumbuhan dalam waktu yang panjang metabolit sekunder ini memiliki peranan penting yang bertujuan untuk sistem pertahanan dan memberikan karakteristik yang berbeda dalam bentuk senyawa. Metabolit sekunder banyak dimanfaatkan oleh peneliti masa sekarang dalam bidang ilmu yang luas untuk dikembangkan menjadi penemuan obat di masa depan.

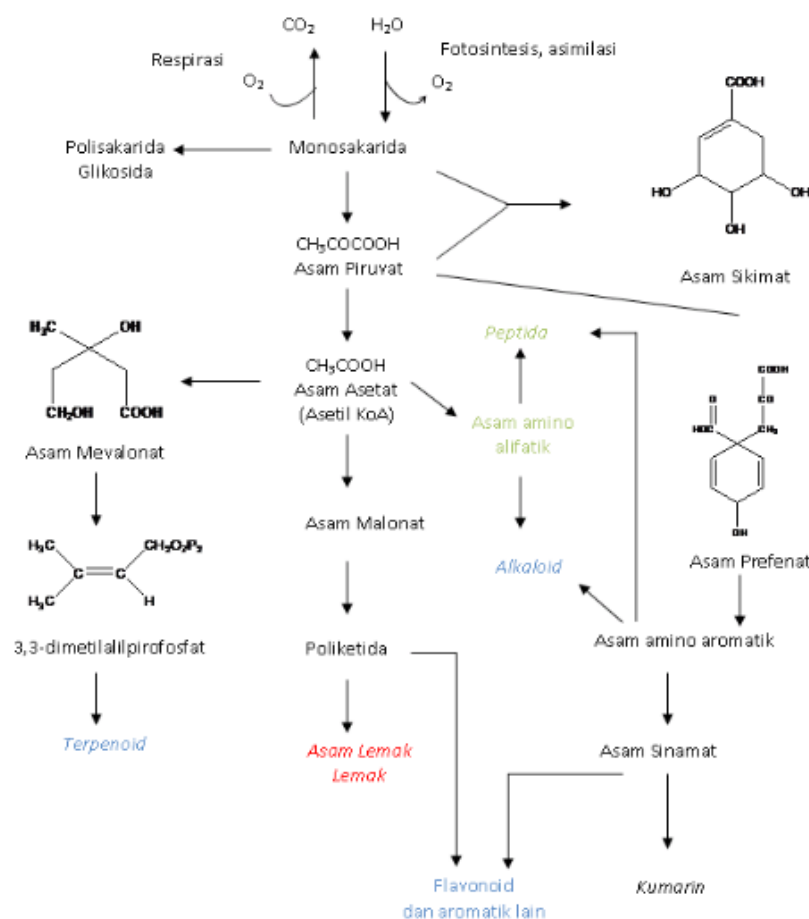


Gambar 3. 1 Cakupan bidang ilmu pemanfaatan metabolit sekunder.

Pengatur jalannya jalur pada metabolit primer dipengaruhi oleh adanya metabolit sekunder ini. Tumbuhan yang memiliki hormon sering dijadikan sumber metabolit sekunder yang membantu dalam aktivitas penyusunan metabolisme sel pertumbuhan, dan membantu mengelola sistem keseimbangan yang sulit terhadap lingkungan. Metabolit sekunder mampu menyesuaikan dengan parameter kondisi lingkungan. Untuk melihat warna yang

diberikan oleh metabolit sekunder yaitu melalui sistem keseimbangan yang diterapkan.

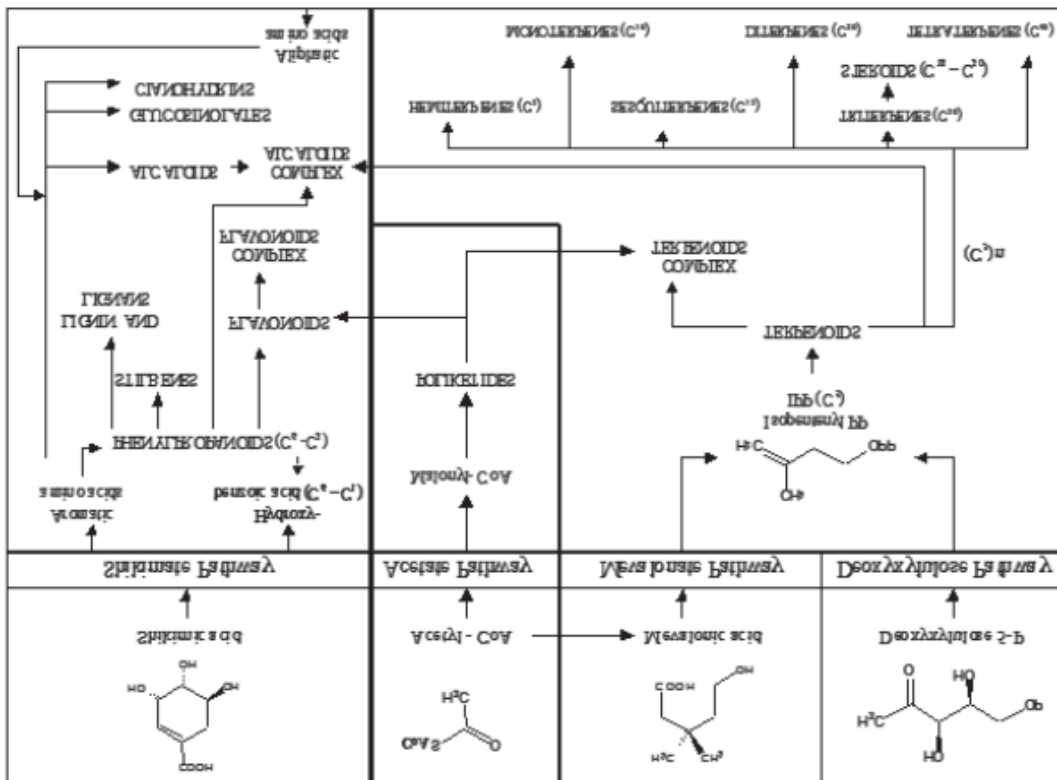
Metabolit sekunder yang dimiliki oleh organisme walaupun secara fungsi tidak berperan saat tahapan perkembangan dan pertumbuhan akan tetapi dapat memberikan sistem pertahanan terhadap kondisi lingkungan yang terjadi. Hubungan antara metabolit primer dan sekunder sangat erat kaitannya terutama dalam hal enzim dan senyawa pembentuk dalam biosintesis. Berbeda dengan metabolit sekunder, pada metabolit primer ini mengambil peran dalam membangun seluruh tahapan fisiologis yang untuk pertumbuhan yang mengalami peningkatan melalui terjemahan kode genetik untuk menghasilkan atau memproduksi kandungan asam amino, karbohidrat, dan protein,



Gambar 3. 2 . Jalur biosintesis metabolisme skunder dalam tumbuhan. Sumber : Julianto, 2019

Senyawa metabolit sekunder alami tidak dapat diperoleh dari sumber lain dengan menggunakan perbedaan kontrol. Contoh penerapannya yaitu pada dua jenis dalam suatu marga memiliki persamaan jenis namun berbeda dalam segi kondisi. Studi terkait sidik jari kimiawi dan studi metabolomik dapat digunakan dalam identifikasi keseluruhan metabolit sekunder pada suatu organisme.

Metabolit skunder sangat berperan dan memiliki fungsi penting seperti sebagai penyalur pewarna memberi peringatan, seperti contohnya memproduksi bahan yang beracun sebagai bentuk pertahanan diri dari serangan predator, merangsang sekresi senyawa-senyawa lainnya seperti terpenoid, alkaloid, fenolik gula, dan glikosida gula. Adanya keseimbangan produk metabolisme asam amino sekunder dan primer membantu dalam sistem perkembangan dan pertumbuhan yang optimal pada tumbuhan serta dapat mengatasi secara efektif kondisi perubahan lingkungan yang sering terjadi. Senyawa particular yang biasa dikenal diantaranya polifenol, alkaloid, terpenoid, dan flavonoid. Dalam dunia pengobatan senyawa-senyawa yang ada pada tumbuhan ini sering dimanfaatkan manusia.



Gambar 3.3 Metabolit sekunder dari beberapa jalur biosintesisnya.
Sumber : Julianto, 2019

Dalam cakupan yang besar nitrogen, energi, dan karbon dapat dipakai dalam penyusunan molekul-molekul yang penting seperti karbohidrat, protein, asam nukleat, dan lemak yang menjadi sebagai metabolit primer. Dalam skala kecil nitrogen, energi dan karbon dapat dimanfaatkan juga dalam mensintesis bagian molekul organik yang mempunyai peran tidak secara langsung atau tidak terlalu penting dalam perkembangan dan pertumbuhan disebut juga metabolit sekunder. Pada tumbuhan senyawa metabolit sekunder bersifat spesifik biasanya dalam suatu fungsi dan juga tidak terlalu berpengaruh karena tidak akan menyebabkan kematian jika tidak terjadi produksi dalam jangka waktu pendek. Biosintesis Metabolit sekunder dapat terjadi di bagian daun, akar, pucuk, bunga, biji, buah, dan semua bagian pada tumbuhan. Tumbuhan laut mengandung banyak metabolit sekunder, dimana metabolit sekunder pada tumbuhan memiliki banyak manfaat seperti, pertahanan terhadap beberapa organisme seperti parasit, bakteri, fungi dan virus.

Senyawa metabolit sekunder dengan struktur kimia yang baru, beragam dan kayamemiliki bioaktivitas terdapat pada makhluk laut yang hidup, bersimbiosis dengan terumbu karang memiliki probabilitas yang tinggi dibandingkan dengan makhluk atau biota biota daratan. Senyawa metabolit sekunder yang dimiliki biota biota lautan sangatlah tinggi, beragam dan berlimpah seperti alkaloid, polifenol termasuk flavonoid, dan terpenoid.

3.1 Senyawa- Senyawa Metabolit Sekunder

3.1.1 Alkaloid

Senyawa alkaloid tergolong dalam senyawa penting dari metabolit sekunder yang bisa diperoleh pada tumbuhan, hewan, dan organisme lainnya. Pada alam bebas, alkaloid tidak bisa berdiri sendiri. Kelompok senyawa alkaloid ini terdiri dari yang utama dan kecil. Alkaloid adalah senyawa yang berasal dari tumbuhan termasuk senyawa organik bernitrogen dan memiliki sifat farmakologi yang beragam. Senyawa Alkaloid dapat berupa kokain, morfin, kine, kafein dan kine. Obat-obatan sebagai analgesik banyak menggunakan senyawa alkaloid. Senyawa alkaloid ini memiliki satu atau beberapa atom nitrogen dan lazimnya berada pada cincin heterosiklik serta bersifat basa, dan

alkaloid ini biasanya mempunyai aktivitas fisiologis seperti pada hewan dan manusia lainnya. Alkaloid ini banyak dicari masyarakat sebagai bahan pengobatan terutama sebagai aktivitas antimikroba.

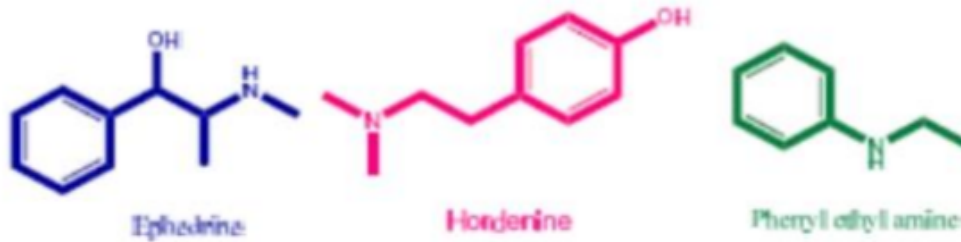
Sifat umum yang dimiliki oleh alkaloid ini seperti rasa pahit yang ditimbulkan karena adanya sifat basa lemah, dapat terlarut dalam air dan jenis pelarut organik non-polar contohnya seperti kloroform, dietil eter dan lainnya. Warna senyawa ini kuning seperti berberin dan tembaga warna merah seperti garam sanguinarine. Alkaloid juga mengalami proses terdekomposisi oleh panas selain *strychnine* dan *caffeine*. Kebanyakan wujud dari alkaloid ini seperti padatan kristal dan amorf. Alkaloid juga mengandung satu inti kerangka quinolin, isoquinolin/tropan, dan piridin. Turunan terpena dan asetat merupakan rantai samping dari alkaloid yang memiliki sifat yang dapat bertindak sebagai senyawa biasa dalam suatu reaksi.

Asam yang tercampur dengan alkaloid maka yang terbentuk adalah garam kristalin tanpa adanya pembentukan air. Alkaloid ini umumnya menyerupai senyawa atropine yang berbentuk padatan Kristal. Akan tetapi ada juga alkaloid berbentuk cairan seperti loboline/nikotin. Adanya Senyawa alkaloid pada suatu tumbuhan dapat dilihat dengan terbentuknya suatu endapan yang memiliki warna pada larutan uji berupa warna putih setelah dilakukan reaksi atau ditambahkan reagen seperti pereaksi Meyer, pereaksi Dragendorff dan pereaksi Wagner. Diachanty *et al.* (2017) melakukan penelitian uji kualitatif yang menghasilkan pada rumput laut genus *Turbinaria conoides* dan *Padina minor* memiliki senyawa alkaloid. Siregar *et al.* (2012) melakukan penelitian kandungan alkaloid pada jenis *Caulerpa sp.* (hijau) dan jenis *Gracilaria sp.* (merah) didapatkan bahwa rumput laut jenis ini menunjukkan hasil positif berdasarkan uji yang dilakukan, sehingga diketahui keduanya memiliki kandungan senyawa alkaloid.

Di Laut, alkaloid ditemukan banyak pada tumbuhan dengan komposisi lebih tinggi yang ada pada akar dan biji serta sering dikombinasikan dengan asam nabati. Alkaloid dikelompokkan menjadi 2 bagian secara umum yaitu non heterosiklik dan heterosiklik. Alkaloid merupakan senyawa yang karena memiliki efek farmakologis bersifat langsung terhadap vertebrata sehingga

sangat dikenal. Senyawa Alkaloid dapat disintesis dari beberapa jenis asam amino tertentu, seperti asam amino tirosin, asam amino triptofan dan lisin. Mayoritas senyawa alkaloid sekarang sangat diyakini berfungsi sebagai bentuk pertahanan terhadap suatu herbivore khususnya mamalia.

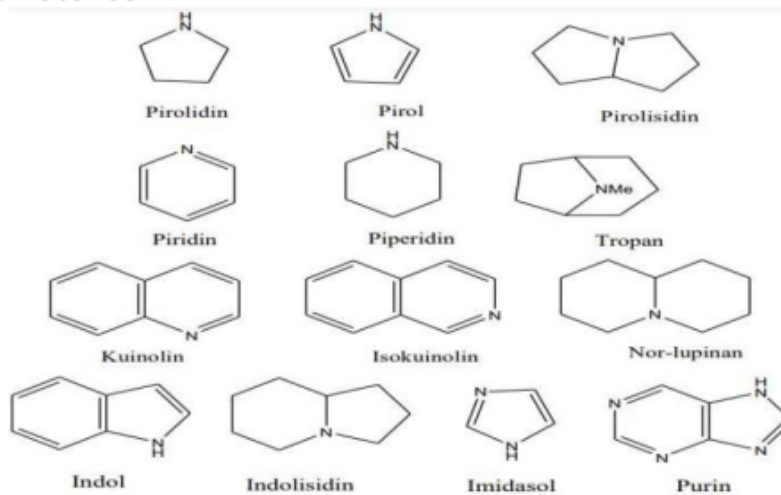
Alkaloid non-heterosiklik



Gambar 3. 4 Struktur kimia alkaloid non-heterosiklik.

Sumber : Kim et al. 2022

Alkoid heterosiklik



Gambar 3. 5 Struktur kimia alkoid heterosiklik.

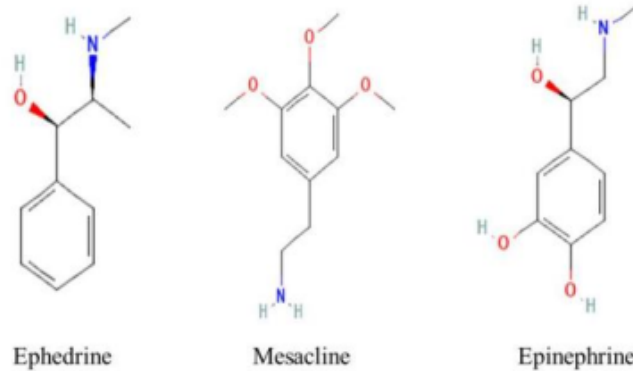
Sumber : Kim et al. 2022

Berdasarkan Klasifikasinya senyawa alkaloid pada kerangka karbonnya senyawa ini terbagi menjadi **Protoalkaloid Alkaloid**, **Alkaloid sebenarnya (True alkaloid)**, dan **Pseudoalkaloid Alkaloid**

a. Protoalkaloid Alkaloid

Senyawa alkaloid ini termasuk golongan senyawa yang tidak mempunyai cincin heterosiklik yang membawa asam amino dan atom nitrogen sebagai turuannya.

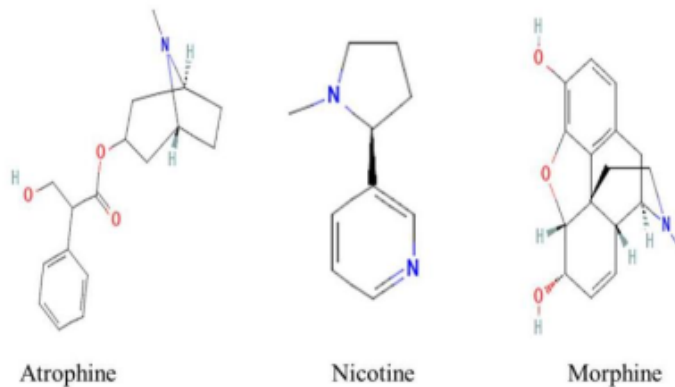
Contoh:, Adrenaline, Mescaline, dan Ephedrine.



Gambar 3. 6 Struktur kimia protoalkaloid alkaloid.
Sumber : Kim et al. 2022

b. True *alkaloid* (Alkaloid sebenarnya)

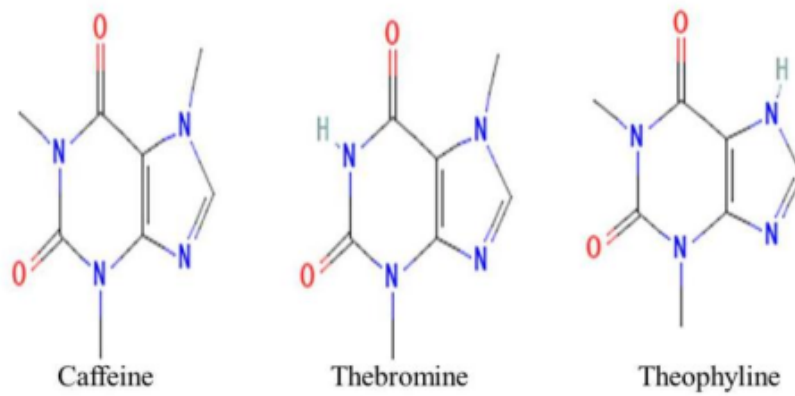
Senyawa jenis ini mempunyai kerangka cincin heterosiklik yang membawa atom nitrogen. Biosintesis alkaloid jenis *true alkaloid* ini bermula dari asam amino.



Gambar 3. 7 Struktur kimia true alkaloid. Sumber : Kim et al. 2022

c. Pseudoalkaloid Alkaloid

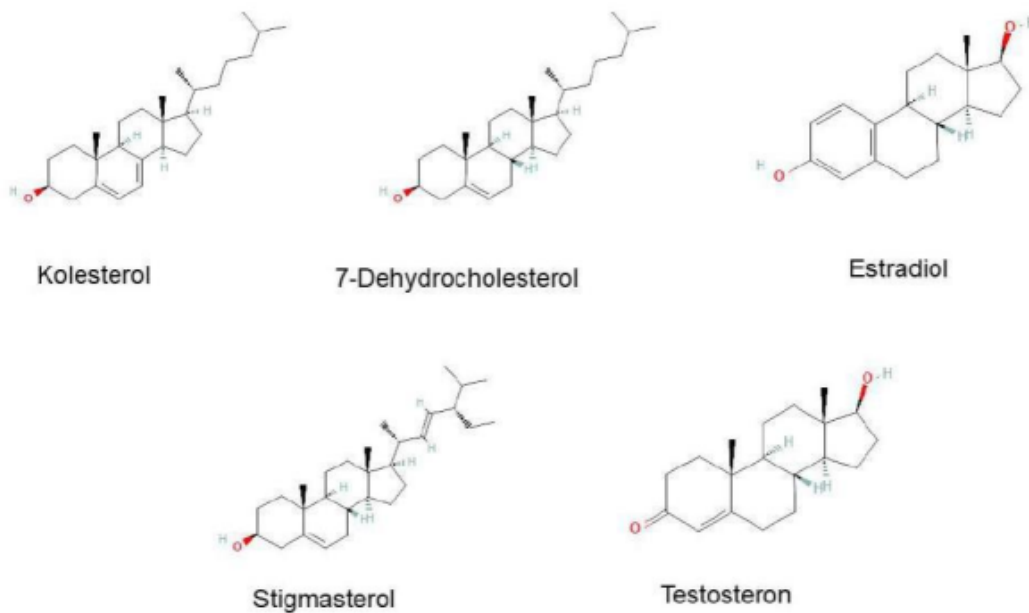
Senyawa jenis Pseudoalkaloid Alkaloid mengandung sebuah cincin heterosiklik yang terkandung atom nitrogen didalamnya, namun Senyawa jenis Pseudoalkaloid Alkaloid ini tidak termasuk turunan dari asam amino. Contoh: theophylline, theobromine, dan Caffeine.



Gambar 3. 8 Struktur kimia pseudoalkaloid alkaloid.
Sumber : Kim et al. 2022

3.1.2 Steroid

Steroid merupakan suatu senyawa yang tergolong kedalam golongan lipid yang telah diturunkan langsung dari jenis senyawa senyawa yang bersifat jenuh dan akan dinamakan dengan siklopentanaperhidrofenantrena, dan teroid ini mempunyai pokok dengan jumlah 4 cincin. Beragam jenis turunan yang esensial seperti alkohol steroid (sterol) dimiliki oleh senyawa steroid. Estrogen, androgen dan hormon kortikosteroid yang dihasilkan dari korteks adrenal termasuk kedalam jenis steroid alah jenis asam empedu yang menyumbang hormon seks dan pencernaan lemak di dalam usus.



Gambar 3. 9 Senyawa turunan steroid. Sumber : Kim et al. 2022

Senyawa steroid merupakan senyawa yang terdapat tidak bebas namun steroid ini dengan asam lemak atau asam aromatik menjadi turunan senyawa yang lebih rumit seperti ester atau glikosida. Kolesterol yang terdapat pada organel tumbuhan dan lipid permukaan. Namun sering tidak dijumpai karena hanya ini terdapat sebagai glikosida dan ester yang tidak dapat larut sebuah pelarut sering digunakan untuk sterol bebas yang merupakan steroid pada jenis khas pada hewan. Senyawa Steroid yang terdapat pada tumbuh tumbuhan dapat dilihat dengan terjadinya warna yang berubah menjadi warna hijau pada larutan pelarut.

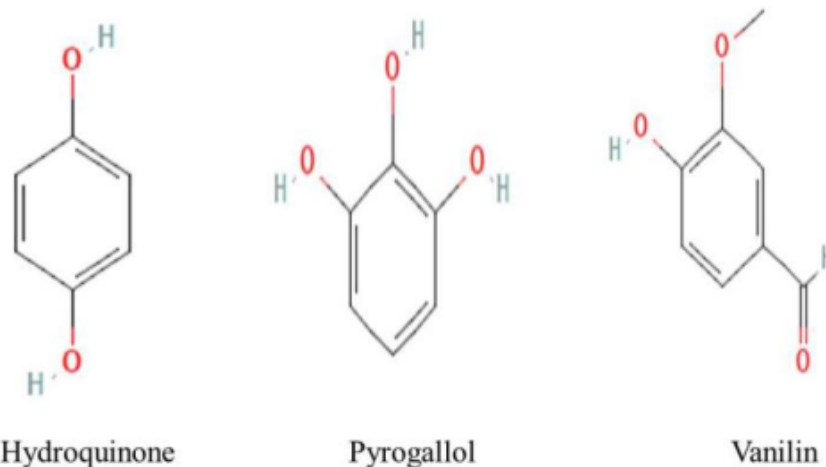
Aktivitas farmakologis steroid termasuk menstabilkan sel sehingga mengurangi peran sel tersebut dalam proses peradangan, steroid menahan sejumlah jalur zat-zat kimia. Steroid juga mengurangi jumlah *lymphocyte* (sel darah putih yang berfungsi sebagai memori kekebalan) yang beredar, mengendalikan metabolisme keseimbangan garam, dan dapat menaikkan fungsi organ seksual dan perbedaan fungsi biologis lainnya antar jenis kelamin.

3.1.3 Fenolik

Fenolik termasuk jenis senyawa metabolit sekunder yang keberadaannya bisa diperoleh pada bagian tumbuhan dengan suatu karakteristik cincin aromatic yang dimilikinya. Senyawa fenolik ini mengandung atau terdapat dua gugus hidroksil (OH). Jalur biosintesis pada senyawa fenolik ini dibedakan lagi menjadi 2 jenis senyawa. Senyawa pertama adalah fenol yang bermula dari suatu jalur asam sikimat dan suatu jalur asam asetat mevalonat. Adapun senyawa fenil propanoid juga termasuk dalam golongan fenolik yang berasal dari senyawa poliketida. Jenis flavonoid merupakan Senyawa fenolik dapat ditemukan juga dari yang berasal dari hasil gabungan dari dua jalur biosintesis ini. Fenolik ini dapat dibedakan menjadi beragam komponen seperti flavonoid, tannin, phenylpropanoid, fenol sederhana dan asam fenolat.

A. Asam fenolat dan Fenol sederhana

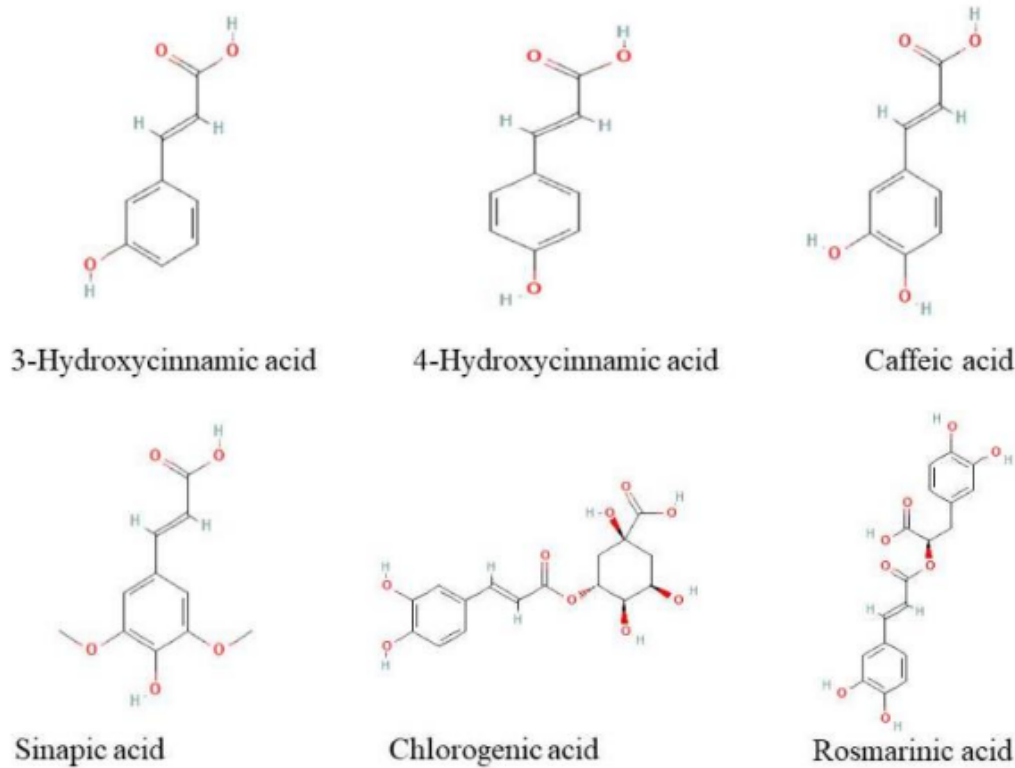
Fenolit juga terdapat terdapat dalam bentuk biasa akan tetapi keberadaan senyawa ini sulit ditemukan pada tumbuhan. Adanya hidrolisis jaringannya dapat melepaskan asam fenolat yang larut dalam pelarut eter. Fenol bebas sulit atau terbatas ditemukan dalam tumbuhan, kecuali hidrokuinon.



Gambar 3. 10 Struktur kimia senyawa fenol sederhana dan asam fenolat. Sumber : Kim et al. 2022

B. Phenylpropanoid

Senyawa Fenilpropanoid adalah jenis senyawa fenolik yang meliputi cincin benzena (C6) yang terhubung dengan rantai karbon propana (C3) pada bagian ujung dan bagian kerangka dasar karbon yang dimilikinya. Kelompok senyawa fenilpropanoid ditemukan di banyaknya tumbuhan tingkat tinggi seperti mangrove dan lamun. Fenil alanin merupakan turunan dari asam amino protein aromatis yang merupakan senyawa fenilpropanoid. Senyawa yang banyak ditemukan di alam dan termasuk dalam golongan fenil propanoid adalah asam hidroksisimat. Kemudian untuk contoh senyawa fenil propanoid itu sendiri yaitu hidrosikumarin, kumarin, dan fenil propana.

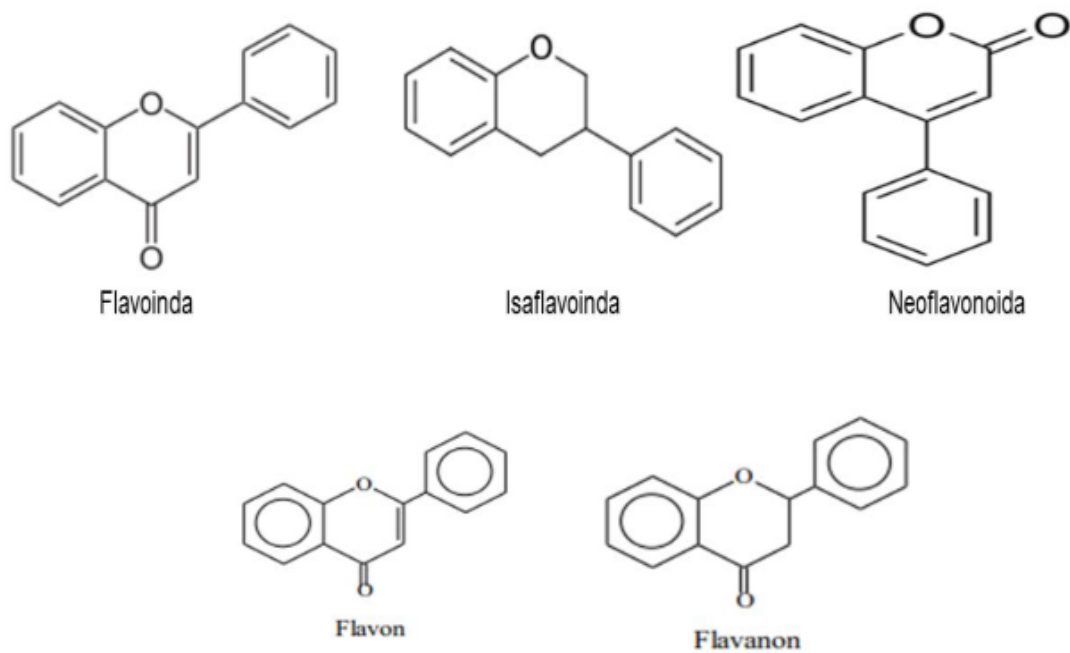


Gambar 3. 11 Struktur kimia senyawa fenilpropanoid.

Sumber : Kim et al. 2022

C. Flavonoid

Senyawa flavonoid adalah senyawa yang keberadaannya familiar ditemukan dalam dan kelompok senyawa jenis fenolik. Banyaknya jumlah senyawa ini dikarenakan keragaman jenis pada tingkat pada struktur glikosilasi, hidroksilasi, aloksi lassi. Senyawa ini memiliki rangkaian dasar sebesar 15 atom karbon jumlahnya yang menyusun suatu susunan C6-C3-C6. Senyawa flavonoid ini merupakan kelompok senyawa berbahan bahan alam yang berasal dari senyawa fenolik yang digunakan sebagai pigmen dalam jumlah banyak pada tanaman. Flavonoid dapat meliputi antosianin, flavonol dan juga flavon. flavonoid pola sebaranya digunakan dalam sebuah bidang kajian taksonomi pada beberapa spesies tanaman/tumbuhan.



Gambar 3. 12 Senyawa turunan flavonoid. Sumber : Kim et al. 2022

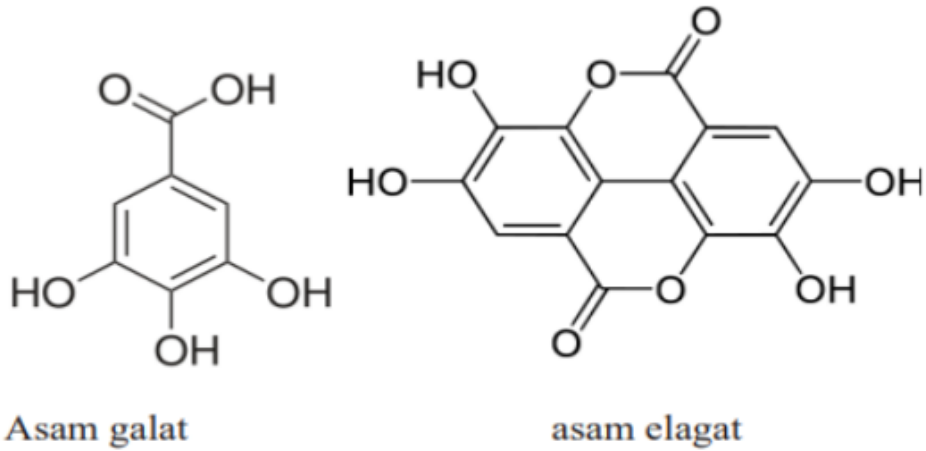
Kehadiran flavonoid biasanya terhimpun dalam organ sitoplasma yang dilapisi membran sel berasal dari tumbuhan yang sudah diteliti diantaranya senyawa antosianin, flavon, dan flavonol. Pigmen umum yang banyak dan keberadaanya terdapat pada setiap tumbuhan sampai dengan tumbuhan berbunga tercakup kedalam senyawa flavonoid. Senyawa flavonoid yang baik banyak dimiliki oleh tumbuhan tingkat tinggi dalam bagian vegetatif ataupun yang berada di dalam bunga tumbuhan. Senyawa Flavonoid dapat digunakan sebagai pigmen pada bunga yang dapat berperan penting dalam menarik penyerbuk bunga tumbuhan. Senyawa flavonoid ini memiliki Fungsi lainnya yaitu dapat menyerap sinar ultra violet untuk dapat sebagai kerja anti mikroba, anti bakteri, antijamur, pengaturan fotosintesis, dan sebagai pengatur tumbuhan.

D. Tanin

Senyawa tanin tergolong senyawa fenolik yang dapat mewariskan rasa sepat dan pahit. Senyawa ini juga bisa bereaksi dan mengumpulkan berupa gumpalan protein maupun senyawa organik lainnya yang terdiri dari alkaloid dan asam amino. Senyawa tanin dapat membangun kopolimer mantap yang tidak bisa larut pada jenis pelarut air karena bereaksi dengan protein. Ranting, kayu, dan serasah merupakan bahan organik yang menjadi sumber dari senyawa tanin yang dapat terlarut dalam air hujan sehingga air yang berada disekitar pohon berwarna coklat kehitaman dan akan memunculkan rasa kesat dan pahit. Tanin memiliki beberapa jumlah khasiat yang dapat dirasakan yaitu sebagai antibakteri, anti oksidan, astringent, dan anti diare. Beberapa jenis tumbuhan dalam jumlah besar, ditemukan banyak mengandung senyawa tanin yang mampu menjaga tumbuhan dari pemangsanya oleh jenis hama dan herbivora, serta sebagai agen pengatur dalam metabolisme yang menjadi fungsi dari tanin. Berat molekul tanin sekitar 500 -3000 (ester asam galat) dan bisa mencapai 20.000 (proantos⁶anidin). Senyawa ini dapat digolongkan menjadi senyawa tanin terhidrolisis dan senyawa tanin terkondensasi.

a. Tanin Terhidrolisis

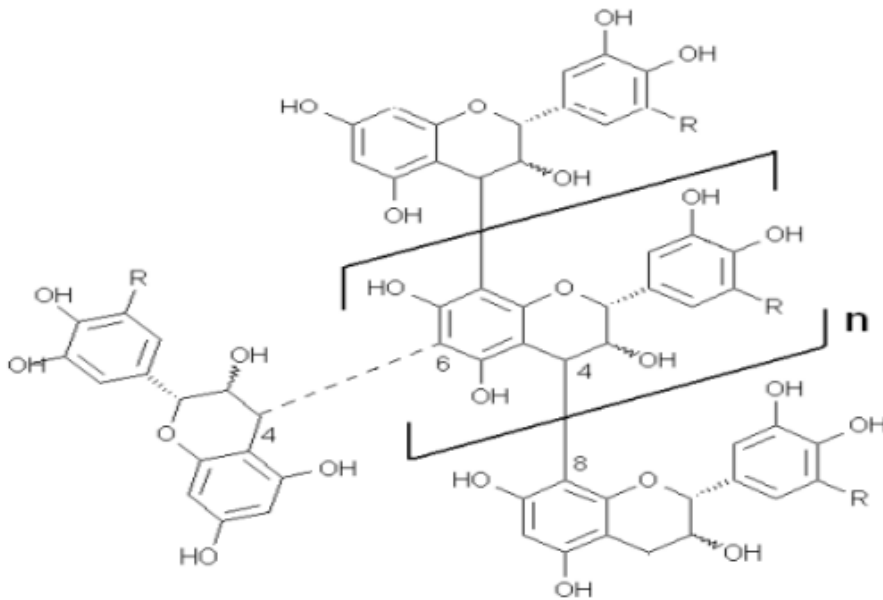
Tanin terhidrolisis adalah tanin yang terhidrolisis yang diakibatkan dari enzim atau asam yang memperoleh asam elagat dan asam galat. Tanin terhidrolisis dengan kimia berupa asam fenolat atau ester. Contoh asam galat yang dihasilkan dari tanin jenis ini dapat ditemukan dalam rumput laut coklat sedangkan asam elagat yang dihasilkan dari tanin terhidro⁶sis dapat diperoleh dari daun *Eucalyptus*. Senyawa ini jika direaksikan dengan senyawa feri klorida maka yang akan terjadi adalah perubahan warna jadi biru atau hitam.



Gambar 3. 13 Struktur kimia senyawa tanin terhidrolisis.
 Sumber : Kim et al. 2022

b. Tanin terkondensasi

Tanin terkondensasi merupakan tanin yang resisten bagi reaksi hidrolisis dan umumnya diturunkan dari senyawa katekin, flavan-3,4-diol, dan flavonol. Saat penambahan enzim atau asam, senyawa ini mengalami dekomposisi membentuk polban. Selanjutnya saat proses destilasi senyawa ini berubah membentuk katekol.



Gambar 3. 14 Struktur kimia senyawa tanin terkondensasi.
 Sumber : Kim et al. 2022

3.1.4 Terpenoid

Kelompok dari senyawa organik hidrokarbon dimana keberadaannya saat ini begitu melimpah dan bisa diperoleh berbagai jenis tumbuhan. Bau yang kuat dan menyengat pada tumbuhan yang mengandung senyawa terpenoid berfungsi untuk sistem perlindungan dari herbivora dan predator. Isoprenoid sering juga disebut sebagai senyawa terpenoid. Gugus hidrokarbon, glikosida, alkohol, aldehida, eter, keton, dan asam karboksilat merupakan senyawa terpenoid yang mendominasi di alam bebas. Senyawa ini memiliki ciri-ciri tidak berwarna tetapi berbau, dan mempunyai beratnya lebih ringan jika dibanding air, mudah menguap saat adanya uap air panas. Pelarut air tidak dapat melarutkan senyawa terpenoid ini namun dapat larut pada pelarut organik dan kebanyakan dari senyawa ini bersifat optik aktif. Senyawa ini mudah mengalami teroksidasi oleh agen dari pengoksidasi dan mengalami reaksi polimerisasi dan dehidrogenasi. Ketika dilakukan pemanasan, kebanyakan senyawa ini menghasilkan isoprene dari hasil produk yang dihasilkannya.

Adapun fungsi secara ekologi bagi tumbuhan yaitu mampu bekerja sebagai antifungi, anti pemangsa, insektisida, menstimulasi serangga yang bertelur, dan antibakteri. Terpenoid juga memiliki peran terhadap tumbuhan yang seperti dapat menghentikan pertumbuhan pesaingnya dan dapat juga sebagai insektisida terhadap hama tanaman. Jika diketahui secara fisiologis efeknya terhadap manusia yaitu bisa menghambat pembelahan sel akibatnya dapat menghalangi tumbuhnya tumor. Pada umumnya terpenoid ini bisa terlarut dalam lemak dan ditemukan pada sebuah sitoplasma sel tumbuhan. Senyawa ini berdasarkan jenisnya mempunyai sifat beragam dan bermacam macam seperti antimikroba, antivirus, antiparasit, anti allergenic, antihiperlipidemia, anti radang antijamur, antispasmodik, kemoterapeutik, dan imunomodulator.

3.1.5 Saponin

Golongan glikosida juga termasuk di dalamnya saponin, dimana saponin juga banyak ditemukan dalam tanaman yang dicirikan adanya kemampuan membuat larutan koloid dalam air yang mengeluarkan busa. Glikosida kelompok ini mempunyai aglikon lipofilik di salah satu ujung 15 molekul dan gula hidrofilik pada ujung yang lain sehingga menyebabkan senyawa ini

mempunyai kekuatan dalam penurunan tegangan muka dan pada membrane kulit memiliki efek seperti sabun (berbusa). Saponin dengan kemampuan membentuk larutan koloidal pada air dan menimbulkan rasa pahit.

Faktor yang mempengaruhi aktivitas biologi pada saponin ini yaitu seperti pada tipe nucleus di tanaman, tipe gugus fungsinya, dan jumlah gula pada rantai sampingnya. Kemampuan saponin ini juga dibuktikan dengan peningkatan permeabilitas biomembran, akibatnya bisa bersifat sebagai sitotoksik, hemolitik, dan antivirus. Stabilitas membrane bakteri juga dapat dilakukan oleh mekanisme kerja dari senyawa saponin ini. aktivitas anti kateri juga terjadi terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Tanaman yang sudah tua dan tinggi memiliki jumlah saponin yang lebih banyak. Keberadaan dari saponin ini sendiri dapat dilihat dengan mudah yaitu melalui pembentukan larutan koloidal pada media air yang jika dikocok menghasilkan busa. Saponin dapat juga mengganggu sistem pernafasan seperti bersin dan terjadinya iritasi pada selaput lendir. Sifat senyawa ini juga dapat menghancurkan butir darah merah melalui reaksi hemolysis, kemampuan meracuni hewan berdarah dingin, dan banyak juga menggunakan senyawa ini untuk racun terhadap ikan. Saponin apabila mengalami hidrolisis maka yang akan terjadi yaitu memperoleh aglikon atau saponin yang merupakan senyawa yang bisa dikristalkan melalui asetilasi akibatnya bisa dipelajari lebih lanjut. Sapotoksin adalah saponin yang memiliki racun didalamnya. Oleh karena itu saponin ini relatif berbahaya untu organisme apabila diberikan secara parental.

Saponin yang memiliki sifat mempengaruhi absorpsi zat aktif secara farmakologi ini tentu mempunyai kegunaan pada pengobatan. Saponin juga dapat meningkatkan permeabilitas kertas saring dan menurunkan tegangan permukaan yang bersifat surfaktan merupan salah satu sifat dari saponin juga. Adanya saponin ini memiliki filter yang berpori yang cukup kecil untuk menghambat part²⁵l dengan ukuran tertentu bisa meloloskan partikel tersebut. Tumbuhan mangrove kaya akan kandungan komponen senyawa bioaktif seperti senyawa steroid, saponin,

3.2 Senyawa Metabolit Sekunder Pada Biota

3.2.1 Senyawa Metabolit Sekunder pada Mangrove

Mangrove merupakan ekosistem yang sangat produktif di dunia dengan peran ganda, yaitu fungsi ekologis dan sosial ekonomi. Secara ekologis, tegakan mangrove berperan dalam perlindungan pantai, kawasan pemukiman dan kegiatan pertanian dari gelombang tinggi, angin, badai dan pasang surut (Noor *et al.* 1999). Ekosistem mangrove sangat ideal untuk beberapa jenis biota mulai dari ikan, kepiting, udang dan biota laut lainnya hingga mencari makan, pemijahan dan pemijahan. Yang paling penting adalah bahwa mangrove memberikan kontribusi penting dan signifikan terhadap siklus karbon global sebagai penyerap karbon di bumi (Dhayanithi *et al.*, 2012).

Mangrove yaitu tumbuhan yang dapat tumbuh pada daerah pesisir pantai/muara sungai yang termasuk tumbuhan tingkat tinggi yang dimana pasang surut air dapat memengaruhi pertumbuhannya dan memiliki struktur akar yang khas tiap genusnya. Jenis tumbuhan mangrove sebagian besar dapat bermanfaat sebagai obat. Mangrove memiliki senyawa yang kaya akan komponen senyawa bioaktif seperti steroid, flavonoid, saponin, alkaloid, terpenoid, dan fenol yang disebut sebagai senyawa metabolit sekunder.



Gambar 3. 15 Daun mangrove sebagai salah satu sumber metabolit sekunder.

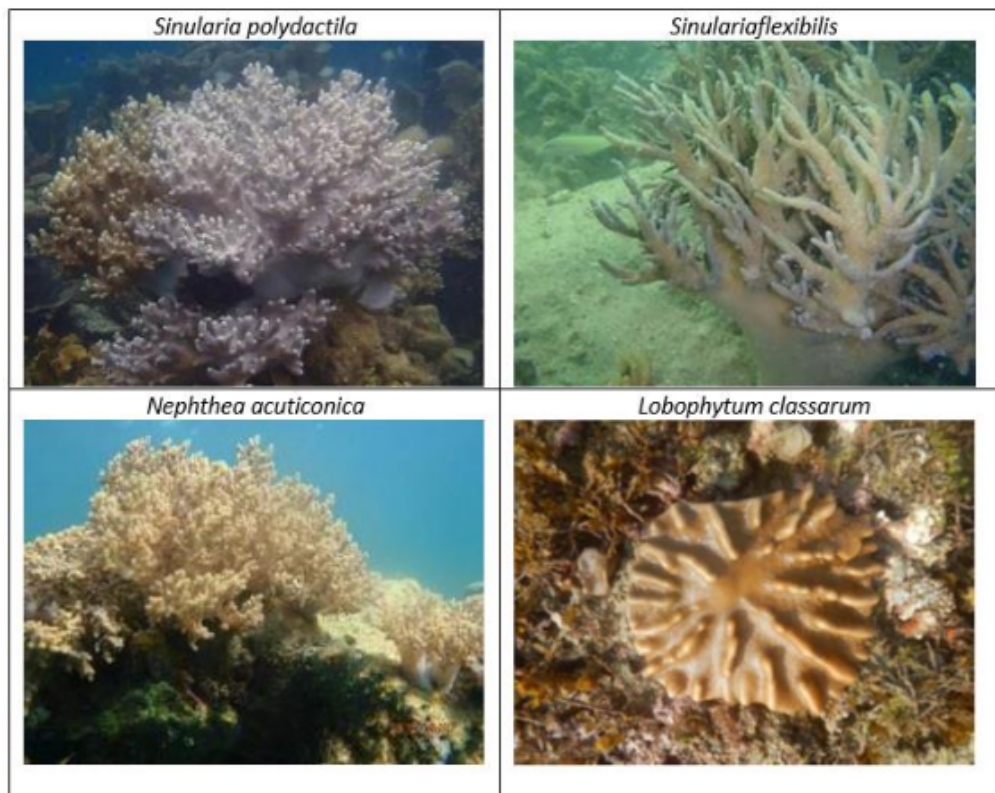
Mangrove antara satu jenis dengan jenis yang lainnya mempunyai tingkat bioaktivitas yang berbeda-beda berdasarkan habitat dan lingkungan mangrovenya. Seperti yang dilaporkan oleh Rahmania *et al.*, (2018) terkait kandungan fitokimia pada tiga jenis mangrove (*Avicennia alba*, *Rhizophora apiculata*, dan *Sonneratia alba*) Kandungan senyawa yang dimiliki mangrove berbeda-beda tiap bagiannya seperti akar, daun dan batang mangrove, contohnya bagian akar mangrove jenis *A. marina* terdapat senyawa flavonoid, senyawa alkaloid pada bagian daun dan senyawa triterpenoid serta steroid pada bagian batang. Peran komponen mangrove seperti daun, batang, dan akar tersebut tentu memiliki potensi kandungan senyawa yang beragam dan mempunyai fungsi tertentu dan kandungan senyawa tiap bagian pada mangrove sangat berperan penting dalam memenuhi setiap kebutuhan kehidupan manusia.

Mangrove jenis *A. marina* merupakan tumbuhan tingkat tinggi yang memiliki kandungan senyawa antimikroba seperti triterpenoid dan steroid. Menurut Rahayu *et al.* (2019), melalui penelitiannya bahwa senyawa triterpenoid dan steroid ditemukan pada bunga, kulit batang, buah, dan daun mangrove jenis *A. marina* serta hasil penelitian ini telah berhasil menentukan dan mengisolasi struktur senyawa triterpenoid. Senyawa ini tergolong senyawa metabolit sekunder yang sangat efektif dalam peran antimikroba dimana mekanisme senyawa ini berjalan untuk mengganggu kekuatan membran sel yang bisa menimbulkan kerusakan pada integritas membran dengan cara membuat komponen sterol membran.

3.2.2 Senyawa Metabolit Sekunder pada Karang Lunak

Indonesia memiliki banyak keanekaragaman hayati, satu diantaranya yaitu ekosistem terumbu karang sebagai sumber kehidupan untuk setiap biota laut lainnya yang memiliki lebih dari 300 jenis dan dari 200 jenis ikan dan puluhan jenis, krustasea, mollusca sponge, lamun, dan algae biota lainnya. Terumbu karang merupakan suatu ekosistem unik yang hanya bisa ditemukan di wilayah dua musim. Ekosistem terumbu karang tersebar di perairan laut dangkal sekitar ekuator bumi salah satunya Indonesia. Terumbu karang mempunyai batas limitasi terhadap kondisi lingkungan sehingga hanya dapat hidup di daerah yang beriklim lebih stabil yaitu area tropis (Guan *et al.* . 2015). Sekitar 2.5 juta Ha tutupan terumbu

karang di Indonesia. Namun, dampak degradasi lingkungan global mengakibatkan terumbu karang sehat atau dalam kondisi sangat baik hanya tinggal 6.39 % (Giyanto *et al.*, 2017). Hewan karang sebagai penghuni gugusan batuan kapur tersebut sangat rentan terhadap perubahan lingkungan (Cinner *et al.*, 2015). Batuan kapur yang tidak dihuni oleh karang akan mengalami pemutihan karang. Berdasarkan peristiwa ini, artinya hewan karanglah yang membuat batuan kapur tersebut penuh warna.



Gambar 3. 16 Karang Lunak Sumber : Rozirwan et al. 2014

25

Tumbuhan mangrove kaya akan kandungan komponen senyawa bioaktif seperti senyawa steroid, saponin.

Potensi sumber senyawa bioaktif yang dapat diperoleh dari organisme laut yaitu salah satunya karang lunak, tidak hanya itu karang lunak dimanfaatkan juga untuk bahan baku dalam pembuatan obat. Menurut Nur *et al.* (2019), karang lunak memiliki sumber senyawa metabolit sekunder yang bisa dijadikan sebagai antibakteri. Adapun senyawa-senyawa bioaktif yang ada

pada karang lunak seperti saponin, flavonoid, terpenoid, alkaloid, fenol, glikosida, dan peptide. Berdasarkan hasil penelitian Radhika (2006), sekitar 50 persentase ekstrak karang lunak mempunyai sifat toksik pada ikan dan mempunyai aktivitas biologi misalnya sitotoksik, antibakteri, antijamur, anti HI, dan antiinflamasi.

Karang lunak Genus *Sinularia*, *Lobophytum*, *Sarcophyton*, *Nephthea* diketahui mampu memproduksi berbagai jenis senyawa bioaktif. Karang lunak dari genus *Sarcophyton* diketahui dapat menghasilkan senyawa bioaktif dua diterpenoid cembrane. Karang lunak memiliki Senyawa bioaktif yang sangat banyak peran dalam berbagai bidang seperti sebagai antipredator, antimikroba, antifouling dan allelopathy. Menurut beberapa penelitian bahwa karang lunak kaya akan senyawa senyawa metabolit sekunder seperti *Sinularia flexibilis* terdapat senyawa cembrane diterpenoids, *Lobophytum sarcophytoides* ditemukan mengandung senyawa steroid dan cembranoid, *Sarcophyton infundibuliformis* mengandung senyawa kimia diterpenoids. *Sinularia* ditemukan senyawa bioaktif terpenoids, pada karang lunak *Sarcophyton glaucum* juga telah ditemukan senyawa bioaktif Cembranoids. Adapun senyawa yang baru ditemukan pada karang lunak yaitu *Sarcophyton trocheliophorum* Bisabolane, *Pseudopterogorgia rigida*. Lu *et al.* (2010) dalam Rozirwan *et al.*, (2014) menyatakan bahwa senyawa cembreniod dan steroid dari *Lobophytum sarcophytoides* dapat diperoleh dalam ekstrak EtOAc. Kandungan senyawa metabolit sekunder pada karang lunak dapat mengalami peningkatan produksi pada saat terjadinya kondisi perairan yang mengalami perubahan yang sangat ekstrim sehingga dapat menyebabkan stress pada karang lunak dan pada kondisi normal dapat mengalami penurunan kembali (Putri *et al.*, 2019).

3.2.3 Senyawa Metabolit Sekunder pada Rumput Laut

Pesisir merupakan kawasan yang menarik untuk dijelajahi karena keanekaragaman makhluk hidup yang terdapat di sana. Keanekaragaman organisme yang hidup di wilayah pesisir memiliki metabolit sekunder yang belum tereksplorasi (Nome *et al.* 2019) seperti senyawa steroid, flavonoid, alkaloid, terpenoid, dan kumarin yang merupakan senyawa zat yang digunakan untuk melindungi dari pengaruh lingkungan (Malo *et al.* 2018). Rumput

laut ini juga termasuk organisme laut yang berperan dalam menyuplai berbagai macam metabolit sekunder (Anggraini *et al.* 2021).

Sebagai sumber bahan pangan yang telah diidentikkan dengan peningkatan stamina, rumput laut juga dapat melawan kanker, menjaga kesehatan kulit dan menjadi bahan pangan. Pemanfaatan rumput laut dalam bidang pangan, termasuk agar-agar rumput yang telah dikembangkan dalam dunia industri sebagai marshmallow, serta banyak produk lainnya (Simanjuntak *et al.* 2021). Menurut Setyowati *et al.* (2014), potensi rumput laut untuk dikembangkan menjadi produk pangan yang fungsional karena terdapat nutrisi dan komponen bioaktif dengan kemampuan memberi efek kesehatan serta mengandung vitamin sebagai sumber kebutuhan pangan manusia



Gambar 3. 17 Rumput laut (a) *Chaetomorpha crassa*, (b) *Eucheuma spinosum*, (c) *Eucheuma cottonii*, (d) *Gracilaria coronopifolia*. Sumber : (Sarita *et al.* , 2021).

Mangrove kaya akan kandungan komponen senyawa bioaktif seperti senyawa steroid, saponin.

Rumput laut yang jenisnya sangat beranekaragam dan keberadaannya yang berlimpah mampu memberikan sangat besarnya peluang untuk upaya pencarian senyawa bioaktif seperti pigmen, antioksidan dan antibakteri. Rumput laut mengandung dan kaya akan senyawa senyawa metabolit sekunder yang dapat bermanfaat sebagai antioksidan. Berbagai genus rumput laut mempunyai kandungan senyawa metabolit sekunder, dimana informasi adanya suatu senyawa ini bisa ditemukan dengan menggunakan suatu proses yang bisa membagikan data terhadap keberadaannya salah satunya dengan metode uji fitokimia. Ekosistem laut dapat dijaga kestabilannya dengan adanya peran dari rumput laut yang dimana sebagai tempat hidup serta perlindungan bagi biota laut lainnya, namun disisi lain rumput laut juga dapat menjadi sumber bahan baku yang ekonomis (Radjasa *et al.* 2007). Kandungan senyawa bioaktif beberapa jenis rumput laut dapat dimanfaatkan dalam bidang kesehatan (Setyowati *et al.*, 2014). Senyawa bioaktif itu seperti terpenoid, tanin, flavonoid, alkaloid, dan saponin. Manfaat senyawa yang dihasilkan memiliki aktivitas biologis seperti antibakteri, antijamur, antivirus, dan lain-lain. kelompok jenis mikroalga maupun makroalga sangat berpotensi untuk dijadikan sebagai sumber yang dapat memenuhi kebutuhan pangan (Saputra *et al.*, 2021).

Diachanty *et al.*,(2017) melakukan penelitian dan mendapatkan hasil bahwa pada sampel rumput laut jenis *Turbinaria conoides* dengan hasil positif terdapat senyawa steroid dan triterpenoid. Aktivitas sebagai antijamur dan antimikroba yang dihasilkan dari senyawa turunan terpenoid sangat potensial bermanfaat keberadaannya bagi manusia dalam segala bidang. Rumput laut jenis *Caulerpa sp.* dan jenis *Gracilaria sp.* pada penelitian ini memperlihatkan hasil yang positif juga dan mengandung senyawa terpenoid dan steroid. Berdasarkan penelitian Saomole *et al.*,(2018) dengan metode pada rumput laut jenis *Halimeda macroloba*, *Gracilaria sp.* dan *Turbinaria sp.* ditemukan steroid, flavonoid, triterpenoid, tanin dan saponin.

3.2.4 Senyawa Metabolit Sekunder pada Invertebrata Laut

Awalnya metabolit sekunder ini diperkirakan sebagai limbah atau hasil samping dari suatu organisme sebagai akibat produksi yang berlebihan dari metabolit primer. Seiring berkembangnya zaman dibekali dengan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin modern, dibuktikan bahwa metabolit sekunder dibuat sebagai respon terhadap lingkungan oleh organisme tersebut. Tantangan organisme laut pada daerah yang tropis harus bisa bersaing agar bisa memperoleh kawasan tumbuh, makanan, dan sinar matahari. Sedangkan organisme laut dalam proses meningkatkan berbagai sistem mekanisme pertahanan tubuh seperti, dengan fisik, tingkah laku, dan substansi kimia.

Tidak hanya organisme seperti lamun, rumput laut, dan terumbu karang dapat dijadikan sumber metabolit sekunder, akan tetapi beberapa invertebrata laut juga berpotensi memiliki senyawa tersebut. Invertebrata laut yang memiliki pergerakan yang terbatas pada struktur fisik jika disandingkan dengan vertebrata laut yang bisa meningkatkan sistem pertahanan diri terus memproduksi *chemical defense*. Senyawa kimia ini juga dapat berguna untuk mempertahankan dan mencegah dari serangan musuh, pencegahan dari infeksi bakteri, media kompetisi, memberikan bantuan dalam proses reproduksi dan mencegah dari sinar UV. Invertebrata termasuk golongan hewan yang tidak mempunyai tulang belakang dan beradaptasi dengan sangat bervariasi, akibatnya memperoleh keanekaragaman bentuk yang luar biasa. Invertebrata laut menyimpan banyak senyawa alami yang sejauh ini telah banyak dimanfaatkan dan diterapkan dalam pengembangan bidang kesehatan.

Senyawa-senyawa kimia tersebut sebenarnya digunakan oleh invertebrata untuk proses adaptasi dan mekanisme pertahanan diri. Namun, saat ini para ahli telah menerapkannya untuk penemuan obat baru dengan fungsi ekologis dan aktivitas farmasetika yang dimilikinya. Adapun jenis invertebrata yang sering digunakan atau menarik perhatian peneliti terhadap kandungan senyawa di dalamnya seperti spons (sponge), tunikata, teripang, bintang laut dan lain sebagainya.

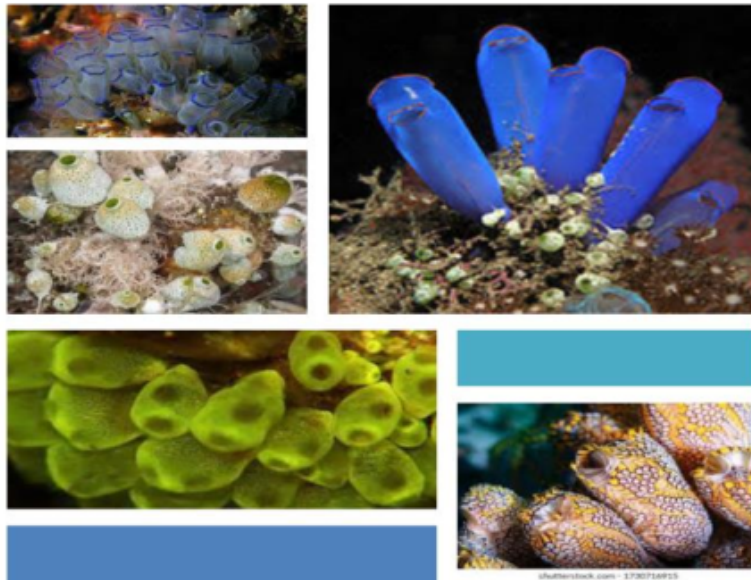
Spons Laut



Gambar 3. 18 Spons laut.
Sumber : <https://bit.ly/3f1ej7I>.

Penemuan terkait senyawa kimia sebagai mekanisme pertahanan ditemukan pada jenis spons *Oceanapia* yang memiliki habitat hidup pada kedalaman 2-3 m di Samudra Indopasifik. Adapun hasil dari penelitian ini ternyata untuk spons jenis ini memiliki 3 macam alkaloid yang tidak seperti biasanya karena memiliki tulang punggung piridoakridin, yang sebagaimana telah diidentifikasi sebagai kuinonimin C dan D yang memiliki struktur benzotiazol moiety dari mikroorganisme laut. Dalam dunia terapan medis, senyawa ini dapat menghambat penyakit kanker pada manusia (Sidharta, 2016).

Tunikata



Gambar 3. 19 Tunikata.

Sumber : <https://bit.ly/3LpAjVZ>.

Senyawa metabolit sekunder juga dimiliki oleh organisme golongan invertebrata ini yaitu tunikata seperti senyawa steroid, alkaloid, flavonoid, serta beberapa senyawa-senyawa lain (Aulia, 2011). Untuk flavonoid pada tunikata ini dalam prosedur tahapannya diduga mendenaturasi pada protein sel bakteri dan dapat menyebabkan kerusakan pada membran sel dan memiliki sifat lipofilik yang dapat mengakibatkan kerusakan membran mikroba.

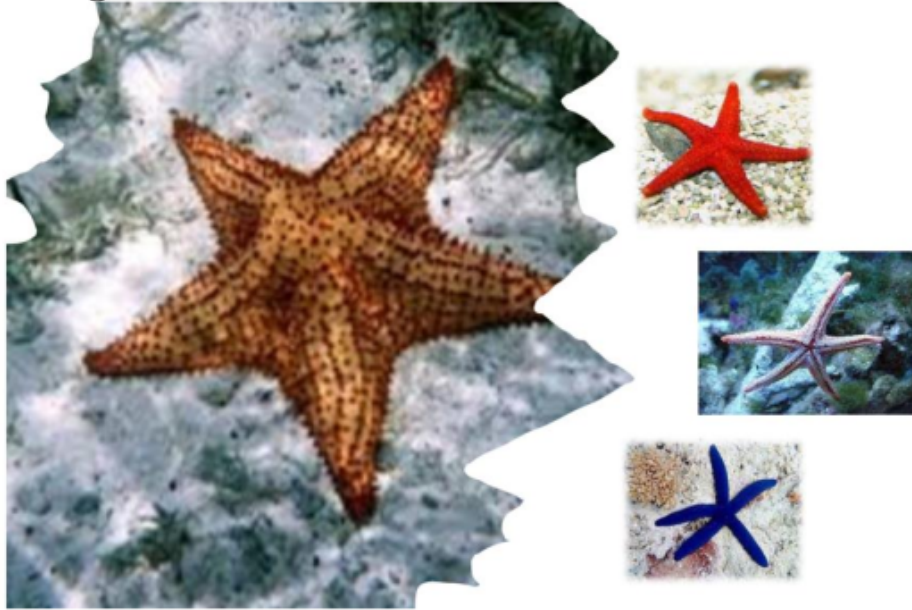
Teripang



Gambar 3. 20 Teripang.
Sumber : <https://bit.ly/3Dzq0N3>.

Teripang pasir (*Holothuria scabra*) termasuk dalam invertebrata yang mempunyai potensi penghasil senyawa bioaktif (sapogenin, saponin, glycosaminoglycan, triterpenoid, flavonoid, lektin alkaloid, steroid, dan fenol). Berdasarkan hasil penelitian Farouk *et al* .(2007) teripang jenis *H. scabra* berperan untuk antitrombotik dan antikoagulan, menurunkan kadar kolesterol dan lemak darah, antibakteri, antimalaria, antijamur, antikanker, imunostimulan, antivirus, antirematik, dan antitumor.

Bintang Laut

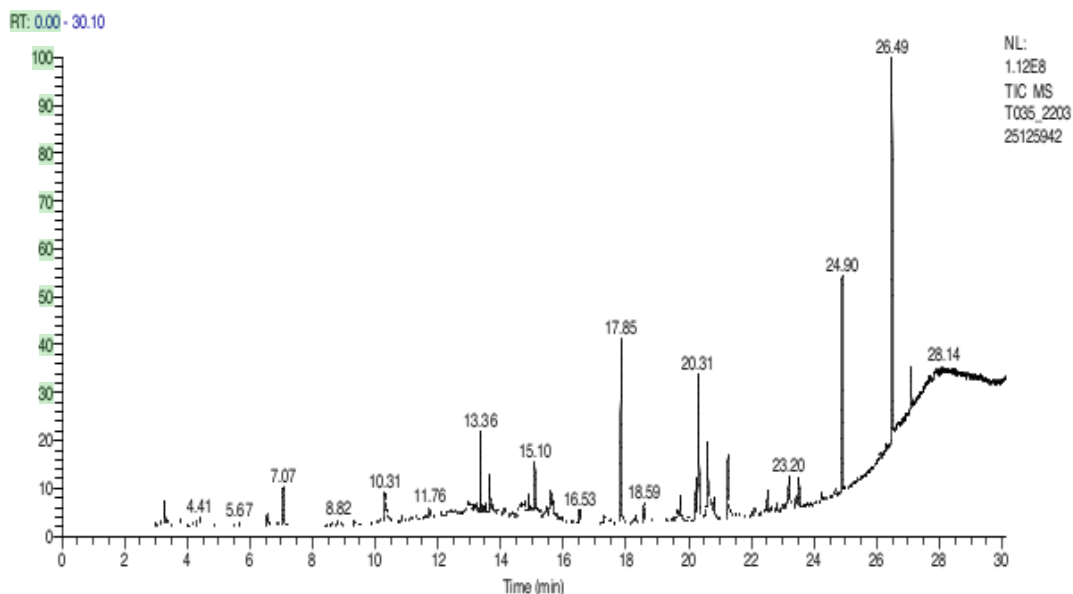


Gambar 3. 21 Bintang laut.
Sumber : <https://bit.ly/3xyjtd4>.

Salah satu bioindikator laut yaitu bintang laut dan organisme ini juga dapat berasosiasi dengan terumbu karang. Dalam peranannya terhadap lingkungan pantai bintang laut berperan memakan sisa-sisa cangkang dan bangkai molluska, hal inilah yang menjadikan bintang laut dikenal dengan hewan pemberi pantai dari material organiknya. Salah satu contoh spesies bintang laut yaitu *Culcita Sp* merupakan satu spesies dari kelas Asteroidea. Bintang laut ini juga mempunyai komponen bioaktif steroid, alkaloid, saponin, flavonoid, dan fenol hidrokuinon yang dapat digunakan sebagai antifungi antioksidan, dan antibakteri.

3.3 Analisis Senyawa Metabolit Sekunder dengan Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS)

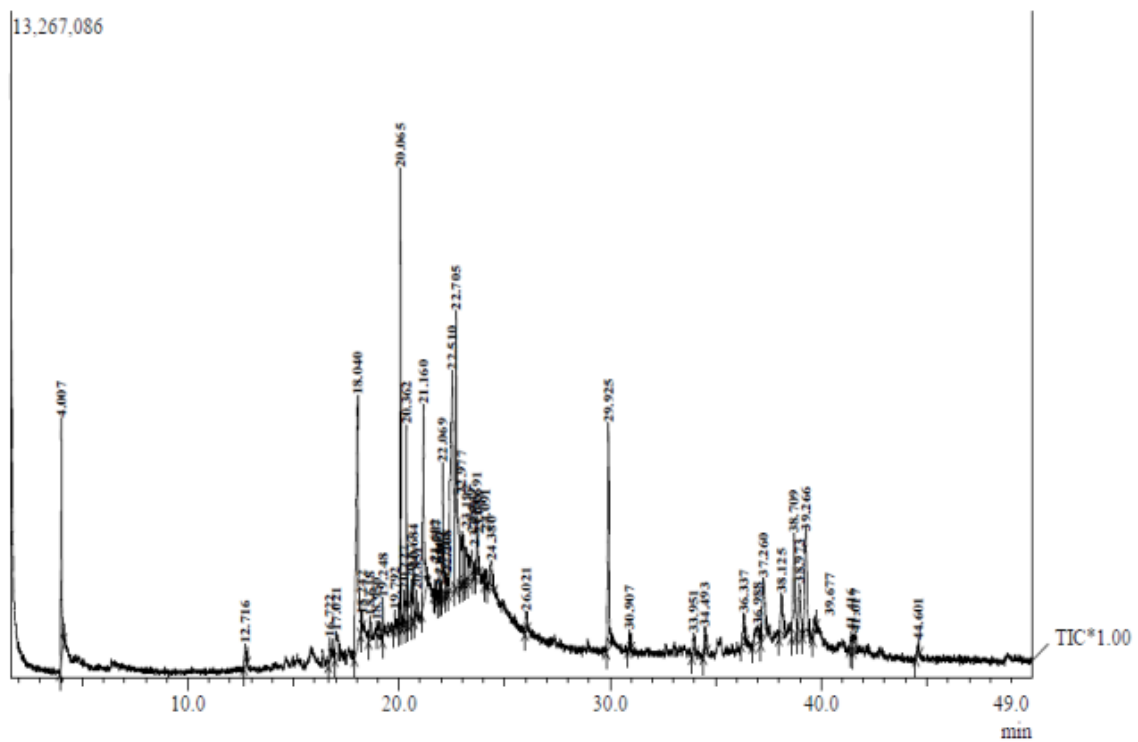
Dalam sebuah penelitian terkait senyawa metabolit sekunder para peneliti melakukan uji skrining untuk memperoleh informasi terkait senyawa metabolit sekunder dalam suatu ekstrak dari tumbuhan maupun hewani dengan menggunakan GC-MS yang merupakan sebuah instrumen yang digunakan untuk menganalisis senyawa yang mudah menguap. GC-MS secara luas di aplikasikan pada beberapa industri farmasi, makanan, lingkungan, serta industri pestisida. GC-MS ini menggunakan prinsip yang berguna untuk memisahkan campuran senyawa kompleks menjadi senyawa individualnya yang berguna untuk proses identifikasi dan kuantifikasi. Output yang dihasilkan dari analisis ini yaitu berupa grafik senyawa-senyawa yang teridentifikasi berdasarkan tinggi puncak kromatogram. Berikut beberapa contoh grafik hasil analisis GC-MS.



Gambar 3. 22 Grafik analisis GC-MS ekstrak metanol *Avicennia marina*.

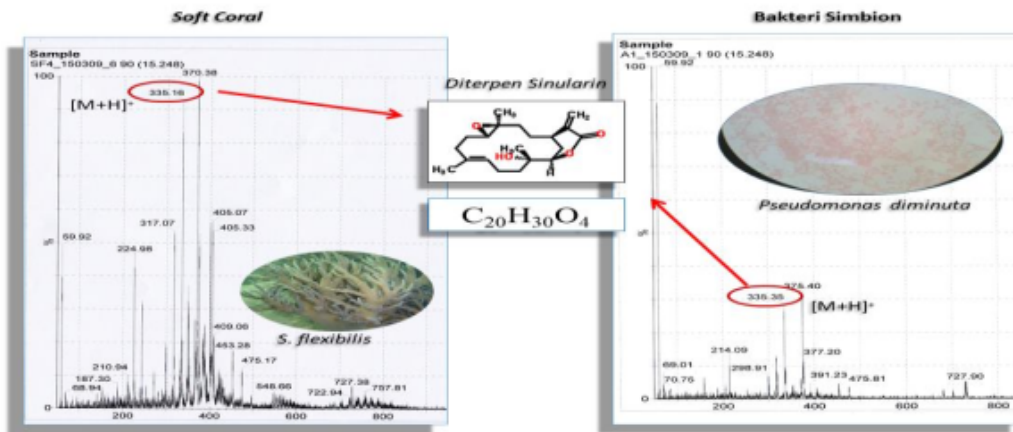
Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2022).

Berdasarkan contoh grafik hasil GC-MS di atas spektrum massa akan dicocokkan dengan data base library: WILEY. Grafik tersebut terdapat 14 titik puncak sedangkan senyawa yang terdeteksi adalah golongan asam lemak organik dan alkohol (Muhtadi, 2018).



Gambar 3. 23 Grafik analisis GC-MS ekstrak etil *asetat Avicennia marina*
 Sumber : (Rozirwan *et al.* , 2022).

Grafik analisis dengan GC-MS di atas mengungkapkan keberadaan senyawa sebanyak 50 puncak. Namun, 6 puncak tidak teridentifikasi sebagai senyawa apa. Senyawa yang memiliki total area cukup besar atau disebut sebagai senyawa major sebanyak 19 senyawa.



Gambar 3. 24 Grafik analisis LC-MS ekstrak metanol *Sinularia flexibilis*.

Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2016).

10

Contoh hasil analisis menggunakan LC-MS di atas dari senyawa aktif karang lunak menunjukkan hasil senyawa aktif dari golongan diterpen Sinularin dan juga dihasilkan oleh bakteri simbiosis.

GC-MS atau gas kromatografi penggunaan analisis ini biasa untuk analisis campuran multi komponen atau sampel yang terpisah secara fisik menjadi bentuk molekul lebih kecil yang disubstitusikan kromatografi dan spektrometri massa. Sistem kerja GC-MS ini pada dasarnya dengan menggunakan detektor ionisasi dan detektor elektron yang mempunyai sensitivitas yang sangat tinggi dengan prinsip tersebut GC-MS dapat secara kuantitatif menentukan bahan yang ada. GC-MS banyak digunakan untuk keperluan studi polusi, forensik dan analisis. GC-MS memiliki keunggulan dengan efektivitas dalam memisahkan campuran, serta tingkat akurasi tinggi. GC-MS dapat menganalisis bahan organik dan anorganik yang memiliki bentuk gas, cairan, dan padatan.

Metode GC-MS ini memiliki keunggulan seperti penggunaannya yang efisien, memiliki resolusi tinggi akibatnya bisa dimanfaatkan untuk menganalisis partikel yang sangat kecil. Kecepatan gas yang mengalir tetap dan terkontrol, sampel tidak rusak, tingkat sensitivitas yang tinggi, senyawa yang bercampur dapat dipisahkan satu lainnya, dan mampu menganalisis berbagai senyawa dalam konsentrasi rendah. Sedangkan untuk kekurangannya yaitu zat yang tidak dapat memisahkan campuran dalam jumlah yang besar, mudah menguap, dan sifat reaktif pada fase gerak terhadap fase diam dan zat terlarut.



BAB IV
POTENSI ANTIBAKTERI PADA
ORGANISME LAUT

Kehidupan manusia sangat erat kaitannya dengan mikroorganisme yang dimana beberapa dari mikroba bisa menyebabkan patogen. Hal ini terjadi diakibatkan oleh masih ditemukannya kasus terjadinya keracunan akibat makanan dan bahan tambahan makanan yang dapat mengalami penyakit. Di sisi lain, mikroba juga bermanfaat terutama dalam industri makanan contohnya pembuatan tempe, keju, yogurt, kecap, dan lainnya. Di bidang industri pabrik juga berkaitan dengan pembuangan limbah. Penguasaan terhadap ilmu mikrobiologi harus dilakukan karena hal ini memiliki keterkaitan langsung dengan kelangsungan hidup manusia sehari-hari. Organisme yang dapat dikelompokkan sebagai mikroba laut protista, sianobakteri, bakteri, jamur dan virus. Mikroorganisme laut mewakili sumber daya hayati yang sangat besar, salah satunya bermanfaat di bidang biomedis. Sebagian besar diantaranya dijumpai sebagai simbiosis (bersimbiosis) pada tumbuhan dan hewan laut serta sebagian juga tidak dapat dikulturkan.



Gambar 4. 1 Mikroorganisme (bakteri, jamur, dan virus).

Dalam dunia bioteknologi mikroorganisme juga memiliki banyak peran, terkait tentang pemanfaatan makhluk hidup seperti fungsi, bakteri, dan juga virus. Mikroorganisme ini juga disinyalir memberikan dampak yang kuat dalam perkembangan dunia kesehatan yang contohnya dapat menjadi antibakteri salah satunya. Antibakteri adalah mikroba yang menghasilkan senyawa dan mempunyai keahlian dalam penghambatan tumbuhnya mikroba lain yang diproduksi luas dengan secara sintesis kimia dan bisa menghambat pertumbuhan mikroba lainnya saat konsentrasi kecil.

Bakteri dapat dihentikan atau dihambat pertumbuhannya dengan zat antibakteri salah satunya dimana cara kerjanya dengan mengganggu metabolisme mikroba yang dapat merugikan. Proses kerja antibakteri ini dengan proses menghentikan sintesis pada dinding sel, dapat menghambat kerja enzim, permeabilitas dinding sel bakteri yang terhambat, dan penghambatan juga terjadi pada sintesis protein dan asam nukleat. Antibiotik merupakan salah satu zat antibakteri yang selalu dimanfaatkan. Senyawa kimia khas yang dibuat secara sintetik didapatkan atau struktur analog turunan organisme hidup, yang dalam kandungan rendah dapat menghentikan tahapan esensial pada suatu kehidupan mikroorganisme. Adapun kualitas yang ideal untuk antibakteri sebagai berikut :

- a. Menghentikan berkembangnya patogen
- b. Tidak dapat merusak inang
- c. Alergi tidak akan ditimbulkan oleh inang
- d. Penyimpanan dapat dilakukan baik dalam bentuk padat atau cair
- e. Jaringan khusus menjadi tempat bertahan pada jangka waktu lama dan efektif
- f. Kemampuan membunuh patogen sebelum mutasi dan menjadi resisten

Mikroorganisme yang dapat membahayakan dan menginfeksi manusia ataupun hewan salah satunya yaitu bakteri, dimana cara kerjanya dapat menimbulkan infeksi ringan sampai dengan kematian. Apabila terinfeksi bakteri salah satu cara pengobatannya yaitu dengan mengkonsumsi obat kimia atau antibiotik. Saat ini usaha untuk menemukan obat yang berasal dari alami semakin terus-menerus dilakukan, hal ini dikarenakan pemakaian obat kimia yang berlebihan akan menyebabkan kekuatan bakteri pada obat

ataupun antibiotik bisa memunculkan kehidupan baru bagi bakteri lain dan resisten terhadap obat-obatan.

Salah satu yang dapat menimbulkan penyakit infeksi serius yaitu fungi. Morbiditas dan mortalitas yang berlebihan disebabkan oleh adanya peningkatan infeksi. Suatu populasi yang memiliki resiko terkena infeksi oleh sebab fungsi akan meningkat dengan sangat signifikan. Akan tetapi tidak semua populasi akan terkena dampak tersebut, sampai penyakit infeksi tersebut mengarah ke yang lebih serius. Seiring berjalannya waktu telah banyak dilaporkan peningkatan infeksi patogen serius yang dapat menyebabkan kematian. Adapun tujuan pemberian antibiotik pada penyakit infeksi agar dapat menghilangkan mikroba agar penyakit. Pemilihan dosis penggunaan antibiotik bergantung pada kondisi kesehatan yang mengalami penyakit. Antifungi yang dengan pola yang ideal adalah obat harus mencapai jalur atau proses tertentu untuk sel fungi, akibatnya dapat mengurangi kemungkinan menghancurkan jaringan. Antifungi memiliki dua arti yaitu fungistatik dan fungisidal. Fungistatik bisa menghentikan pertumbuhan jamur tanpa mematikannya. Senyawa dengan kemampuan yang bisa membunuh jamur disebut dengan fungisidal.

Antibakteri ditargetkan harus bisa menghentikan patogen dan inang tidak dirugikan, oleh sebab itu antibakteri seharusnya tepat sasaran pada metabolisme atau struktur yang dimiliki oleh patogen akan tetapi inang tidak mempunyainya. Berdasarkan tahapan kerjanya penghambatan pertumbuhan mikroorganisme, antibakteri dikelompokkan menjadi berikut:

- a. Mampu melakukan penghentian sintesis dinding sel
- b. Menghancurkan membran sel
- c. Dapat mengganggu proses biosintesis pada asam nukleat
- d. Menghentikan proses sintesis protein

Melakukan tahapan ekstraksi dan pengujian zona hambat yang berfungsi untuk mengetahui aktivitas antibakteri. Proses ekstraksi ini adalah sebuah proses yang dilakukan dengan selektif untuk dapat memisahkan beragam zat dan juga campuran dengan adanya bantuan pelarut. Dalam tahapan ekstraksi sangat penting memilih jenis pelarut karena hal ini dapat menentukan hasil ekstraksi yang diperlukan. Pelarut tersebut akan memiliki pengaruh terhadap jenis senyawa bioaktif yang terekstrak dan masing-masing pelarut punya

selektifitas dan efisiensi yang beragam dalam proses melarutkan komponen bioaktif. Tidak hanya itu hal yang harus mendapat perhatian juga yaitu sifat korosif, toksik, titik didih terhadap alat traksi. Teori difusi dapat menjelaskan proses berpindahnya komponen bioaktif dari dalam bahan menuju ke pelarut. Proses difusi didefinisikan sebagai perubahan yang terjadi berlangsung sangat cepat dan tidak bisa kembali lagi dari tahapan yang mempunyai konsentrasi yang tinggi ke konsentrasi yang rendah.

4.1 Penggunaan Mikroorganisme dalam Bidang Bioteknologi

1. Ekstraseluler

Mikroba yang terjadi replikasi di luar sel dan tubuhnya disebut mikroba ekstraseluler. Oleh sebab kondisi tersebut, pemanfaatan bisa dilakukan dengan menghasilkan replikasi mikroba itu. Seperti contohnya pada mikroba yang menghasilkan enzim protease ekstraseluler yang bisa mengubah senyawa protein ke arah yang lebih sederhana. Sehingga hasil dari senyawa protein yang lebih sederhana ini bisa dimanfaatkan dan digunakan untuk kebutuhan hidup manusia dan organisme lainnya. Tumpuan inilah yang menjadikan mikroba disebut sebagai agen bioteknologi.

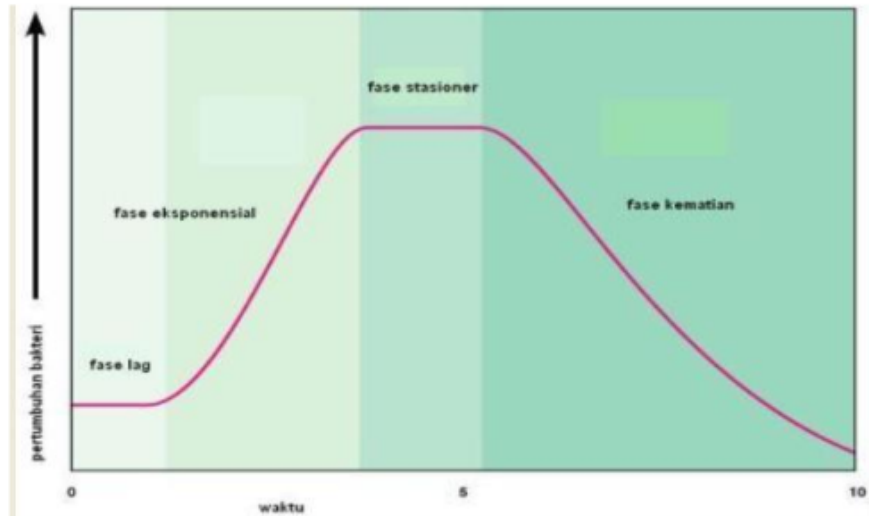
Enzim termasuk juga sumber penghasil senyawa ekstraseluler yang dapat ditemukan pada bakteri endofit. Adanya enzim yang diperoleh dari bakteri endofit dapat lebih menguntungkan dan memiliki tingkat produksi yang lebih cepat. Endofit merupakan mikroorganisme yang mengakhiri seluruh atau sebagian dari daur hidupnya di pada tumbuhan dan tidak mengakibatkan gejala tertentu pada tumbuhan inangnya tersebut.

Kelompok endofit memberikan kelebihan bagi tanaman inangnya contohnya dapat menaungi tanaman melawan serangga, herbivora, patogen, dan bisa menstimulasi pertumbuhan tanaman. Beragam penelitian terkait kelompok bakteri yang berasosiasi dengan tanaman sebagai endofit sudah berkembang cepat mengingat hal ini sangat penting kontribusinya komunitas bakteri tersebut. Penghasil enzim inilah yang menjadi salah satu kontribusi dari bakteri endofit. Enzim yang diperoleh dari suatu mikroorganisme lebih menguntungkan serta produksinya lebih

cepat jika daripada dengan enzim yang berasal dari hewan dan tumbuhan. Prospek penelitian terkait bakteri endofit di Indonesia saat ini sangat menjanjikan karena berdasarkan kemampuan bakteri endofit yang sangat besar serta keanekaragaman hayati yang dimiliki Indonesia yang sangat melimpah. Adapun prospek pengembangan bakteri endofit di bidang kelautan yaitu contohnya pada hasil penelitian Susanti *et al.* (2021) aktivitas antifouling yang dihasilkan dari bakteri endofit lamun *Enhalus sp* yang berasal dari perairan Lampung. Berdasarkan hasil penelitiannya menghasilkan bahwa bakteri endofit lamun *Enhalus sp* tersebut berpotensi sebagai antimikroba fouling. Hal ini tentu menggambarkan bahwa begitu besarnya prospek bakteri endofit ini dalam dunia bioteknologi kelautan.

2. Pertumbuhan Cepat

Pertumbuhan didefinisikan sebagai proses tahapan bertambahnya ukuran, kapasitas, zat, atau masa zat suatu organisme. Asumsi terkait hal ini misalnya organisme mikroskopik sedang berkembang apabila sedang mengalami pertumbuhan (tinggi dan berat). Sedangkan pada organisme bersel tunggal pertumbuhan merupakan sebagai pertumbuhan kolonisasi yang berarti bahwa ukuran koloni maksimum, peningkatan jumlah koloni, atau massa mikroorganisme pada koloni tersebut yang tumbuh dan ini didefinisikan sebagai peningkatan jumlah sel mikroorganisme itu sendiri. Ketersediaan air mempengaruhi pertumbuhan dari mikroba karena zat yang larut pada air dapat dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk membuat materi seluler dan juga mendapatkan energi contohnya adalah bahan makanan. Persyaratan mikroorganisme yang beragam berkaitan dengan komponen larutan makanan dan kualifikasi lingkungan khusus sangat bervariasi. Oleh sebab itu diperkenalkan banyak formula untuk membuat media kultur untuk mikroorganisme. Mikroba dalam pertumbuhannya melalui beberapa fase yang disajikan pada (Tabel 4.2).



153 ambar 4. 2 Kurva pertumbuhan bakteri.

Sumber : <https://staff.blog.ui.ac.id/ratna/files/2012/01/kurva-pertumbuhan-bakteri.jpg>.

Kondisi bertambahnya jumlah atau volume total sel pada mikroba yang melebihi inokulum aslinya disebut dengan pertumbuhan mikroba dimana pada tahapan proses perkembangannya merupakan suatu hal yang tidak bisa seperti awal lagi. Pertumbuhan yang ditetapkan sebagai peningkatan jumlah komposisi seluler dan komponen suatu organisme dapat diwakili oleh ukuran, menyertakan peningkatan kuantitas, peningkatan ukuran sel, perkembangan massa dan parameter lainnya, sebab peningkatan ukuran dan pembelahan sel tergolong pertumbuhan populasi mikroba.

Mikroorganisme di lingkungan melewati beberapa proses yang berurutan dan disebut periode Pertumbuhan tertinggal, periode eksponensial, periode fase berhenti dan mati. Selama tahapan kematian eksponensial tidak diamati dalam kondisi umum pertumbuhan bakteri yang dikultur, kecuali jika sudah mati dipercepat dengan penambahan bahan kimia berbahaya, panas/radiasi. Dalam pertumbuhan semua makhluk hidup membutuhkan nutrisi dan kondisi lingkungan yang tepat dan menguntungkan untuk pertumbuhan termasuk juga pada bakteri. Faktor lingkungan pada umumnya mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Pengaruh dari faktor ini bisa berdampak gambar yang menunjukkan meningkatnya jumlah sel berbeda dan pada akhirnya akan representasi dari kurva pertumbuhan.

3. Modifikasi Sifat Dasar

Mikroorganisme banyak membantu dalam penggunaan aplikasi bioteknologi. Mikroorganisme⁸² adalah makhluk hidup yang mempunyai ukuran kecil yang terdiri dari sel tunggal (uniseluler) ataupun bersel banyak (multiseluler). Setiap sel mempunyai kekuatan untuk mengalami pertumbuhan, menghasilkan energi, dan juga memperbanyak diri (Kumar, 2012). Mikroorganisme dapat mengalihkan sifat aslinya menjadi semakin kuat. Contohnya pada manusia yang mengalami sakit kepala kemudian mengkonsumsi obat dengan dosis rendah. Saat sakit kepala itu akan sembuh. Namun ada mikroorganisme yang mampu bertahan dan tumbuh seiring¹⁹ erjalannya waktu dan akan merasa sakit kembali, namun sakit tersebut tidak kunjung hilang dengan dosis yang sama seperti sebelumnya. Ini adalah contoh mikroorganisme yang dapat dengan mudah mengubah sifat dasarnya, yang dapat kita gunakan dalam bidang bioteknologi kelautan.

Faridah dan Sari (2019) menyatakan bahwa mikroorganisme yang saling berinteraksi dengan sesama ataupun organisme lainnya selanjutnya akan meninggalkan dampak yang beragam, seperti sifat merugikan maupun menguntungkan. Pada pembahasan mikroorganisme, fitopatologi, mikrobiologi dan kedokteran bisa menyebabkan timbulnya beragam patogen dan penyakit dalam kehidupan, akan tetapi umumnya pada dunia bioteknologi manfaat dari mikroorganisme dapat diwariskan. Mikroorganism³⁸ yang dimanfaatkan pada tahapan makanan yang diolah dapat berasal dari komponen bakteri ataupun fungi. Bakteri yang digunakan bisa berasal dari kelompok *ActinobacteriaCae* seperti, *Firmicutes Bacillus*, *Bifidobacterium thermophilum* dan *ProteobacteriaCae*. Pada kelompok fungi yang digunakan dari filamentous fungi maupun *yeast*.

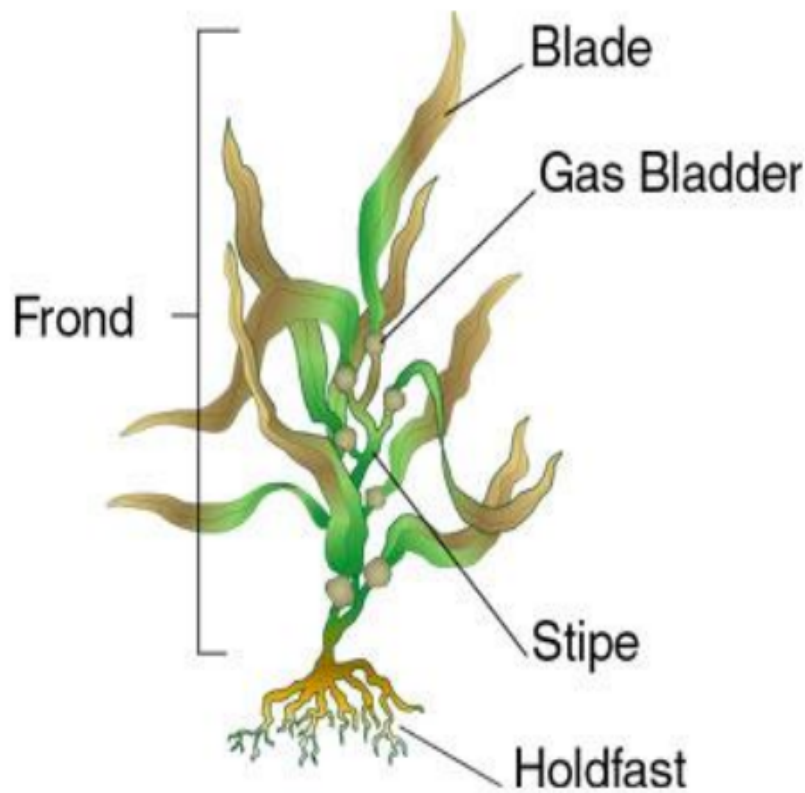
4. Kemampuan Cepat dalam Memproses Bahan Baku

Mikroba juga dapat melakukan proses dengan cepat pada bahan baku sebab memiliki sifat yang bisa dengan cepat melakukan pembelahan diri dan juga mempunyai sifat yang semakin lama semakin kuat. Adapun mikroba yang dimanfaatkan untuk keuntungan dalam produksi perikanan sebagai agen bioteknologi.

Hasil perikanan dengan agen bioteknologi menggunakan mikroba salah satunya yaitu probiotik yang bisa digunakan sebagai nutrisi makhluk hidup. Adapun pemberian probiotik ini tentu sangat memberikan banyak keuntungan bagi perikanan contohnya dapat menyumbang atau memiliki peran sebagai mengurai zat makanan ke dalam bentuk yang sederhana sehingga mudah dalam proses pencernaan. Probiotik sendiri merupakan perkembangan ¹⁹ngbiakan mikroba memberikan keuntungan sebagai nutrisi makanan yang memiliki pengaruh yang menguntungkan terhadap ¹⁹sehatan makhluk hidup (tumbuhan, hewan, dan manusia). Mikroflora yang dikelompokkan sebagai probiotik yaitu mikroba yang mempunyai sifat menguntungkan. Sifat dengan kemampuan mengkonsumsi nutrient, kemampuan yang baik untuk tumbuh, dan untuk menghasilkan metabolit sekunder, yaitu bakteriosin atau asam laktat. Mikroba yang tergolong probiotik diantaranya Bifidobacteria dan Lactobacilli. Di perikanan probiotik memperoleh kandungan pada zat makanan yang lebih sederhana (asam lemak asam amino, vitamin, mineral organik dan gula-gula sederhana). Probiotik dapat juga dimanfaatkan untuk hasil olahan perikanan seperti bekasam, terasi, dan pakan ikan.

4.2 Potensi Antibakteri Pada Rumput Laut

Rumput laut atau *seaweed* adalah bahan yang dapat dijadikan pangan utama dari hasil perairan yang memiliki kandungan gizi tinggi, akan tetapi harus ada eksplorasi selanjutnya terkait bahan baku non pangan sebagai potensinya. Rumput laut termasuk dalam kelompok makroalga dan sering ²⁵dikelompokkan ke dalam Thallophyta yaitu tumbuhan dengan tingkat rendah yang tidak bisa dibedakan antara struktur, batang, daun dan akar. Pada gambar dibawah ini menunjukkan bahwa struktur dari rumput laut yang terdiri dari *Thallus* (tubuh rumput laut), *Lamina* (helaian), *Sorus* (kumpulan spora), gelembung udara (organ pada lembaran yang membantu pengapungan), *Stipus* (struktur mirip batang, tidak harus ada), *Holdfast* (struktur khusus yang digunakan untuk melekat), *Haptera* (struktur untuk melekat pada substrat bentik, dan *Fond* (berupa stipus dan *blade* atau lembaran).



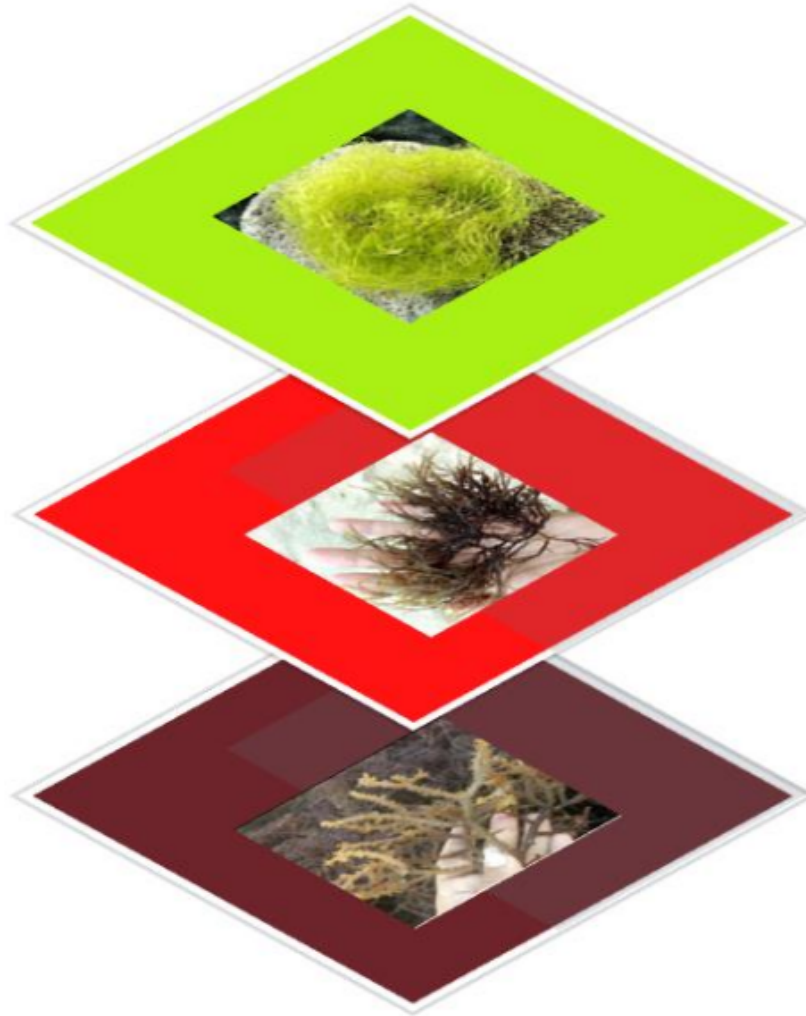
Gambar 4. 3 Morfologi rumput laut.

Sumber : <https://bilingualbiology10.blogspot.com/>.

Banyak rumput laut dikenal dengan variasi yang luar biasa morfologi baik di antara maupun di dalam populasi. Namun, etiologi plastisitas ini secara alami populasi dan manfaat serta biaya dari asumsi berbagai bentuk sebagian besar tetap belum dijelajahi oleh eksperimen lapangan. Banyak rumput laut intertidal menunjukkan gradien bentuk dari thallus tegak individu ke rumpun rapat kumpulan cabang tegak dan cabang lateral. Rumput laut tidak hanya berperan sebagai contributor produsen primer dan peningkatan produktivitas di wilayah pesisir akan tetapi rumput laut juga mampu menjadi relung baru untuk hewan dan organisme laut lainnya (Bykova *et al.*, 2020). Keanekaragaman suatu organisme termasuk rumput laut ini sangat dipengaruhi parameter lingkungan seperti kecerahan, salinitas, DO, suhu, dan pH (Rozirwan *et al.*, 2022).

Budidaya rumput laut banyak dilakukan di perairan yang relatif tenang dan tertutup seperti di teluk, di belakang pulau. Rumput laut dibedakan menjadi tiga kelompok berdasarkan pigmen utama pada talusnya, yaitu merah, coklat, dan hijau. Secara sistematis pada

rumpun laut juga dibagi ke dalam tiga kelompok yaitu rumput laut hijau (Chlorophyta), rumput laut coklat (Phaeophyta) dan rumput laut merah (Rhodophyta) (Hendri *et al.*, 2017).



Gambar 4. 4 Kelompok rumput laut.

- a. Rumput laut hijau (Chlorophyta)
Sifat khas kelompok rumput laut hijau yaitu warna hijau berasal dari klorofil a dan b dalam jumlah yang sama dengan tanaman tingkat tinggi, beta-karotin (pigmen kuning), dan xantofil (pigmen kekuningan dan kecoklatan). Adapun genus pada Chlorophyta ini contohnya yaitu *Ascophylum*, *Durvillaea*, *Ecklonia*, *Laminaria*, *Lessonia*, *Macrocystis*, dan *Sargassum*.




b. Rumput laut merah (Rhodophyta)

Warna merah yang dihasilkan oleh pigmen fikoeritrin dan fikosianin, yang dominan terhadap pigmen lain seperti klorofil a, beta-karotin, dan xantofil. Cadangan makanan berupa pati floridean dan floridoside.

c. Rumput laut coklat (Phaeophyta)

Warna coklat rumput laut ini berasal dari mayoritas pigmen xantofil yaitu fikosantin, yang menutupi pigmen-pigmen lainnya seperti klorofil a dan b, beta-karotin, dan santofil lainnya.

Tabel 4.1. Contoh marga rumput laut.

Marga	Foto	Kelas
Caulerpa		Hijau
Gracilaria		Merah
Sargassum		Coklat

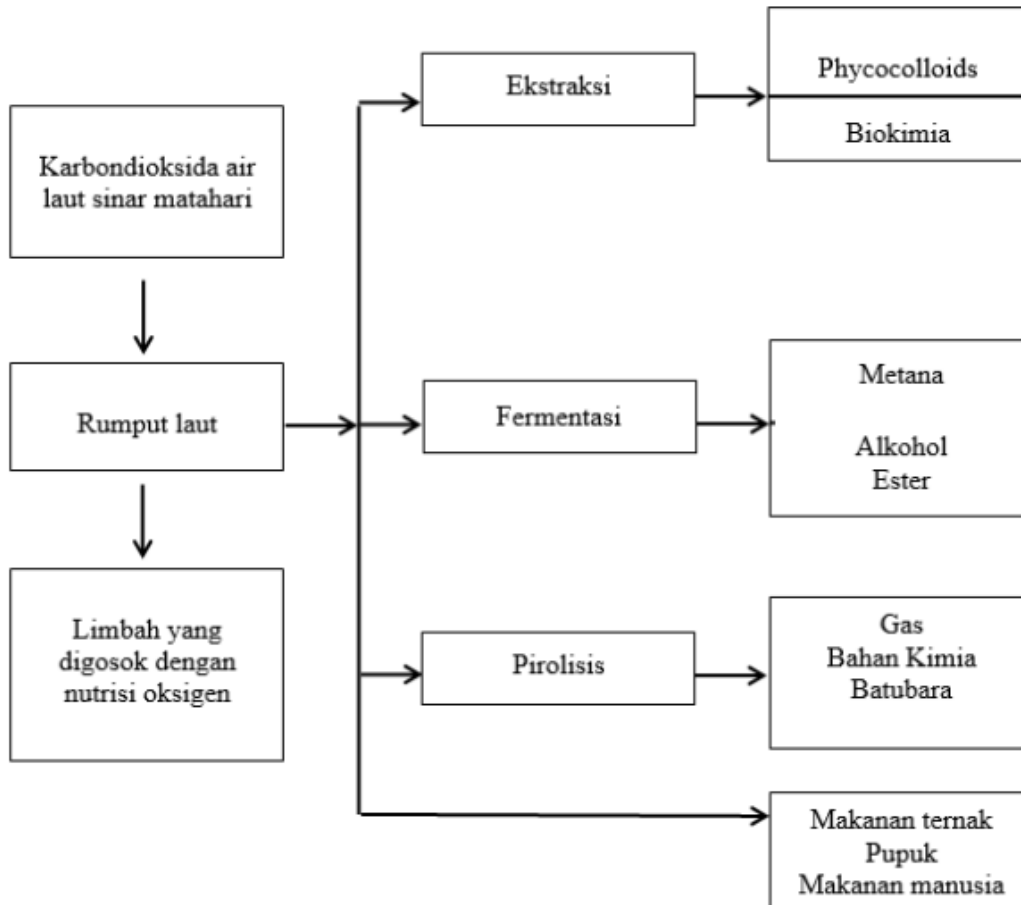
Sumber : (Zemke-White dan Ohno 1999).

Tiga kelompok rumput laut berbeda dalam hal ultrastruktur dan sifat biokimia, senyawa yang disimpan, susunan dinding sel, ultrastruktur mitosis, hubungan antarsel, dan struktur halus kloroplas. Ketiganya berasal dari proses evolusi yang berbeda (utamanya endosymbiosis untuk rumput laut merah dan hijau, endosymbiosis sekunder pada rumput laut coklat), yang berarti memiliki keragaman genetik tinggi. Rumput laut merah dan coklat hampir semuanya menghuni laut, sedangkan rumput laut hijau juga dijumpai di air tawar (sungai dan danau) dan di darat (menempel di bebatuan, dinding rumah, dan batang pohon yang berada dalam keadaan lembab). Rumput laut sebagai kelompok organisme yang majemuk, yang tidak sesuai dengan dugaan semua para ahli. Banyak rumput laut yang memiliki jaringan dan pertumbuhan khusus. Rumput laut juga memperlihatkan reproduksi seksual yang rumit, banyak yang menghasilkan hormon kelamin dan memiliki berbagai jenis organ kelamin. Rumput laut merah memiliki kelamin yang paling rumit di dunia tanaman. Secara umum rumput laut memiliki organ untuk melekat ke batuan (*holdfast*).

Dalam siklus rantai makanan, rumput laut atau mikroalga ini termasuk dalam salah satu organisme yang memiliki peran dalam produsen primer (penyedia bahan baku). Rumput laut mempertahankan hidupnya dengan cara memproduksi senyawa metabolit primer dan metabolit sekunder. Senyawa primer dihasilkan dari makhluk hidup memiliki sifat yang sangat penting untuk proses metabolisme sel seperti asam lemak tak jenuh (UFA) fikoloid, karbohidrat dan vitamin. Senyawa sekunder termasuk dalam senyawa yang kurang penting untuk pertumbuhan organisme akan tetapi bisa juga dimanfaatkan bagi pertahanan diri pada kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Kandungan metabolit sekunder dari rumput laut memiliki potensi sebagai produsen senyawa bioaktif seperti antivirus, antijamur, dan antibakteri. Salah satu contoh jenis rumput laut merah (*Cylindrocapsa* sp) banyak dimanfaatkan dalam dunia kesehatan (Hendri *et al.*, 2018).

Rumput laut merupakan keanekaragaman hayati yang berpotensi untuk dikembangkan. Rumput laut telah digunakan di berbagai Negara bahari sebagai sumber makanan, industri, dan sebagai pupuk. Pemanfaatan rumput laut dalam dunia industri terutama berupa ekstraksi fikokoloid dan senyawa biokimia tertentu. Penggunaan rumput laut saat ini sebagai makanan manusia,

kosmetik, pupuk, dan untuk gum serta senyawa kimia industry. Rumput laut memiliki potensi sebagai sumber senyawa kimia rantai pendek dan panjang dengan manfaat medis dan industri. Rumput laut juga dapat dimanfaatkan sebagai pengumpul energi dan senyawa potensial yang diekstrak dengan proses fermentasi.



Gambar 4. 5 Jalur penggunaan rumput laut .
Sumber : Indergaard, 1983.

106

Indonesia memiliki keanekaragaman laut hayati yang berpotensi untuk dikembangkan atau dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti rumput laut salah satunya. Rumput laut mempunyai senyawa metabolit primer dan metabolit sekunder. Kandungan metabolit primer seperti, mineral, karaginan, vitamin, karbohidrat, alginate yang digunakan untuk bahan kosmetik (perawatan dan pemeliharaan kulit), dan bahan makanan (agar-agar). Tidak hanya itu rumput laut juga memiliki metabolit sekunder lainnya juga yang

bermanfaat aktivitas bioaktif yang sangat luas terutama dalam bidang kesehatan contohnya sebagai antivirus, antijamur, antibakteri, dan sitostatika. Beberapa jenis seperti rumput laut merah, coklat, dan hijau merupakan sumber pangan yang sangat esensial sebagai senyawa bioaktif yang memiliki manfaat untuk pengembangan farmasi seperti industri anti tumor, sebagai antibakteri, anti kanker atau sebagai reversal agent dan selanjutnya untuk antifeedant, herbisida dan fungisida pada industri agrokimia.

Antibiotik dapat digunakan dalam pencegahan terhadap serangan infeksi. Penemuan alternatif obat untuk mengatasi peningkatan resistensi bakteri dalam dunia kesehatan sangat perlu dilakukan terutama yang ramah terhadap lingkungan. Rumput laut dapat dijadikan sumber antibakteri karena memiliki senyawa bioaktif yang terkandung dalam tubuhnya. Adapaun cara untuk mendapat senyawa bioaktif ini yaitu dengan melakukan ekstraksi dengan menggunakan pelarut tertentu. Proses penguraian menggunakan pelarut dengan menyertakan perpindahan zat terlarut dalam pelarut. Ekstraksi bisa dilakukan dengan cara melakukan ekstraksi bertingkat dimulai dari pelarut non-polar seperti kloroform, toluene, n-heksan, dan sikloheksana), kemudian selanjutnya dengan pelarut pelarut semipolar (eter, etil asetat, dan diklorometan), dan yang terakhir pada polar (air, methanol, dan etanol) dengan demikian bertujuan dapat memperoleh rendemen dalam komponen berbeda yang lebih besar dari senyawa tingkat kepolarannya. Dalam bidang bioteknologi kelautan ini senyawa metabolisme sekunder pada rumput laut memiliki perbedaan pada tingkat kepolaran, terkait dengan hal ini penggunaan ekstraksi bertingkat sangat menarik untuk dilakukan penelitian lebih lanjut.

Pada ekstrak kasar rumput laut untuk penelitian aktivitas antibakteri memperlihatkan bahwa sebagian dari ekstrak rumput laut mempunyai senyawa bioaktif yang berfungsi untuk penghambatan bakteri uji untuk tumbuh. Adanya peningkatan dan penurunan yang besar pada zona hambat dengan seiring waktu inkubasi dari pemberian ekstrak rumput laut yang berbeda memberikan dampak respon berbeda-beda juga pada bakteri uji. Antibakteri termasuk zat yang berfungsi menghambat dan membunuh pertumbuhan serta reproduksi bakteri tersebut. Antibakteri juga dapat dibedakan berdasarkan cara kerjanya yaitu yang pertama bakterisidal artinya dapat membunuh bakteri,

sedangkan yang kedua bakteriostatik artinya hanya dapat menghambat pertumbuhan tetapi tidak memantikan.

Rumput laut termasuk hasil sumber pangan dalam bidang kelautan yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan kandungan didalamnya dalam banyak bidang satu diantaranya yaitu bidang farmasi. Rumput laut dari jenis *Halimeda sp* mempunyai kekuatan untuk dapat menghasilkan senyawa metabolit sekunder saat tahapan metabolismenya dalam pertahanan diri dari serangan musuh atau hama (predator). Kemampuan yang dimiliki rumput laut jenis ini seperti mengeluarkan bahan aktif tentu sangat aktif untuk dapat menghambat serangan bakteri dan predator. Tidak hanya rumput laut jenis *Halimeda* yang dapat digunakan sebagai antibakteri tetapi ada juga seperti jenis *Eucheuma cottonii* yang dimana telah dilakukan penelitian oleh Iskandar *et al* . (2009) yaitu pada uji aktivitas antibakteri dengan menggunakan pelarut etanol untuk mendapatkan ekstrak rumput laut *Eucheuma cottonii* memperlihatkan bahwa pada ekstrak ini memiliki potensi terhadap *Bacillus cereus* daripada dengan *Escherichia coli*.

6 Penelitian serupa dilakukan oleh (Sartika *et al*. 2013) yaitu aktivitas antibakteri pada rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* pada empat jenis bakteri yaitu *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella typhosa* dan *Vibrio cholera*. Hasil penelitian ini menghasilkan yaitu pertumbuhan bakteri yang terhambat oleh aktivitas antibakteri menghasilkan konsentrasi maksimum pada *Staphylococcus aureus* yaitu 103 mm, *Vibrio cholera* 13,67 mm, *Salmonella typhosa* 11,67 mm, dan *Escherichia coli* 16,33 mm. Zona hambat pada penelitian masuk dalam kategori kuat.

Pengujian aktivitas antibakteri pada 2 jenis ekstrak rumput laut jenis *Euchemia cottoni* dan *Halimeda renchii* pada tiga jenis bakteri *Vibrio sp* telah dilakukan oleh penelitian Purnama *et al* . (2011) dengan hasil yaitu bening yang artinya hasil yang sangat baik pada aktivitas antibakteri. Selanjutnya hasil gambar zona hambat disajikan pada (Tabel 4.2).

Tabel 4.2. Zona hambat *Halimeda rinchii* dan *Euchema cattoni*.

No	Bakteri Uji	Zona hambat (mm)	
		<i>Halimeda rinchii</i>	<i>Euchema cattoni</i>
1	<i>V. parahaemolyticus</i>	16,7	24,1
2	<i>V. alginolyticus</i>	13,4	12,15
3	<i>V. charcariae</i>	13,75	19,75

Sumber : (Purnama *et al.*, 2011).

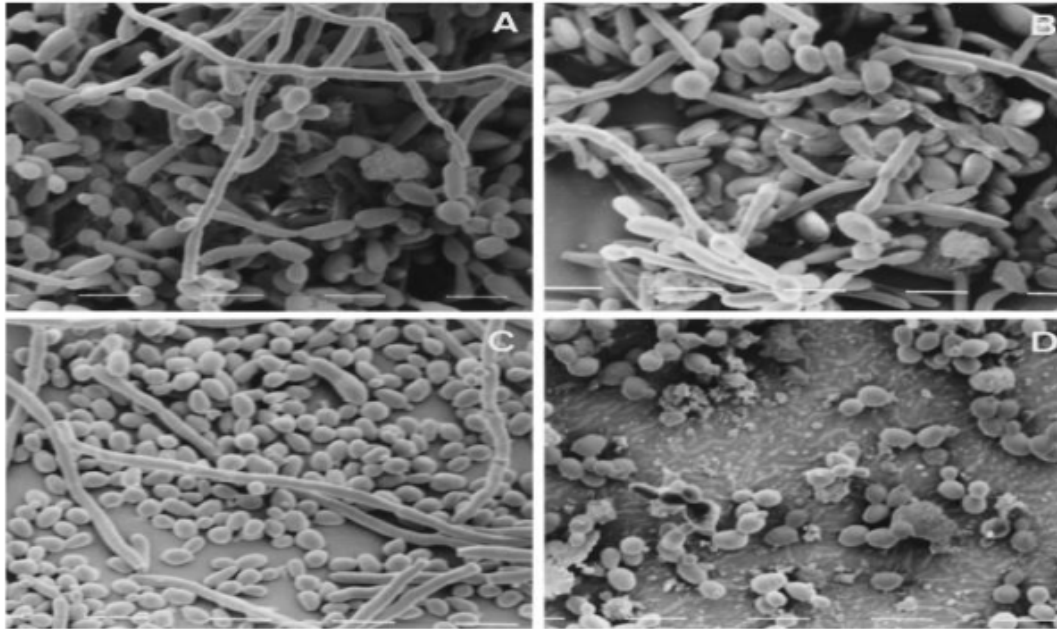
Hasil pengujian aktivitas antibakteri pada penelitian di atas tergolong dalam kelompok kuat. Hal ini diasumsikan bahwa aktivitas antibakteri sangat kuat jika mempunyai area hambatan sekitar 20 mm atau lebih, area hambatan dengan angka 10 - 20 mm tergolong dalam kategori kuat, jika daerah hambatan 5 -10 mm tergolong sedang, dan selanjutnya dikatakan aktivitas antibakteri tergolong lemah jika pada area hambatannya 5 mm atau < 5 mm. Hasil di atas juga menunjukkan bahwa pada konsentrasi 100% ekstrak *Halimeda rinchii* mempunyai diameter zona hambat sebesar 16,7 mm dengan demikian aktivitas antibakteri paling baik atas *Vibrio parahaemolyticus*. Sejalan dengan yang dijelaskan oleh Suwanto *et.al.* (1996) bahwa yang disebut kategori paling baik adalah aktivitas antibakteri yang dihasilkan lebih baik sebanding dengan uji konsentrasi yang sama besar juga.

Berdasarkan pendapat Wasito *et.al.* (2008) menyampaikan bahwa konsentrasi tertinggi yang dihasilkan dari zona hambat sebesar 100% merupakan hasil zona yang paling maksimum. Hasil pengujian di atas yang telah mencapai 100% dengan zona hambat mencapai angka 24,1 mm menandakan bahwa pada ekstrak *Euchema cottonii* terhadap *Vibrio alginolyticus* dan *Vibrio cercariae* begitu kuat. Angka tersebut termasuk dalam kategori sensitive karena biasanya pada antibiotik juga mencapai kurang lebih 20 mm aktif dalam membunuh bakteri.

Fungi endofit termasuk golongan mikroorganisme yang memiliki daerah hidup pada organ tanaman dalam jangka waktu tertentu. Tidak hanya itu fungi endofit juga berkolonisasi pada jaringan tanaman dan tidak merugikan tanaman inangnya. Senyawa bioaktif juga bisa didapatkan dari mikroba endofit yang berimbang dengan tanaman inangnya hal ini tentu menjadi peluang yang sangat berpotensi dan bisa dipercaya untuk menghasilkan senyawa dari

bakteri endofit yang diisolasi dari tanaman inang. Dalam dunia kesehatan resistensi antibiotik menjadi problematika yang sering terjadi. Beragam jenis bakteri yang patogen yang meningkat menjadi resisten kepada jenis antibiotik lainnya. Adapun hal yang mendasar yang menyebabkan terjadinya resistensi bakteri terhadap antibiotik, yang pertama yaitu membangun kekuatan bakteri dalam sistem kekebalan terhadap antibiotik tersebut dan kedua yaitu tidak tepatnya dosis yang diberikan dalam melakukan tindakan penanganan.

Contoh jamur yang patogen terhadap manusia yaitu jamur *Candida albicans*. Kandidiasi atau kandidiasis merupakan *C. albicans* yang menyebabkan timbulnya penyakit. Penyakit jamur ini yang memiliki sifat akut dan subakut yang bisa melukai bagian kulit, kuku, vagina, mulut, saluran pencernaan, dan paru-paru. Penyakit ini dapat menyerang laki-laki ataupun perempuan dari semua kalangan umur. Berdasarkan hasil penelitian Serda *et.al.* (2012) melakukan pengujian pada ekstrak *Gelidium latifolium* pada *Candida albicans* untuk mengetahui aktivitas antibakterinya. Hasil memperlihatkan bahwa ekstrak dengan pelarut metanol memperoleh hasil zona hambat pada *Candida albicans*, sedangkan pada ekstrak yang menggunakan 146 arut aseton dan n-heksan tidak ditemukannya zona hambat. Hasil uji skrining fitokimia memperlihatkan bahwa didapatkan senyawa triterpenoid, alkaloid, dan steroid pada ekstrak metanol. *Gelidium latifolium* memiliki potensi sebagai antijamur alami yang bersifat polar. Berikut gambar *Scanning* mikroskop elektron dari biofilm 48 jam *C. Albican*.



Gambar 4. 6 Scanning mikrograf elektron dari biofilm 48 jam *C. Albican*.

Sumber : (Hawser dan Douglas, 1995).

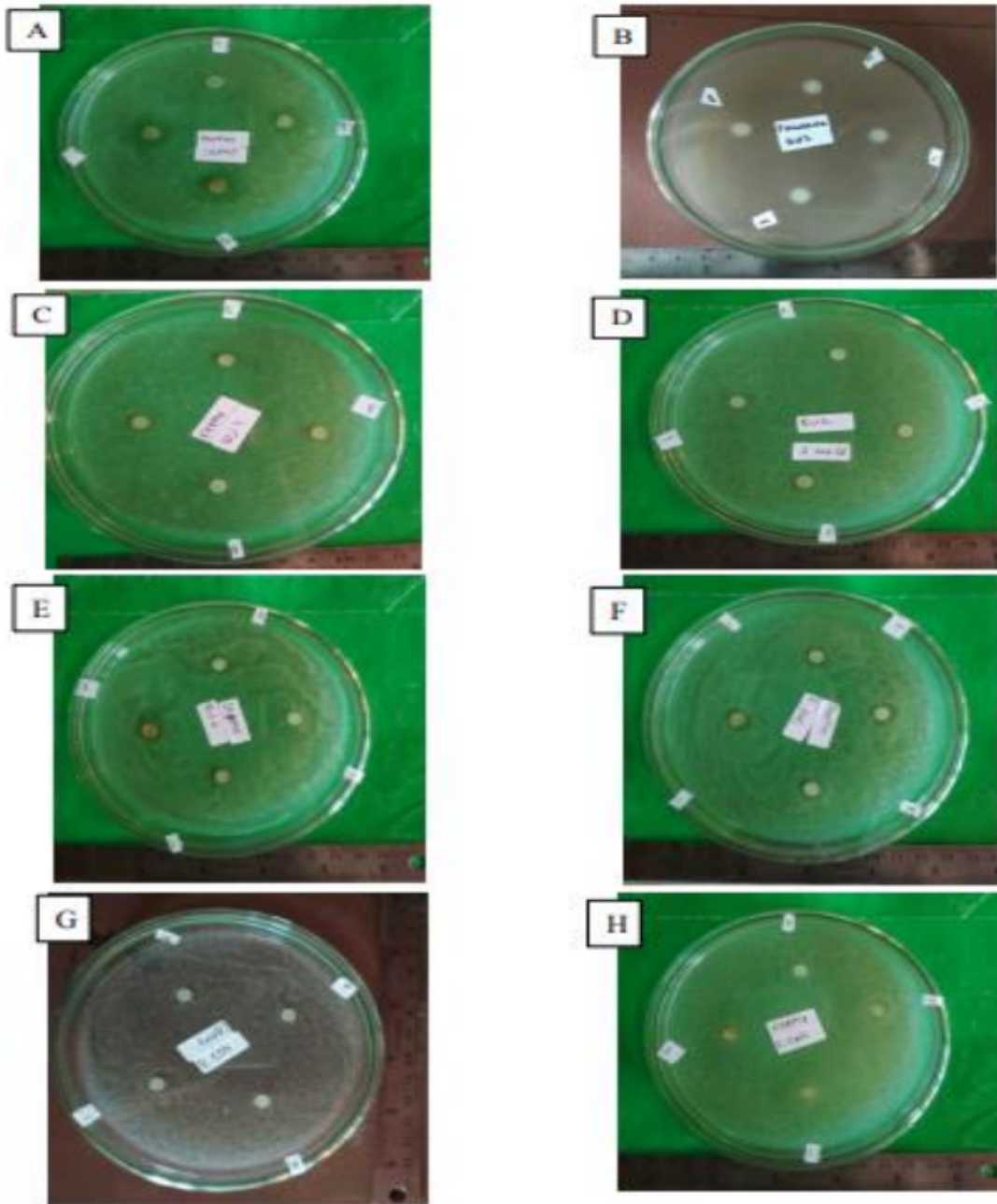
Beberapa pengujian terkait aktivitas antibakteri telah dilakukan oleh beberapa peneliti seperti *Sarcophyton* in⁸telah menunjukkan resistensi terhadap bakteri patogen seperti *S. aureus*, *Bacillus subtilis*, *E. coli*, *Vibrio cholera*, *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Klebsiella pneumoniae*, dan *Acinetobacter sp.* Sedangkan spes⁸s dari *Halimeda sp.* telah menunjukkan resistensi terhadap *E. coli*, *Shigella dysenteriae*, *B. subtilis*, *Aeromonas hydrophila*, *S. aureus* dan *S. pneumonia* . Untuk jenis mangrove Spesies *Rhizophora sp.* diketahui menghasilkan senyawa antibakteri untuk ikan dan bakteri pa⁸gen manusia seperti *Proteus sp.*, *P. fluorescence*, *Flavobacterium sp.*, *K. oxytoca*, *V. parahaemolyticus*, *P. aeruginosa*, *B. subtilis*, *K. pneumoniae*, *S. aureus* dan *E. coli* . Penelitian terkait aktivitas antibakteri pada ⁸ota yang ditemukan di Pulau Maspari, Sumatera Selatan yaitu karang lunak *Sarcophyton sp* , dua jenis rumput laut (*Sargassum sp.* dan *Halimeda sp*), dan mangrove (*Avicennia sp.* dan *Rhizophora sp.*) juga dilakukan oleh Rozirwan *et al* . (2018). Hasil penelitian ini disajikan pada sebagai berikut.



Gambar 4. 7 Contoh biota laut Pulau Maspari. A) *Sarcophyton sp.*; B) *Aaptos sp.*; C) *Sargassum sp.*; D) *Halimeda sp.*; E) *Avicennia sp.*; F) *Rhizophora* 76.

Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2018).

Ekstrak karang lunak *Sarcophyton sp.* berdasarkan hasil yang ditemukan mempunyai bioaktivitas terhadap bakteri penyakit udang *Vibrio spp2*. berkisar $6,3 \pm 0$, mm, kemudian *Aaptos sp.* mempunyai bioaktivitas terhadap bakteri *Vibrio spp1*. berkisar $7,9 \pm 0,1$ mm, *Vibrio spp2*. berkisar $7,2 \pm 0,1$ to $7,9 \pm 0,1$ mm, *Vibrio spp6*. berkisar $7,5 \pm 0,2$ mm, *E. coli* berkisar $7,2 \pm 0,1$ mm dan *S. aureus* berkisar $15,9 \pm 0,2$ mm. Aktivitas antibakteri ekstrak rumput laut ditemukan hanya pada *Sargassum sp.* yang mempunyai aktivitas antibakteri sekitar $7,1 \pm 0,0$ mm terhadap bakteri *Vibrio spp6*. dan ekstrak mangrove *Rhizophora sp.* mempunyai aktivitas terhadap bakteri *Vibrio spp4*. sekitar $7,3 \pm 0,1$ mm 8 dan *E. coli* sekitar $6,7 \pm 0,1$ mm. Sponge *Aaptos sp.* merupakan biota laut yang paling berpotensi sebagai antibakteri yang memiliki zona hambat pada $15,9 \pm 0,2$ mm (untuk bakteri *S. aureus*).

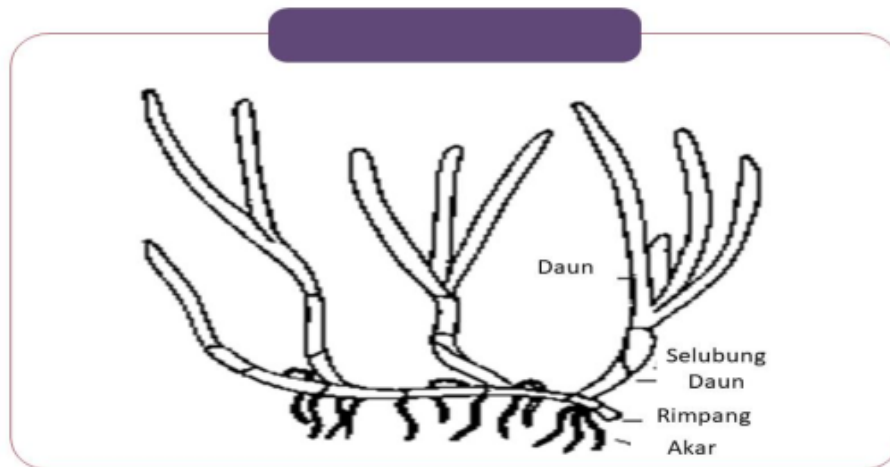


Gambar 4. 8 Aktivitas antibakteri ekstrak biota laut dalam pelarut EtOAc.

Sumber : (Rozirwan *et al.* , 2018)

4.3 Potensi Antibakteri Pada Lamun

Lamun (*seagrass*) merupakan tumbuhan berbunga atau disebut juga dengan angiospermae yang memiliki buah, daun, rimpang (*rhizoma*), akar, dan bunga. Lamun ini sama juga seperti tumbuhan darat. Bagian tubuh tumbuhan lamun seperti rhizome dan akar memiliki fungsi untuk menahan dari terjangan ombak dan arus dalam air. Habitat Lamun ini sendiri yaitu menempati hamparan wilayah perairan ²²ut hangat dan dangkal yang masih bisa terkena cahaya matahari. Lamun juga memiliki keterkaitan dengan ekosistem mangrove dengan terumbu karang. Padang lamun disebut sebagai wilayah yang ditumbuhi lamun dan menjadi sebuah ekosistem tersendiri.



73 Gambar 4.9 Morfologi lamun.

Sumber : <http://coremap.or.id/downloads/Lamun-27022015.pdf>.



Secara ekologis ekosistem padang lamun mempunyai fungsi yang sangat menarik untuk dapat dilakukan penelitian atau pengujian terkait potensi dalam berbagai bidang, lamun juga memberikan dampak baik terhadap organisme yang berada pada wilayah habitat lamun yang dapat menunjang pelestarian keanekaragaman hayati laut yang baik. Ekosistem padang lamun mempunyai fungsi sebagai berikut.




- a. Ekosistem lamun dapat menstabilkan habitat dengan suplay oksigen yang diberikan

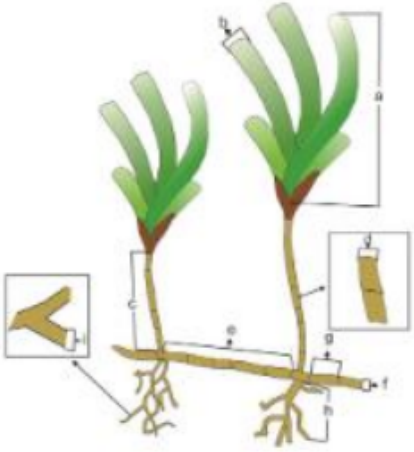


- b. Menghasilkan partikel detritus sebagai dasar rantai makanan penting
- c. Produksi bahan organik yang relatif tinggi
- d. Tunas dan daun habitat lamun menjadi habitat tumbuhan lain seperti organisme epifit




Sebanyak 12 jenis lamun yang tercatat terdapat pada wilayah perairan Indonesia.


Tabel 4.3. Beberapa morfologi lamun (Indonesia)

Famili	Spesies	Deskripsi
Potamogetonaceae	<p><i>Cymodocea rotundata</i></p> 	<p><i>Cymodocea rotundata</i> memiliki ciri morfologi rhizome yang berbentuk silinder, bunga tidak terlihat dan tumbuh pada intertidal, memiliki jumlah daun 11 sebanyak 3-4 dengan panjang berkisar 4 -15 cm dan lebar 2 - 4 mm.</p>
	<p><i>Cymodocea serrulata</i></p> 	<p><i>Cymodocea serrulata</i> ditemukan pada daerah intertidal yang memiliki rhizome berbentuk silinder dengan panjang 4-25 cm dan helai daun berjumlah 3-5 dengan lebar 4 - 6 mm dan panjang 4 - 16 cm.</p>

	<p><i>Halodule pinifolia</i></p> 	<p>Lamun jenis ini memiliki rhizome dengan diameter 1 mm, jumlah daun 2-3 helai dengan panjang 15 cm dan <1 mm dan dijumpai pada habitat substrat berlumpur.</p>
	<p><i>Halodule uninervis</i></p> 	<p>Habitat lamun ini terdapat pada substrat pasir berlumpur atau dapat dijumpai juga pada terumbu karang. Memiliki jumlah daun 13 helai dengan ujung daun seperti trisula.</p>
	<p><i>Syringodium isoetifolium</i></p> 	<p>Memiliki bunga jantan dan betina, daun memiliki ¹¹ panjang berkisar 16 cm dengan lebar 1-3 mm, memiliki rhizome antar fragmennya yaitu 1-5.</p>

	<p><i>Thalassoden dron ciliatum</i></p> 	<p>Lamun jenis ini memiliki batang yang tumbuh tegak dan berasosiasi dengan terumbu karang. Memiliki jumlah daun berkisar 4-6 helaian dengan panjang 7-10 cm.</p>
Hydrocharitaceae	<p><i>Enhalus acoroides</i></p> 	<p>Habitat lamun jenis ini tumbuh pada substrat berlumpur yang memiliki panjang > 1 meter, bentuk daun yang linear atau sejajar dengan ujung yang membulat, dan juga memiliki buah dengan bentuk bulat.</p>
	<p><i>Halophila ovalis</i></p> 	<p>Panjang daun berkisar 3 - 4 cm setiap helaian berbentuk bulat dan lebar 0,5-2 cm. Lamun jenis ini dapat tumbuh pada kedalaman 25 m.</p>

	<p><i>Halophila spinulosa</i></p> 	<p>Lamun jenis ini memiliki bentuk daun yang silindris atau berbentuk bulat panjang dengan diameter 1-2 mm dan panjang daun 7-30 cm. Daun memiliki pasangan 10-20 pasang.</p>
	<p><i>Halophila decipiens</i></p> 	<p>Memiliki morfologi daun yang berbentuk oval atau elips dengan panjang mencapai 1,0 - 2,5 cm dan lebar 5 mm dan daun berpasangan-pasangan.</p>
	<p><i>Halophila minor</i></p> 	<p>Daun pada jenis lamun ini berbentuk oval dengan ukuran yang kecil dan panjang 0,5 - 1,5 cm dan tumbuh pada substrat pasir berlumpur.</p>

	<p style="text-align: center;"><i>Thalassia hemprichii</i></p> 	<p>Helaian daun jenis ini berbentuk pita yang memiliki panjang sampai dengan 40 cm, lebar 0,4 – 1 cm, dan diameter rhizome 5 mm.</p>
--	--	--

Sumber : (Rawung *et al.* 2018).

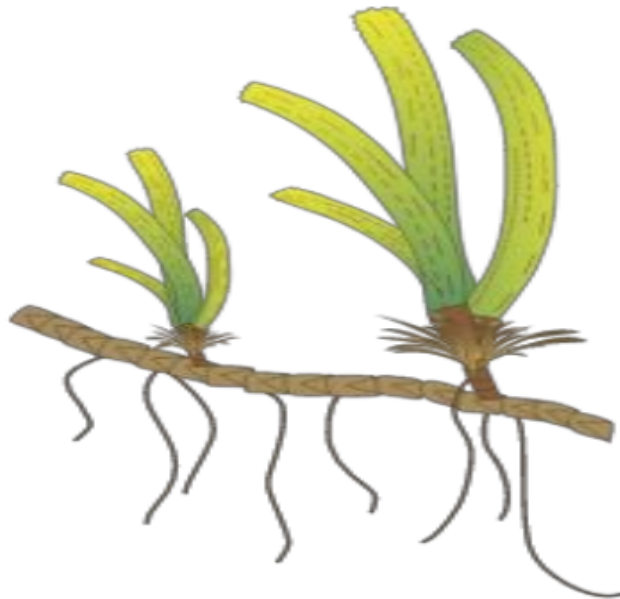
Lamun termasuk dalam sumber pangan yang sangat penting bagi sebagian organisme perairan laut dengan habitat perairan dangkal. Lamun memiliki produktivitas organik dengan ekosistem yang tinggi serta tingginya keragaman biota yang menjadikan padang lamun sebagai wilayah berlindung, sumber makanan, dan berkembangbiak. Lamun tergolong dalam jenis tumbuhan tingkat tinggi yang memiliki simbiosis terhadap mikroba seperti bakteri dan jamur. Simbiosis yang dialami ini bisa bersifat endofit (dalam jaringan tumbuhan) ataupun epifit (di luar permukaan tumbuhan). Organisme endofit yang mempunyai potensi besar untuk dimanfaatkan dan menghasilkan senyawa aktif dalam berbagai bidang. Lamun juga mengandung metabolit primer seperti lemak, karbohidrat, dan protein, serta serat pangan yang dapat menjadi sumber pangan kehidupan manusia. Lamun juga mengandung asam fenolik, flavonoid, dan tanin yang mempunyai efek farmakologis sebagai antibakteri dan insektisida. Sedangkan lamun mempunyai kandungan fenolik dan tanin yang memiliki aktivitas antibakteri.

Laut Indonesia mempunyai tingkat biodiversitas yang sangat tinggi. Beragam jenis organisme laut yang melimpah dan tersebar di perairan nusantara. Lamun merupakan salah satu organisme yang mempunyai potensi sebagai tempat senyawa bioaktif. Fungsi campuran metabolit sekunder yang dihasilkan dari suatu organisme ini yaitu sebagai bentuk pertahanan diri. Senyawa metabolit sekunder memiliki potensi dalam bidang kesehatan untuk dikembangkan hal ini dikarenakan semakin meningkatkannya resistensi bakteri terhadap antibiotik sehingga adanya upaya-upaya

untuk mendapatkan senyawa antibakteri untuk dijadikan sumber bahan ut. ma dalam bidang kesehatan.

Tumbuhan yang bisa hidup pada perairan pasang surut baik pantai subtropis dan tropis yaitu lamun atau sering juga disebut sebagai tumbuhan hidrofit. Daerah pasang surut yang menjadi habitat lamun ini merupakan lingkungan yang ekstrem, oleh sebab itu tumbuhan lamun ini memerlukan sistem pertahanan diri untuk tetap menjaga eksistensinya pada lingkungan tersebut. Sistem ini juga dapat melindungi diri dari mikroba patogen dan serangan predator yang berdampak negatif pada tumbuhan lamun tersebut. Lamun bisa bersimbiosis pada bakteri untuk menyumbang sistem pertahanan lamun. Bakteri ini bisa mengubah senyawa bioaktifnya. Produksi metabolit sekunder dari lamun mempunyai sumber yang terbatas. Eksploitasi lamun yang berlebihan dapat menyebabkan kerusakan ekosistem tersebut. Sehingga, keterbatasan serta kekurangan bisa diatasi dengan berasosiasi dengan bakteri atau sumber metabolit sekunder yang lain.

Idiawati *et al.* (2017) melakukan penelitian terkait pengujian potensi antibakteri berasal bakteri yang berasosiasi, dimana sample lamun yang digunakan dari perairan Lemukutan yaitu jenis *Thalassia hemprichii*. Pengujian pada aktivitas antibakteri memperlihatkan bahwa pada bakteri uji *T. hemprichii* aktif berasosiasi yang terdiri dari 6 dari 8 isolat bakteri. Zona bening yang terbentuk akibat aktivitas antibakteri di sekitar isolat pada saat bakteri berasosiasi dengan *T. hemprichii*. Isolat bakteri LM07 memperlihatkan aktivitas antibakteri yang kuat pada 4 bakteri uji. LM07 memperlihatkan aktivitas antibakteri terhadap *Vibrio cholera*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, dan *Pseudomonas aeruginosa*. Berikut merupakan Gambar 4.5 sampel *Thalassia hemprichii* dan Tabel 4.4 hasil skrining aktivitas antibakteri berasosiasi dengan *Thalassia hemprichii*.



Gambar 4. 10 Sampel *Thalassia hemprichii*.
 Sumber : <https://vecta.io/symbols/304/flora-seagrass-sav/101/thalassia-hemprichii-2>.

13

Tabel 4.4. Hasil *skrining* aktivitas antibakteri berasosiasi *Thalassia hemprichii*.

No	Isolat Bakteri	Bakteri Uji				
		<i>E. coli</i>	<i>S. aureus</i>	<i>S. typhimurium</i>	<i>V. cholerae</i>	<i>P. aeruginosa</i>
1	LM01	-	-	-	-	-
2	LM02	-	-	+	+	±
3	LM03	-	-	-	-	-
4	LM04	-	-	-	-	-
5	LM05	+	+	-	-	±
6	LM06	-	-	-	-	-
7	LM07	-	+	+	+	+
8	LM08	-	-	-	-	-

Keterangan : (+) zona bening terbentuk, (-) zona bening tidak terbentuk, (±) zona kabut

Sumber : (Idiawati *et al.*, 2017).

Aktivitas te¹³rik yang diperlihatkan pada isolat bakteri ini terletak pada bakteri LM07. Bakteri dengan kode LM07 memperlihatkan aktivitas antibakteri pada bakteri gram negatif yaitu *P. aeruginosa*, *V. cholera*, dan *S. aureus* serta *S. typhimurium*. Dalam kurun waktu 24 jam bakteri memperlihatkan aktivitas antibakteri menghasilkan senyawa bioaktif. Bakteri yang telah melewati fase logaritma menuju fase stasioner menghasilkan senyawa bioaktif tersebut. Konvers¹³ metabolit primer menghasilkan metabolit sekunder bakteri. Bakteri berasosiasi dengan *Thalassia hemprichii* sudah bisa diisolasi sebanyak 8 isolat pada media ZoBell 2216E (Idiawati *et al.*, 2017).

Isolat bakteri yang hidup berasosiasi dengan lamun memanfaatkan asam lemak, vitamin, dan polisakarida sebagai sumber makanan. Bakteri juga menghasilkan senyawa seperti asam amino, antibiotik, dan racun yang dapat memberikan keuntungan terhadap lamun dalam masa pertumbuhan metabolisme dan peningkatan pertahanan diri. Adanya metabolit sekunder yang dihasilkan oleh lamun dapat mengatur kelompok mikroorganisme yang hidup berasosiasi pada lamun tersebut. Hal ini dilakukan tentu dengan alasan bahwa untuk pencegahan terjadinya *biofouling* oleh mikroorganisme yang bisa menurunkan kemampuan fotosintetis dari lamun tersebut.

Gustavina *et al.* (2017) telah melakukan pengujian terhadap senyawa fitokimia pada akar serta daun lamun dengan menggunakan metode *skrining* untuk dapat mengetahui campuran¹⁷ senyawa bioaktif seperti tanin, alkaloid, steroid dan saponin. Dari senyawa tersebut mempunyai peranan penting pada tubuh lamun. Adanya senyawa kimia golongan alkaloid, steroid, dan flavonoid pada daun dan akar lamun seperti¹⁵⁰ *Halophila minor*, *Cymodocea rotundata*, *Thalassia hemprichii*, *Halophila ovalis* Enhalus¹⁷ *acoroides*, *Syringodium isoetifolium*, serta *Halodule uninervis* di penelitian ini menjelaskan bahwa semua jenis lamun tersebut mempunyai potensi sebagai antibakteri, bahan kimia alami *antifouling*, dan juga antijamur. Pada daerah Pantai Samuh terdapat lamun yang memiliki campuran senyawa fitokimia sehingga ekosistem di Pantai Samuh tetap terjaga dan terhindar dari serangan predator yang bisa mengancam keselamatan ekosistem lamun serta dapat mengganggu pertumbuhannya.

Tabel 4.5. Hasil uji kandungan senyawa fitokimia pada akar dan daun lamun.

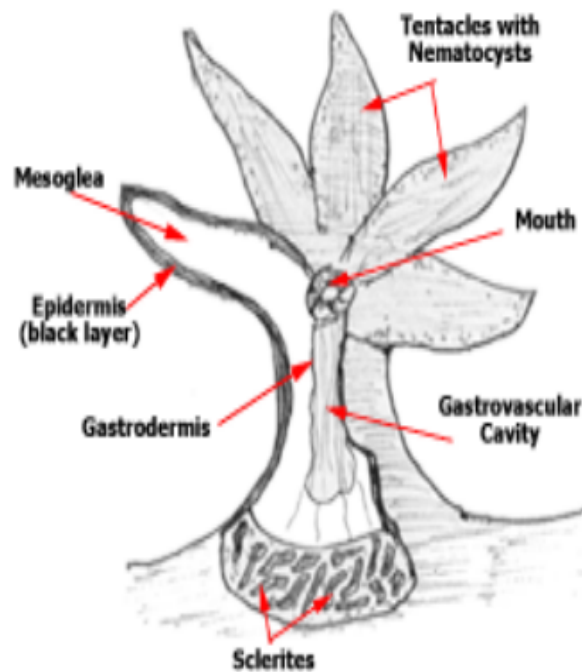
Jenis lamun	Daun					Akar				
	Alkaloid	Flavonoid	Saponin	Steroid	Tanin	Alkaloid	Flavonoid	Saponin	Steroid	Tanin
<i>Cymodocea rotundata</i>	-	-	-	+	-	+	-	-	-	-
<i>Enhalus acoroides</i>	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Halodule uninervis</i>	-	-	+	+	-	+	-	+	+	+
<i>Halophila ovalis</i>	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+
<i>Halodule pinifolia</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Halophila minor</i>	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+
<i>Syringodium isoetifolium</i>	-	+	+	-	-	-	+	+	+	-
<i>Thalassia hemprichii</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+
<i>Thalassodendron ciliatum</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+

Sumber : (Gustavina *et al.*, 2017).

Campuran senyawa alkaloid yang terdapat pada daun lamun yaitu lamun jenis *Cymodocea rotundata*, *Halophila ovalis*, dan *Halophila minor*. Senyawa flavonoid terdapat pada daun lamun jenis *Enhalus acoroides*, *Syringodium isoetifolium*, dan *Halophila ovalis*. Senyawa saponin terdapat pada daun lamun yaitu jenis *Halodule uninervis*, dan *Syringodium isoetifolium* *Thalassia hemprichii*. Senyawa steroid yang terdapat di daun lamun yaitu lamun *Syringodium isoetifolium*, *Cymodocea rotundata*, dan *Halodule uninervis*. Senyawa tanin yang terdapat di daun lamun yaitu jenis lamun *Thalassodendron ciliatum* dan *Halodule pinifolia*. Sedangkan kandungan senyawa alkaloid terdapat pada akar lamun jenis *Cymodocea rotundata* dan *Halodule uninervis*. Kemudian pada senyawa saponin yang terdapat di akar lamun yaitu lamun jenis *Enhalus acoroides*, *Halodule uninervis*, dan *Syringodium isoetifolium*. Senyawa tanin ditemukan pada akar lamun jenis *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Halophila minor*, *Halophila minor*, *Thalassodendron ciliatum* dan *Thalassia hemprichii*. Senyawa steroid terdapat pada *Halodule uninervis*, *Enhalus acoroides*, dan *Syringodium isoetifolium*. Senyawa flavonoid yang terdapat di akar yaitu jenis lamun *Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis*, dan *Enhalus acoroides*.

4.4 Potensi Antibakteri Pada Invertebrata Laut

1. Terumbu Karang

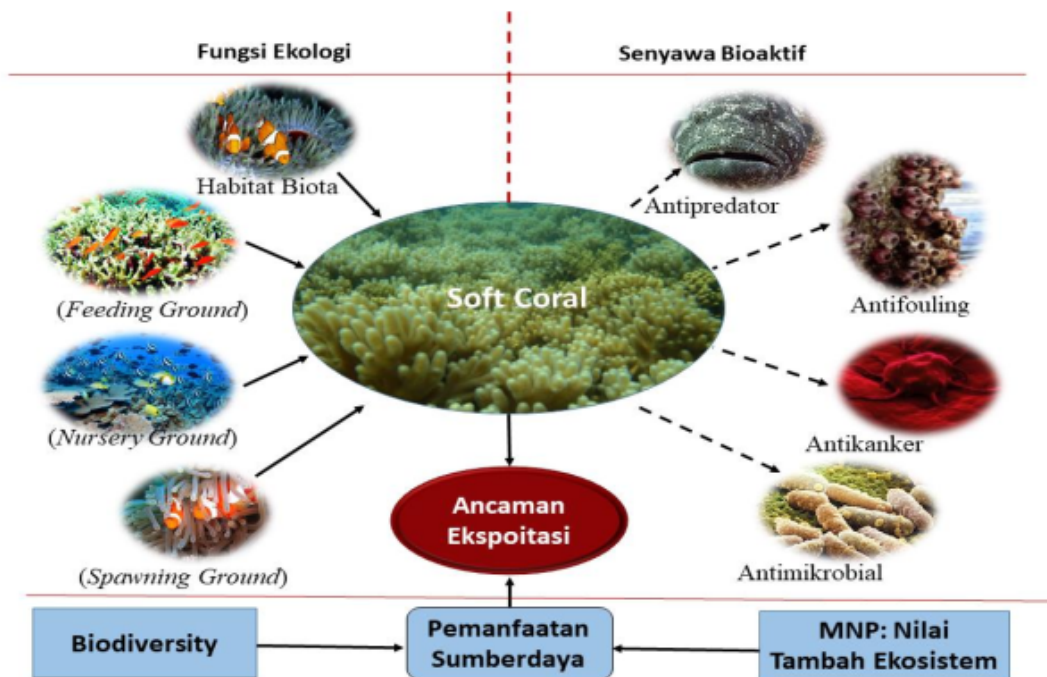


Gambar 4. 11 Morfologi terumbu karang.

Terumbu karang termasuk dalam hewan klonal yang dapat bersimbiosis pada tumbuhan alga (*zooxanthellae*). Terumbu karang merupakan hewan mempunyai tentakel dari jenis filum Cnidaria kelas Anthozoa. Ekosistem terumbu karang tergolong sangat kompleks serta produktif dengan tingkat keragaman biota yang tinggi contohnya menjadi tempat hidup, mencari makan, ataupun berekembang biak seperti krustasea, ikan karang, dan molusca. Terumbu karang ini memiliki habitat yang umumnya hidup daerah yang langsung terkena cahaya matahari seperti pinggir pantai atau pada kedalaman < 50 m.

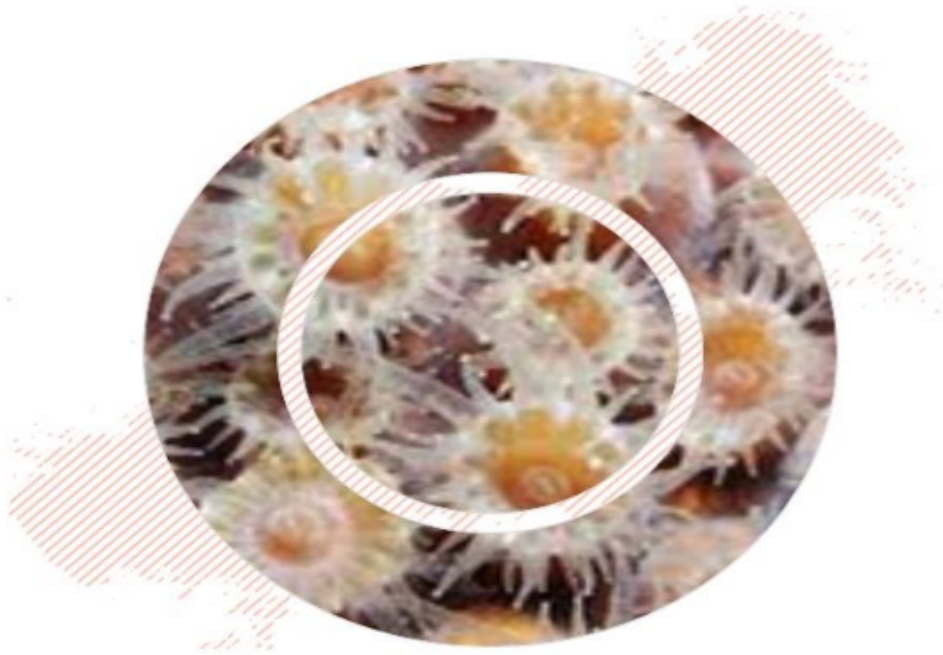
Terumbu karang keras adalah suatu terumbu yang membentuk sebuah ekosistem terumbu karang dan menghasilkan zat kapur, sedangkan *soft coral* (karang lunak) merupakan terumbu yang tidak membentuk karang karena tidak menghasilkan zat kapur. Ilmuwan-ilmuwan masa kini banyak memanfaatkan *soft coral* sebagai sumber senyawa bioaktif yang manfaatnya akan berdampak pada pemenuhan kebutuhan kehidupan sehari-hari. Karang lunak termasuk dalam invertebrata

pada filum Coelenterata, hal yang menjadi ciri khas dari karang lunak ini yaitu jaringan tubuh yang tidak disokong oleh kerangka yang keras. Secara ekologis terumbu karang dan karang lunak dapat menjadi wilayah pemijahan (*spawning ground*), lokasi pengasuhan (*nursery ground*), dan daerah pemvbesaran (*rearing ground*) serta mencari makan (*feeding ground*). Tidak hanya itu, terumbu karang juga secara fisik berfungsi dan berperan dalam pemecah gelombang, mencegah terjadinya abrasi pada pantai, sebagai ekosistem yang menghalangi gelombang ke bagian pinggir pantai, serta menjaga stabilitas pantai. Terumbu karang mempunyai dua cara dalam memperoleh makanan yaitu menangkap plankton dengan menggunakan tentakel dan selanjutnya melewati tumbuhan alga kecil atau yang hidup pada jaringan karang. Habitat terumbu karang juga dipengaruhi oleh parameter lingkungan seperti kecerahan, slinitas, pH, dan temperature (Rizwan *et al.*, 2021).



Gambar 4. 12 Fungsi ekologi dan potensi senyawa bioaktif *soft coral*.

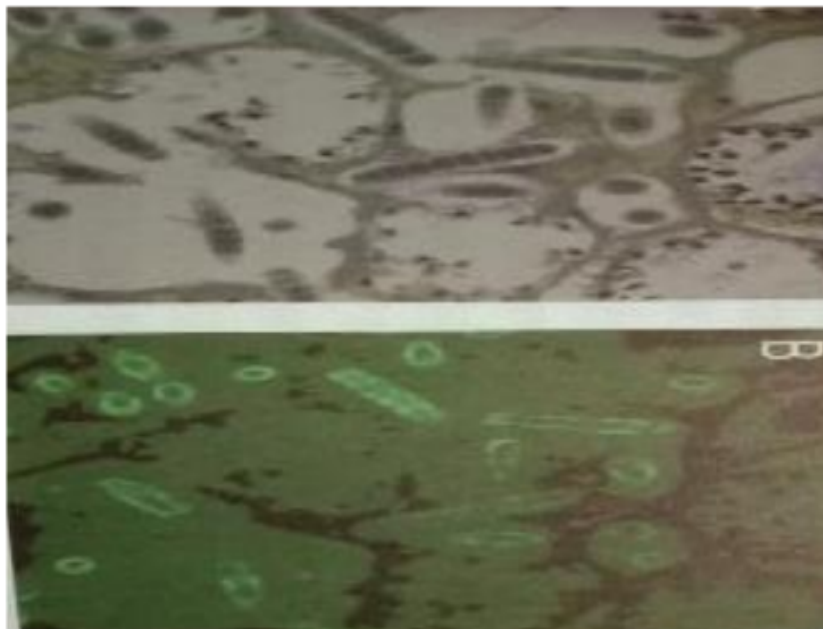
Hewan-hewan kecil yang hidup pada terumbu ini yang disebut sebagai polip yang merupakan hewan yang hidup berkoloni. Masing-masing polip mempunyai kerangka luar yang disebut dengan koralit. Koralit pada polip ini serupa dengan sekat-sekat dan polip karang ini terdiri dari 2 komponen yaitu yang pertama tentakel yang mempunyai sel nematokis (sebagai penyengat) untuk menyerang predator, kedua merupakan bagian usus yang disebut filamen disentri. Tubuh polip ini juga terdiri dari dua lapisan yang disebut dengan ektoderm dan endoderm, diantara dua lapisan tubuh polip ini terletak jaringan yang bertekstur seperti jelly (mesoglea). Lapisan endoderm pada polip ini menjadi tempat bagi alga bersel satu (*zooxanthellae*) bersimbiosis. *Zooxanthellae* termasuk jenis alga golongan Dinoflagellata yang bersimbiosis pada hewan seperti anemon, karang moluska dan lainnya.



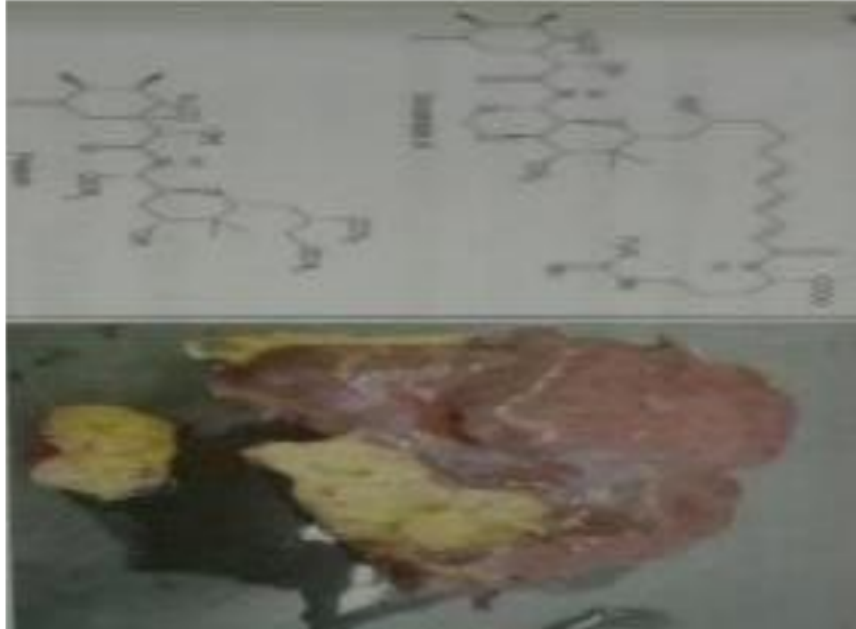
Gambar 4. 13 Zooxanthellae.

Simbiosis mikroba terkuak pada banyak kelompok anggota invertebrata, misalnya porifera, cnidaria, bryozoa, moluska, pogonophora, echinodermata, urochordata, kerastase, dan lainnya. Simbiosis merupakan sebuah sistem kehidupan yang ideal karena populasi- populasi dalam keadaan stabil/ mantap, organisme-organisme yang terlibat mudah untuk dibudidayakan,

sangat baik untuk penelitian langsung pada penggunaan biosintesis dengan teknik-teknik biologi molekuler. Bakteri sebagai simbion biasanya sangat padat populasinya atau keragamannya per hewan invertebrata sekitar ratusan jenis. Ada dua strategi mendasar untuk mempelajari simbiosis ini, yaitu: 1) bakteri dapat dikulturkan, tapi mungkin kehilangan ekspresi jalur metabolisme tertentu dan 2) gen dapat dikloning secara langsung dan diekspresikan secara heterologi. Bakteri simbion merupakan sumber senyawa kimia alami yang diperoleh dari invertebrata, misalnya pada spons yang menghasilkan namida, Senyawa ini sangat terkait erat dengan senyawa pederin yang dihasilkan oleh bakteri simbion pada kumbang *Paederus blister*. Pada Ascidia jenis *Lissoclinum patella* dijumpai sianobakteri simbion *Prochloron didemni* yang menghasilkan senyawa patelamida.

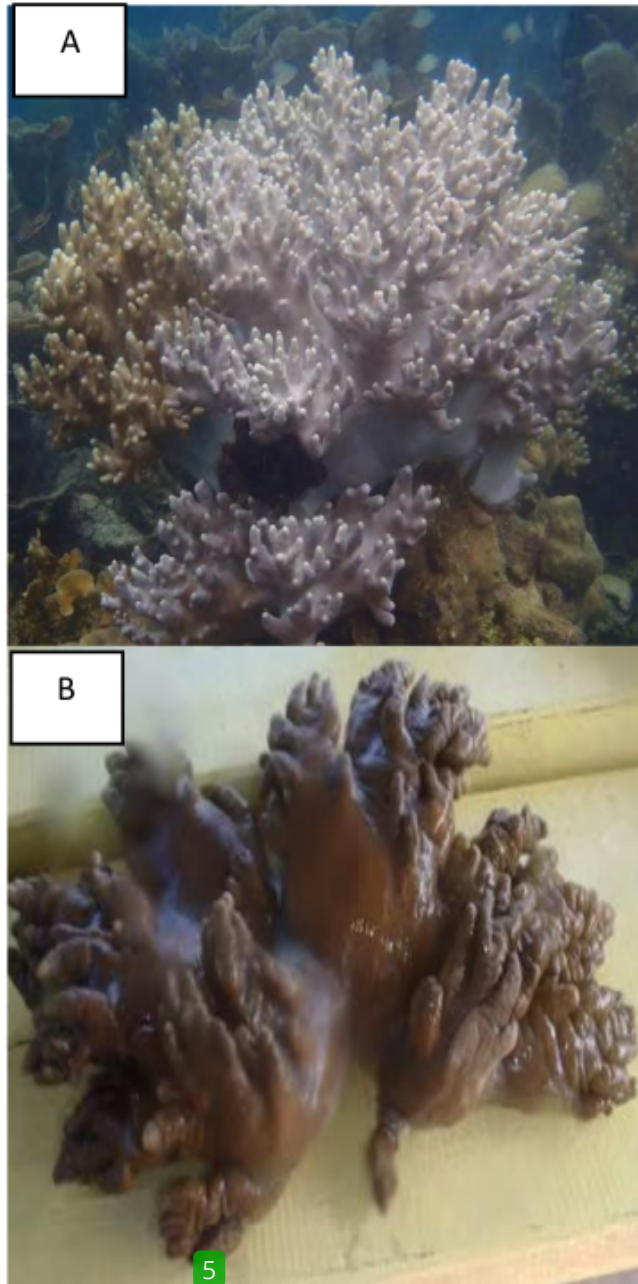


Gambar 4. 14 Fotomikrograf sayatan tipis jaringan spons memperlihatkan sel-sel sianobakteri. (A) Penampang melintang spons *Dysidea herbacea* diwarnai o-toluidin menunjukkan berbagai macam sel sianobakteri. (B) Auto Fluoresensisel-sel sianobakteri karena memiliki klorofil
Sumber : (Flatt *et al.* 2005).

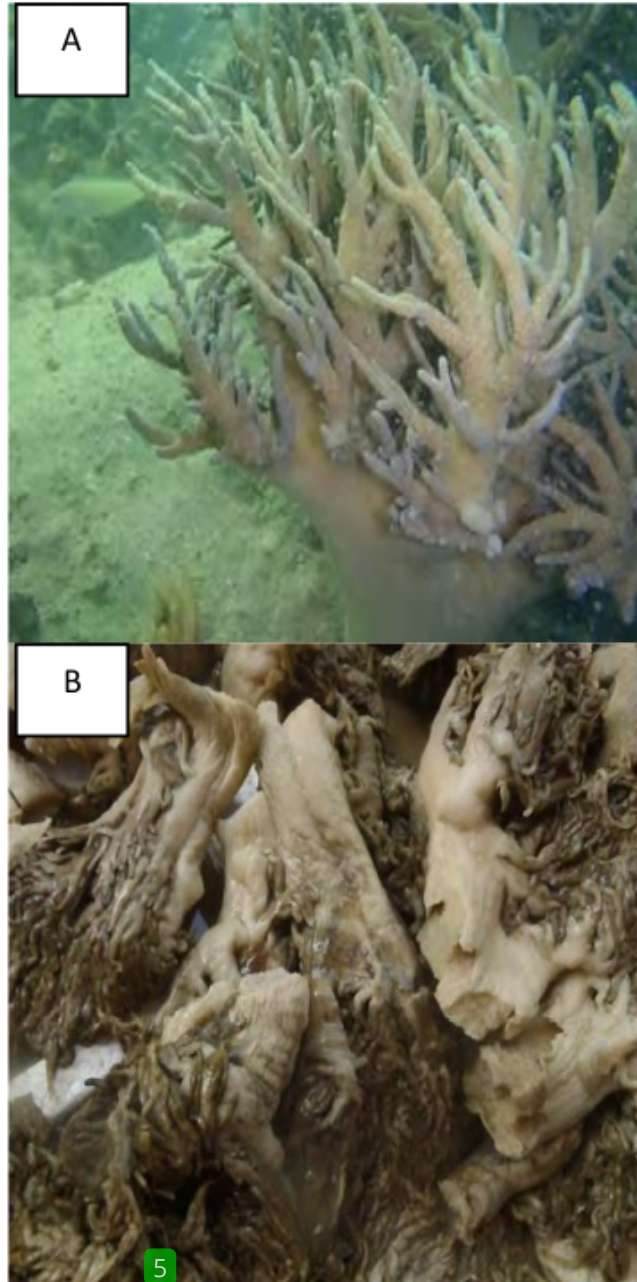


Gambar 4. 15 (a) Struktur kimia no namida (diisolasi dari spons *Theonella swinhoei*) yang sangat mirip dengan struktur senyawa kimia pederin, yang ditemukan pada kumbang Paederus blister dan (b) penampakan spons *Theonella swinhoei*.
Sumber : (Schmidt, 2004).

Karang lunak dan mikroorganisme seperti jamur dari laut dapat bersimbion. Simbion ini menghasilkan produk alami dari mikroba tersebut yaitu bioaktif dan metabolit sekunder, yang bisa meningkatkan sistem perlindungan diri dalam persaingan 59mpetisi di lingkungan. Karang lunak termasuk dalam populasi hewan invertebrata dari ekosistem terumbu karang. Karang lunak termasuk dalam famili Alcyoniidae 70keluarga Cnidaria (kemampuan menyengat) dan Alcyonaria. Afrika Timur sampai Barat Samudera Pasifik merupakan tempat distribusi karang lunak. Kelompok karang yang bisa menghasilkan campuran bioaktif merupakan karang lunak yang memiliki kekuatan sebagai 70tifouling, antibakteri, antikanker dan lainnya. Campuran kimia merupakan hasil metabolit sekunder organisme hidup yang dikenal dengan natural 4roduct umumnya berupa terpenoid. Berikut contoh gambar karang lunak *Sinularia polydactyla* di Perairan Pulau Tegal.



Gambar 4. 16 Kondisi spesies *Sinularia polydactyla*, (a) dalam perairan, (b) diatas permukaan.
Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2014).

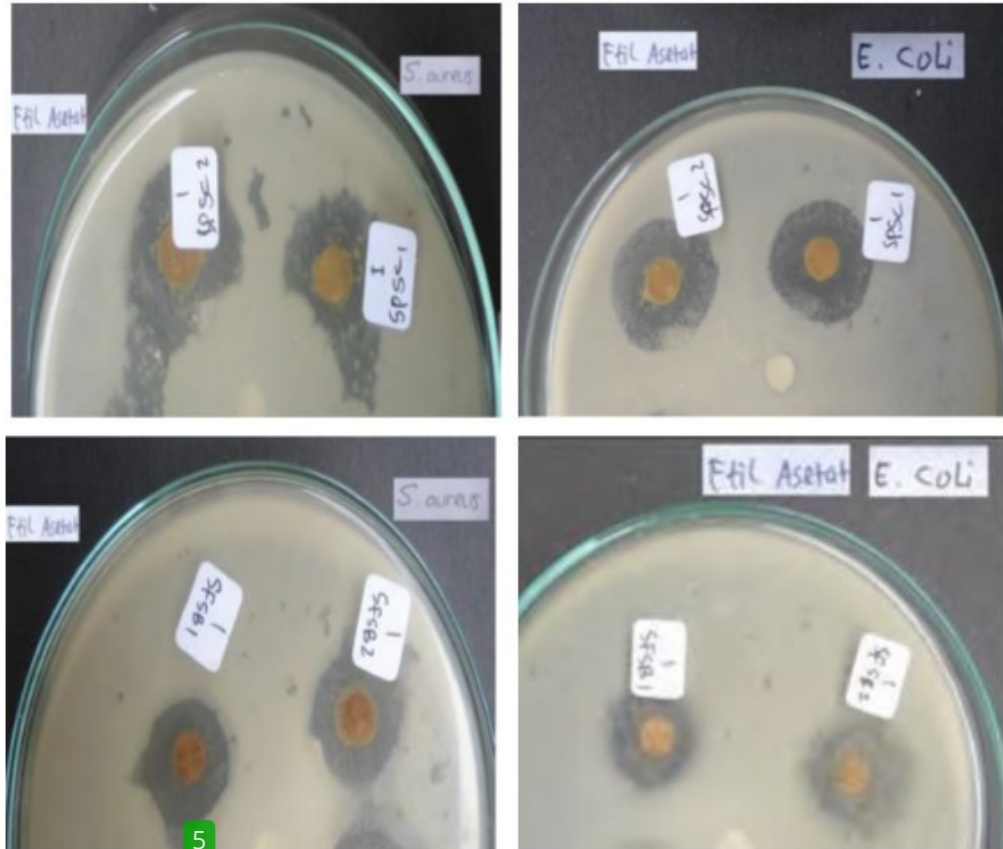


Gambar 4. 17 Kondisi spesies *Sinularia flexibilis*, (a) dalam perairan, (b) diatas permukaan.

Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2014).

Beberapa penelitian terkait aktivitas antibakteri telah banyak dilakukan oleh ilmuawan-ilmuawan tanah air. Salah satunya hasil penelitian Rozirwan *et al.* (2014) terkait ekstrak senyawa bioaktif karang terdapat aktivitas antibakteri. Hasil

penelitian tersebut menunjukkan potensi senyawa bioaktif hasil sampel karang lunak yang digunakan untuk genus *Sinularia*, *Lobophytum*, *Nephtea*, dan *Sarcophyton* sebagai antibakteri patogen. Dari 12 sampel yang digunakan aktivitas antibakteri tertinggi dihasilkan pada ekstrak karang lunak spesies *Sinularia polyactyla* dan *S. flexibilis* dengan kategori kuat. Berikut contoh hasil aktivitas antibakteri dari ekstrak karang lunak.



Gambar 4. 18 Aktivitas antibakteri dari ekstrak karang lunak dalam pelarut EtOAc; (A) ekstrak SpGSN3 terhadap bakteri *S. aureus*; (B) ekstrak SpGSN3 terhadap bakteri *E. coli*; (C) ekstrak SflLHK4 terhadap bakteri *S. aureus*; (D) ekstrak SflLHK4 terhadap bakteri *E. coli*.

Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2014).

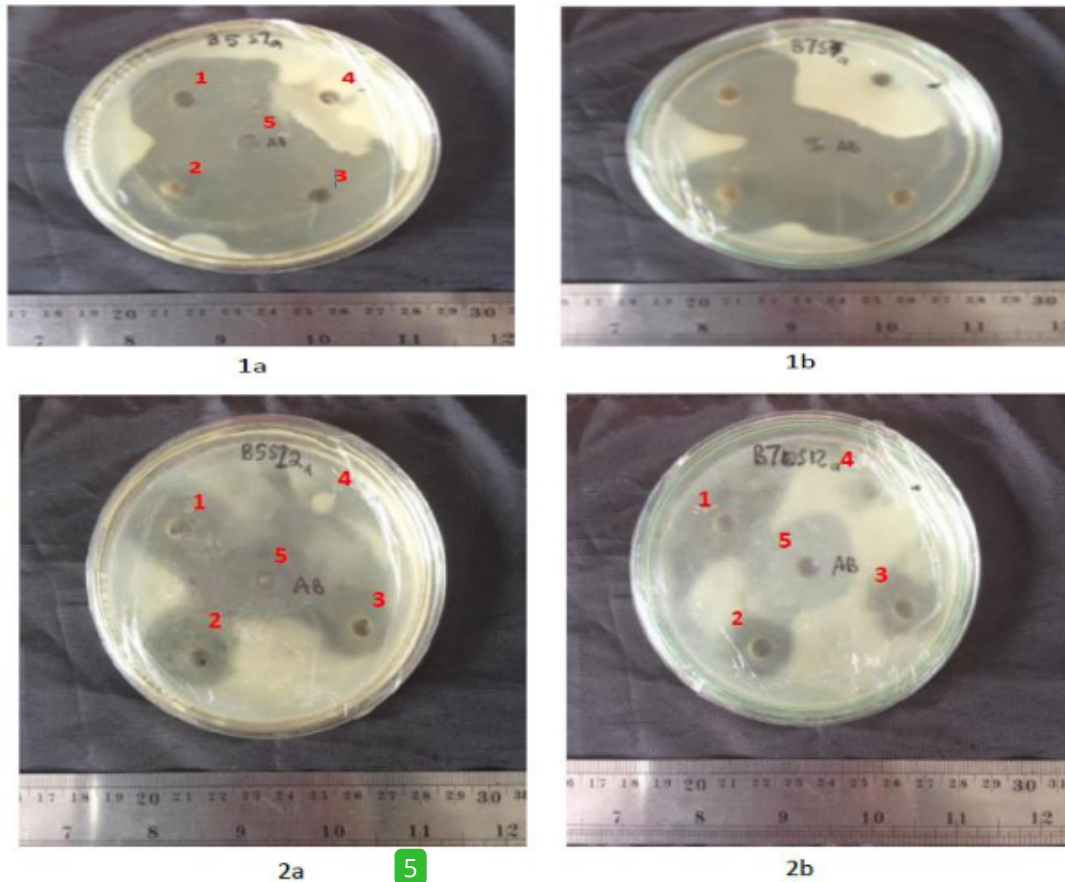
Penelitian uji dari karang lunak ini juga diteliti oleh Ngantung *et al.* (2017) dengan memakai sampel karang lunak *Dictyonella funicularis* dan *Phyllospongia lamellose* dengan hasil memperlihatkan bahwa aktivitas antibakteri terdapat di ekstrak spons *Phyllospongia lamellosa* dan *Dictyonella funicularis*. Ekstrak spons *Phyllospongia lamellosa* memperoleh aktivitas antibakteri yang rendah dibandingkan dengan ekstrak spons *Dictyonella funicularis* dan *Dictyonella funicularis* mempunyai potensi untuk diolah sebagai obat antibakteri. Berikut tabel aktivitas ekstrak spons laut terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli* dan gambar zona hambat ekstrak spons *Dictyonella funicularis* yang diamati selama 1x24 jam terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli*.

Tabel 4.6. Aktivitas bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Eschericia coli* pada ekstrak spons laut.

Sampel	<i>S.Aureus</i>	<i>E.coli</i>
1	-	-
2	-	-
<i>Amphimedon chloros</i>	-	-
4	+	+
5	+	+
6	+	-
<i>Dictyonella funicularis</i>	+	+
8	+	-
9	-	-
10	+	-
<i>Phyllospongia lamellosa</i>	+	+
13	+	±

Keterangan : + = Mempunyai aktivitas , - = Tidak ada aktivitas

Sumber : (Ngantung *et al.*, 2017).



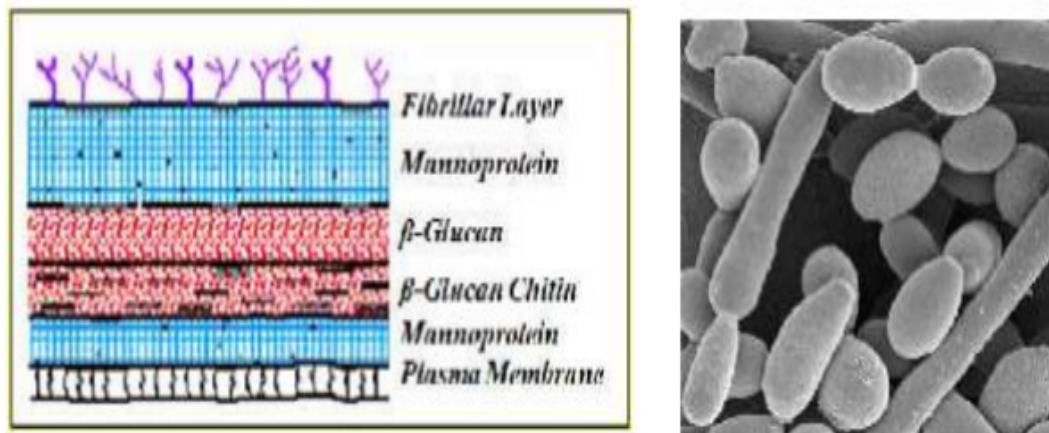
Gambar 4. 19 Contoh zona hambat ekstrak spons *DictyNella funicularis* yang diamati pada pertumbuhan bakteri (1a) *Staphylococcus aureus* (1x24 jam), (1b) *Escherichia coli* (1x24 jam), (2a) *Staphylococcus aureus* (2x24 jam), dan (2b) *Escherichia coli* (2x24 jam).

Sumber : (Ngantung *et al.*, 2017).

Lebar diameter zona hambat yang digunakan sebagai indikator untuk dapat mengetahui seberapa kekuatan kandungan bioaktif yang ada pada ekstrak spons laut. Kemampuan senyawa bioaktif untuk menghambat bakteri ditandai dengan semakin lebar dari diameter zona hambat tersebut. Ekstrak lain dari spons *Phyllospongia lamelosa* juga dikatakan mengandung senyawa antimikroba. Penelitian sebelumnya juga telah dilakukan dengan menunjukkan adanya senyawa dari *Phyllospongia lamelosa* yang mampu memperlambat pertumbuhan bakteri. Penelitian ini mirip dengan penelitian, spesies *Phyllospongia lamelosa* dari perairan Bunaken, dan juga mengandung senyawa antimikroba.

Karang lunak juga termasuk dalam hewan yang mampu berperan sebagai antibakteri, antijamur, anti inflamasi dan sitotoksik yang berasal dari senyawa metabolit sekunder. Contohnya pada *Sarcophyton sp.* yang menunjukkan efek sebagai antibakteri. Diketahui bahwa jamur laut memberikan dampak yang sangat besar. Banyak spesies jamur laut telah diisolasi dan diketahui mengandung berbagai senyawa antimikroba seperti makrolida, terpenoid, alkaloid, turunan peptida dan struktur lainnya yang kini menjadi pilihan tepat untuk melawan infeksi. Saat ini jamur laut mempunyai kelimpahannya yang tinggi, akan tetapi yang sudah dilakukan penelitian masih kurang dari 5%. Jamur mampu memiliki senyawa yang berpotensi yang diaplikasikan dalam dunia kesehatan dan telah dibuktikan mempunyai banyak sumber metabolit sekunder aktif terstruktur dengan unik. Jamur itu juga bisa bersifat obligat, yaitu tumbuh bersporulasi di laut, atau bersifat fakultatif, yaitu berasal dari lingkungan air tawar atau darat yang mampu tumbuh dan juga bersporulasi di lingkungan laut.

Candida merupakan bagian dari flora normal di saluran pencernaan, selaput lendir, saluran pernapasan, vagina, uretra, kulit dan di bawah kuku. *Candida* ada sebagai jamur patogen, yaitu *C. albicans*. Infeksi *C. albicans* dapat menyebabkan sepsis (radang meninges/membran yang menutupi otak dan sumsum tulang belakang) dan endokarditis (infeksi katup jantung). Peningkatan yang cepat dalam resistensi antijamur *C. albicans* disebabkan oleh penggunaan antijamur yang berlebihan seperti amfoterisin-B dan flukonazol. Oleh karena itu, sangat dibutuhkan alternatif agen antijamur yang sangat efektif terhadap *C. albicans*. Alternatif lain yang perlu dikembangkan adalah penggunaan senyawa bioaktif yang berasal dari karang lunak. ekstrak karang harus dilakukan dan dikembangkan.



Gambar 4. 20 *C. Albicans* (1) struktur dinding, (2) bentuk mikroskopis.

Sumber : (Mutiawati, 2016).

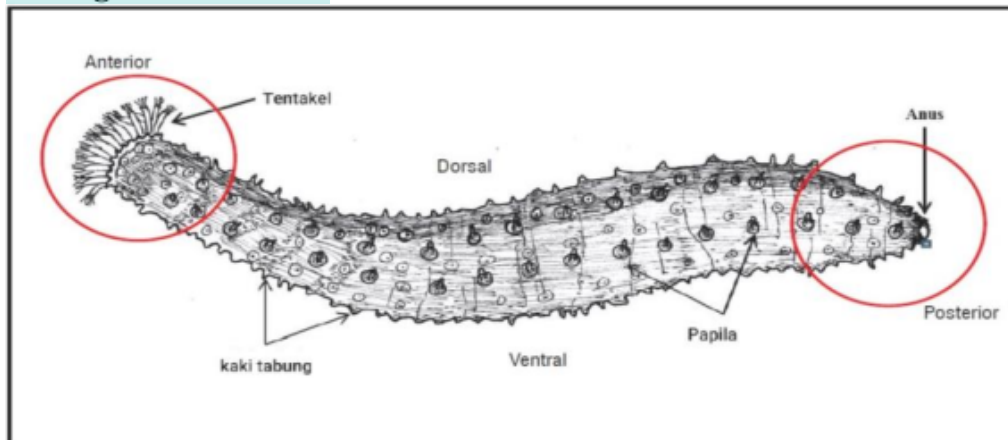
2. Teripang

Kelimpahan keanekaragaman biota yang tinggi di Indonesia ini dapat digunakan memenuhi kebutuhan kehidupan. Teripang termasuk golongan kelas Holothuroida dari bangsa Echinodermata yang memiliki tubuh lunak atau berduri, berdaging, dan memiliki bentuk yang silindris memanjang seperti ketimun. Bentuk tersebut yang menyerupai mentimun sehingga membuat teripang sering disebut juga sebagai mentimun laut (*sea cucumber*). Sejalan perkembangan zaman sampai dengan sekarang ini pemanfaatan biota laut tidak hanya dijadikan sebagai sumber untuk dikonsumsi saja, akan tetapi juga dikembangkan yang mengarah kepada penelitian yang lebih maju dan modern seperti penemuan obat-obatan berbahan dasar biota laut. Adapun biota laut yang memiliki potensi esensial dalam memperoleh senyawa bioaktif yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku obat-obatan adalah teripang.

Kandungan nutrisi lengkap yang ada pada teripang ini menyebabkan hewan ini dikenal dengan sebutan ginseng dasar laut dan menjadi suplemen yang mampu berperan penting dalam suatu pengobatan. Masyarakat cina tradisional memanfaatkan teripang sebagai pengobatan yang bermanfaat untuk mencegah penyempitan pembuluh darah akibat kolesterol, melancarkan peredaran darah, melancarkan fungsi ginjal, meningkatkan metabolisme, mencegah penyakit (diabetes mellitus, arthritis,

hipertensi), mempercepat penyembuhan luka, dan antiseptik tradisional. Air busan teripang menurut beberapa peneliti dapat dijadikan obat tradisional sebagai tonikum dan diberikan kepada wanita yang baru melahirkan untuk dapat menghentikan pendarahan serta mempercepat proses penyembuhan luka khitan pada anak laki-laki.

14 Seiring perkembangan zaman teknologi pengembangan ekstrak teripang telah dikomersialisasikan dalam bentuk produk jelly, kapsul atau tablet, dan dimanfaatkan sebagai obat untuk menyembuhkan berbagai penyakit atau suplemen nutrisi. Berdasarkan kesaksian dari beberapa orang yang telah mengkonsumsi teripang ini, dilaporkan bahwa ekstrak teripang memiliki potensi untuk menyembuhkan penyakit lupus, diabetes, jantung koroner, nyeri sendi, ginjal, asma, hepatitis, dan lainnya. Hasil analisis laboratorium memperlihatkan bahwa ekstrak teripang kering mengandung kolagen 80%, mukopolisakarida, mineral, protein, antiseptik alami, glikosaminoglikan (GAG), Omega 3, omega 6, dan omega 9, serta berbagai asam amino.



113 Gambar 4. 21 Morfologi teripang.

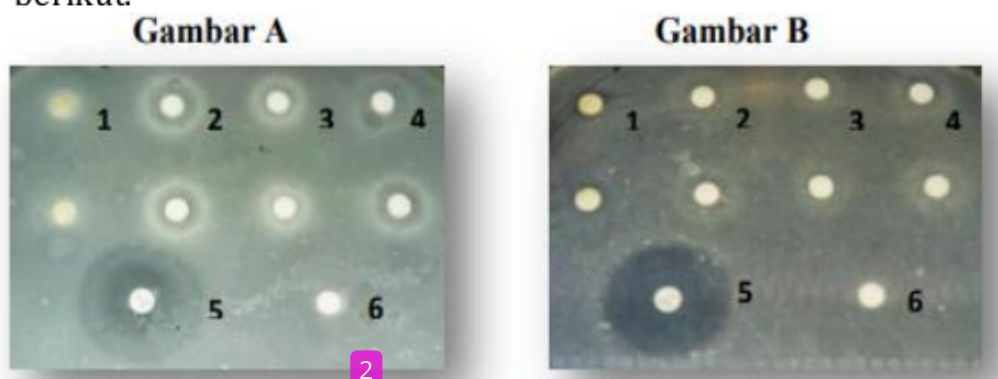
Sumber : <https://kkp.go.id/djprl/bpsplmakassar/page/1857-teripang>.

Kandungan gizi dan protein yang tinggi pada teripang dapat menjadikan hewan ini memiliki potensi secara ekonomis untuk bahan makanan. Teripang dapat ditemukan pada habitat pasang surut pada perairan dangkal sampai dengan perairan dalam juga. Sejak ratusan tahun lalu oleh ilmuwan cina teripang dimanfaatkan

2

sebagai obat-obatan yang diyakini dapat menyembuhkan berbagai jenis penyakit. Efek penyembuhan tersebut mungkin dikarenakan senyawa bioaktif yang ada pada tubuh teripang seperti adanya saponin yang berpotensi sebagai anti-²⁹akteri. Menurut Pronto *et al.* (2012) pada penelitiannya teripang pasir (*H. scabra*) berpotensi menjadi sumber biofarma baru melalui proses pemisahan senyawa aktif atau ekstraksi. Ekstrak dari *H. scabra* di Asia menunjukkan aktivitas antibakteri, antimikroba, dan antijamur. Berdasarkan beberapa penelitian teripang pasir (*H. scabra*) terbukti sebagai agen antibakteri yang potensial. Potensi lainnya juga seperti oleh teripang pasir (*H. scabra*) yang termasuk dalam salah satu bahan alam yang kaya akan senyawa metabolit sekunder diantaranya saponin, flavonoid, steroid, saponin, triterpenoid, glycosaminoglycan, lektin, alkaloid, fenol dan

Manoppo (20²⁷) melaporkan juga pada penelitiannya terkait aktivitas antibakteri ekstrak teripang (*H. edulis*) dari wilayah Teluk Man²⁷ memperoleh bahwa teripang ini mempunyai aktivitas zona hambat pada bakteri *Staphylococcus aureus* dan bakteri *Escherichia coli* yang disajikan pada Gambar berikut.



2
Gambar 4. 22 Contoh hasil uji aktivitas zona daya hambat dari ekstrak etanol, n-heksan, metanol, dan kloroform teripang *Holothuria edulis* terhadap bakteri (a). *Staphylococcus aureus* dan (b). *Escherichia coli*. Sumber : (Manoppo, 2017).

2

Pengukuran diameter zona daya hambat dari ekstrak etanol, metanol, n-heksan, kloroform dengan konsentrasi 250 µg pada setiap paper disc yang mempunyai daya serap 50 µL dari sampel *Holothuria edulis* pada bakteri uji *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 4.7. Contoh hasil rata-rata pengujian ekstrak etanol dan *Holothuria edulis* terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Sampel	Diameter (mm) Zona Hambat terhadap Bakteri Uji	
	<i>Echerichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
Ekstrak	2,25	3,17
Fraksi Kloroform	2,65	2,1
Fraksi n-heksan	2,75	3,77
Fraksi Metanol	2,57	3,6
Kontrol positif	18	18

Sumber : (Manoppo, 2017).

2 Dinding sel bakteri pada *S. aureus* (gram positif) mempunyai struktur dinding sel yang terdiri dari banyak lapisan peptidoglikan dan lipid yang relatif sedikit, sedangkan bakteri *E. coli* (gram negatif) memiliki struktur yang lebih kompleks yaitu terdapat membran luar yang melindungi peptidoglikan, fosfolipid (lapisan dalam) dan lipopolisakarida (lapisan luar). Fraksi n-hexane memiliki zona hambat lebih besar jika dibandingkan dengan fraksi methanol, walaupun methanol apabila 2 dilihat dari sisi perbandingan nilai rendemen lebih banyak mengandung senyawa metabolit sekunder daripada n-heksana. Menurut Dwijendra (2014), kontrol positif memiliki fungsi untuk kontrol dari zat uji dan dengan cara membandingkan diameter daerah hambat yang terbentuk. Menggunakan kontrol negatif bertujuan untuk mengetahui 76 tumbuhan bakteri uji yang disebabkan oleh pengaruh pelarut, sehingga dapat 115etahui pada aktivitas yang ditunjukkan oleh ekstrak yaitu bukan berasal dari pelarut melainkan dari zat yang terkandung dalam sampel

3. Tunikata

Tunicata termasuk dalam salah satu kelompok dari invertebra 16 laut yang pola hidupnya tidak bergerak (*sessile*) dan tergolong dalam filum Chordata karena 16 adanya larva Notokorda pada tahap perkembangan awalnya, memiliki persebaran yang luas, mampu bersimbiosis dengan bakteri, dan menghasilkan molekul 45nia dengan berbagai aktivitas farmakologi. Kelas dari tunicata ini terdiri dari empat kelas yaitu Larvacea, Ascidiacea,

Sorberacea, dan Thaliacea. Cara makan hewan ini yaitu dengan *filter feeder* dengan mekanisme tertentu berperan untuk menyaring makanan planktonik berbentuk partikel halus pada permukaan dasar laut tempat dimana mereka hidup. Organisme jenis ini telah diketahui bisa menghasilkan sejumlah besar produk laut yang bersifat alami dan juga dapat menunjukkan keragaman senyawa kimia yang potensial. Tunicata yang bersimbiosis pada mikroba fotosintetik mempunyai potensi menghasilkan molekul yang besar. Kandungan metabolit sekunder dari bakteri simbiosis tersebut biasanya adalah senyawa aktif yang digunakan untuk pertahanan diri organisme induknya, dalam hal ini tunicata. Senyawa aktif tersebut juga bermanfaat bagi kehidupan manusia, karena dapat digunakan untuk berbagai keperluan seperti sebagai antitumor, antikanker, antibakteri dan anti jamur.

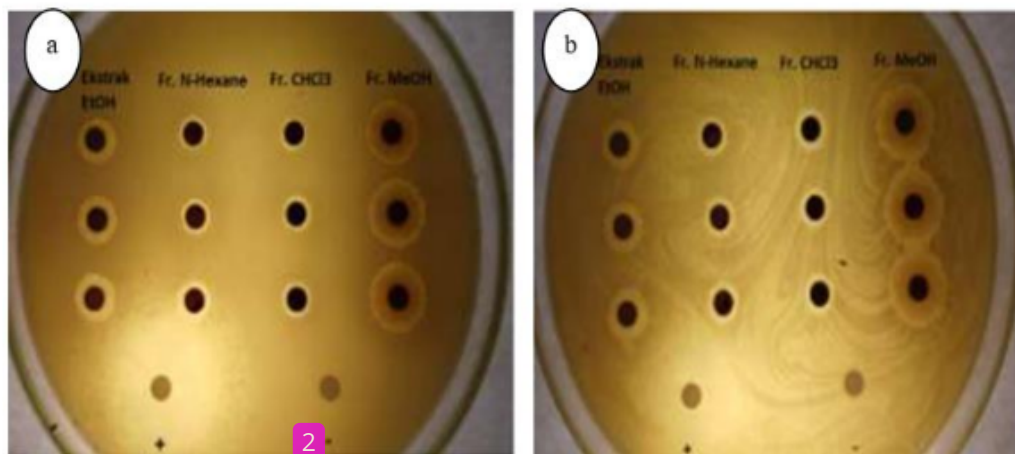
Pemanfaatan tunicata dan bakteri simbiosisnya saat ini masih kurang dieksplorasi di Indonesia (*underexplored bioresource*). Berbeda halnya dengan negara-negara maju yang telah melakukan penelitian terkait mikroorganisme asosiasi tunicata yang bisa menghasilkan senyawa bioaktif yang mempunyai beragam fungsi. Charan *et al.* (2004) mengemukakan bahwa jenis tunicata *Didemnum proliferum* mempunyai simbiosis asli yakni *Micromonospora sp.* dan telah diketahui bahwa mampu memproduksi diazepin micin yang dapat melawan bakteri gram-positif. Tidak hanya itu, berdasarkan hasil penelitian Wyche *et al.* (2012) bakteri *Nocardia sp.* yang diisolasi dari jenis tunicata *Trididemnum orbiculatum* dapat menghasilkan lima senyawa baru lipopeptides yang mempunyai aktivitas antibakteri pada *methicillin-resistant Staphylococcus aureus* dan *methicillin-sensitive Staphylococcus aureus*. Pham *et al.* (2013) memperoleh hasil ekstraksi pada jenis *Polycarpa aurata* mengandung senyawa kimia seperti peptida dan juga golongan alkaloid yang memiliki sifat sitotoksik dan mempunyai kekuatan sebagai antibakteri pada beberapa bakteri patogen. Hal yang sama juga dilakukan oleh Christine (2015) dan Litaay *et al.* (2015) isolat bakteri *Polycarpa aurata* memiliki potensi senyawa antibakteri yang bersifat dan bakteriostatik dan bakterisidal.



Gambar 4. 23 Tunikata.

Sumber : <https://en.wikipedia.org/wiki/Tunicate>.

Rom²s *et al.* (2022) juga melakukan penelitian terkait pengujian aktivitas antibakteri tunikata jenis *Polycarpa aurata* ²⁴ dan jenis bakteri *staphylococcus aureus* dan *escherichia coli*. ²ktivitas antibakteri pada penelitian ini menggunakan pelarut etanol, fraksi metanol, n-heksan, kloroform. Sedangkan untuk bakteri uji *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* menggunakan metode difusi agar (difusi Kirby dan Bauer). Metode difusi agar ini termasuk metode yang dilakukan dengan pengukuran dan pengamatan diameter zona bening yang terbentuk disekitar cakram dan berisi antibakteri yang sudah diinokulasi bakteri.



Gambar 4. 24 Contoh hasil uji aktivitas antibakteri *Polycarpa aurata* pada bakteri : (a) *Staphylococcus aureus* dan (b) *Escherichia coli*.
Sumber : (Rompas *et al.* , 2022).

4. Bintang Laut

Bintang laut merupakan satu diantara bentuk kekayaan alam di laut Indonesia. Penemuan terkait senyawa bioaktif yang ada dalam tubuh bintang laut sejauh ini hanya sebatas penemuan senyawa saja, akan tetapi terkait aktivitasnya jarang dieksplorasi. Hewan yang tergolong dalam kelas Asteroidea ini juga termasuk dalam kelompok echinodermata. Beberapa antivirus, antitumor, senyawa antibakteri atau sitotoksik dapat diekstraksi dari berbagai spesies Bintang laut. Penelitian lanjutan terkait tentang senyawa bioaktif pada bintang laut ini sangat menarik dan potensial terutama dalam bidang makanan dan kesehatan.

Morfologi bintang laut ini memiliki bentuk seperti bintang pentamerous yang terdiri dari 5 buah tangan pada setiap spesies kebanyakan. Diameter pada bintang laut ini berkisar antara 10-20 dan mulut terletak pada pusat pisin atau yang disebut dengan *central disk*. Oral merupakan sebutan untuk seluruh permukaan pusat pisin dan juga tangan bagian atas, sedangkan bagian bawah disebut aboral. Menurut Lariman (2013), bintang laut ini mempunyai kemampuan autotomi dan regenerasi pada bagian tubuh yang hilang. Semua hewan yang termasuk dalam kelas ini bentuk tubuhnya simetri radial dan kebanyakan memiliki endoskeleton dari zat kapur dengan mempunyai tonjolan berupa duri.

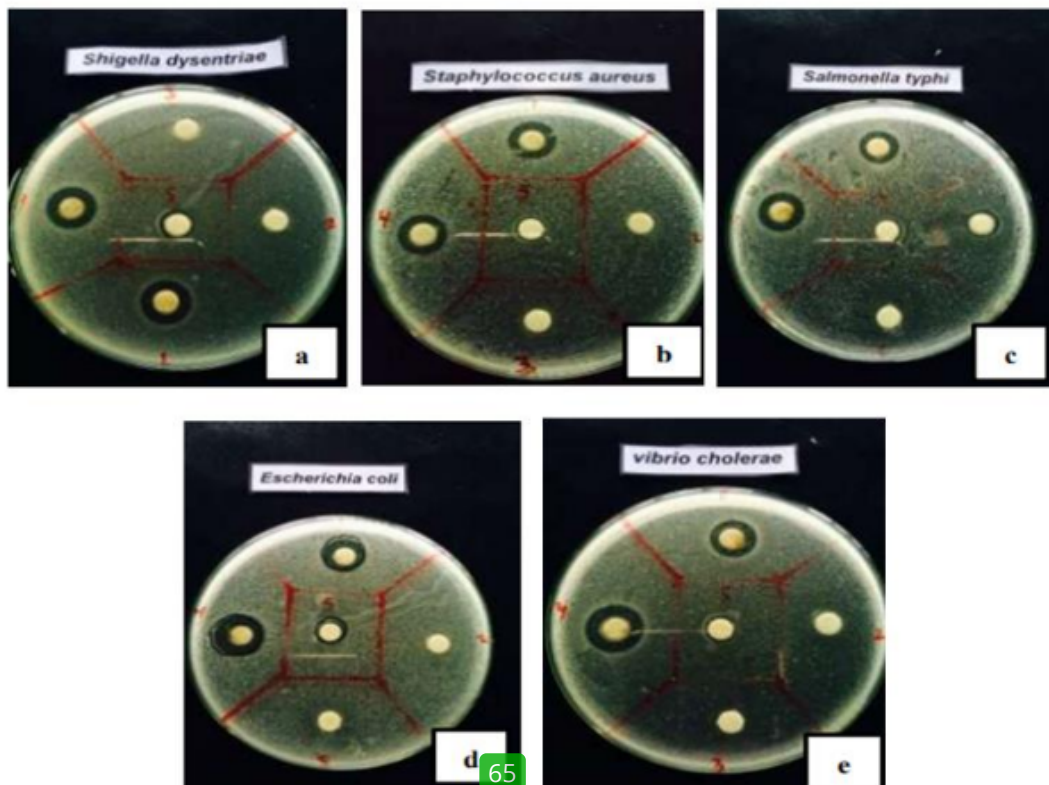


Gambar 4. 25 Bintang laut, (a) *Linckia laevigata*, (b) *Archaster typicus*, (c) *Protoreaster nodosus*, (d) *Asterias forbesii*.

Sumber : Piter *et al.* 2019.

Sebagai salah satu hewan penghasil senyawa bioaktif, bintang laut juga telah diketahui memiliki aktivitas antibakteri dengan komponen bioaktif yang dimilikinya seperti alkaloid, steroid, flavonoid, saponin, ninhidrin (Juariah *et al.* 2014). Menurut Achmad *et al.* (2014), senyawa bioaktif bintang laut juga dapat bermanfaat sebagai antiinflamasi, antifungi dan imunostimulator. Hal yang serupa juga dikemukakan oleh Guo *et al.* (2019) metabolisme utama dari bintang laut yaitu steroidal glikosida atau sulfated steroid aminoglikosid (asterosaponin) dan da umumnya memiliki racun yang terkandung dalam tubuhnya. Bintang laut mempunyai komponen aktif yang dibagi menjadi tiga kelompok utama berdasarkan strukturnya yaitu siklis steroidal glycoside, asterosaponin, dan glikosida dari steroids polyhydroxylated.

Contoh pengujian dari berbagai ekstrak bintang laut untuk mengetahui aktivitas antibakteri pada bakteri *E. coli*, *S. aureus*, dan *S. agalactiae* dapat dilihat dari hasil penelitian Piter *et al.* (2019) dimana penelitian ini menggunakan metode difusi agar (cara sumur). Adapun alasan memilih metode ini yaitu terletak pada kelebihan dari prosedurnya yang sangat sederhana untuk dilaksanakan serta menjadi metode yang serbaguna untuk semua bakteri patogen yang mengalami pertumbuhan yang cepat dan familiar untuk dimanfaatkan pada uji kepekaan antibiotik dalam program pengendalian. Menggunakan bakteri jenis *S. aureus* dan *S. agalactiae* untuk mewakili bakteri gram positif, sedangkan yang mewakili bakteri gram negatif yaitu *E.coli* dalam penantiannya. Tujuan dari penggunaan bakteri ini agar dapat mengetahui dalam ekstrak tersebut mempunyai aktivitas antibakteri dan mengetahui spektrum aktivitas antibakteri dari berbagai ekstrak bintang laut. Dalam hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pengujian ini bisa menjadi referensi baru dalam hal penemuan obat antibakteri, dikarenakan sejauh ini pengendalian infeksi bakteri Gram-negatif acapkali menjadi kendala dalam bidang kedokteran, yang disebabkan oleh adanya karakteristik dari kelompok Gram negatif yang mempunyai dinding peptidoglikan yang padat dan adanya *efflux-pump mechanism* merupakan suatu mekanisme untuk mengeluarkan senyawa yang tidak diperlukan pada proses biofarmasi seluler melalui sistem sekresi, sehingga terjadi penghambatan proses internalisasi senyawa untuk mempengaruhi mekanisme seluler dari bakteri. Rusli *et al.* (2016) juga mengemukakan hasil penelitiannya pada pengujian aktivitas antibakteri dari ekstrak bintang laut (*Asterias forbesi*) pada bakteri uji *Shigella disentri*, *Salmonella typhi*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, dan *Vibrio cholera* yang hasilnya disajikan pada Gambar di bawah ini.



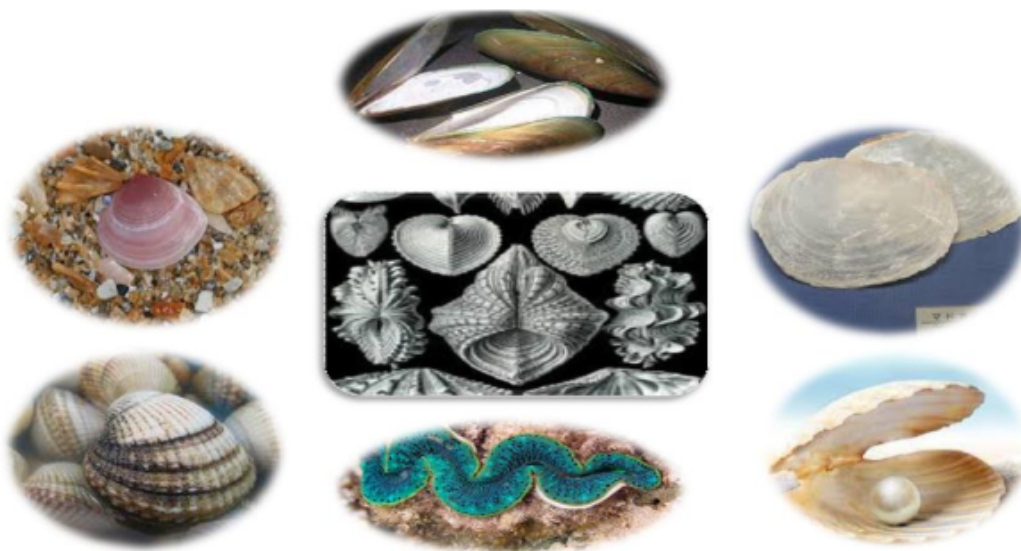
Gambar 4. 26 Contoh hasil uji aktivitas antibakteri pada bakteri uji yaitu (a) *Shigella disentri*, (b) *Staphylococcus aureus*, (c) *Salmonella typhi*, (d) *Escherichia coli* dan (e) *Vibrio cholerae*. Sumber : (Rusli et al., 2016).

5. Kerang

Kerang sebagai organisme akuatik yang hidup pada dasar perairan dan juga dapat menempel pada substrat keras di badan perairan. Kerang termasuk dalam kelompok moluska dan termasuk kelas Pelecypoda. Morfologi dari kerang ini sendiri yaitu memiliki dua katup cangkang, kaki, dan insang. Habitat dari kerang ini sendiri dapat hidup pada semua jenis perairan seperti estuary, laut, dan air tawar. Kerang yang hidup di laut terdistribusi dari perairan dangkal daerah pasang surut, dan perairan laut dalam. Adapun faktor biologi yang dapat mempengaruhi kehidupan kerang yaitu zat organik tersuspensi, zooplankton, fitoplankton, dan makhluk hidup lainnya. Cara makan dari hewan ini yaitu *feeding filter* dengan alat bantu yang disebut sifons. Secara ekologi, filtrasi yang digunakan oleh kerang

laut dimanfaatkan untuk dapat menghindari kompetisi makanan sesama spesies. Kerang termasuk dalam jenis makrozoobentos yang banyak ditemukan pada dasar perairan atau substrat perairan yang berlumpur (Almaniar *et.al.*, 2021).

Pada ekologi kerang dibutuhkan kondisi alami dengan air yang tenang dengan sirkulasi air dan salinitas yang cukup mendukung, beberapa faktor seperti iklim, kedalaman perairan, salinitas dan jenis substrat merupakan beberapa variabel lingkungan yang dapat mendukung kehidupan moluska dengan habitat yang ditempati, dimana hal ini terkait dengan suplai makanan bagi Bivalvia. Di estuaria berbagai hal merupakan salah satu yang diperlukan untuk kelangsungan hidup kerang salah satunya yang paling penting adalah adaptasi yang mempertahankan keseimbangan cairan ion tubuh menghadapi fluktuasi salinitas eksternal. Pengaturan osmosis pada kerang merupakan salah satu cara mempertahankan keseimbangan ion tubuh terhadap salinitas yang rendah.



Gambar 4. 27 Kelas pelecypoda.

Organisme kelas pelecypoda (kerang) memiliki keterbatasan dalam pergerakan, tentu dalam melindungi diri dari musuh dan kondisi lingkungan dengan cara memproduksi senyawa metabolit sekunder. Beberapa peneliti menyatakan bahwa kerang mengandung senyawa bioaktif peptida, dispeptida, triterpenoid, alkaloid, prostaglandin, terpena, dan

asam lemak esensial yang bermanfaat bagi kesehatan. Selain itu moluska juga mengandung flavonoid, tanin, steroid, dan fenol hidrokuinon. Senyawa bioaktif tersebut dapat dimanfaatkan sebagai antibakteri, antikanker, menghambat pertumbuhan virus dan bakteri, antikapang, antitumor, dan menghambat kerja enzim. Beberapa penelitian tidak hanya pada kelas pelecypoda terkait senyawa bioaktif, tetapi juga pada kelas gastropoda seperti yang telah dilaporkan oleh (Pratama *et al.*, 2021).

Penelitian terkait aktivitas antibakteri pada ekstrak kelompok moluska telah banyak dilakukan oleh peneliti Indonesia salah satunya (18) Daluningrum (2009), melakukan pembuktian pada ekstrak jaringan lunak kerang *A.granosa* menghasilkan senyawa metabolit sekunder seperti flavonoid, alkaloid, dan steroid yang memiliki kemampuan dalam menghambat pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* dan *E.coli*. Ekstrak metanol jaringan lunak *A.granosa* juga memiliki kemampuan antibakteri terhadap bakteri *Vibrio cholerae*, *S.aureus* dan *10* *eptococcus pyogenes* (Eswar *et al.* 2014). Penelitian Dwiningsih *et al.* (2017) juga membuktikan aktivitas antibakteri ekstrak *A.granosa* pada bakteri *vibrio Harveyi*. Berikut contoh hasil aktivitas antibakteri pada *A.granosa*.

18

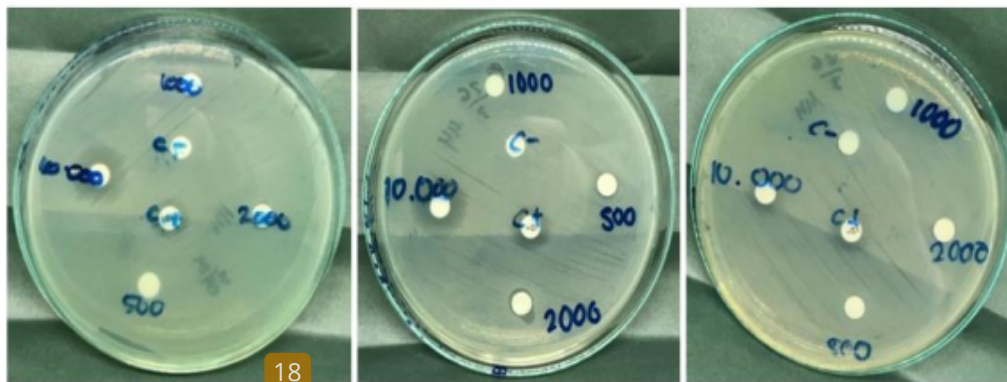
Tabel 4.8. Contoh hasil uji fitokimia.

No	Analisis Fitokimia	Hasil	Keterangan Larutan
1	Flavanoid	(+)	Berwana kuning Kehijauan
2	Alkaloid		
	a. Meyer	(+)	Berwana kekuningan
	b. Dragendroff	(+)	Memiliki endapan berwarna jingga
3	Saponin	(+)	Membentuk busa
4	Terpenoid	(-)	tidak ada tanda
5	Steroid	(+)	Berwarna hijau kehitaman

Sumber : (Dewiningsih *et al.* , 2017).

Berdasarkan hasil penelitian tersebut hasilnya menunjukkan bahwa didalam ekstrak jaringan lunak *A.granosa* positif mengandung senyawa saponin, flavonoid, alkaloid, serta steroid. Munandar (2015), flavonoid berkemungkinan mampu

memperlambat pertumbuhan bakteri dengan cara menghancurkan permeabilitas dinding sel, juga memungkinkan menjadi antimikroba dan antivirus serta mengatasi permasalahan gangguan fungsi hati. Alkaloid memiliki sifat kandungan beracun dan memiliki kemampuan sebagai anti bakteri untuk mencegah infeksi, alkaloid tergolong kedalam kelompok besar senyawa metabolit sekunder. Menurut Detha (2016) pada senyawa saponin bersifat amfilik yang dapat membentuk busa akibat ikatan dari membran sel dan lipid. Kemampuan menjadi antibakteri juga dimiliki oleh Senyawa steroid yang bekerja merusak membran sel bakteri serta memperlambat pertumbuhan bakteri (Dewi, 2016). Senyawa antibakteri yang terkandung dalam jaringan lunak *A.granosa* ini bisa digunakan sebagai acuan dalam mencari obat alami untuk digunakan dalam usaha budidaya perikanan.



Gambar 4. 28 Zona hambat hasil uji aktivitas antibakteri.

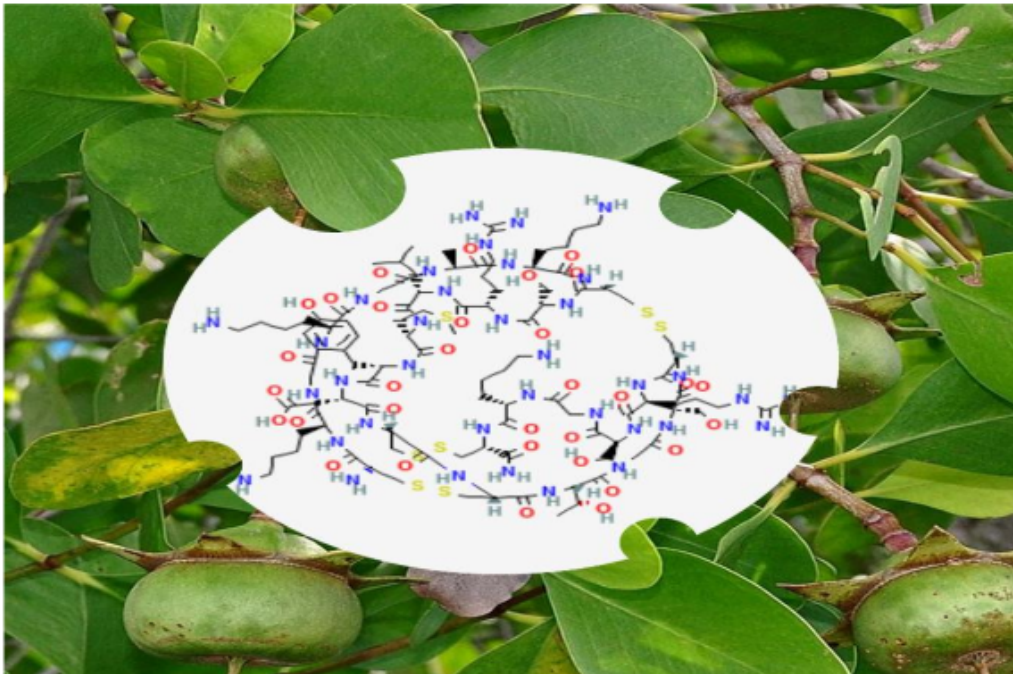
Sumber : (Dania *et al.* 2021)

4.5 Potensi Antibakteri Tumbuhan Mangrove

Mangrove adalah tumbuhan yang menjadi sumber anti bakteri dalam bidang kelautan. Ekosistem mangrove memiliki fungsi sebagai biogeokimia antroposfer, dan ekologi yang saling berhubungan satu dengan lainnya. Mangrove termasuk tumbuhan yang hidup di hutan tropis yang pertumbuhannya sangat mudah dan belum digali kembali terkait senyawa bioaktif yang ada di dalamnya. Mangrove ini merupakan tumbuhan yang membentuk komunitas tanaman yang tumbuhnya di berbagai tempat seperti di sekitar kawasan pasang surut, daratan, maupun lautan. Habitat mangrove banyak terdapat di kawasan muara dimana mangrove ini menjadi penahan gelombang

dari ombak laut yang besar. Tidak hanya sebagai pelindung pantai mangrove juga menjadi penjaga kelangsungan organisme di dalamnya.

Kelompok tumbuhan mangrove baik itu mayor, minor, dan asosiasi telah banyak digunakan dan dikembangkan dalam dunia medis terutama wilayah Asia, Arab, dan Amerika latin. Hal ini bukan tanpa alasan menjadikan mangrove sebagai alternatif sumber pengobatan dalam medis, karna mangrove telah dibuktikan mengandung fenol, alkaloid, saponin dan flavonoid yang berasal dari mikroorganisme simbiosis (endofit) atau hasil metabolit sekunder mangrove. Seluruh komponen tumbuhan mangrove seperti daun, buah, batang dan akar bisa dimanfaatkan sebagai sumber bahan medis dalam bidang kesehatan yang dimanfaatkan sebagai obat rematik, asma, hepatitis, diabetes, kanker, leukemia, penawar bisul, penyakit mata, penyakit kulit, malaria, tumor, kolera, disentris, antiseptik, demam dan sebagai anti bakteri (Mardiansyah dan Bahri, 2016).



Gambar 4. 29 Potensi senyawa bioaktif pada mangrove.

Antibakteri termasuk dalam golongan senyawa yang dimanfaatkan dalam penghambat pertumbuhan bakteri yang merugikan. Antibakteri bekerja merusak dinding sel dengan cara menghambat pertumbuhan atau perubahan yang terjadi setelah selesai terbentuk. Membran sitoplasma tumbuh sehingga menyebabkan bahan inti keluar dari sel tersebut, kemudian menghambat kerja enzim, perubahan molekul protein dari asam nukleat, dan memperlambat sintesis protein dan asam nukleat. Substansi anti bakteri mampu bekerja secara bakterisidal, bakteriolitik dan bakteristatik berdasarkan sifat toksitas selektifnya.

Kasus yang sering terjadi di Indonesia terkait penggunaan zat pengawet kimia yang memiliki dampak negatif terhadap kesehatan seperti kasus borax, formalin, insektisida, dan lain sebagainya. Isu terkait semakin marak bahan kimia digunakan yang menyebabkan keracunan, maka dari itu sangat perlu upaya alternatif yakni dengan memanfaatkan bahan alami secara empiris tradisional telah digunakan sebagai pengawet yang telah aman digunakan. Banyak jenis tumbuhan alami yang bisa digunakan untuk bahan pengawet alami atau zat yang bersifat antioksidan dan antimikroba. Dimana senyawa antimikroba bisa menghambat aktivitas dan sebagai anti mikroba. Manfaat yang dimiliki tumbuhan mangrove sangat bermanfaat bagi kelangsungan makhluk hidup, diantaranya manfaat ekologi hingga manfaat sumber makanan. Mangrove juga merupakan vegetasi tumbuhan yang mudah berkembang biak dan belum banyak diketahui manfaatnya. Adanya fitokonstituen seperti minyak atsiri, flavonoid, alkaloid, asamvenolik, kuinin, tamin menunjukkan respon antimikroba dari mangrove ini.

Dalam bidang kelautan dan perikanan kasus terjadinya kematian massal pada budidaya perikanan sering terjadi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Lavilla-Pitogo *et al.* (1990) bahwa pada tingkat pembenihan paling serius terjadi serangan penyakit bacterial dan banyak terjadi kematian massal pada larva udang windu yang disebabkan oleh bakteri berpendar yang diidentifikasi oleh *Vibrio harveyi*. Adapun upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasinya yaitu dengan menggunakan antibiotic dan bahan kimia, tentu hal ini akan berdampak negatif pada lingkungan perairan dan dapat juga mengakibatkan resistensi patogen. Oleh sebab itu, tentu harus dicari solusi untuk mengatasi hal

ini, salah satunya dengan memanfaatkan bahan alami yang terdapat pada alam dan bersifat antibakteri yaitu mangrove. Penelitian (Manilal *et al.* 2009; Haque *et al.* 2007; Feliatra, 2000) terkait antibakteri mangrove yang menghambat pertumbuhan bakteri *Vibrio sp.*

Melki *et al.* (2011) juga melaporkan dalam penelitiannya terkait mangrove yang memiliki potensi untuk mencegah penyakit priosis terhadap udang windu yang menggunakan ekstrak tiga jenis mangrove *Ceriops tagal*, *Rhizophora apiculata*, dan *Sonneratia alba* pada bagian buah, daun, batang, dan akar yang diperoleh dari Sadai, Bangka Selatan, Bangka Belitung yang dimana menggunakan dan sudah diekstraksi dengan pelarut metanol, etil-asetat, n-heksan. Hasil uji antibakteri yang diperoleh pada penelitian ini yang didapatkan dari semua bagian tumbuhan mangrove disajikan dalam Tabel berikut.

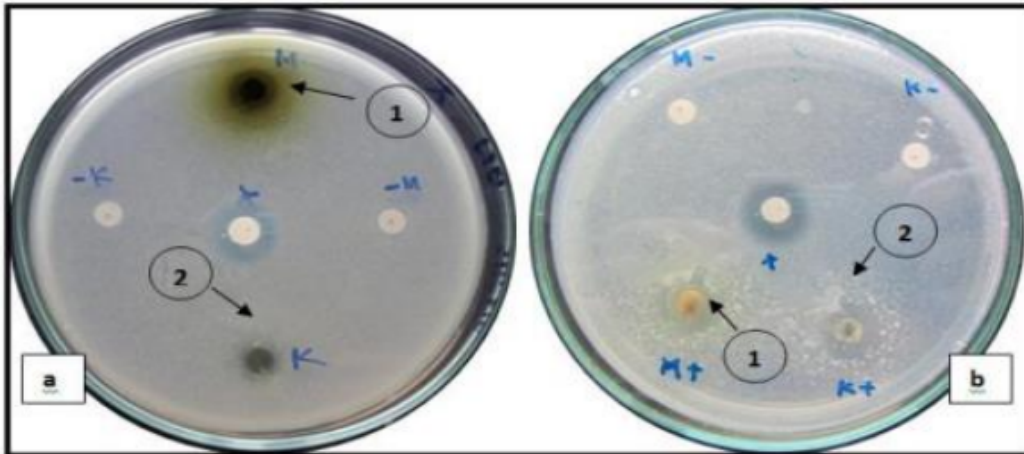
Tabel 4.9. Contoh diameter zona hambat ekstrak kasar mangrove pada bakteri *V.harveyi*.

Jenis Mangrove	Bagian	Diameter zona hambat (mm)*					A (-)	B (-)	C (-)	D (-)	E (-)
		MeOH (20 µl/5 µg)	EtOAc (20 µl/5 µg)	n-hexane							
<i>C.tagal</i>	Daun	12 ± 1,52	12 ± 2,08	7	0	0	0	10	25		
	Batang	15 ± 2,64	14 ± 1,73	7	0	0	0	10	25		
	Akar	13 ± 0,57	12 ± 0,57	7	0	0	0	10	25		
<i>R.apiculata</i>	Daun	15 ± 1,52	11	7	0	0	0	10	25		
	Batang	14	11	7	0	0	0	10	25		
	Akar	8 ± 0,57	8	8	0	0	0	10	25		
<i>S.alba</i>	Daun	24 ± 3,78	19 ± 2,16	7	0	0	0	10	25		
	Batang	23 ± 3,78	19 ± 3,05	7	0	0	0	10	25		
	Buah	19	18	8	0	0	0	10	25		
	Akar	17	15	8	0	0	0	10	25		

Sumber : (Melki *et al.* 2011).

Hasil uji bioaktivitas menggambarkan ekstrak mangrove yang menggunakan pelarut metanol yang biasanya memiliki aktivitas paling besar dalam menghambat pada bakteri *V.harveyi*, lain halnya pada n-hexane yang paling rendah nilainya yang disebabkan karena pelarut ini memiliki sifat yang mudah menguap. Hasil penelitian yang sama juga pada Manilal *et al.* (2009) bahwa ekstrak mangrove dengan pelarut metanol memiliki kemampuan dalam menghambat bakteri *Vibrio*.

Hasil penelitian serupa oleh Oktavianus (2013) yaitu pada ekstrak daun *Avicennia marina* menghasilkan uji daya hambat pada bakteri *Vibrio parahaemolyticus* menggunakan proses difusi agar, memperlihatkan adanya daya hambat pada ekstrak pada bakteri uji. Aktivitas daya hambat yang diperoleh diindikasikan dengan terlihatnya zona bening pada sekitar *paper disc* ekstrak. Hal ini menunjukkan bahwa zona bening tersebut menunjukkan memiliki aktivitas antibakteri.



Gambar 4. 30 Zona bening ekstrak daun A.marina.
Sumber : Oktavianus, 2013.

Berdasarkan tampilan gambar di atas contoh zona bening yang diperoleh, pada daerah *paper disc* zona bening pada kloroformnya lebih kecil dibandingkan ekstrak metanol daun A. marina. an juga untuk menjadi penghambat bakteri pada ekstrak yang mengandung senyawa metabolit sekunder. Hasil ekstrak... diperkirakan hal ini untuk mendapatkan daya hambat yang lebih besar dan lebih efektif bagi senyawa tersebut pada proses merusak dinding sel bakteri uji *Vibrio parahaemolyticus*. Hal ini juga sama juga dikemukakan oleh Naiborhu *et al.* (1999) bahwa suatu senyawa antimikroba dapat

memiliki sifat bakteristatik di keadaan tertentu misalnya saat konsentrasi minimum tertentu dan jika bahan antimikroba dihilangkan maka yang terjadi adalah perkembangbiakan bakteri akan berjalan kembali seperti semula.

Senyawa terpen salah satu contohnya yaitu triterpenoid, adalah kelas agen antibakteri potensial dan berada dalam beberapa kelompok senyawa fenolik, seperti flavonoid. *Vibrio parahaemolyticus* merupakan bakteri dengan dinding selnya mengandung peptidoglikan (5% - 10%) sehingga termasuk bakteri gram negatif dengan dinding sel lebih tipis daripada bakteri gram positif. Resistensi bakteri gram positif dan gram negatif terhadap senyawa antimikroba memiliki perbedaan pada setiap kerentanan dan berkaitan pada struktur dinding sel. Kelimpahan peptidoglikan (terdapat lipid, pori - pori, reseptor) dan jenis ikatan silang serta aktivitas autoenzim, komposisi ini termasuk yang mempengaruhi dalam menentukan pengikatan, aktivitas senyawa antimikroba dan penetrasi. Metode menghambat antimikroba. Metode penghambatan antimikroba pada pertumbuhan bakteri bisa berupa kerusakan dinding sel yang menghambat sintesis dinding sel, dan mengubah permeabilitas membran sitoplasma, dan menyebabkan pelepasan zat makanan melalui dinding sel.



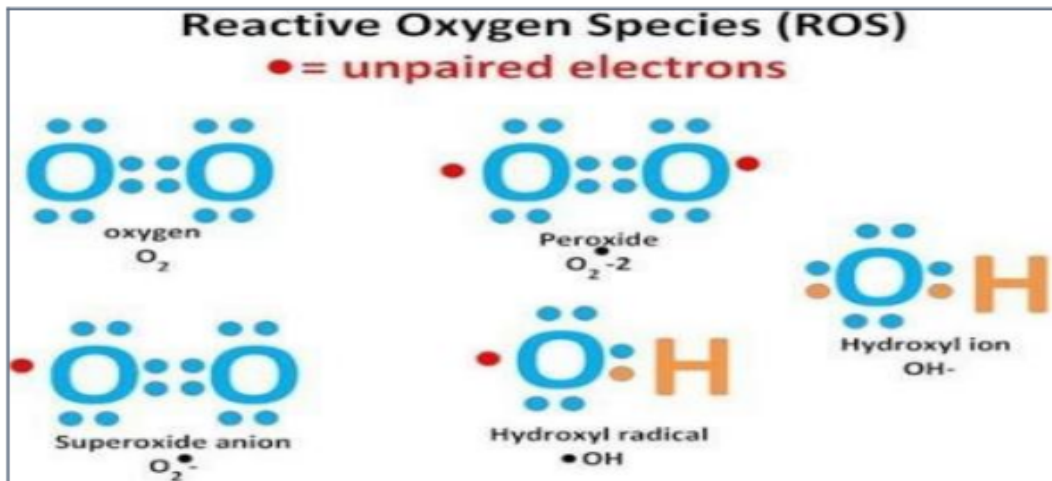
BAB V
POTENSI ANTIOKSIDAN PADA
ORGANISME LAUT

5.1 Antioksidan

⁴⁷ Senyawa yang dapat menghambat, menangkal atau melepaskan reaksi berantai radikal bebas disebut antioksidan. Senyawa antioksidan ini juga bisa digunakan untuk perlindungan komponen biologi (lipid, vitamin, protein, dan DNA) dengan cara menghambat ketengikan, kerusakan, dan berubahnya warna oleh sebab oksidasi. Antioksidan memiliki cara kerja dengan mentransferkan satuan elektron pada senyawa dengan sifat oksidasi, dengan⁴⁷al ini senyawa oksidasi dapat dihambat (Dwimayasanti, 2018). Berdasarkan sumbernya, antioksidan terba⁶ dua yaitu alami dan buatan. Antioksidan yang alami dapat bersala dari buah-buahan, sayur, dan hewan. Sedangkan yang buatan yaitu didapatkan dari hasil sintesis reaksi kimia yang memiliki tujuan komersial. Efek samping yang ditimbulkan dari antioksidan buatan yang belum diketahui ini membuat semakin gencarnya penggunaan antioksidan yang alami yang dapat menjadi solusi aman dan efisien. Keanekaragaman hayati yang melimpah di Indone¹²⁶ ini tentu dapat menjadikan suatu potensial sebagai antioksidan alami yang ramah lingkungan dan tidak memiliki efek samping. Saat ini masih sangat terbatas akan informasi serta edukasi yang diberikan terkait kandungan antioksidan alami yang bisa didapatkan secara alami dari lingkungan sekitar, oleh sebab itu penemuan-penemuan baru terkait antioksidan ini sangat dibutuhkan untuk dapat meningkatkan ekonomi dan kebutuhan pangan lokal yang terus meningkat (Silvia *et al.*, 2016).

Oksidasi dan produk radikal bebas merupakan bagian dari hasil samping aktivitas metabolisme makhluk hidup. Reaktif oksigen spesies (ROS) atau radikal bebas pada konsentrasi yang rendah tidak akan memiliki dampak berbahaya untuk keberlangsungan makhluk hidup. Sebaliknya akan berbahaya apabila konsentrasi radikal bebas pada tubuh tinggi akan mengganggu keberlangsungan hidup organisme karena sifat dari radikal bebas tersebut sangat reaktif⁹¹ hadap molekul - molekul biologis penyusu sel (Yuslianti, 2018). Radikal bebas merupakan suatu atom yang sangat reaktif dan tidak memiliki kestabilan karena terdapat lebih dari satu elektron yang tidak berpasangan pada orbital terluarnya. Oleh sebab itu reaksi akan terjadi saat radikal bebas mencari pasangan terhadap pasangan elektron untuk mencapai kestabilan. Aktifnya radikal bebas ini

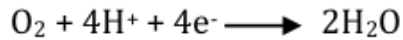
diakibatkan oleh tidak adanya pasangan dari elektron yang dimiliki. Berdasarkan muatan radikal bebas ada yang bermuatan negatif, positif, dan tidak bermuatan (Irianti *et al.* 2017).



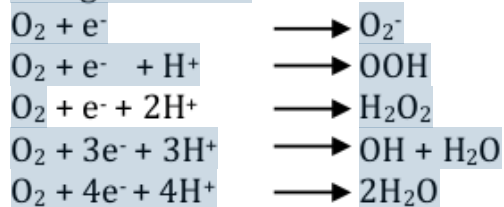
Gambar 5. 1 Beberapa senyawa radikal bebas.

Kerusakan molekul DNA, lipid, protein, dan karbohidrat dapat diakibatkan oleh adanya senyawa radikal bebas. Jika kerusakan besar terjadi pada rantai DNA maka akan mengubah urutan - urutan gen. Jika urutan gen sudah rusak karena disebabkan oleh radikal bebas, maka akan menyebabkan terganggunya sintesis protein. Kerusakan yang lebih parah oleh radikal bebas yaitu dapat menyebabkan kanker (Khaira, 2016). Beberapa penelitian lanjutan telah dilakukan yaitu penyakit meliputi hipertensi, skemik, Alzheimer, aterosklerosis, peradangan, dan Parkinson disebabkan oleh radikal bebas. Oleh karena itu pada beberapa organisme beradaptasi dengan mensintesis senyawa yang dapat menghentikan radikal bebas (Sayuti dan Yerina, 2015).

Radikal bebas atau reaktif oksigen species terbentuk karena adanya stress atau tekanan dari lingkungan. Senyawa oksigen reaktif adalah senyawa yang dibutuhkan oleh organisme aerob. Untuk dapat memperoleh ATP atau sumber energi pada makhluk hidup bisa memanfaatkan oksigen yang diperoleh dari senyawa tersebut. adapun prosesnya disebut fosforilasi oksidatif dan terjadi pada mitokondria. Pada proses ini terjadi reduksi O_2 menjadi H_2O dituliskan secara sederhana dibawah ini



Reaksi oksigen pada proses fosforilasi oksidatif membutuhkan perubahan keempat elektron. Perubahan ini tidak bisa berlangsung bersamaan melalui beberapa proses yang dimana pada setiap proses hanya menerima 1 elektron. Saat kondisi tertentu perubahan elektron tersebut terjadi secara tidak sempurna yang mengakibatkan timbulnya radikal bebas seperti radikal peroksil (OOH), Ion superoksida (O_2^-), Hidrogen Peroksida (H_2O_2), dan radikal hidroksil (OH). Perubahan bisa terjadi pada molekul oksigen dengan sangat reaktif apabila perpindahan kedua elektron tunggal pada satu orbital dengan putaran yang tidak sama melalui perubahan inti 1 orbital berubah jadi kosong serta dengan mudahnya dimasukkan oleh sepasang elektron pada putaran yang tidak sama tersebut. Secara singkat pembentukan senyawa oksigen reaktif dapat dituliskan sebagai berikut.



Dari reaksi di atas bisa dilihat bahwa pada untuk penambahan elektron pada molekul O_2 menghasilkan senyawa yang sangat reaktif.

Radikal bebas yang berasal dari aktivitas lingkungan luar (radiasi, asap rokok, polusi, minuman, makanan, lapisan ozon, dan pestisida) dan sistem organ terluar disebut radikal bebas eksogen. Sedangkan yang berasal dari dalam organ tubuh (oksidasi enzimatis, transpor elektron di mitokondria dan oksidasi ion-ion golongan transisi, autooksidasi, dan fagositosis dalam respirasi) yaitu radikal bebas endogen. Peningkatan jumlah radikal bebas dapat disebabkan oleh obat-obatan melalui meningkatnya tekanan oksigen. Adapun jenis obat-obatan tersebut yaitu golongan obat kanker, antibiotic quinonoid, dan pemakaian asam askorbat yang berlebihan bisa cepatnya peroksidasi lipid (Rohmatussolihat, 2015).

Cara kerja antioksidan bisa dibedakan menjadi dua cara yaitu Pengelompokan antioksidan berdasarkan cara kerjanya dapat dibagi menjadi 2, yaitu yang pertama antioksidan enzimatis yang mencakup catalase (CAT), superoksida dismutase (SOD), dan

glutathione peroxidase (GPx) pada jenis ini dapat meminimalisir kerusakan pada reaksi oksidatif dengan cara mengkatalis reaksi 10 nia untuk menetralkan radikal bebas. Sedangkan yang kedua yaitu antioksidan non-enzimatis meliputi antioksidan larut lemak contohnya tokoferol, quinon, karotenoid, flavonoid dan antioksidan. Radikal bebas dan antioksidan memiliki kecenderungan bereaksi terlebih dahulu dibandingkan dengan molekul lainnya, dengan sifat antioksidan yang bersifat reduktor kuat atau memiliki sifat mudah teroksidasi. Oleh sebab itu kuatnya daya oksidasi dipengaruhi keefektifan antioksidan.

Berdasarkan informasi-informasi sebelumnya terkait radikal bebas yang terdapat dalam tubuh manusia bisa mengakibatkan timbulnya dampak negatif untuk kesehatan, oleh sebab itu dipandang perlu untuk mencari alternatif penangkalnya yaitu disebut dengan senyawa antioksidan (senyawa yang melindungi 5 dari radikal bebas). Antioksidan yang didapatkan secara sintesis seperti *butylated hydroxytoluen (BHT)*, *tertbutylhydroxyquinone (TBHQ)* dan *butylated hydroxyanisole (BHA)* memiliki efek karsinogenik sehingga penggunaannya dikurangi bahkan sampai dilarang. Oleh sebab itu, terkait hal ini membutuhkan perhatian senuh untuk mencari alternatif pengganti antioksidan sintesis yaitu dengan antioksidan alami. Menurut Murningsih (2010), senyawa yang diperoleh dari antioksidan alami seperti vitamin, senyawa golongan fenol (asam fenol dan flavonoid) dan juga senyawa yang memiliki ciri mudah menguap. Beberapa faktor mempengaruhi aktivitas antioksidan seperti suhu, tekanan oksigen, kandungan lipid, protein, air, dan kandungan kimia dalam makanan. Berdasarkan hasil penelitian Sayuti dan Yerina (2015) keberagaman proses menghambatnya antioksidan bergantung pada variasi mekanisme dan juga struktur kimia yang mengakibatkan pada proses ini bagian terpenting yaitu reaksi dengan radikal bebas lipid.

1. Sumber Antioksidan

Indonesia sebagai negara megabiodiversitas dengan keanekaragaman hayati yang melimpah merupakan masa depan bagi umat manusia bahkan bagi masyarakat Indonesia sendiri dalam bidang pangan, energi bahkan kesehatan (Samedi, 2015). Sehingga sangat berpotensi untuk mencari sumber antioksidan alami bahan alam untuk menyokong bidang kesehatan di Indonesia. Antioksidan

dapat diperoleh dari organisme yang dapat mensintesis senyawa senyawa metabolisme sekunder seperti tumbuhan, alga, bahkan hewan yang ada pada biota biota laut.

Wilayah laut yang luas menjadikan Indonesia sebagai sumber potensial keanekaragaman hayati terbesar. Hasil produksi laut baik ikan ataupun organisme lainnya tidak hanya berfokus untuk penangkapan saja, akan tetapi saat ini sudah dikembangkan dalam bentuk pembudidayaan. Saat ini budidaya berfokus pada organisme-organisme yang memiliki potensi untuk dijadikan pengembangan obat masa depan seperti sebagai antioksidan yang telah banyak dilaporkan oleh beberapa peneliti dan ilmuawan di Indonesia. Beberapa penelitian mengindikasikan bahwa sumber antioksidan dapat diperoleh dari organisme laut, seperti rumput laut (Diachanty *et al.*, 2017), lamun (Puspasari *et al.* 2017), kerang (Nurjanah *et al.*, 2012) dan tumbuhan mangrove. Sumber senyawa antioksidan pada organisme laut ini berpotensi dikembangkan serta dibudidayakan untuk bisa meningkatkan ekonomi masyarakat dan berdampak baik terhadap lingkungan dengan tanpa adanya efek samping dari penggunaannya.

2. Proses Pembentukan Radikal Bebas



Gambar 5. 2 Sketsa terbentuknya radikal bebas.

Sumber : www.glutera.com.

Faktor yang berasal dari luar lingkungan seperti polusi asap kendaraan, asap rokok, sinar UV, makanan dan minuman junkfood, serta banyak contoh lainnya yang bisa menjadi sebab terjadinya pembentukan radikal bebas. Hal tentu memiliki dampak yang terjadi akibat paparan radikal bebas yaitu seperti penuaan dini, kanker, dan radang hal. Tentu dampak tersebut bisa diatasi sendiri melalui sumber antioksidan alami dalam tubuh sebagai sistem pertahanan tubuh, namun dalam hal ini tubuh juga membutuhkan senyawa antioksidan dari luar juga sehingga penangkalan dan sistem pertahanan diri semakin kuat terhadap radikal bebas. Stress oksidatif yang tinggi mengakibatkan tubuh sangat membutuhkan antioksidan dari luar ataupun tumbuhan dan hewani

28

3. Metode Uji Antioksidan

a. Metode DPPH (1,1-Difenil-2-Pikrilhidrazil)

Sumber radikal bebas dapat berasal dari hasil penggunaan bahan-bahan kimia contohnya seperti polusi udara, pestisida, asap rokok, alkohol, dan lainnya sehingga dapat menimbulkan penyakit. Pencegahan radikal bebas yang menimbulkan stress oksidatif penyebab penyakit diatasi dengan antioksidan. Metode DPPH ini dapat digunakan dalam analisis kandungan antioksidan melalui reaksi pada senyawa antioksidan pada sampel dan pembanding Vitamin C. pada metode ini persentase nilai inhibisi bisa menentukan nilai inhibisi dan LC_{50} (Hasanah *et al.*, 2017).

Metode in vitro dalam metode ini bisa dijadikan dalam pengujian kandungan antioksidan. 2,2 diphenyl-1- pikri hidrazil (DPPH) ini adalah senyawa radikal dengan sifat yang stabil atau konstan. Kemampuan dalam menangkal radikal bebas dapat menggunakan metode DPPH ini yang dimana pengukuran aktivitas antioksidan dengan transfer elektron yang dimanfaatkan oleh senyawa antioksidan itu sendiri. Warna ungu pekat yang dihasilkan dari DPPH dengan serapan pada panjang gelombang 517 nm namun setelah mengalami reduksi maka, perubahan pada DPPH DPPH bisa berubah menjadi senyawa difenil pikril hidrazil yang warnanya akan berangsur-angsur memudar berubah menjadi warna kuning

dan nilai serapannya akan sebanding dengan jumlah elektron yang diterima (Wulansari, 2018). Metode dalam pengukuran aktivitas antioksidan menggunakan pengukuran secara kuantitatif yaitu dilakukan dengan pengukuran penangkapan radikal DPPH oleh suatu senyawa yang memiliki aktivitas antioksidan dengan menggunakan alat spektrofotometri UV-Vis untuk kemudian diketahui nilai aktivitas peredaman radikal bebas yang dinyatakan dengan nilai IC50. Spektrofotometer UV-Vis adalah gabungan antara spektrofotometer UV dan Visible.

Pengukuran daya tangkapan radikal bebas yaitu yang biasa digunakan sebagai model untuk mengukur kekuatan penangkal radikal bebas adalah 1,1-difenil-2-pikrihidazil (DPPH). Pembuatan larutan reagen dalam uji penangkal radikal bebas sangat dibutuhkan karena sifat dari senyawa tersebut adalah stabil. Larutan yang mengandung antioksidan dapat disimpan dalam keadaan kering pada kondisi penyimpanan, jika baik dapat bertahan selama bertahun-tahun untuk . Nilai absorbansi DPPH berkisar antara 515 sampai 520 nm.

Pelarut metanol yang digunakan DPPH untuk bertindak sebagai radikal bebas memiliki warna ungu tua dengan panjang gelombang cahaya tampak adalah 517 nm. Selanjutnya terjadi reaksi pada senyawa antioksidan yang menimbulkan perubahan pada DPPH menjadi 1,1-difenil-2-pikrihidrazil dengan sifat yang radikal bebas. Perubahan warna juga kembali terjadi dari ungu tua ke merah jambu dan hilangnya warna yang dapat diamati oleh spektrometer UV Vis. Alat ini mampu memiliki basis sinar ultraviolet dan ultraviolet untuk dapat mengetahui aktivitas penangkapan radikal bebas yang dilakukan pada setiap sampel.

Tabel Klasifikasi Kekuatan Antioksidan Berdasarkan Nilai IC50

Tabel 5.1. Nilai LC₅₀ (kategori kekuatan antioksidan)

Intensitas	IC50
Sangat kuat	<50 µg/ml
Kuat	50-100 µg/ml
Sedang	101-150 µg/ml
Lemah	151-100 µg/ml

Sumber : Mardawati *et al.* 2008.

Kategori nilai LC₅₀ di atas dapat kita ketahui bahwa intensitas sangat kuat dengan nilai IC₅₀ <50 µg/ml dan intensitas lemah dengan nilai LC₅₀ 151-100 µg/ml dan dapat dilihat sampai dengan seterusnya, dari tabel itu juga dapat kita ketahui bahwa aktivitas yang baik ditandai dengan nilai LC₅₀ yang semakin kecil, begitu juga sebaliknya jika nilai LC₅₀ tinggi maka aktivitas antioksidan semakin rendah. Nilai LC₅₀ termasuk parameter untuk melihat hasil pengujian DPPH. Nilai LC₅₀ diartikan sebagai besarnya konsentrasi senyawa uji yang bisa memperkecil tingkat radikal bebas sebesar 50 %. Senyawa yang memiliki antioksidan berdasarkan kategori yang pertama yaitu bila antioksidan sangat kuat, maka nilai LC₅₀ < 50, kuat (50-100), sedang (100- 150), dan lemah (151-200). Alat yang bisa membantu dalam menganalisis secara kuantitatif.

Konsentrasi hambat rata-rata (LC₅₀) adalah suatu konsentrasi dengan tingkat hambat aktivitas oksidasi radikal hingga 50%. Misalnya aktivitas antioksidan daun linden karena kaya akan saponin, fenol, alkaloid, tanin, flavonoid dan steroid. Metode DPPH (2-2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl) merupakan mekanisme yang umum dimanfaatkan dalam pengujian aktivitas antioksidan karena sederhana, mudah, cepat, sensitif, dan membutuhkan sampel yang kecil. Metode ini hanya membutuhkan senyawa DPPH yang stabil dan senyawa yang sebanding seperti vitamin E, vitamin C, dan vitamin A.

b. Metode TRAP

1 Metode dengan cara kerja pengukuran konsumsi oksigen saat reaksi oksidasi lipid yang dikondisikan pada saat proses induksi oleh dekomposisi termal dari AAPH (2,2Azobis(2-amidinopropane-hidroklorida)) merupakan metode yang disebut sebagai *Total Radical Trapping Antioxidant Parameter* (TRAP) untuk pengukuran seluruh aktivitas antioksidan. *Output* dari metode ini dijalankan dengan jumlah mikromol radikal peroksil yang 1 liter plasma merangkapnya. Serum uji dibutuhkan dalam pengukuran serum TRAP untuk pertahanan dalam oksidasi buatan yang berdasarkan waktu (Antolovich *et al.* 2002).

c. Metode Tiosianat

Metode Tiosianat ini memiliki cara kerja dengan memperlihatkan kekuatan sampel dalam proses penghambatan peroksi asam linoleat, dengan metode ini dapat diketahui aktivitas antioksidannya. Pengukuran pada jumlah peroksidasi yang terbentuk secara tidak langsung dengan metode terbentuknya komponen yang kompleks pada ferri tiosianat (warna merah). Produk yang dihasilkan bersifat stabil dari bantuan pemanasan dari dekomposisi senyawa (Hanani *et al.*, 2012).

Spektrofotometri merupakan metode yang digunakan sesuai dengan standar penentuan tiosianat dilakukan dengan penambahan besi (III) untuk membentuk besi(III) tiosianat dengan warna merah. Tidak hanya ini, perkembangan dalam tiosianat ini menjadi metode test kit tiosianat yang berlandaskan kepada terbentuknya oleh kompleks besi (III) tiosianat memiliki konsentrasi berkisar 1-30 ppm.

d. Metode FRAP

1 Cara kerja pada metode ini berpedoman pada reduksi dari analog feroin, kompleks Fe^{3+} dari tripyridyltriazine $Fe(TPTZ)^{3+}$ menjadi kompleks Fe^{2+} , $Fe(TPTZ)_2$ dan berwarna biru intensif oleh antioksidan pada saat kondisi asam merupakan metode *Ferric Reducing Antioxidant Power*. Hasil dari penggunaan metode FRAP ini selanjutnya akan diinterpretasikan kepada meningkatnya absorbansi dengan

1 panjang gelombang 593 nm dan dihasilkan sebagai jumlah Fe^{2+} (mikromolar) ekuivalen dengan antioksidan standar yang sering digunakan (Edawati, 2012).

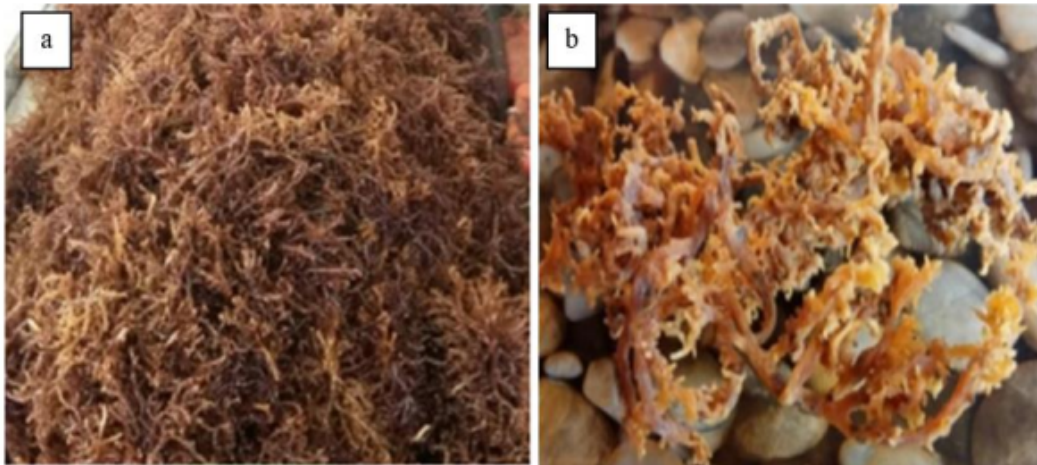
Metode FRAP ini memiliki kelebihan diantaranya yaitu metode yang digunakan murah, reagen mudah untuk disiapkan dan dalam penggunaannya yang sederhana dan cepat. Kandungan antioksidan total pada suatu sampel yang dimana berkerja berpedomankan pada keahlian senyawa antioksidan untuk dapat mereduksi ion Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} sehingga kemampuan dalam mereduksi digambarkan bahwa dari kekuatan antioksidan suatu senyawa tersebut.

5.2 Potensi Antioksidan pada Rumput Laut

16 Rumput laut merupakan salah satu sumber daya alam yang memiliki banyak manfaat terutama dalam kesehatan dan pangan. Rumput laut ini disinyalir memiliki potensi senyawa bioaktif seperti fenol, vitamin, mineral, dan karotenoid (Nawaly *et al.*, 2013); Nur Rofiq, 2012). Fungsi secara ekologi rumput laut ini juga berperan dalam sumber produsen primer bagi organisme laut lainnya (Deval *et al.* 2001). Senyawa primer yang esensial bagi pertumbuhan dan perkembangan juga dihasilkan oleh rumput laut ini contohnya seperti karbohidrat, vitamin, dan fitokoloid (Rozirwan, 2017).

Keberadaan rumput laut saat ini di Indonesia tergolong melimpah dan sudah banyak dibudidayakan oleh petani rumput laut. Data nasional mencatat produksi rumput laut terus mengalami peningkatan sejak tahun 2010 sebesar 3,9 ton menjadi 10,2 ton pada saat 2014, jika dipersentasekan peningkatan berkisar sekitar 27,1%. Rumput laut sendiri mempunyai kandungan mineral, vitamin, dan memiliki bioaktivitas senyawa antioksidan. Raja *et al.*, (2015), rumput laut ini yang digunakan biasanya sudah dalam keadaan kering atau diolah lebih lanjut. Rumput laut telah menarik perhatian dunia karena kegunaan komersialnya sebagai pupuk, alginat, agar, keragenan, makanan, dan obat - obatan. Fakta tersebut didukung bahwa rumput laut memiliki pigmen, seperti fucoxanthin, astaxanthin, dan karotenoid, dan juga memiliki kandungans senyawa polifenol diantaranya seperti asam fenolat, flavonoid, tanin yang berfungsi sebagai antioksidan. Rumput laut mengandung senyawa yang dapat memberikan efek racun (toksisitas), tidak hanya itu

kelompok dinoflagellate *Prorocentrum minimum* seperti yang dilaporkan oleh (Rozirwan and Usup, 2010).



Gambar 5. 3 Rumput laut *E. cottonii*, (a) Kondisi saat basah, (b) Kondisi saat kering.

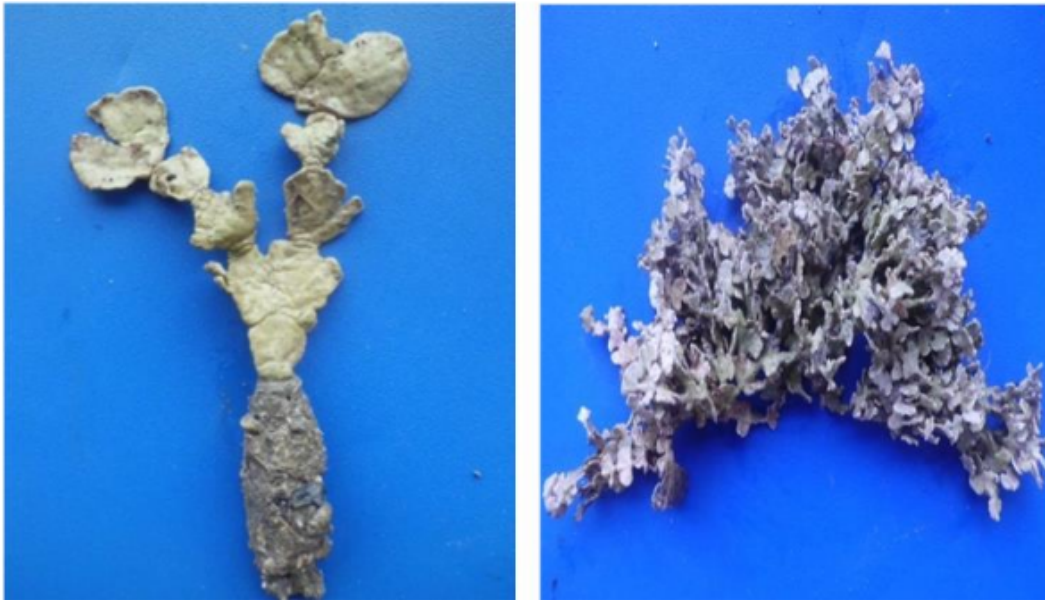
Sumber : Najib, 2019.

Rumput laut oleh masyarakat biasanya dijadikan sebagai sumber pangan yang memiliki kandungan proksimat tinggi serta memiliki sebagian besar senyawa kalium dan garam natrium 100 ng tentu sangat baik bagi pertumbuhan. Vitamin-vitamain seperti A, B-1, B2, B6, B12, C, dan mineral seperti fosfor, zat besi, kalsium, natrium dan iodium. Mempunyai kandungan vitamin dan mineral yang tinggi membuat rumput laut ini digemari masyarakat sebagai sumber daya alam yang potensial. Mengatur sistem metabolisme dalam tubuh manusia merupakan salah satu peran penting rumput laut ini untuk dapat dikonsumsi dalam kehidupan dalam menjalankan aktivitas sehari-hari yang memerlukan banyak energi sebagai bentuk pertahanan tubuh.

Ekstrak *Sargassum* sp. dalam penelitian Gazali *et al.*, (2018) mempunyai kandungan senyawa golongan flavonoid, triterpenoids, dan alkaloid. Tiga senyawa ini termasuk dalam golongan sumber antioksidan alami yang esensial dari rumput laut. Selanjutnya Sedjati *et al.* (2018), menyatakan bahwa aktivitas antioksidan (IC50) *Sargassum* sp. yaitu sebesar 69,27 ppm yang termasuk dalam antioksidan kuat karena < 100 ppm. Pigmen fikosianin merupakan pigmen yang berperan juga dalam aktivitas antioksidan pada rumput laut. Pigmen ini mempunyai kemampuan

untuk menetralkan radikal hidroksil yang diukur dengan pengukuran teknik *chemiluminescence* ternyata memiliki 13,5 kali lebih tinggi dari α -tokoferol yang diukur. Metode FRAP dapat digunakan dalam mengevaluasi aktivitas antioksidan dari sulfat polisakarida dari *Fucus vesiculosus* (Nawaly *et al.*, 2013).

Lubis *et al.*, (2020) telah melakukan penelitian terkait aktivitas antioksidan yaitu pada ekstrak *Halimeda micronesica* dan *Halimeda macroloba* yang diperoleh dari Pulau Maspari (pulau yang terletak di Provinsi Sumatera Selatan). Menurut penelitian ini *H. macroloba* memiliki daya tahan dengan serat halus yang mengandung pasir. Percabangan *H. macroloba* memiliki tipe dikotomis dan memiliki thallus oval datar. *Halimeda micronesica* memiliki thallus yang rimbun, kecil, melengkung dan berwarna hijau. Thallus akan berubah menjadi keputihan ketika *H. micronesica* mati. Rumput laut memiliki pegangan tunggal yang keras dan percabangan thallus memiliki tipe trikotomi. Berikut morfologi *Halimeda micronesica* dan *Halimeda macroloba*.



Gambar 5. 4 Morfologi rumput laut, (a) *H. micronesica* (b) *H. macroloba*.
Sumber : (Lubis *et al.*, 2020).

Dalam penelitian ini juga melakukan uji antioksidan dan fitokimia. Hasil nilai LC₅₀ terendah terdapat pada sampel *H. micronesica* dengan pelarut etil asetat yaitu senilai 52,81 ppm sedangkan nilai LC₅₀ tertinggi terdapat pada sampel *H. micronesica* dengan pelarut metanol sebesar 2.142.442,09 ppm. Sampel yang berpotensi mempunyai aktivitas antioksidan adalah sampel *H. Micronesica* dengan pelarut etil asetat. Tiga sampel lainnya bukan antioksidan potensial karena kandungannya terlalu tinggi nilai LC₅₀. Hal ini disebabkan oleh adanya suatu proses maserasi bertingkat yang menyebabkan senyawa yang memiliki kemampuan sebagai antioksidan yang sudah dilarutkan dalam pelarut etil asetat. Jadi ketika sampel *H. micronesica* dilarutkan menggunakan metanol, senyawa antioksidan hilang. Berikut contoh hasil perhitungan regresi linier dan ekstrak LC₅₀ *H. micronesica* dan *H. Macroloba*.

Tabel 5.2. Contoh hasil perhitungan regresi linier dan ekstrak IC50 *H. micronesica* dan *H. Macroloba*.

Sampel	Equation	R2	LC50 (ppm)
Hmi EA	$y = 1.071x+3.155$	0.884	52.81
Hmi M	$y = 0.275x+3.259$	0.698	2 142 442.09
Hma EA	$y = 0.275x+3.546$	0.861	193 763.84
Hma M	$y = 0.352x+3.155$	0.982	174 372.21

Keterangan: Hmi EA= *H. micronesica* etil asetat; Hma EA= *H. macroloba* etil asetat; Hmi M= *H. micronesica* Metanol; Hma M= *H. macroloba* Metanol.

Sumber : (Lubis *et al.*, 2020).

Hasil perhitungan (Tabel 5.2) terdapat aktivitas antioksidan aktif yang diperoleh dari *micronesica* yang di ekstrak dengan etil asetat. Hal ini disinyalir oleh adanya kandungan senyawa yang ada pada ekstrak tersebut yaitu senyawa flavonoid yang berfungsi sebagai antio³⁷ dan. Hasil pengujian fitokimia ekstrak rumput laut *H. micronesica* yang mengandung alkaloid, flavonoid dan steroid. Ekstrak metanol *H. micronesica* hanya mengandung senyawa alkaloid. Hasil uji fitokimia adalah disajikan pada (Tabel 5.3). *H. Micronesica* Ekstrak metanol memiliki aktivitas antioksidan yang lemah karena berdasarkan hasil uji fitokimia hanya mengandung alkaloid senyawa yang berfungsi sebagai antibakteri.

Tabel 5.3. Contoh hasil uji fitokimia.

Parameter	Hmi EA	Hmi M
Alkaloid	+	+
Steroid	+	-
Tanin	-	-
Saponin	-	-
Flavonoid	+	-
Terpenoid	-	-

Sumber : (Lubis *et al.*, 2020).

Rumput laut jenis *Gracilaria verrucosa* menjadi salah satu yang mempunyai aktivitas antioksidan yang dapat menghentikan pembentukan senyawa lipid peroksida. Menurut penelitian Masruroh *et al.*, (2013), kadar senyawa fenolik pada *G. verrucosa* dapat menghambat peroksidasi lipid sebesar 13,59%. Lipid peroksida merupakan senyawa yang berbahaya. Reaksi peroksidasi lipid secara terus menerus akan mempercepat proses penuan, karena dapat menyebabkan kerusakan pada sel (Situmorang dan Zulham 2020). Tidak hanya kelompok makroalga yang memiliki senyawa bioaktif, akan tetapi kelompok mikroalga juga dapat ditemukan senyawa bioaktif (Rozirwan, 2010).

Perlindungan terhadap radikal bebas dapat diatasi dengan senyawa-senyawa yang mengandung aktivitas antioksidan. Rumput laut yang dikonsumsi oleh manusia selain berfungsi sebagai sumber pemenuhan kebutuhan hidup untuk pertumbuhan dan perkembangan diharapkan juga memberikan dampak kesehatan bagi yang mengkonsumsi. Saat ini industri kosmetik juga mulai bergerak memanfaatkan rumput laut sebagai sumber untuk memenuhi kebutuhan seperti untuk melindungi kulit dari radikal bebas akibat sinar ultraviolet, anti aging, perlindungan sel tubuh dan sebagai *whitening*. Rumput laut juga dimanfaatkan sebagai pewarna alami yang tidak memiliki efek samping terhadap yang menggunakan serta ramah terhadap lingkungan (Dwimayasanti, 2018).

Aplikasi Antioksidan Dari Rumput Laut

Ekstrak dari organisme ini yang sering ditambahkan untuk sumber antioksidan banyak dimanfaatkan pada dunia industri dan juga pada bidang farmasi sebagai sumber bahan pembuatan obat. Contohnya industri kosmetik tentu sangat memperhatikan terkait penyebab dari rusaknya kulit akibat terkena sinar ultraviolet. Menjaga stabilitas sistem kelembapan dan kelembutan kulit dapat dilakukan dengan inovasi baru dalam dunia industri kosmetik terkait pemanfaatan krim yang dapat melindungi dari sinar ultraviolet yaitu dengan proses pemberian campuran rumput laut pada krim tersebut, hal ini juga diharapkan dapat memberikan efek yang baik untuk kesehatan kulit dan tubuh. beberapa jenis rumput laut telah dilaporkan mampu mer³atasi dan berperan aktif dalam bidang kosmetika, contohnya rumput laut merah yang mengandung senyawa antioksidan dapat melindungi tubuh dar⁹⁴ sinar ultraviolet serta dapat melindungi sel da¹⁵ jaringan kulit. Luthfiyana *et al.*, (2016) melaporkan bahwa ada aktivitas antioksidan yang kuat yang nilai IC50 sebesa²¹ 3,4 µg/mL pada ekstrak *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum* sp. Suatu senyawa dinyatakan memiliki aktivitas antioksidan yang kuat apabila nilai IC50 kecil, begitu juga sebaliknya. Ekstrak *Eucheuma cottonii* yang m¹⁵gunakan pelarut etil asetat yang telah dihomogenkan dalam krim tabir surya mempunyai aktivitas proteksi maksimal untuk perlindungan kulit (nilai SPF sebesar 8,8). Penelitian terkait juga telah dilakukan Yanuarti *et al.*, (2017) pada *Turbinaria conoides* yang juga mempunyai kemampuan melindungi kulit dan tubuh dari sinar ultraviolet. ⁹⁴

Contoh pengaplikasian antioksidan rumput laut pada penelitian Prabowo *et al.* (2013) yang menerangkan bahwa kemampuan aktivitas antioksidan juga diperoleh dari jenis rumput laut coklat (*Sargassum* sp) yang diujikan ¹⁵da penghambatan oksidasi pada minyak ikan, hal ini dikarenakan a¹⁵m lemak tak jenuh yang tinggi sangat rentan terhadap oksidasi. Penggunaan ekstrak etanol *Sargassum* sp. 1% dapat berdampak dalam penghambatan oksidasi emulsi minyak ikan. Adapun penelitian Santoso *et al.* (2004) mengenai emulsi mi¹⁵ak, antioksidan pada *Sargassum* sp. dengan pelarut metanol bisa menurunkan oksidasi yang terja¹⁵ pada emulsi minyak ikan dengan nilai peroksida sebesar 59,1 meq/kg dibandingkan dengan kontrol 308,5 meq/kg selama penyimpanan 24 jam pada suhu 50°C. Pengukuran peroksida ini berdasarkan untuk

bisa memperhitungkan kadar peroksida dan hidroperoksida yang terbentuk pada awal proses reaksi oksidasi lemak dan dari hasil pengukuran tersebut apabila peroksida bilangannya yang tinggi mengindikasikan adanya lemak yang terkandung dalam sampel tersebut.

5.3 Potensi Antioksidan pada Invertebrata Laut

1. Karang Lunak

Sumber daya alam lautan yang sangat melimpah memungkinkan dapat dijadikan sumber yang sangat potensial seperti dalam dunia medis (obat-obatan), satu diantaranya adalah karang lunak (*soft coral*). Ekosistem yang khas pada terumbu karang terletak di daerah tropis yang pusat penyebaran berada pada wilayah Indo Pasifik, dan dari kelompok *Scleractinia* hampir 800 jenis terumbu karang sudah teridentifikasi dan sebanyak 600 jenis yang terdapat di Asia Tenggara seperti terletak di Philipina dan Indonesia, oleh sebab itu kawasan ini disebut sebagai pusat sebaran karang di dunia secara biogeografi (Apri *et al.* 2017).

Karang lunak juga dapat memiliki sifat antibakteri, antikanker, antibakteri, antifouling, dan lain-lain karena adanya senyawa metabolit dalam tubuhnya. Ekosistem terumbu karang termasuk diantaranya yaitu karang lunak (kelompok invertebrata). Karang lunak termasuk dalam famili Cnidaria (makhluk laut berduri), kelas Alcyonaria dan famili Alcyoniidae. dan penyebarannya dari Afrika Timur ke Samudra Pasifik bagian barat.

Zat kimia atau senyawa tersebut yaitu metabolit sekunder atau produk alam yang umumnya terpenoid. *Soft coral* sebagai salah satu sumber esensial yang banyak mengandung senyawa bioaktif (fenol, peptida, saponin, alkaloid, glikosida, flavonoid, steroid, dan terpenoid). Beberapa peneliti telah banyak melakukan pengujian yang menghasilkan bahwa sebesar 50% ekstrak karang lunak mampu bekerja dalam efektivitas meracuni hewan seperti ikan contohnya. Senyawa bioaktif yang dimilikinya ini secara biologis juga mampu sebagai antimikroba, antifungi, antiinflamasi, dan pengobatan pada HIV (Radhika, 2006). Beragam jenis *soft coral* yang mengandung banyak potensi dua diantaranya adalah *sinularia sp.* dan *Sarcophyton sp* yang dimana

organisme ini mampu menjadi sumber marine natural product atau sebagai sumber senyawa yang alami tanpa menimbulkan dampak negatif saat memproduksi dan mengkonsumsinya. Hasil penelitian Apri *et al.* (2017) dan Galih *et al.* (2019) memperlihatkan bahwa *Sarcophyton sp* dapat memberikan dampak positif terhadap dunia industri obat-obatan karena disinyalir mampu mempunyai aktivitas bioaktif.

Senyawa yang sering dijumpai di ekstrak *soft coral* oleh beberapa penelitian ditemukan seperti alkaloid, flavonoid, triterpenoid, dan saponi. Beberapa pengujian untuk mengetahui adanya senyawa-senyawa bioaktif biasanya ditandai dengan adanya warna yang ditimbulkan dari endapan tersebut. Ciri suatu senyawa mengandung alkaloid seperti di ekstrak karang lunak yaitu ditandai dengan adanya warna coklat yang diujikan pada reagen wagner. Alkaloid ini termasuk senyawa yang banyak mengandung enzim nitrogen dan bisa ditemukan pada jaringan tanaman dan hewan. Ciri lainnya juga terdapat pada senyawa flavonoid pada ekstrak *soft coral* dimana adanya warna merah jingga yang dihasilkan sebagai bentuk potensi untuk antioksidan dan antimikroba. Sama halnya juga pada warna coklat kemerahan yang dihasilkan dari ekstrak *soft coral* yaitu dicirikan bahwa mengandung senyawa triterpenoid. Ciri yang terakhir juga ada pada senyawa saponin dimana pada ekstrak yang terdapat saponin akan menimbulkan busa atau buih.

Senyawa bioaktif karang lunak sejauh ini sudah banyak dimanfaatkan dan dikembangkan terutama dalam dunia medis sebagai bahan pengobatan sebagai antioksidan. Sebelumnya mengenalnya senyawa antioksidan alami, antioksidan yang sering digunakan biasanya antioksidan sintetik yang dimana apabila dipergunakan dalam kurun waktu yang lama dan berlebihan akan mengakibatkan terjadinya efek samping yang tidak baik untuk kesehatan manusia. Karang lunak yang mengandung senyawa bioaktif berfungsi sebagai mekanisme respon terhadap lingkungan. Senyawa yang sangat penting untuk pertahanan diri untuk menjaga makanan dan serangan predator yaitu senyawa terpenoid. Tempat hidup atau habitat karang lunak memengaruhi kehidupan dari karang lunak itu sendiri. Adapun parameter-parameter kualitas lingkungan perairan dapat dipengaruhi oleh cahaya matahari, sedimentasi, dan pasang surut. Tidak hanya itu

setiap *soft coral* memiliki perbedaan dalam merespon adaptasi dari kondisi lingkungan yang menjadi tempat habitatnya.

2. Kerang

Setiap tahun kerang menjadi komoditas perikanan yang selalu mengalami kenaikan permintaan. Kerang tergolong dalam kelas Bivalvia yang mempunyai dua buah cangkang untuk melindungi tubuh baik dari serangan musuh. Kerang menyukai habitat di dasar perairan dan gemar membenamkan diri di bawah permukaan pasir atau lumpur dimana pasang surut berada. Alternatif sumber protein hewani dapat diperoleh dengan mengkonsumsi kerang, pada hewan nilai protein lebih tinggi daripada nabati. Hal ini disebabkan komposisi asam amino tumbuhan lebih kecil daripada hewan.

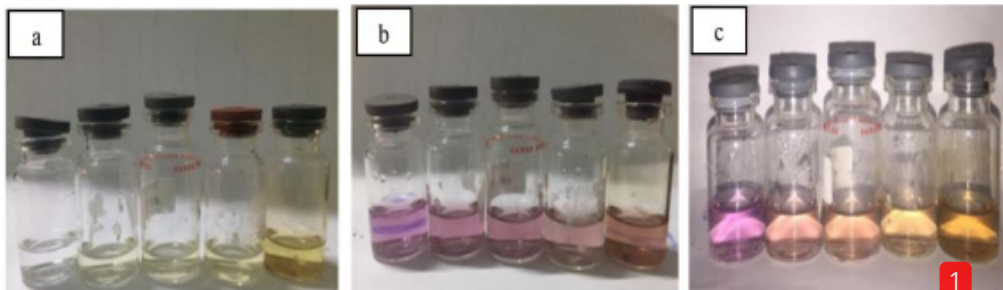
Seiring berkembangnya zaman dan teknologi yang semakin modern sudah banyak ilmuwan melakukan penelitian terkait kerang sebagai produk industri baik seperti bahan untuk kecantikan dan obat-obatan. Misalnya masyarakat Sulawesi Tenggara menggunakan kerang sebagai obat tradisional mengobati berbagai penyakit seperti penyakit kunin. Jenis kerang pasir (*Semele cordiformis*). Menurut Nurjanah *et.al.*, (2012) produk alami yang diisolasi dari kerang dan gastropoda telah digunakan antara lain sebagai sitotoksik, antitumor, penghambat enzim, antioksidan, antivirus, antijamur, antibakteri, dan antikanker.

Kajian terkait aktivitas antioksidan telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya yaitu kerang pasir (*Semele cordiformis*) (Kalsum *et al.*, 2020) kerang simping (*Amusium pleuronectes*) dengan ekstrak etanol (Suptijah *et al.* 2013), kerang ale-ale (*Metatrix sp.*) (Kalija *et al.*, 2020), kerang balelo (*Conomurex sp.*) (Wulandari, 2021) dan isolat protein kerang darah (*Anadara granosa L.*) (Niche, 2017). Berikut juga disajikan Gambar dan Tabel hasil penelitian Nanda (2021), aktivitas antioksidan pada *Anadara granosa*.



Gambar 5. 5 Bentuk daging dan cangkang *A.granosa*.
Sumber : Ramadani. 2022.

Morfologi cangkang kerang *Agranosa* yang kasar, tebal, bulat, dan bergerigi pada atas puncaknya. Bentuk cangkang yang mengatup memiliki dua sisi yang sama menyerupai bulat kipas dan lonjong, pada cangkang bagian dalam juga terdapat garis pial yang berwarna putih halus mengkilap. Selanjutnya Nanda (2021) juga mengemukakan bahwa untuk mengetahui aktivitas antioksidan sampel daging dibuat ekstrak terlebih dahulu. Ekstrak sampai yang tergolong baik itu ketika sampel sudah menjadi atau bertekstur seperti pasta dan kasar (*Crude extract*) Renaldi *et al.*, (2018) potensi antioksidan dapat dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitas ditandai dengan adanya perubahan warna dari awalnya ungu menjadi kuning setelah penambahan larutan DPPH. Ketika terjadi perubahan warna pada ekstrak yang disebabkan oleh reaksi radikal bebas DPPH dengan senyawa yang dapat mendonorkan elektron pada atom N, elektron yang tidak berpasangan bergabung dan membentuk DPPH yang stabil.



Gambar 5. 6 Contoh pengujian kualitatif aktivitas antioksidan, (a) Ekstrak *A. granosa* (etanol), (b) *A. granosa* (etanol) dan DPPH, (c) ketika setelah inkubasi.

Sumber : Nanda, 2021.

Pengujian secara kuantitatif ini memperlihatkan bahwa apabila konsentrasi larutan yang terkandung dalam sampel kecil maka yang terjadi larutan akan berubah warna, seperti sampel diatas dari ungu berubah menjadi ungu kekuningan lalu sampai jadi kuning hal ini menandakan bahwa konsentrasi yang terkandung besar. Sedangkan konsentrasi yang kecil memperlihatkan warna jadi ungu pekat. Adanya perubahan warna pada pengujian secara kualitatif ini pada ekstrak *A.granosa* yang menggunakan pelarut etanol yang memiliki daya hambat atas radikal bebas, diperkuat oleh penelitian Kalsum *et al.*, (2020) bahwa sampel dalam etanol memiliki warna ungu gelap ketika ditambah senyawa antioksidan alami akan mengalami berubahnya warna menjadi kuning oleh adanya aktivitas penghambat radikal bebas yang terjadi.

Tidak hanya secara kualitatif saja, tetapi secara kuantitatif juga dengan menampilkan angka persentase penghambatan radikal bebas dan nilai IC50 *A. granosa*. Maksud dari nilai inhibisi ini adalah pada konsentrasi tertentu untuk menyatakan persentase ekstrak untuk menghentikan radikal bebas. Angka IC50 menunjukkan konsentrasi ekstrak untuk menghentikan radikal bebas sebesar 50 %. Contoh nilai rata-rata absorbansi dan inhibisi ekstrak asam askorbat dan *A.granosa* sebagai berikut.

Tabel 5.4. Contoh nilai inhibisi

Konsentrasi (µg/ml)	Asam Askorbat		<i>A.granosa</i>	
	Abs	%Inh	Abs	%Inh
200	0,023	96,058	0,172	69,502
400	0,018	97,234	0,154	72,253
600	0,011	98,133	0,126	79,253
800	0,005	99,17	0,101	81,259
1000	0,001	99,516	0,047	91,286

Sumber : Nanda, 2021.

Hasil persentase tersebut menghasilkan bahwa ekstrak *A.granosa* mempunyai angka pada inhibisi lebih dari 50% yang menandakan bahwa ekstrak tersebut berpotensi antioksidan. Asam askorbat sebagai pembanding memiliki nilai lebih tinggi

daripada sampel hal ini dikarenakan asam askorbat mengandung Vit C tinggi yang sering dijadikan pembandingan untuk pengujian antioksidan pada tumbuhan. Hasil di atas menunjukkan bahwa nilai LC_{50} yang semakin kecil menunjukkan aktivitas antioksidan tinggi, dan begitu juga sebaliknya. Selanjutnya dalam penelitian tersebut juga menampilkan hasil dari angka persamaan regresi linier dan LC_{50} ekstrak *A.granosa* dan asam askorbat.

Tabel 5.5. Contoh persamaan regresi linier dan IC50.

Sampel	Persamaan	R2	IC50 (ug/ml)	Intensitas
Asam askorbat	$y = 0,9048 + 4,6098x$	0,9101	2	Sangat kuat
<i>A.granosa</i>	$y = 1,2989x + 1,7934$	0,9805	85	Kuat

Sumber : Nanda, 2021.

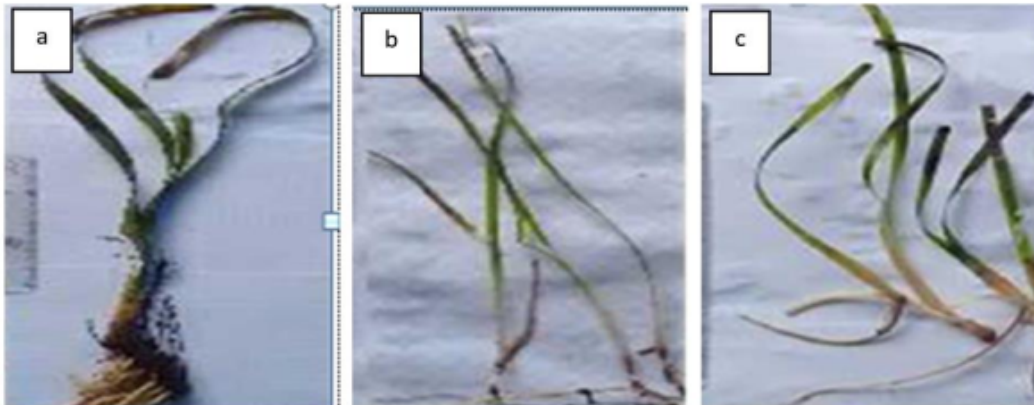
Metode DPPH yang digunakan di atas memperlihatkan hasil aktivitas antioksidan dengan nilai IC50 dari ekstrak *A.granosa* (pelarut etanol) sebesar 85 ppm. Asam askorbat sebagai pembandingan hasilnya sangat tinggi dan lebih kuat jika dibandingkan dengan aktivitas antioksidan dari ketiga ekstrak *A.granosa* ini juga tergolong kuat.

5.4 Potensi Antioksidan pada Lamun

Lamun memiliki peran yang krusial terhadap ekosistem yang ada di lautan terutama bagi kehidupan biota laut, tidak hanya itu lamun juga salah satu ekosistem yang paling produktif. Lamun berperan juga sebagai penyeimbang dasar perairan, produsen primer dan pendaur ulang zat hara. Di dunia ini lamun terdiri dari dua family, 12 genus, dan 49 spesies. Berdasarkan jumlah data tersebut ada, 7 genus yaitu *Thalassia*, *Cymodocea*, *Thalassodendron*, *Enhallus*, *Halophila*, *Halodule*, dan *Syringodium*. Spesies yang paling mudah ditemukan pada daerah tropis seperti Indonesia ini yaitu *Enhalus acoroides* dan *Thalassia hemprichii*. Bahan kimia yang dihasilkan dari keanekaragaman kimiawi dapat membantu untuk kebutuhan organisme lainnya maupun manusia.

Berbeda halnya pada tumbuhan laut, hidupnya di dasar laut seperti rumput atau mikroalga. Lamun mempunyai bunga dan buah yang tumbuh menjadi benih, kemudian mempunyai perakaran yang telah terbentuk, daun yang sudah muncul dengan stomata untuk proses pertukaran gas dan sistem transportasi bagi nutrisi dan gas. Daun lamun dapat melakukan penyerapan secara langsung nutrient yang berasal dari air tanpa melalui sistem perakaran seperti contoh pada tanaman yang di daratan. Adapun habitat dari pertumbuhan lamun yang subur yaitu pada tempat pasang surut serta daerah pantai dengan kedalaman hingga 4 meter dengan dasar pasir berlumpur, kerikil dan terdapat patahan karang mati.

Lamun termasuk tumbuhan dapat hidup di wilayah laut teritorial yang ketika air pasang lamun tenggelam, dan terkena cahaya matahari langsung jika air sedang surut. Tumbuhan lamun yang terkena cahaya matahari langsung menjadi faktor cekaman lingkungan yang mengakibatkan sintesis metabolit sekunder lebih besar pada daun yang tua. Sinar matahari yang dapat mengenai langsung tumbuhan lamun akan meningkatkan jumlah kandungan metabolit sekunder.



Gambar 5. 7 . Lamun (a) *Enhalus acoroides*, (b) *Halodule pinifolia*, (c) *Cymodocea rotundata*.

Sumber : (Nurafni dan Nur, 2019).

Lamun termasuk golongan tumbuhan yang melakukan adaptasi biokimia dengan mengeluarkan atau menghasilkan senyawa tertentu dan biasa disebut dengan metabolit sekunder. Menurut (Subhashini *et al.*, 2013), senyawa kimia yang disintesis oleh jalan metabolit sekunder yang tidak tergabung dalam pertumbuhan yang normal, reproduksi atau perkembangbiakkan umumnya mempunyai

peran dalam tahapan adaptasi dengan kondisi stress. Kandungan senyawa metabolit sekunder yang ada pada lamun telah diketahui dengan aktif secara biologis berperan di dunia medis sebagai sumber bahan pembuatan obat-obatan. Ekstrak lamun biasanya digunakan sebagai agen kuratif berbagai penyakit seperti batuk, antibiotik, antidiare, anthelmintic, antipiretik, antitumor, penyembuhan luka, gondok dan pengobatan batu empedu.

Tumbuhan lamun pada jenis, *Enhalus acoroides*, *Cymodocea rotundata*, dan *Halodule pinifolia* memiliki kandungan senyawa bioaktif yang lebih banyak terlarut pada larutan polar Ekstrak *Halodule pini* berdasarkan hasil identifikasi beberapa peneliti mengandung saponin, steroid, dan alkaloid. Kemudian pada ekstrak *Cymodocea rotundata* mengandung senyawa metabolit sekunder yaitu alkaloid, saponin, dan flavonoid pada ekstrak *Enhalus acoroides* mengandung flavonoid, alkaloid, steroid, dan saponin. Berdasarkan contoh lamun yang dijelaskan sebelumnya rata-rata mengandung alkaloid. Lamun yang mengandung alkaloid ini berpotensi dikembangkan dalam dunia kesehatan sebagai sumber obat-obatan. Senyawa pada golongan ini juga diperkirakan mampu mengganggu materi penyusun peptidoglikan, akibatnya dinding sel bakteri tidak tersusun dengan ut. Sedangkan untuk senyawa flavonoid pada lamun berdasarkan hasil penelitian diketahui menunjukkan bahwa jika daun semakin tua maka kandungan flavonoidnya semakin tinggi. Menurut Farhoosh *et al.*, (2007), kandungan total flavonoid dalam daun dipengaruhi oleh morfologi dan bertambahnya usia daun, dan juga yang akan mempengaruhi senyawa bioaktif.

Antioksidan alami didapat dari tumbuhan lamun menggunakan cara maserasi. Adapun metode ini dilakukan dengan merendam sampel ke larutan menggunakan pengaduk ataupun tidak dengan tujuan untuk memperoleh ekstrak sampel yang terdapat senyawa kimia yang mudah terlarut, selanjutnya untuk pengujian aktivitas antioksidannya menggunakan cara pada umumnya yaitu menguji aktivitas antioksidan pada radikal bebas stabil diphenylpicrylhydrazyl (DPPH).

Menurut Anwariyah (2011), adanya perbedaan dalam pemberian pelarut dalam proses ekstraksi pada sampel lamun akan berpengaruh terhadap hasil antioksidan yang diperoleh. Jenis pelarut mempengaruhi aktivitas antioksidan karena senyawa dengan polaritas yang berbeda menunjukkan tingkat aktivitas antioksidan

163 g berbeda juga. pH ekstraksi juga dapat mempengaruhi tingkat aktivitas antioksidan (Ismail *et al.* 2002). 21 lyneux, (2004) menemukan bahwa senyawa tersebut sangat memiliki aktivitas antioksidan yang kuat. Jika nilai $IC_{50} < 50$ ppm. Nilai IC_{50} pelarut n-heksana memiliki nilai IC_{50} 100-150 (Anti 54 sidan sedang). Aktivitas antioksidan juga diklasifikasikan sebagai nilai IC_{50} yang diperoleh. sangat kuat ($IC_{50} < 50$ ppm), sedang ($100 \text{ ppm} < IC_{50} > 150 \text{ ppm}$), lemah ($150 \text{ ppm} < IC_{50} > 200 \text{ ppm}$), dan sangat lemah ($IC_{50} > 200 \text{ ppm}$).

Senyawa yang dapat memberikan elektron atau reduktan yaitu antioksidan. Senyawa antioksidan Meskipun merupakan molekul kecil, dapat mengaktifkan terjadinya reaksi oksidasi melalui proses. 67 ncegah pembentukan radikal bebas. Kemampuan senyawa antioksidan juga dapat menghambat reaksi oksidasi dengan cara menangkap radikal bebas. Molekul yang ada dalam antioksidan ini sangat reaktif sehingga dapat membatasi kerusakan sel. Antioksidan ini juga berarti bahwa keberadaan aktivitas antioksidan dapat diidentifikasi ketika senyawa tersebut hadir pada konsentrasi rendah dengan substrat. *E. acoroides* yang mengandung senyawa flavonoid baik dalam pelarut maupun ekstrak kloroform *E. acoroides* menunjukkan propors 56 ktivitas antioksidan yang baik dalam ekstrak lamun ini. Hal ini dikarenakan senyawa flavonoid merupakan senyawa polifenol dengan banyak gugus hidroksil (OH). Dengan memberikan atom hidrogen dari gugus hidroksil pada senyawa radikal, sehingga senyawa tersebut menjadi stabil dan dapat menghambat dan menunda reaksi oksidasi senyawa tersebut.

5.5 Potensi Antioksidan pada Mangrove

6 Tumbuhan yang sangat dipengaruhi oleh pergerakan pasang surut air laut dan terdapat pada daerah muara sungai dan pantai merupakan ciri-ciri tumbuhan mangrove. Secara ekonomi dan ekologi mangrove tentu memiliki manfaat. Adanya hutan mangrove tentu dapat menjadi ekosistem utama yang bermanfaat tumbuh dan berkembangnya biota di wilayah tumbuhnya mangrove yang berdampak kepada fungsi ekologis dan kehidupan manusia. obat-obatan herbal dapat juga diperoleh dari ekstrak mangrove yang berpotensi mempunyai beberapa kandungan senyawa seperti

saponin, steroid terpenoid, flavonoid, fenol dan alkaloid yang disebut metabolit sekunder. ang disebut juga sebagai antimikroba.

Seiring dengan perkembangan zaman, bioteknologi telah mengarah pada pencarian sumber senyawa bioaktif yang dapat membantu mengobati ²²enyakit yang baru muncul. Contoh kanker, infeksi mikroba, dll. Oleh karena itu, penelitian tentang senyawa bioaktif pada tumbuhan, hew²² mikroorganisme dan organisme laut lainnya sangat diperlukan. Senyawa bioaktif dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk tumbuhan, hewan, mikroorganisme, dan organisme laut lainnya. Sumber metabolit sekunder dari tumbuhan dapat diperoleh dari mangrove. Masyarakat desa pesisir banyak memanfaatkan ¹⁴³mangrove sebagai obat herbal karena mangrove Mengandung metabolit sekunder seperti terpenoid, tanin, alkaloid, saponin, dan steroid dengan aktivitas antileukemia antivirus, antitumor, dan antibakteri (Puspitasari, 2018).

1. *Bruguiera gymnorrhiza*

Morfologi pohon mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* dengan tinggi yang hampir mencapai 20 meter. Warna pada kulit kayu seperti abu-abu kehitaman dengan tekstur ²⁴ng kasar. Daun mangrove jenis ini bersifat tunggal dan daun berwarna hijau tua pada bagian permukaan atas daun sedangkan bagian bawah permukaan berwarna kekuningan, tulang daun tersusun berlawanan, ujung ³lang daun runcing, daun berbentuk seperti elips, p⁶anjang daun 8-15 cm, lebar 4-6 cm. Mempunyai bunga yang hidup soliter, kelopak bunga berjumlah 10-14, berwarna merah ³mpai merah muda. Buah mangrove ini berbentuk bulat dengan diameter 1,5 -2 cm, hipokotil halus yang berwarna hijau tua keunguan, selanjutnya pada akar jenis mangrove ini yaitu akar lutut.



Gambar 5. 8 Morfologi (a) bunga, (b) daun, (c) Batang, (d) Akar *Bruguiera gymnorrhiza*

Sumber: (Allen dan Duke, 2006; Renaldi *et al.*, 2018).

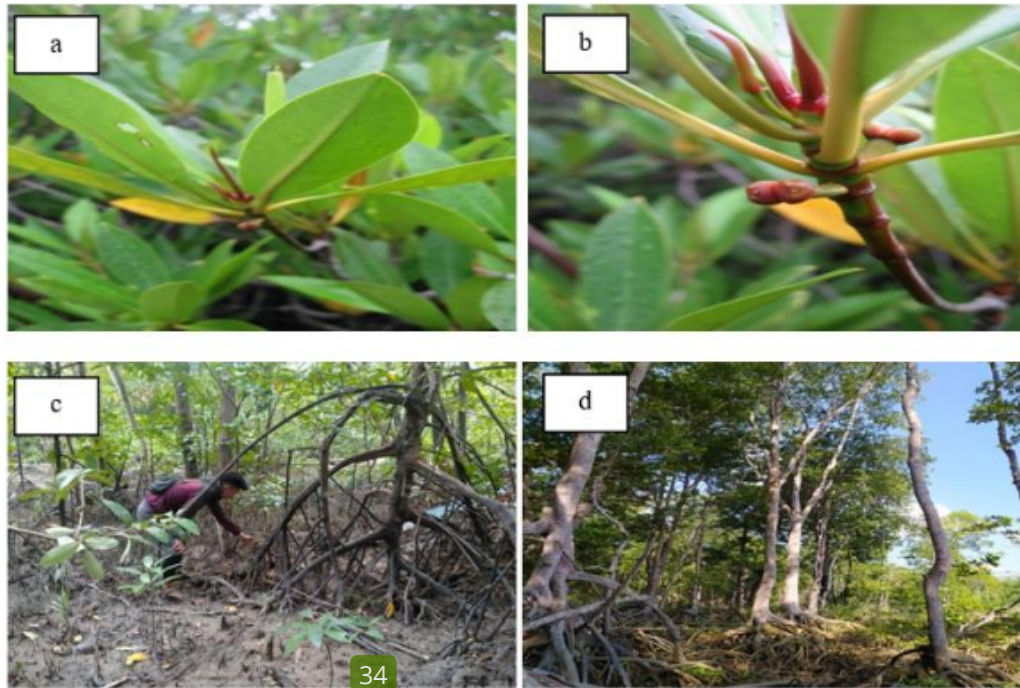
Menurut Duke *et al.* (2010), klasifikasi tumbuhan bakau (*Bruguiera gymnorrhiza*) adalah sebagai berikut:

- Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
- Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
- Kelas : Magnoliopsida (berkeping dua /
- Ordo : Myrtales
- Famili : Rhizophoraceae
- Genus : *Bruguiera*
- Spesies : *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lamk.

Habitat mangrove jenis ini menyukai daerah dengan substrat berlumpur dan memiliki warna hitam kecoklatan dan juga termasuk dalam famili *Rhizophoraceae*. Morfologi pada permukaan kulit batang mangrove ini yaitu bertekstur kasar yang disebabkan oleh adanya lentisel dan kulit batang yang memiliki warna hitam kecoklatan. Dalam pertumbuhannya mangrove jenis ini memiliki 2 jenis akar yaitu papan dan lutut. Akar papan mempunyai fungsi untuk penunjang yang hidup menjalar ke samping, sedangkan akar lutut mempunyai fungsi membantu dalam proses penyerapan oksigen dari udara. Daun memiliki bentuk ellips dengan ujung runcing dan terdapat lapisan tipis di atas permukaan daun. Seiring dengan perkembangan ilmu dan teknologi, bioteknologi mampu membuat para ilmuwan untuk meneliti kandungan bioaktif di mangrove. Penemuan ini berupa senyawa bioaktif yang dapat dijadikan sumber bahan untuk pembuatan obat-obatan, antibakteri, antioksidan, dan antimikroba. *Bruguiera gymnorhiza* juga termasuk mangrove yang berpotensi sebagai sumber senyawa bioaktif yang dapat dimanfaatkan untuk dapat mengawetkan produk perikanan karena disinyalir memiliki sifat antimikroba alami. Jenis ini merupakan agen antimikroba karena mengandung senyawa bioaktif (Anggraini *et al.*, 2018).

2. *Rhizophora apiculata*

R. apiculata adalah jenis mangrove yang termasuk jenis tanaman dengan pertumbuhan cepat (*fast growing mangrove*) dan memiliki ciri-ciri batang yang keras. Daun pada jenis mangrove ini cenderung lebih kecil (Kusmana *et al.* 2008). Mangrove *R. apiculata* merupakan tumbuhan bakau yang biasa tumbuh pada zonasi wilayah paling depan. Substrat yang berlumpur dan tergenang saat pasang normal merupakan habitat mangrove jenis ini. Menurut Setiawan (2008), *R. apiculata* termasuk kedalam tumbuhan yang homogen atau paling mendominasi di suatu daerah tertentu, dan *R. apiculata* memiliki struktur pohon yang dapat tumbuh hingga mencapai ketinggian hingga 30 m dan diameter mencapai hingga 50 cm.



Gambar 5. 9 Morfologi (a) daun, (b) bunga, (c) akar, (d) batang *R. apiculata*.

Menurut Tjitrosoepomo, (2007) ¹ taksonomi spesies *Avicennia marina* sebagai berikut :

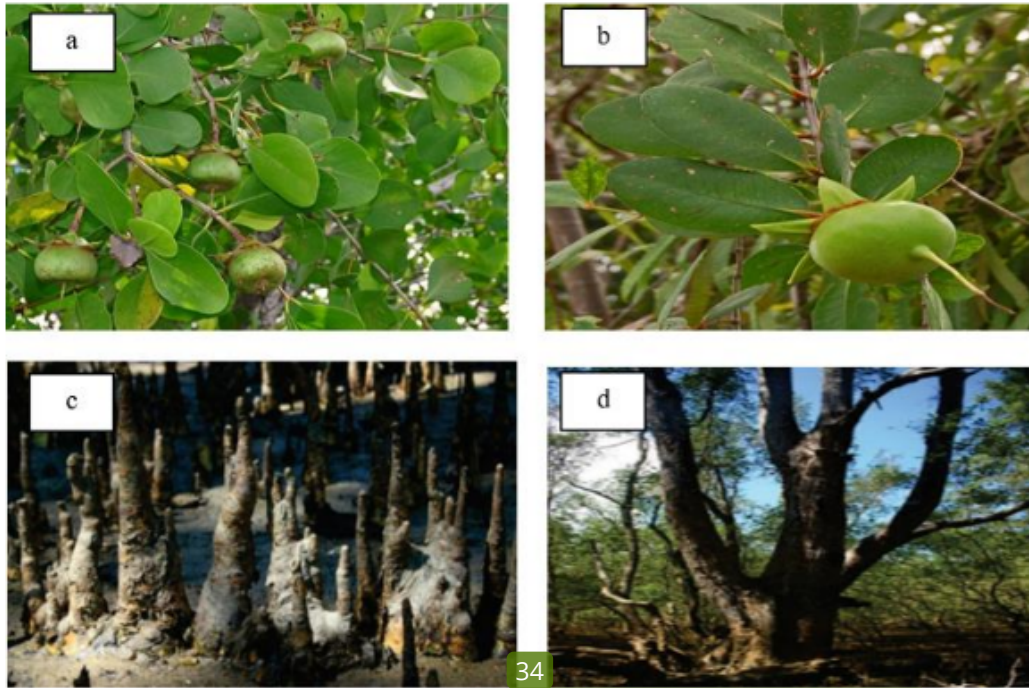
Kingdom : Plantae
 Divisi : Spermatophyta
 Kelas : Dicotyledonae
 Famili : Rhizophoraceae
 Genus : Rhizophora
 Spesies : *R. apiculata*

R.apiculata adalah tumbuhan mangrove jenis ini yang memiliki potensi sebagai sumber antioksidan alami. Bagian tumbuhan mangrove ini masing-masing memiliki kandungan senyawa tersendiri seperti pada daun terdapat kandungan senyawa bioaktif (setabolit sekunder) seperti fenolat, tanin, alkaloid, karotenoid, dan kloro⁶. Hal yang sama juga pada mangrove jenis *R.mucronata* juga mengandung senyawa metabolit skunder seperti senyawa fenolat, tanin, klorofil, alkaloid dan karotenoid. Dalam bidang bioteknologi juga berhasil dijadikan bahan makanan dan, air rebusan kayu (ekstrak) yang bermanfaat sebagai suplemen mengobati penyakit (Gustiana *et al.*, 2021).

Mangrove jenis ini juga memiliki spesies lain seperti *Rhizophora mucronata* dimana telah diujikan pada bidang kesehatan yaitu pada bagian kulit batang, bunga, daun, dan akar memiliki potensi sebagai obat penyakit haematoma, beri-beri, hepatitis, dan lainnya. Eksplorasi kegiatan pemanfaatan mangrove sebagai sumber senyawa bioaktif sangat perlu untuk dilakukan untuk dapat mengetahui terkait informasi baru kepada masyarakat. Dalam fungsi sebagai antioksidan beragam senyawa yang berpotensi seperti fenolat, flavonoid, dan alkaloid yang termasuk dalam senyawa polar. Penelitian terhadap ekstrak mangrove jenis *R.mucronata* mengandung senyawa *flavonoid*, *alkaloid*, dan *terpenoid*. Pengujian nilai IC50 terhadap daun yang muda pada *R. mucronata* dengan nilai (58,468 ppm) lebih tinggi jika dibandingkan dengan daun yang tua (10,2571 ppm), hal ini menandakan bahwa pemilihan sampel juga dipertimbangan dalam penentuan senyawa bioaktif. Hal ini disimpulkan bahwa tingkat kematangan daun mempengaruhi hasil nilai IC50 yang diperoleh. Antioksidan yang memiliki aktivitas dapat terdeteksi pada ekstrak kasar dan terjadi korelasi pada senyawa bioaktif dengan uji fitokimia. Mangrove jenis ini juga dilaporkan mengandung senyawa bioaktif sebagai antibakteri oleh penelitian (Mukhlis *et al.*, 2018).

3. *Sonneratia alba*

Tumbuhan mangrove *S. alba* memiliki habitat dan dapat ditemukan pada rawa-rawa, tepi sungai, dan daerah lempung berpasir di bibir pantai dan tentunya pasang surut tetap menjadi faktor pengaruh pertumbuhan dan perkembangannya. Tinggi pohon mangrove jenis ini umumnya 15 m dan daun memiliki bentuk bulat ujung melengkung ke bawah yang berpasangan serta bercabang dengan panjang 5-7 cm. Bunga pada mangrove jenis ini memiliki panjang berkisar 9-25 mm. Akar pada jenis ini yaitu muncul kepermukaan yang disebut sebagai akar nafas yang berbentuk tumpul kerucut. Berikut gambar daun, buah, akar, dan batang dari mangrove jenis *S.alba*.



Gambar 5. 10 Morfologi *S. alba* (a) daun, (b) bunga, (c) akar, dan (d) batang.

Adapun klasifikasi dari *Sonneratia sp.* adalah sebagai berikut (Tomlinson, 1986 dalam Sunyoto *et.al.* 2008).

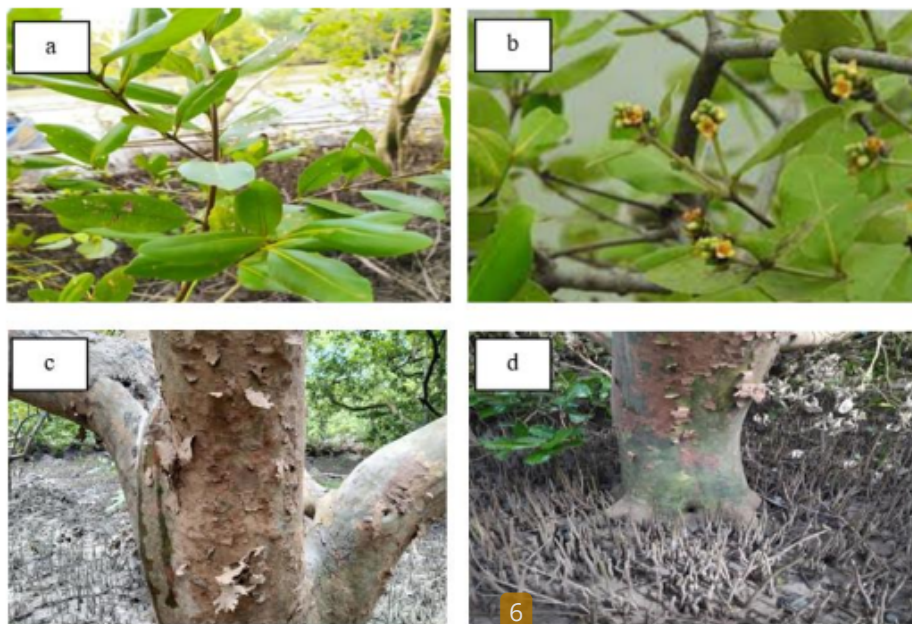
Kingdom : **75** Animalia
 Filum : Anthophyta
 Kelas : Angiospermae
 Ordo : Myrtales
 Famili : Sonneratiaceae
 Genus : *Sonneratia*
 Species : *Sonneratia alba*

Untuk mengetahui senyawa bioaktif dalam bahan sampel (tumbuhan, hewan, dll) dapat menggunakan pengujian yang dinamakan uji fitokimia yang dimana senyawa bioaktif tersebut memerankan peran krusial dalam memperkuat sistem pertahanan tubuh dan mencegah penyakit yang ditimbulkan seperti katarak, stroke, osteoporosis, hipertensi, dan masalah gangguan pencernaan. Alkaloid, tannin, polifenol, flavonoid, steroid, saponin, dan tripenoid termasuk b**145**erapa senyawa bahan alam yang ada dalam tumbuhan. Hasil uji aktivitas antioksidan yang

dilaporkan oleh Gazali *et al.*, (2018) bahwa pada pelarut ethyl acetate memperoleh nilai LC_{50} 8,81 $\mu\text{g/mL}$, metanol 9,31 $\mu\text{g/mL}$ dan n-hexane 238,47 $\mu\text{g/mL}$. Sedangkan Santoso *et al.* (2011) menyampaikan hasil dalam penelitiannya *Sonneratia caseolaris* yang mengandung komponen flavonoid, steroid, hidrokuinon, fenol, dan alkaloid. Aktivitas antioksidan pada mangrove jenis ini juga dilaporkan oleh Delta *et al.*, (2021) pada daun dan batang yang menghasilkan antioksidan kuat.

4. *Avicennia marina*

A. marina merupakan mangrove mayor yang tumbuh pada zonasi terbuka dan mempunyai kemampuan beradaptasi dengan baik kepada lingkungan hidupnya. *A. marina* memiliki karakteristik daun warna hijau dengan tulang daun yang berwarna kekuningan, batang bertekstur sedikit mengelupas dengan warna bagian dalam daging batangnya berwarna kecoklatan dan kulit luarnya berwarna hijau. Akar mangrove jenis *A. marina* merupakan mangrove yang mempunyai sistem perakaran berjenis akar napas. Bentuk sistem akar napas seperti pensil yang tegak dan keluar dari permukaan substrat. Berikut disajikan gambar bagian daun, bunga, batang, dan akar.



Gambar 5. 11 Morfologi *A. marina* (a) daun, (b) bunga, (c) batang, dan (d) akar.

Pipayanti *et al.*, (2013) mengklasifikasikan mangrove *A. marina* sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Ordo : Scrophulariales
Family : Verbenaceae
Genus : *Avicennia*
Species : *Avicennia marina*

Mangrove *A. marina* memiliki kemampuan untuk mentolerir tingkat salinitas dan suhu yang sangat tinggi serta memiliki kemampuan adaptasi tinggi atau mempertahankan diri ini mendorong terjadinya sistem metabolisme yang memproduksi senyawa bioaktif. Menurut Renaldi *et al.* (2018), setiap bagian *A. marina* memiliki kandungan senyawa bioaktif yang dominan, seperti bagian akar dominan flavonoid, Bagian batang dominan steroid dan triterpenoid dan bagian daun dominan alkaloid. Senyawa bioaktif *A. marina* memiliki bioaktivitas sebagai sumber antioksidan penangkal radikal bebas. Penyelidikan secara etnofarmakologi ekstrak daun *A. marina* terbukti memiliki senyawa antimikroba yang aktif secara biologis. Tidak hanya itu berdasarkan hasil penelitian Eriani *et al.*, (2019) daun *A. marina* yang telah diekstrak dapat berperan sebagai bahan insektisida alami terutama bagian daun terdapat senyawa bioaktif seperti flavonoid, alkaloid, dan saponin yang diketahui bersifat toksik dan membunuh larva serangga (Situmorang *et al.*, 2021).

Habitat mangrove jenis *A. marina* ini sendiri yaitu dapat bertumbuh juga pada daerah perairan rawa-rawa, kawasan mangrove, tepi pantai, sampai dengan substrat garam yang sangat tinggi pun bisa hidup asalkan tersedianya sumber nutrisi yang lengkap. *A. marina* menjadi salah satu jenis mangrove yang dominan juga dapat ditemukan di wilayah Taman Nasional Sembilang, Sumatera Selatan., pada wilayah ini juga banyak terdapat keanekaragaman hayati baik struktur makrozoobentos sampai dengan habitat burung migrasi (Rozirwan *et al.*, 2022).

Mangrove jenis ini memiliki senyawa metabolit sekunder di dalamnya sebagai aktivitas antimalarial, sitotoksik, antinematoda, antimicrobial, dan antiviral. Selain itu, mangrove jenis daun api-api ini juga sejak dahulu sudah dijadikan obat tradisional seperti mengobati penyakit cacar, bisul, rematik dan dapat juga dijadikan sebagai pakan hewan ternak dalam bidang peternakan.



BAB VI

METODE EKSTRAKSI

Proses memisahkan suatu bahan dari gabungan yang memanfaatkan pelarut sesuai dengan kebutuhan disebut sebagai proses ekstraksi. Tahapan ekstraksi digunakan untuk memisahkan dan mengambil senyawa metabolit sekunder yang dimiliki pada suatu biota sehingga dapat diperoleh manfaatnya. Metode ekstraksi ini juga memiliki tujuan untuk memisahkan komponen pada larutan yang didasarkan pada perbedaan larutan. Proses ekstraksi dapat berhenti jika kesetimbangan telah tercapai antara konsentrasi pada suatu sampel (tumbuhan) dengan konsentrasi senyawa dan pelarut. Adapun faktor yang menjadi pengaruh terhadap laju ekstraksi yaitu waktu tipe persiapan sampel, ekstraksi, jenis pelarut, jumlah sampel, dan suhu. Berbagai tahapan yang bisa dilaksanakan untuk memperoleh senyawa kimia metabolit sekunder saat ekstraksi dimulai dari metode preparasi pada tumbuhan (pengumpulan, pencucian, pengeringan), dan dilanjutkan dengan proses ekstraksi serta isolasi tumbuhan.

6.1 Preparasi

Preparasi sampel merupakan Proses persiapan awal mulai dari pengumpulan sampel, pembersihan, penghalusan hingga pengeringan. Sampel yang dapat digunakan boleh berasal dari alam ataupun herbarium. Tentu keduanya memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan sampel yang didapatkan secara alami yaitu tidak mengandung pestisida. Baik sampel dari alam maupun herbarium dibersihkan terlebih dahulu agar bisa meminimalisir rusaknya senyawa bioaktif yang terkandung dalam tumbuhan tersebut.

Mempersiapkan sampel yang akan dianalisis merupakan tujuan dari preparasi sampel. Adapun preparasi terdiri dari proses pengambilan sampel dan pengeringan sampel. Pada proses pengeringan yang dimaksudkan disini yaitu metode menghilangkan air pada permukaan sampel saja, tidak mengurangi kadar air pada sampel sehingga tahapan selanjutnya akan berjalan dengan baik untuk dilanjutkan tahap penghalusan sampel, dan meserasi sampel. Pengambilan sampel harus diproses dengan baik dan benar, jika tidak sesuai kebutuhan maka hasil kandungan kimia yang didapatkan tidak akan bisa mendeskripsikan kondisi yang representatif atau mewakili keseluruhan dari bahan yang akan dianalisa.

Proses pembersihan sampel melibatkan beberapa langkah seperti yang dimulai dengan proses pencucian, memisahkan daun dari ranting dan batang mencuci. Pembersihan harus dilaksanakan menggunakan tangan untuk memperoleh hasil yang efektif dan maksimal.



Gambar 6. 1 Proses pembersihan sampel.

Sampel yang telah dibersihkan selanjutnya dapat dilanjutkan dengan proses pemotongan sampel untuk memperoleh hasil pengeringan yang lebih maksimal. Membersihkan sampel bertujuan untuk dapat menghilangkan kotoran yang masih melekat pada sampel, baik sampel apapun itu terlebih dahulu harus dilakukan pencucian, setelah dilakukannya sortilisasi basah. Pencucian sampel dilakukan dalam waktu yang singkat dan air yang mengalir agar dapat menghilangkan mikroba dan kotoran tetapi tidak menghilangkan zat khasiat pada sampel tersebut.



Gambar 6. 2 Proses pemotongan sampel.

Terhenti dan terhambatnya aktivitas mikroorganisme dan kegiatan enzim yang bisa terjadinya pembusukan merupakan tujuan dari pengeringan dengan proses menyusutnya kadar air di dalam bahan tersebut. Banyaknya kadar air yang terdapat pada bahan hasil ekstraksi maka yang terjadi adalah proses pembusukan oleh mikroorganisme juga akan semakin cepat terjadi. Sebaliknya jika semakin sedikit kadar air di dalamnya maka waktu simpan dapat bertahan dalam waktu lama dan nutrisi tetap terjaga jika disandingkan dengan tanpa proses pengeringan. Faktor ukuran bahan atau sampel juga dapat mempengaruhi saat proses pengeringan yaitu apabila ukuran bahan yang semakin kecil maka semakin cepat pula bahan tersebut kering begitu sebaliknya.

Tujuan untuk menurunkan kadar air dalam suatu simplisia merupakan arti dari pengeringan. Adapun hal yang dapat menurunkan kualitas dan mutu dari sampel yang dikeringkan yaitu ketika bahan terlalu lama dan menggunakan suhu tinggi dapat mengakibatkan rusaknya komponen-komponen yang terdapat didalamnya. Pengeringan ini juga mempengaruhi kestabilan kandungan senyawa flavonoid dan fenolik dalam suatu sampel terhadap aktivitas antioksidannya. Proses pengeringan apabila dilakukan dengan tidak tepat maka akan menyebabkan turunnya aktivitas antioksidan dalam kandungan sampel tersebut. Dalam melakukan metode pengeringan memiliki beberapa cara yang bisa dilaksanakan pada sampel tumbuhan yaitu:

1. Pengeringan menggunakan cahaya matahari

Pengeringan menggunakan cahaya matahari pada umumnya memakan waktu selama 1 minggu sampai dengan beberapa bulan tergantung sampel jenis apa yang digunakan. Metode ini tidak menuntut hasil bahan kering sempurna pada suhu yang tinggi sehingga senyawa bersifat termolabil dapat tetap terjaga kualitasnya. Namun, pengeringan menggunakan cahaya matahari ini memiliki kekurangan dibanding dengan metode pengeringan lainnya. Metode ini memerlukan waktu relatif lama daripada dengan pengeringan *microwave*, oven dan pengeringan beku. Pengeringan ini juga sering mengalami kontaminasi yang disebabkan suhu yang tidak stabil saat penjemuran.



Gambar 6. 3 Proses pengeringan.

119

2. Pengeringan Oven

Pengeringan oven merupakan metode pengeringan yang memanfaatkan energi panas untuk dapat menghilangkan kadar air yang terdapat dalam sampel. Pengeringan ini dipandang termasuk dalam proses termal yang cepat dan mudah untuk senyawa dipertahankan oleh kimia tunaman. Pengeringan oven ini memiliki kelebihan waktu ekstraksi yang lebih pendek namun kelemahannya sampel yang tidak tahan akan panas akan rusak.

3. Pengeringan *microwave*

Radiasi elektromagnetik yang digunakan dalam pengeringan ini dengan medan listrik dan magnet disebut jenis pengeringan *microwave*. Pengeringan ini dapat memperoleh osilasi molekul. Osilasi yang diperoleh dapat menimbulkan tumbukan setiap molekul dan memperoleh pemanasan yang cepat dari sampel secara bersamaan akibatnya bisa merusak senyawa-senyawa yang berifat cepat rusak terhadap panas. Metode ini mempunyai kelebihan dalam waktu yang relatif cepat/singkat saat pengeringan tetapi kekurangannya yaitu degradasi yang terjadi pada senyawa terjadi pada jaringan tumbuhan

4. Pengeringan Beku

Metode pengeringan ini merupakan metode yang menggunakan prinsip sublimasi. Sampel dibekukan menggunakan suhu yang rendah $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ sampai dengan $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pengeringan beku memperoleh komposisi fenol yang tinggi jika dibandingkan dengan pengeringan menggunakan cahaya matahari karena sebagian besar senyawa kimia yang ada pada tanaman dapat terjaga kondisinya dalam penggunaan proses ini. Tetapi pengeringan beku merupakan proses pengeringan yang rumit dan relatif biaya tinggi jika dibandingkan dengan pengeringan konvensional (matahari) atau penggunaan *microwave*.

Sampel yang telah dibersihkan dan dikeringkan selanjutnya dilanjutkan dengan proses penghalusan sampel. Penghalusan sampel bertujuan untuk memperkecil ukuran partikel dalam mempertinggi kontak permukaan antara sampel pelarut dan ekstraksi yang akan digunakan. Sampel dalam keadaan halus memiliki partikel yang lebih tercampur dan lebih kecil akan mempermudah pelarut ekstraksi pada kontak permukaan sehingga akan menghasilkan hasil yang maksimal.



Gambar 6. 4 Proses penghalusan sampel.

6.2 Macam-Macam Pelarut Ekstraksi

Ekstraksi Bahan alam menggunakan pelarut didasarkan pada sifat kepolaranya. Berdasarkan sifatnya pelarut dibagi menjadi tiga bagian terdiri dari pelarut semi polar, polar, dan non-polar. Pelarut polar diantaranya butanol, etanol, metanol dan air, semi polar diantaranya seperti diklorometan asetat dan Etil, dan nonpolar diantaranya petroleum eter, kloroform, dan heksan (Leksono *et al.* 2018). Setiap pelarut memiliki sifat fisikokimia yang berbeda beda mulai dari titik didih, indeks polaritas, viskositas dan kelarutan pelarut dalam air. Beberapa jenis pelarut dan sifat fisikokimianya disajikan sebagai berikut.

Tabel 6.1. Sifat fisikokimia macam-macam pelarut.

Jenis Pelarut	Titih Didih (°C)	Indeks Polaritas	Viskositas (Cp)	Kelarutan Dalam Air (% w/w)
Diklorometan	41	3,1	0,44	1,6
Kloroform	61	4,1	0,57	0,815
Aseton	56	5,1	0,32	100
Iso-Propanol	82	3,9	2,30	100
n-Propanol	92	4,0	2,27	100
n-Butanol	118	3,9	2,98	7,81
heksan	69	0,1	0,33	0,001
Etil asetat	77	4,4	0,45	8,7
Metanol	65	5,1	0,60	100
Etanol	78	5,2	1,20	100
Air	100	9,0	1,00	100

Sumber : Seidel, 2012.

Dalam pemilihan pelarut menjadi hal penting agar senyawa yang diinginkan didapatkan. Oleh karena itu agar proses ekstraksi menjadi efisien, perlunya memilih tidak hanya pada teknik ekstraksi yang tepat, tetapi juga pelarut yang selektif. Penggunaan pelarut selektif dapat meningkatkan efisiensi ekstraksi, mengurangi tahap pemurnian selanjutnya dan langsung menemukan kepolaran senyawa yang diinginkan. Berikut beberapa contoh jenis pelarut yang sering digunakan dalam beberapa bidang bioteknologi.

1. Diklorometana

Diklorometana atau disebut juga dengan metilen klorida ini memiliki rumus yaitu CH_2Cl_2 yang termasuk dalam kelompok klorometan. Diklorometana banyak dimanfaatkan dalam industri kimia sebagai aerosol, pembersih cat, chlorinating agent untuk pembuatan polyester tipe urethane. Tidak hanya itu diklorometana ini juga sering dimanfaatkan dalam pembuatan parfum, zat warna, cat, dan juga lem. Oleh sebab itu, dengan pemanfaatan yang luas itu dapat memunculkan berdirinya pabrik diklorometana akan memacu industri-industri yang lain.

2. Kloroform

Pelarut ini termasuk jenis semipolar dan efektif untuk senyawa organik. Kloroform memiliki indeks bias 1.45. Kloroform dapat larut pada alkohol dan juga eter. Berdasarkan sifat inilah yang me jadikan kloroform dimanfaatkan untuk pelarut dalam ekstraksi dengan bentuk cairan.

3. Aseton

Pelarut aseton termasuk dalam golongan keton yang paling sederhana.. Pelarut ini dimanfaatkan untuk menjadi pelarut polar pada reaksi organik.⁶ Aseton juga dikenal dengan 2-propanon dan dimetil keton. Aseton adalah senyawa yang berbentuk cairan yang tidak memiliki warna dan bersifat mudah terbakar. Pelarut ini dimanfaatkan untuk menghasilkan plastik, obat-obatan, serat, dan senyawa kimia lain. Tidak hanya dimanfaatkan untuk dunia industri saja akan tetapi aseton juga banyak ditemukan pada alam bebas bahkan dalam tubuh manusia yang dengan komposisi sangat sedikit.

4. Iso-Propanol

Isopropanol termasuk pelarut yang banyak dimanfaatkan untuk industri dan juga aktivitas rumah tangga. *Volatile Organic Compounds* (VOC) merupakan kelompok dari Isopropanol yang dapat merusak lapisan atmosfer. Membersihkan tinta dapat menggunakan pelarut jenis ini dan memiliki sifat mempercepat pengering minyak dan tinta tanpa meninggalkan residu pada mesin cetak.

5. N-Propanol

N-Propanol termasuk jenis pelarut dan senyawa intermediate yang dimanfaatkan dalam industri pertanian sebagai pestisida, pembuatan tinta printer, n-propylamine, pelarut dalam proses pencetakan film polyolefin dan poliamid. Produksi n-propanol berlangsung dalam dua tahapan melalui proses oxo oleh gas dan etilen.

6. N-Butanol

C_4H_9OH merupakan rumus yang dimiliki oleh N-butanol yang dimana merupakan hasil produk dengan hidrogen dan n-butiraldehid. Butanol memiliki ciri bau yang tajam dan bentuk cairan putih. Produksi n-butanol sebagian besar dimanfaatkan dalam proses pembuatan resin urea plasticizer dibutil ftalat formaldehid.

7. Heksan

Heksana merupakan senyawa hidrokarbon alkana (C_6H_{14}) yang didapatkan dari pemurnian minyak mentah, komposisi fraksinya terdiri dari sumber minyak sekitar 50% dan titik didihnya berkisar 60-70 °C. Umumnya Pelarut ini digunakan untuk mengekstraksi minyak golongan lipid/lemak kandungan senyawa alif yang larut pada pelarut non-polar dan sulit larut pada air. Heksan salah satu jenis pelarut non-polar yang bersifat stabil, mudah menguap saat ekstraksi dan menghasilkan nilai rendaman yang sedikit dikarenakan heksan mengekstraksi golongan minyak.

8. Etil Asetat

Salah satu pelarut semi polar yang mudah menguap atau disebut volatile yaitu etil asetat, yang memiliki sifat tidak beracun dan tidak higroskopis. Indeks polaritas lebar dengan nilai 4,4 yaitu termasuk bioteknologi bidang Tingkatnya pelarut Etil asetat terletak diantara pelarut polar dan nonpolar sehingga pelarut ini mampu menarik senyawa bersifat polar maupun nonpolar. Etil asetat didapatkan dari proses esterifikasi alkohol dan asam asetat yang menghasilkan senyawa ester asam lemak dengan kelarutan sangat baik.

9. Metanol

Pelarut metanol juga banyak dimanfaatkan dalam proses ekstraksi senyawa bahan alam. Kemampuan metanol untuk melarutkan lebih banyak senyawa bioaktif dibandingkan dengan pelarut lainnya. Gugus polar yang dimiliki metanol yaitu OH dan $-CH_3$ untuk non-polar yang melarutkan senyawa polar maupun nonpolar. Metanol mempunyai ketetapan dielektrik lebih rendah dari dielektrik air. Ketetapan dielektrik pelarut menunjukkan tingkat derajat kepolaran, semakin tinggi dielektrik semakin besar kepolarannya. Kepolaran metanol yang rendah mampu melarutkan senyawa polar ataupun semipolar.

10. Etanol

Etil-alkohol disebut juga etanol yang merupakan jenis alkohol yang dimanfaatkan untuk kehidupan sehari-hari. Memiliki sifat yang tidak beracun menjadikan pelarut jenis ini banyak digunakan dalam dunia medis, industri, dan konsumsi pangan. Pelarut ini memiliki sifat kimia BM 46,07, mudah terbakar, mudah menguap, tidak memiliki asap, dan nyala api berwarna.

11. Air

Air termasuk juga suatu senyawa kimia yang tidak memiliki raa, tidak bau, dan juga tidak berwarna. Titik beku $0^{\circ}C$, titik didih $100^{\circ}C$, tekanan 1 atm, dan kerapatan $1,0 \text{ g/cm}^3$ pada suhu $4^{\circ}C$ molekul air umumnya berukuran kecil dengan memiliki garis tengah sekitar 3 Å ($0,3 \text{ nm}$ atau $3 \times 10^{-8} \text{ cm}$). Wujud air bisa berupa gas (uap air), cairan, dan padatan (es).

6.3 Metode Ekstraksi

1. Maserasi

Suatu teknik yang diperlukan untuk memikat dan memperoleh senyawa-senyawa yang diperlukan suatu sampel padatan atau larutan dengan metode bahan yang diekstraksi dilakukan perendaman. Maserasi tergolong metode yang paling sering dimanfaatkan yaitu dengan cara memasukkan bubuk halus sampel dan pelarut (sesuai kebutuhan) toples kaca atau wadah yang tertutup dengan suhu ruang. Apabila suatu kesetimbangan antara konsentrasi senyawa pada pelarut yang digunakan dengan sampel berkonsentrasi tercapai maka tahapan ekstraksi bisa dihentikan. Setelah proses ekstraksi selesai sampel dan pelarut dapat dipembagian dengan penyaringan. Berikut contoh proses maserasi pada sampel biota laut.



Gambar 6. 5 Proses maserasi.

Zat aktif dalam sampel dapat ditarik atau dipisahkan dari komponen campuran melalui pelarut dapat dilakukan dengan metode maserasi ini. Metode ini juga sangat sering dimanfaatkan dalam mengisolasi zat aktif antioksidan pada tumbuhan. Jenis pelarut yang digunakan biasanya berdasarkan pada kemampuan

pelarut itu sendiri dalam proses melarutkan zat aktif secara maksimal, akibatnya akan memperoleh hasil ekstrak. Maserasi tergolong dalam proses ekstraksi secara dingin. Proses ekstraksi dengan teknik maserasi dilaksanakan dengan berulang kali proses pengadukan atau penghomogenan dengan menggunakan suhu ruang tertentu. Kelebihan teknik ini yaitu tidak melakukan proses pemanasan sehingga bahan alam tetap terjaga dan tidak rusak. tingkat kelarutan dan polaritas sangat berpengaruh terhadap hasil ekstrak yang diperoleh dan dapat mempermudah dalam pembagian bahan alam dalam sampel. Semakin lama proses maserasi maka hasil senyawa yang diperoleh lebih banyak yang akan terekstraksi. Setelah proses maserasi dapat dilakukan penyaringan dengan vacuum pump maupun kertas Whatman yang bertujuan untuk memisahkan filtrat dan residu.



Gambar 6. 6 Proses penyaringan dengan *vacuum pump*.

Hasil penyaringan (*filtrate*) dapat dilanjutkan dengan proses ekstraksi untuk memperoleh ekstrak kasar (*crude extract*) menggunakan *rotary evaporator*. Adapun prinsip kerja dari evaporator ini yaitu berfungsi untuk menguapkan larutan yang

dimana akan memisahkan antara pelarut dan zat (mekanisme pemanasan). Pemanasan larutan dalam *evaporation flask* yang dihangatkan dalam *water bath*, disebabkan perbedaan titik didih antara zat dengan pelarut akibatnya penguapan terjadi pada zat dengan titik didih yang rendah. Selanjutnya gas yang menguap akan masuk pada kondensor dengan kekuatan suhu dingin dan tekanan, akan kembali mencairkan gas tersebut, kembali menjadi larutan, dan ditampung di dalam *receiving flask*. Berikut merupakan serangkaian alat *rotary evaporator* yang berfungsi untuk membantu dalam proses ekstraksi.



Gambar 6. 7 Proses evaporasi dengan *rotary evaporator*.

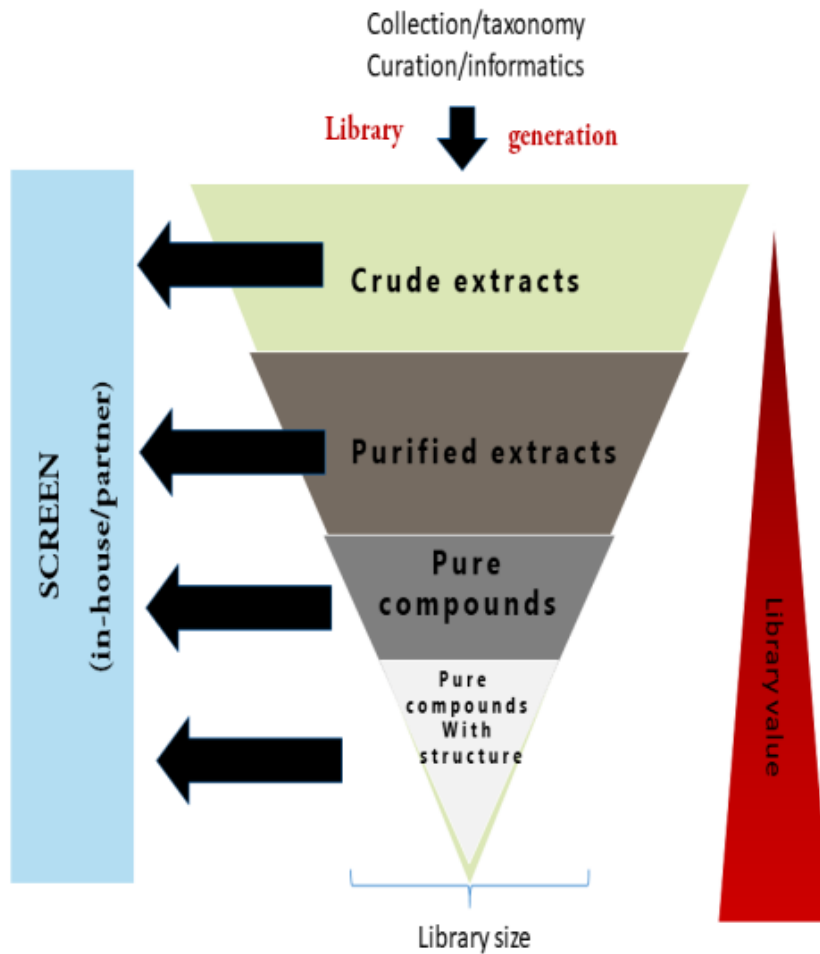
1 Hasil dari ekstraksi sangat tergantung dari karakteristik bahan yang akan diekstrak, 1 metode yang dipakai, dan pelarut. Pengaruh juga terjadi pada perbandingan jumlah sampel pada jumlah pelarut juga berpengaruh. Semakin besar volume pelarut dan semakin lama waktu ekstraksi maka semakin besar persen rendemen yang dihasilkan (Delta *et al.*, 2021). Ekstrak kasar yang diperoleh dari hasil ekstraksi dengan evaporator atau biasa disebut *crude extract* dengan tekstur seperti pasta. Menurut Rozirwan *et al.*, (2016) hasil ekstrak yang diperoleh dikatakan baik apabila ekstrak sudah bertekstur seperti pasta.



Gambar 6. 8 Hasil ekstraksi.

Hasil ekstraksi berupa ekstrak kasar dapat dilakukan pemurnian untuk mendapatkan ekstrak murni. Tujuan dari pemurnian yaitu untuk menghilangkan komponen yang dianggap sebagai pengganggu seperti lemak, klorofil, dan lain-lain (Malik *et al.*, 2018). Tahapan purifikasi merupakan proses untuk memperoleh komponen bahan alam murni yang terbebas dari komponen kimia lain yang tidak diperlukan. Untuk tingkatan kemurnian (*purity*) suatu struktur senyawa tertentu tingkat kemurniannya harus mencapai 95-100%. Sedangkan ekstrak terpurifikasi harus juga dijabarkan bahwa ekstrak terpurifikasi dari komponen apa saja. Adapun komponen kimia dalam ekstrak yang tidak dibutuhkan seperti pigmen (klorofil), tanin, plastisiser, lipid, dan pelumas (Malik *et al.*, 2013).

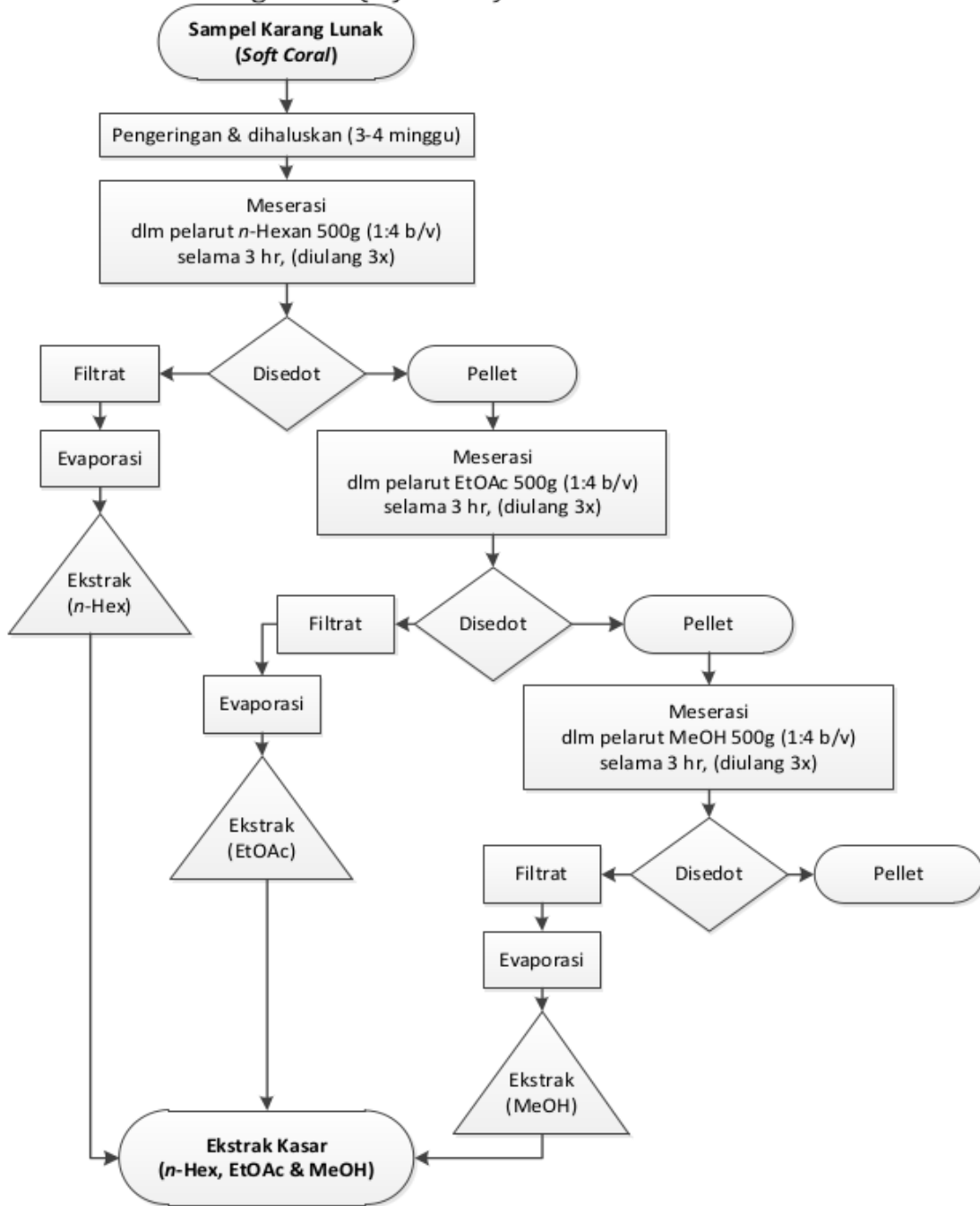
Compound and Extract Diversity



Gambar 6. 9 Mekanisme ekstraksi.

Teknik yang dimanfaatkan saat tahap ekstraksi ini memakai prinsip kelarutan. *Like disso⁹² like* atau disebut juga dengan prinsip kelarutan yaitu pada pelarut non-polar akan melarutkan senyawa non-polar, begitu pun pelarut polar akan melarutkan senyawa polar. Metode ekstraksi ini juga disebut dengan ekstraksi dingin tanpa adanya sebuah pemanasan menggunakan suhu tertentu. Adapun metode masarasi memiliki kelebihan yaitu peralatan yang mudah djumpai dan tidak rumit, biaya tergolong murah, dan tidak terjadinya penguapan komponen dari senyawa. Proses yang lama dan pelarut yang digunakan cukup banyak termasuk dalam kelemahan dari metode ekstraksi ini.

Selanjutnya juga disajikan contoh proses ekstraksi sampel biota laut atau karang lunak (*soft coral*) berikut ini.



Gambar 6. 10 Contoh proses ekstraksi.
Sumber : (Rozirwan, 2015).

Biaya yang dikeluarkan saat proses maserasi relatif murah yang termasuk dalam keuntungan dalam mengisolasi senyawa bioaktif. Perendaman sampel tumbuhan menggunakan suatu pelarut menimbulkan terjadinya proses penghancuran membran dan dinding sel yang penyebabnya oleh perbedaan tekanan di luar atau di dalam sel, pelarut organik yang digunakan akan melarutkan metabolit sekunder yang berada dalam sitoplasma dan akan berlangsung sampai dengan selesai karena waktu lama perendaman dapat diatur sesuai yang dilakukan. Penentuan pelarut dalam metode maserasi bisa memberikan dampak efektif dengan memperhatikan tingkat kelarutan senyawa bioaktif dalam pelarut. Proses maserasi juga memiliki kekurangan yaitu pada proses pelaksanaan waktu yang diperlukan sangat panjang, membutuhkan pelarut yang banyak, dan besar kemungkinan beberapa senyawa yang terdapat pada sampel akan hilang. Tidak hanya itu ada juga beberapa senyawa yang akan sulit diekstraksi pada suhu kamar.

2. Perkolasi

Teknik ekstraksi yang familiar dimanfaatkan untuk proses pemisahan senyawa aktif pada tumbuhan disebut metode perkolasi. Adapun proses pada teknik ini yaitu ketika bubuk halus sampel yang digunakan dibasahi dengan perlahan dalam sebuah tempat yang berbentuk silinder yang dilengkapi adanya kran pada bagian bawahnya yang disebut perkolator dan dengan kurun waktu berkisar sampai 4 jam pada tempat tertutup. Selanjutnya tutup bagian atas pada perkolator. Menambahkan pelarut melalui bagian atas serbuk sampel yang telah dihaluskan, melakukan maserasi lanjutan dengan campuran sampel dan pelarut dalam tempat perkolator tertutup dalam kurun waktu 24 jam yang dibiarkan menetes secara perlahan pada bagian bawah perkolator yang telah dibuka. Pelarut yang digunakan bisa ditambahkan sesuai dengan kebutuhan ekstraksi, dengan takaran perkolasi sekitar 3/4 dari volume yang dimanfaatkan dari hasil produk yang sudah diekstraksi.



Gambar 6. 11 Perkolator.

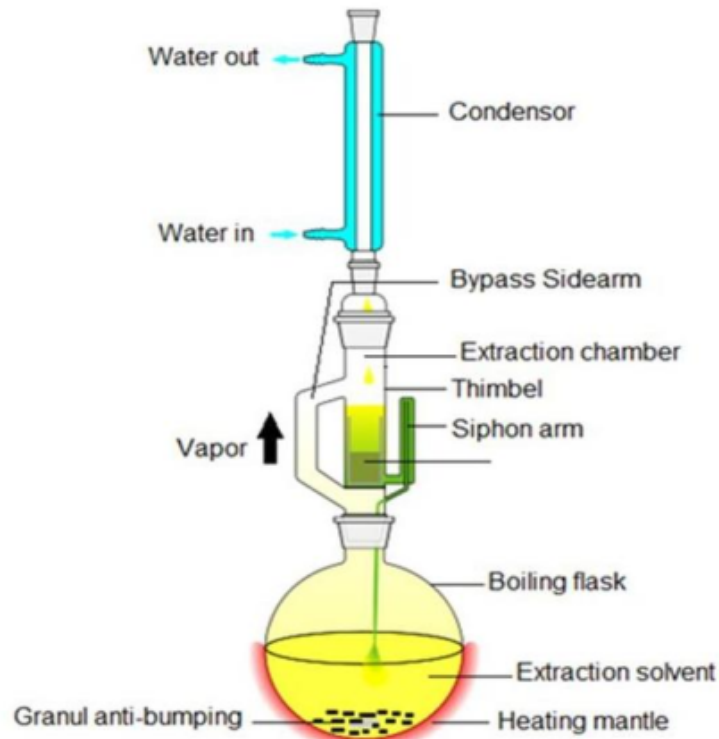
Sampel terus dialiri oleh pelarut yang baru ini termasuk dalam kelebihan dari metode ini. Sedangkan kelemahan yaitu jika sampel dalam perkolator tidak tercampur, maka pelarut yang digunakan memiliki kesulitan untuk mencapai atau mengenai seluruh area cakupan. Tidak hanya itu pada teknik perkolasi ini juga memakan banyak waktu dan memerlukan jumlah pelarut yang tergolong banyak.

3. Metode Soxhlet

Metode soxhlet merupakan metode yang dilangsungkan dengan meletakkan suatu sampel ke dalam kertas saring dengan ukuran tertentu dalam wadah yang ditempatkan di atas labu dan di bawah kondensor. Metode Ekstraksi soxhlet digunakan ketika senyawa yang diinginkan terdapat kelarutan tertentu dalam dan juga pengotor tidak larut pada pelarut itu. Ketika senyawa yang diharapkan pada sampel memiliki tingkat kelarutan tinggi dalam suatu pelarut yang digunakan maka suatu penyaringan sederhana bisa dimanfaatkan untuk memisahkan senyawa dari zat yang tidak larut. Pelarut yang sesuai dengan senyawa yang ingin diambil dimasukkan dalam labu pada suhu yang telah diatur (suhu reflux).

Kelebihan dari teknik soxhlet ini yaitu saat proses pemisahan yang akan lebih kontinu, sampel yang terpisah oleh pelarut asli hasil dari proses kondensasi akibatnya metode ini tidak memerlukan banyak pelarut dan waktu. Kelebihan lainnya yaitu dari proses ekstraksi ini cukup dilaksanakan dalam satu

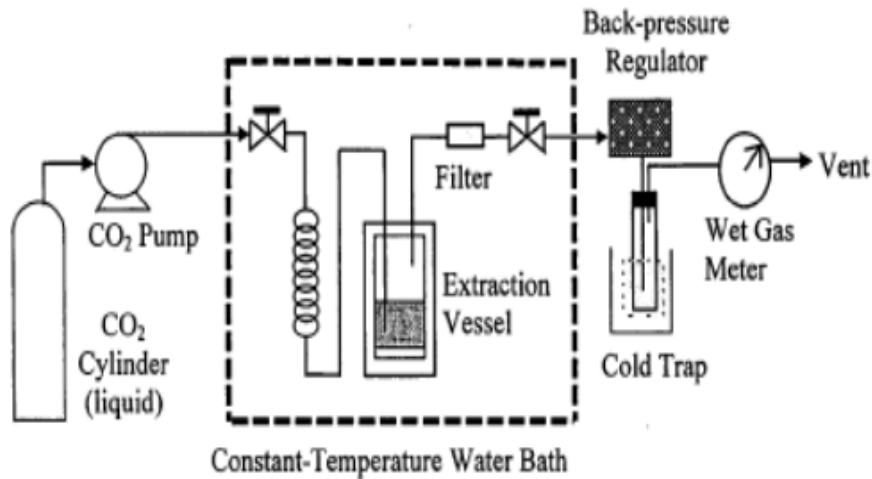
tempat dan Kerugiannya dari proses soxhlet ini yaitu kandungan yang bersifat cepat rusak terhadap panas sehingga terdegradasi oleh karena ekstrak yang didapatkan berada terus di titik didih dan tidak bisa dimanfaatkan untuk senyawa termolabil. Degradasi senyawa akan terjadi apabila pemanasan yang sangat tinggi.



Gambar 6. 12 Metode soxhlet.
Sumber : <https://bit.ly/3LD8WI8>.

4. Metode *Supercritical Fluid Extraction*

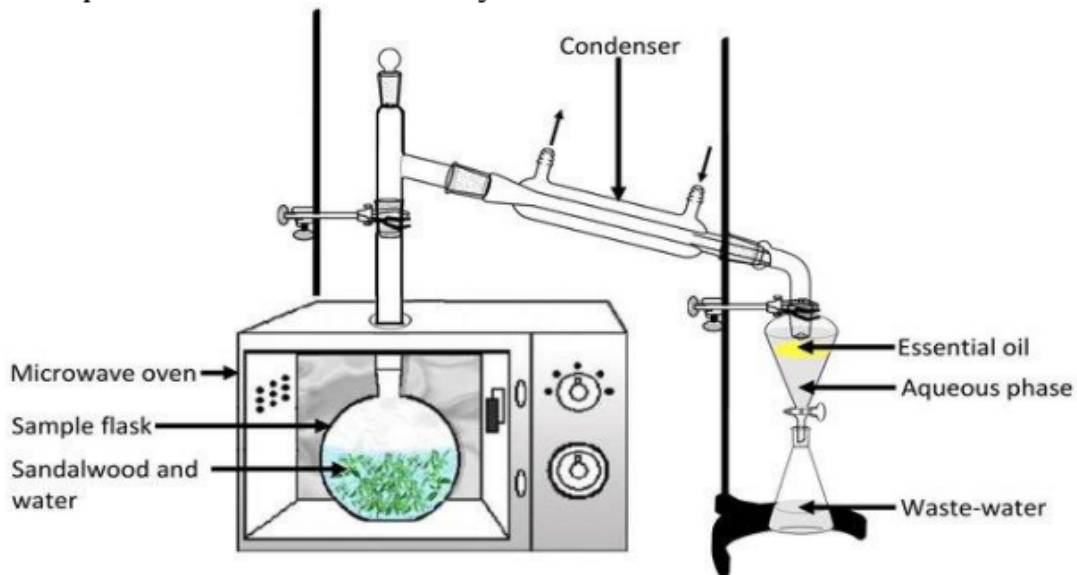
Mengekstraksi senyawa-senyawa aktif dalam tumbuhan dapat menggunakan metode gas superkritis dengan memanfaatkan etana, nitrogen, propane, sulfur oksida, propilena, ammonia, sulfur heksa fluorida, dan karbon dioksida. Senyawa aktif yang terlarut dalam gas terpisah saat tekanan dan suhu yang lebih rendah. Faktor – faktor krusial dari metode ini yaitu transfer massa zat terlarut pada pelarut superkritis. Untuk memperoleh hasil yang lebih tinggi dan maximal dalam setiap proses harus dioptimalkan dengan baik.



Gambar 6. 13 Metode *supercritical fluid extraction*.
 Sumber : <https://bit.ly/3xPZETu>.

5. *Microwave-Assisted Extraction*

Energi gelombang mikro yang dapat menyumbang berlangsungnya pemecahan senyawa aktif dari tanaman sampel yang digunakan ke dalam pelarut merupakan metode dari *Microwave-assisted extraction* (134). Gelombang mikro yang dihasilkan mempunyai penghantar listrik dan medan magnet yang saling tegak lurus antar satu dengan yang lainnya. Listrik yang disalurkan alat akan memperoleh suhu tinggi melalui rotasi dipolar dan konduksi ioniknya.



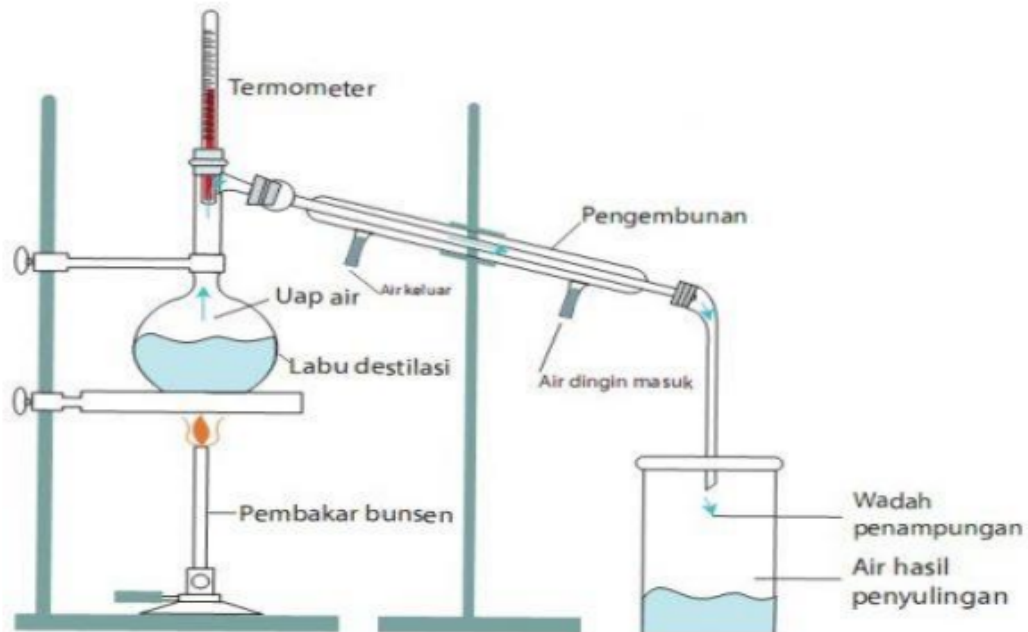
Gambar 6. 14 *Microwave-assisted extraction*
 Sumber : <https://bit.ly/3xMrf7N>.

6. Destilasi

Destilasi merupakan teknik penyulingan dimana metode pembagian materi dapat berbentuk padatan atau cairan yang dapat dibagi berdasarkan pada titik didih dari masing-masing zat yang diambil. Destilasi dapat terbagi menjadi.

a. Hidrodestilasi

Hidrodestilasi yaitu tahapan memisahkan komponen dalam suatu campuran antara 2 jenis cairan dengan berlandaskan tekanan dari uap pada zat tersebut.



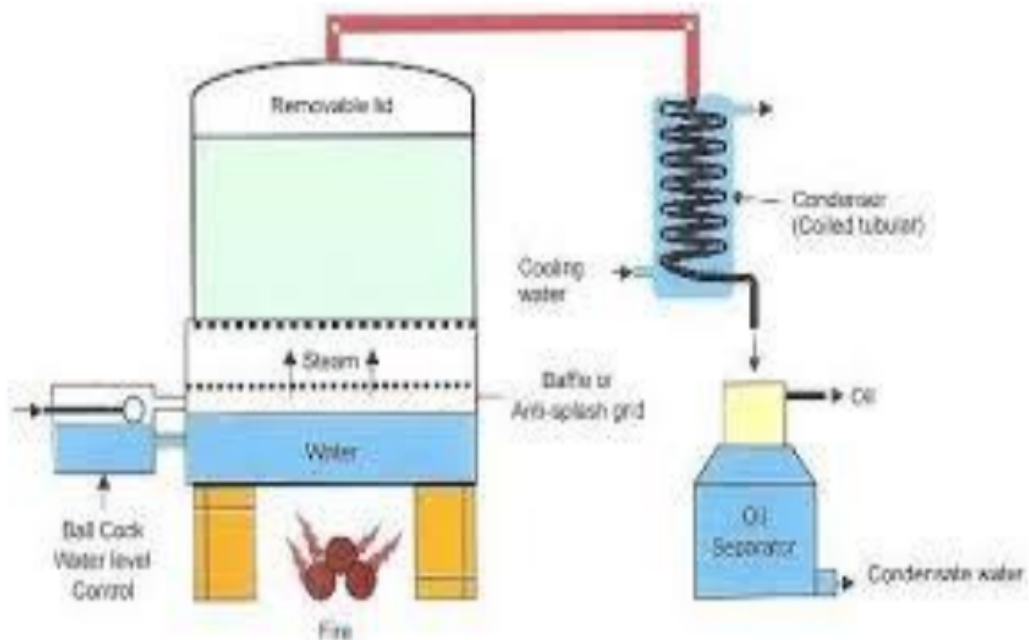
Gambar 6. 15 Hidrodestilasi.

Sumber : <https://seputarilmu.com/2021/12/destilasi.html>.

b. Destilasi Uap air

Minyak esensial atau campuran senyawa dengan karakteristik mudah menguap dapat diekstrak menggunakan metode destilasi uap air ini. Pada metode destilasi uap ini, unit penyulingan terbagi menjadi 3 bagian yaitu ketel, kondensor, dan boiler. Jenis penyulingan ini pada metode ini lebih modern dibanding 2 jenis penyulingan kukus atau penyulingan air. Saat proses pemanasan berlangsung, uap terkondensasi dan destilat yang terpisah menjadi dua bagian tidak memiliki keterkaitan langsung, kemudian ditampung pada tempat telah terkoneksi

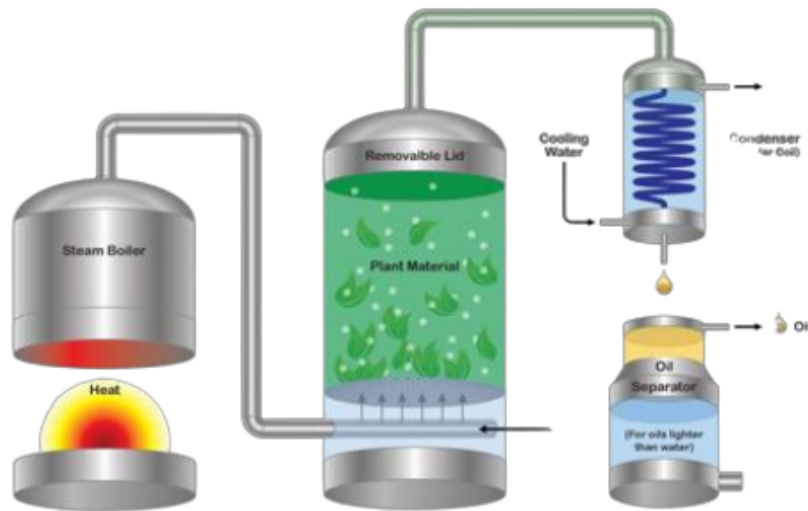
dengan kondensor. Metode destilasi uap ini mempunyai kelemahan yaitu dimana senyawa memiliki sifat termolabil atau tidak tahan suhu yang panas dapat terdegradasi.



Gambar 6. 16 Destilasi uap air
Sumber : (Dika, 2020).

c. Distilasi uap (*dry stream*)

Metode destilasi air ini merupakan metode di mana penyulingan bahan akan langsung terkontak pada air secara sempurna, akan tetapi hal ini tergantung dengan kandungan jenis serta jumlah bahan yang akan dilakukan penyulingan.



Gambar 6. 17 Destilasi uap.

Sumber : <https://www.rumahmesin.com/pembuatan-minyak-atsiri/>.

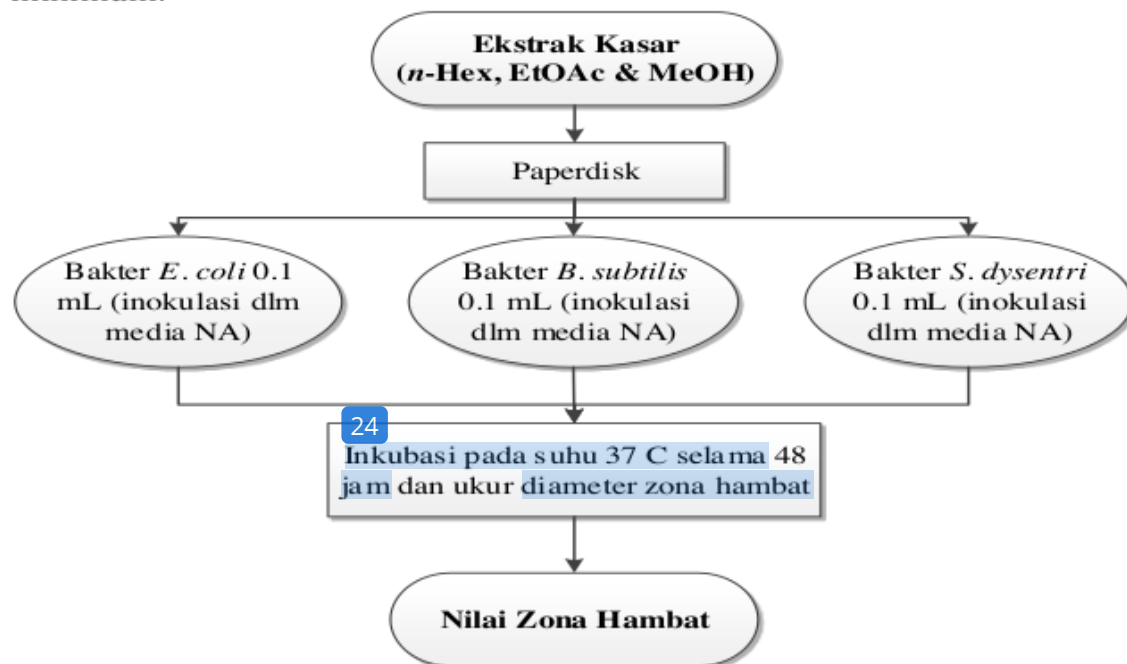
6.4 Fraksinasi

Metode dalam pengelompokan dan memisahkan kandungan kimia ekstrak dibedakan berdasarkan kepolaran disebut fraksinasi. Dalam metode fraksinasi ini digunakan pelarut yang tidak homogen serta mempunyai tingkat polaritas yang berbeda. Tujuan perbedaan pelarut dengan polaritas berbeda pada metode fraksinasi ini yaitu agar senyawa-senyawa yang dihasilkan memiliki kandungan yang berbeda pula berdasarkan kepolaran yang berbeda, sehingga diharapkan senyawa-senyawa yang terdapat pada ekstrak bisa terpisah berdasarkan polaritasnya. Hasil fraksinasi dan ekstraksi umumnya bisa berbentuk campuran dari senyawa yang harus dipisahkan menjadi komponen-komponen tunggal dan lebih sederhana. Adapun pemisahan ini dapat dilakukan dengan metode kromatografi (Sukandar *et al.*, 2021).

Kromatografi merupakan suatu tahapan analisis yang telah umum diterapkan untuk pemisahan komponen-komponen dalam campuran. Semua tahapan kromatografi berpedomankan atas komponen diantara dua fasa yang tidak homogen yaitu fase bergerak

dan fasa diam. Mekanisme terdistribusinya komponen-komponen yang terdapat pada kedua fasa itu dapat dikarenakan oleh kejadian reaksi penukar ion, partisi, absorpsi, dan difusi dari komponen ke dalam pori-pori fasa diam yang mengakibatkan terjadinya pemisahan. Pemurnian senyawa dilakukan dengan proses fraksinasi kromatografi kolom (KC) dan kromatografi lapis tipis (KLT). Fraksinasi KC dilakukan untuk memisahkan ekstrak menjadi fraksi-fraksi yang diperjelas dengan melihat potensi senyawa spot-spot noda yang terbentuk pada flat silica (KLT) (Rozirwan *et al.*, 2016).

Berdasarkan hasil penelitian Rozirwan *et al.*, (2016) contoh fraksinasi KC dilakukan dengan silica gel 60 (0,2-0,500 mm, Merck). Setelah fraksi-fraksi diperoleh dilakukan pengelompokan berpedoman dari hasil KLT (silica gel 60 F254, Merck). Kemudian fraksi-fraksi yang memiliki potensi senyawa dikolom kembali dengan silica gel 60 yang ukuran lebih kecil (0.063-0.200 mm, Merck) sampai senyawa membentuk satu spot noda pada KLT. Spot-spot noda yang memiliki potensi senyawa bioaktif dikelompokkan menjadi fraksi-fraksi dan diuji aktivitas antibakteri berdasarkan konsentrasi hambat minimum.



Gambar 6. 18 Contoh skema proses bioassay aktivitas antibakteri.
Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2016).

1. Fraksinasi Kromatografi Kolom

Kromatografi kolom dapat digunakan untuk memisahkan senyawa dengan jumlah yang besar. Tswett merupakan ahli botani dari Rusia yang kali pertama menggunakan metode kromatografi kolom ini. Adapun cara pemisahannya diaplikasikan pada klorofil dengan pigmen lainnya dari tumbuhan dengan menggunakan tabung gelas sempit yang diisi dengan CaCO_3 sebagai fasa diam dan dielus dengan protelem eter sebagai fasa gerak yang memperoleh hasil pita-pita berwarna yang disebut kromatogram. Pemisahan secara kromatografi berdasarkan fasa diam dan fase gerak.



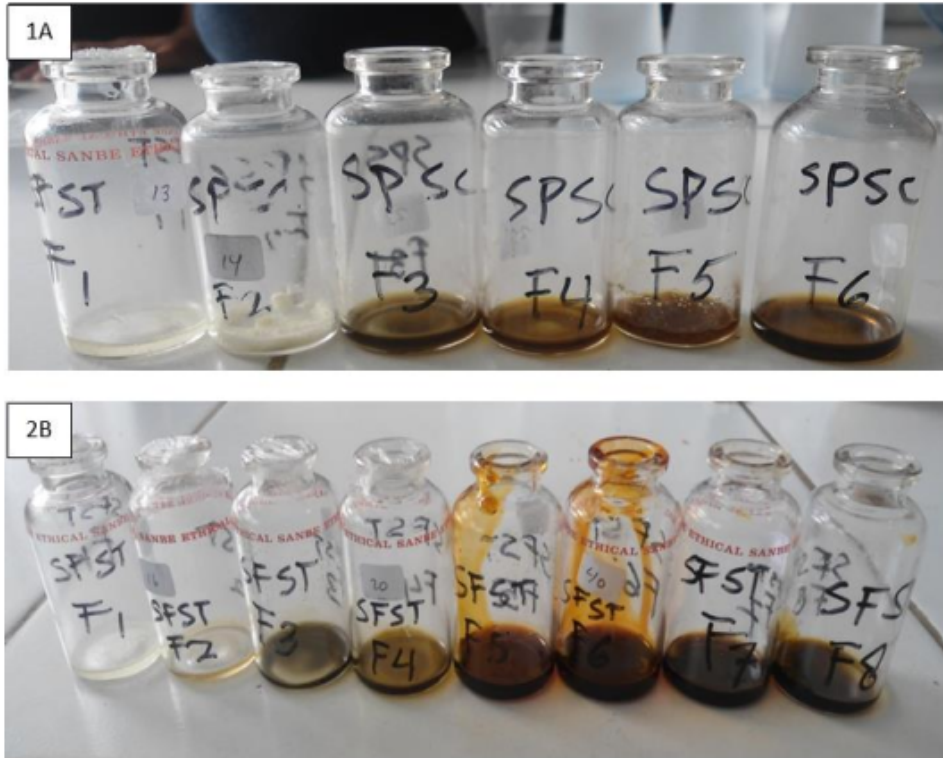
Gambar 6. 19 Kromatografi kolom.

Komponen yang akan dipisahkan memiliki afinitas yang berbeda terhadap adsorben sehingga komponen yang polar tidak sama keluar dengan komponen non-polar. Dalam tahapan pengkoloman, ukuran kolom yang digunakan akan sangat beragam, namun umumnya panjang kolom bisa mencapai 10-100 kali garis tengah dalam. Ukuran kolom dan banyaknya fasa diam yang dipakai ditentukan oleh bobot campuran yang akan dipisahkan. Berikut merupakan contoh hasil pemisahan pada kromatografi kolom.



Gambar 6. 20 Hasil pemisahan pada kromatografi kolom.

Dalam proses pemisahan dengan kromatografi kolom, silica gel sintetik dapat digunakan untuk pola pemisahan komponen sampel dan bisa dilihat dengan visual sebagai pita-pita warna seperti warna hijau, kuning, kuning pucat, kuning kehijauan, dan hijau pekat. Komponen yang terpisah ini akan tampak sebagai pita-pita warna dalam suatu kolom. Hal ini menunjukkan bahwa silica gel sintetik dapat diaplikasikan sebagai fase diam dalam kromatografi kolom berdasarkan hasil dari uji aplikasi yang telah dilakukan maupun hasil karakterisasi (Fabiani *et al.*, 2018). Berikut contoh hasil pengkoloman dari pemurnian isolat senyawa bioaktif karang lunak *S. polydactyla* dan *S. flexibilis*.

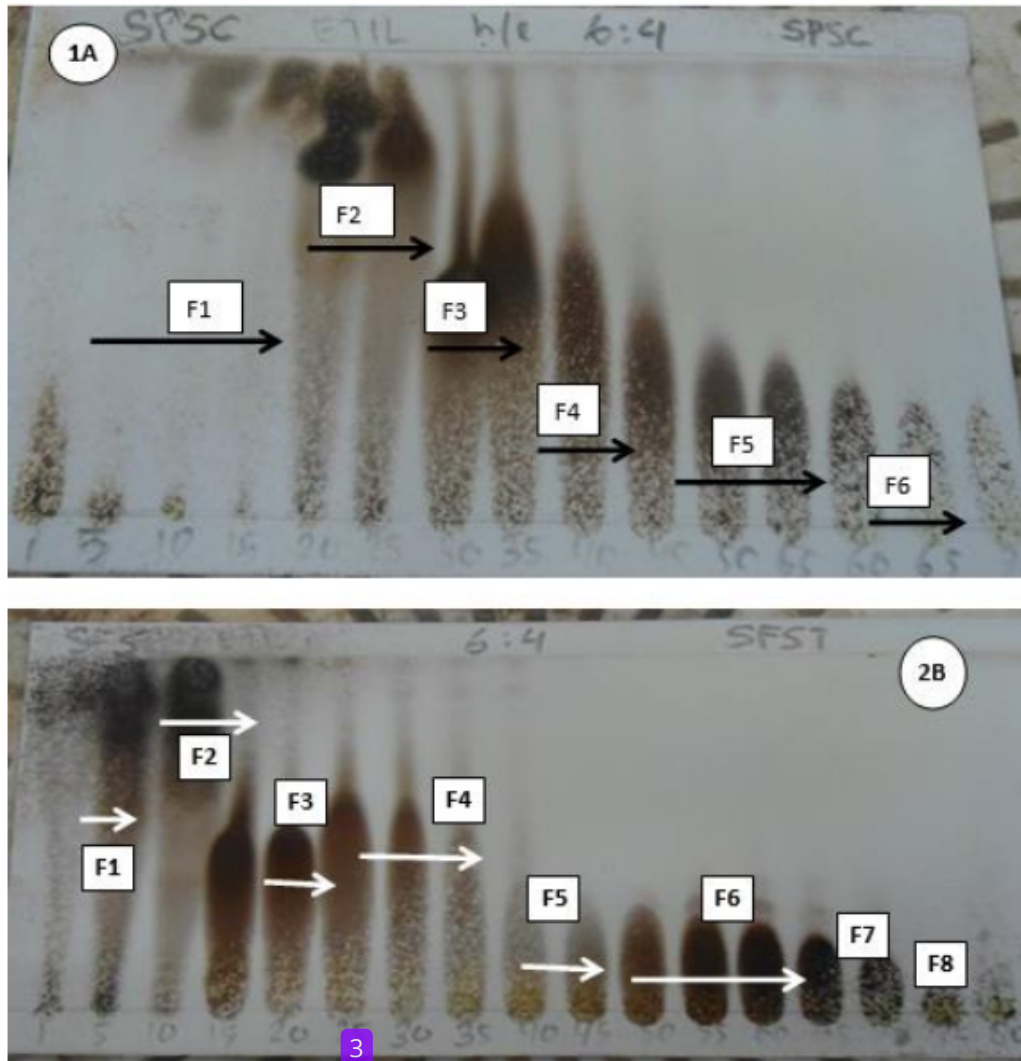


Gambar 6. 21 Contoh hasil pengkoloman dari pemurnian isolat senyawa bioaktif karang lunak, A) *S. polydactyla*, B) *S. flexibilis*.
Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2016).

20

2. Fraksinasi Kromatografi Lapis Tipis (KLT)

Metode pemisahan yang didasarkan oleh sifat fisika dan kimia disebut kromatografi lapis tipis. Butir-butir (fase diam) yang terdapat pada lapisan KLT dipoisiskan pada penyangga yang berbentuk logam, pelat gelas, atau lapisan yang sesuai. Campuran yang akan dipisahkan berupa larutan, digoreskan pada plat berupa pita atau bercak. Selanjutnya plat akan ditempatkan dalam sebuah bejana yang ditutup secara rapat dan diisi oleh larutan pengembang yang berupa fase gerak. Adapun larutan yang belum diketahui, pemilihan fase gerak dan diam harus tepat karena keduanya bekerja sama dalam pemisahan. Hal penting lain yang harus diperhatikan adalah memilih kondisi kerja yang optimum yang meliputi sifat pengembangan dan atmosfer bejana (penjenuhan). Berikut contoh hasil fraksi-fraksi KLT dari pemurnian isolat senyawa karang lunak *S. polydactyla* dan *S. flexibilis*. Hasil KLT ini ditemukan potensi senyawa bioaktif ditunjukkan spot-spot noda yang ditemukan pada F2 dan F3, sedangkan pada fraksi lainnya terlihat hanya pengotor (Rozirwan *et al.*, 2016).



Gambar 6. 22 Contoh hasil fraksi-fraksi pada KLT dari pemurnian isolat senyawa bioaktif karang lunak, A) *S. polydactyla*, B) *S. flexibilis*. Sumber : (Rozirwan *et al.*, 2016).

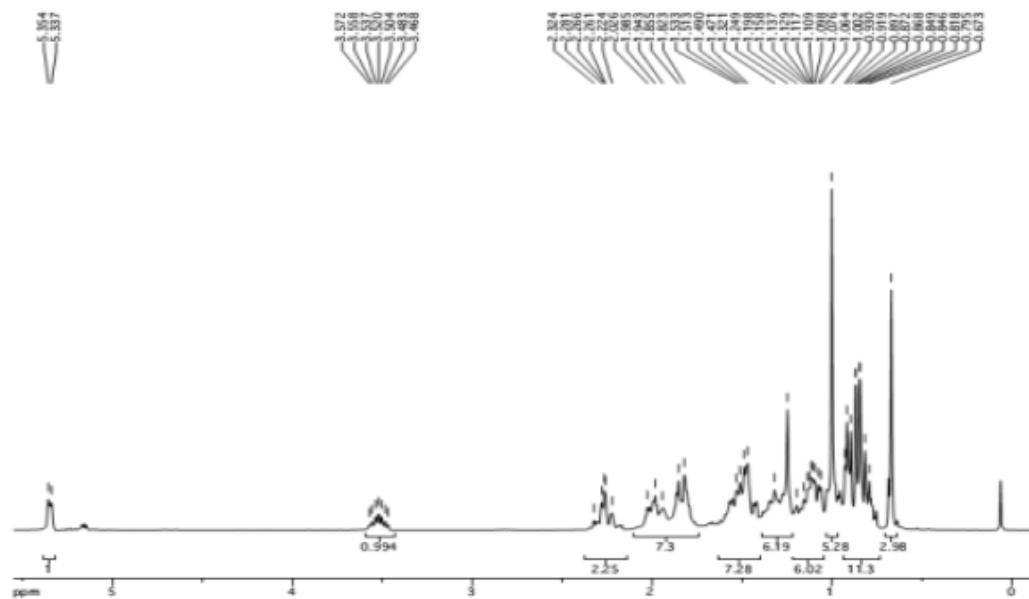
32

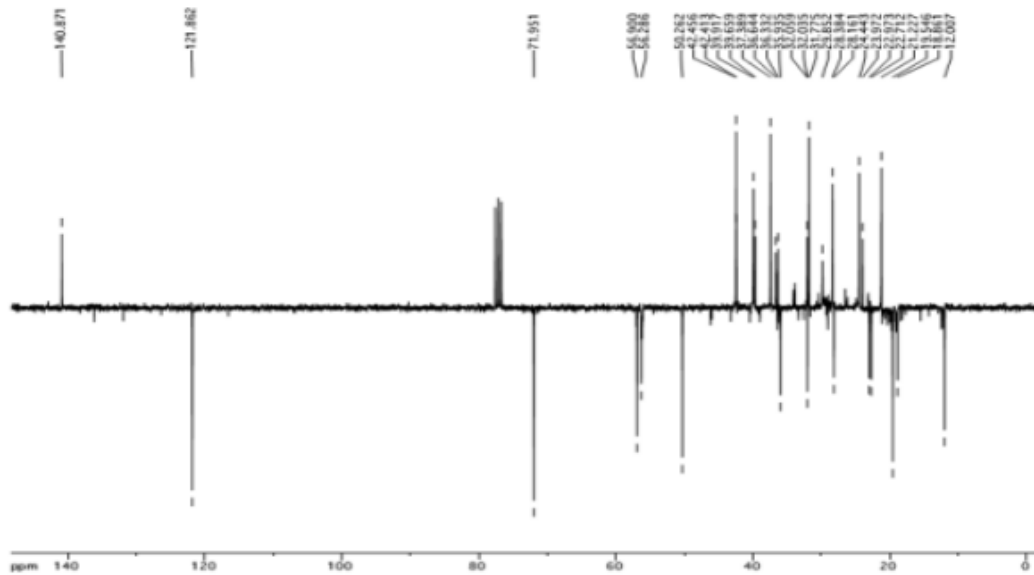
3. Nuclear Magnetic Resonance (NMR)

Spektroskopi resonansi magnetik nuklir, yang paling umum dikenal dengan spektroskopi NMR adalah metode analisis yang memanfaatkan sifat magnetik inti atom tertentu. Jenis spektroskopi ini menentukan sifat fisik dan kimia dari atom atau molekul di dalamnya. Medan magnet intramolekuler di sekitar atom dalam molekul mengubah frekuensi resonansi, sehingga memberikan akses ke rincian struktur elektronik molekul dan gugus fungsi. Penentuan struktur senyawa antioksidan sangat

penting sebagai bahan dasar sintesis obat-obatan khususnya penyakit yang berhubungan dengan radikal bebas terhadap berbagai penyakit. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan struktur senyawa tersebut adalah mengkarakterisasi isolat murni yang dihasilkan melalui metode spektroskopi yaitu *NuclearMagnet¹⁴ Resonance* (NMR) yang memiliki sistem penerapannya yang tidak terbatas pada senyawa organik sederhana, tetapi hingga ke biopolimer yang sangat kompleks seperti protein dan asam nukleat (Suwandi *et al.*, 2016).

Spektroskopi NMR (¹H dan ¹³C), ¹H NMR untuk menentukan jumlah dan lingkungan proton (atom H dalam senyawa), ¹³C NMR untuk menentukan jumlah atom karbon dalam senyawa, sedangkan untuk menentukan massa atom relatif (Mr) digunakan MS. Berikut contoh hasil tampilan identifikasi sampel dengan menggunakan H-NMR dan C-NMR.



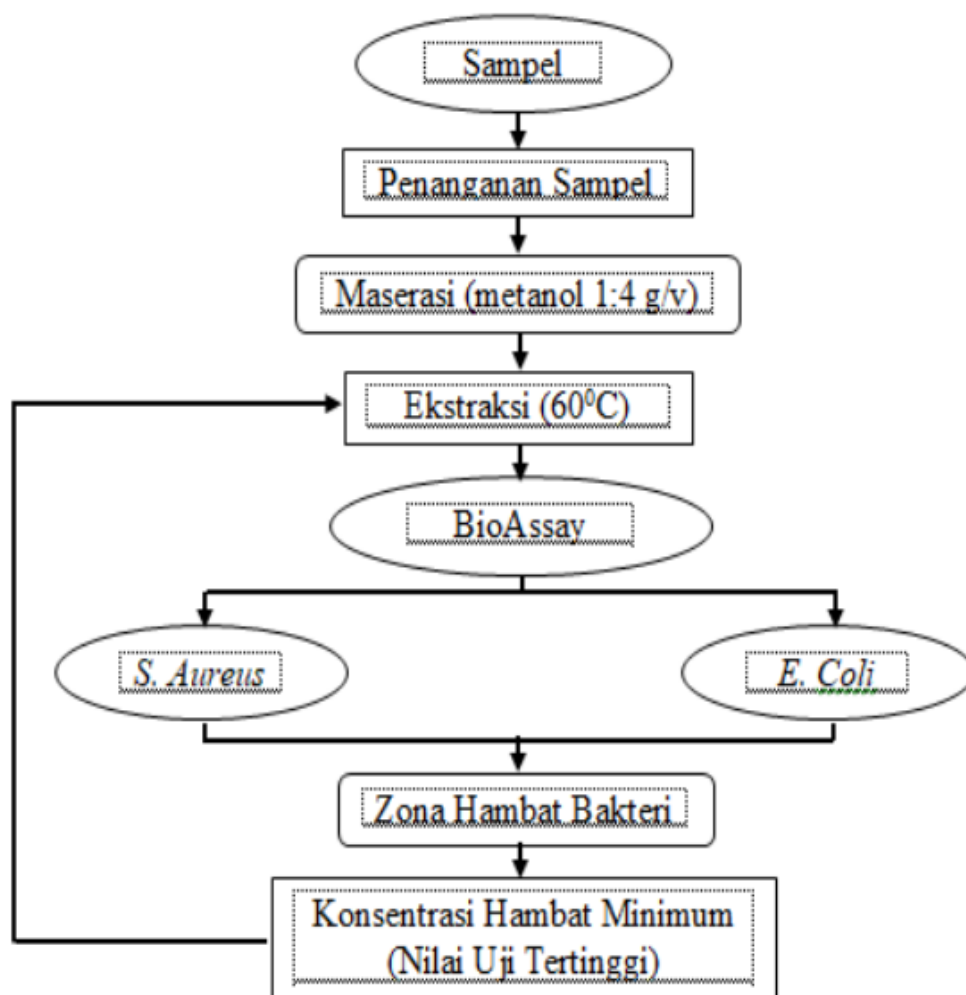


Gambar 6. 23 Hasil identifikasi sampel, A) H-NMR, B) C-NMR.
 Sumber : (Rahman, 2014).

6.5 Metode Analisis Aktivitas Senyawa Bioaktif

1. Metoda Analisis Aktivitas Antibakteri dan Antijamur

Uji aktivitas antibakteri dan antijamur dapat dilakukan dengan metode pengenceran dan difusi. Metode difusi yaitu dengan melakukan pengukuran diameter zona bening yang merupakan petunjuk adanya respon penghambatan pertumbuhan bakteri oleh suatu senyawa antibakteri dalam ekstrak. Berikut contoh metoda analisis aktivitas antibakteri dari biota laut.



Gambar 6. 24 Contoh mekanisme penelitian antibakteri dari mangrove *Avicennia marina* dan *Bruguiera gymnorrhiza*.
Sumber : (Renaldi *et al.*, 2018).

Sampel biota yang telah dihaluskan dapat memasuki tahapan maserasi dan ekstraksi. Maserasi sampel dilakukan sesuai dengan kebutuhan, seperti mekanisme penelitian di atas sampel daun, batang, dan akar mangrove yang dimasukkan dalam **111**es kaca sebanyak 100 gr pada masing-masing sampel menggunakan pelarut **122**tanol dengan perbandingan (1:4, b/v) pada suhu ruangan dan diulang sebanyak 3 kali. Kemudian dilanjutkan dengan proses evaporasi dengan rotary evaporator dengan suhu 60°C dengan menghasilkan ekstrak kasar (*crude extract*) dan ekstrak ini juga dapat disimpan dalam suhu 4 °C (Ali

et al., 2018). Hal yang sama juga dilakukan pada penelitian Rahayu *et al.*, (2019) pada jenis mangrove *Rhizophora sp* (daun, batang, dan akar) dengan menggunakan pelarut metanol. Pada pengujian aktivitas anti bakteri setelah memperoleh ekstrak kasar dari sampel selanjutnya dapat memasuki tahapan pembuatan media agar. Berikut beberapa contoh pembuatan media untuk pertumbuhan bakteri.

a. Pembuatan Media Agar

Berdasarkan penelitian Renaldi *et al.*, (2018) pembuatan media agar dimulai dengan mempersiapkan Erlenmeyer yang telah diisi aquades (300 ml) dan media Nutrient Agar (6 gr) yang selanjutnya ditutup dengan aluminium foil dan dimasak di atas *hot plate* sampai semua dihomogenkan, kemudian dimasukkan dalam tabung reaksi (15 ml) dan di autoclave selama 15 menit (suhu 120°C dan tekanan 1 atm). Proses terakhir dimasukkan dalam cawan petri dengan keadaan yang tetap steril. Selain itu, Rahayu *et al.*, (2019) juga memiliki metode dalam pembuatan media dalam bentuk padat dan cair. Komponen Natrium Agar (NA) sebesar 20 gr dalam 1 Liter aquades dan (NB) digunakan 8 gr dalam 1 L aquades. NA yang telah dibuat dituang ke dalam cawan petri dan NB ke dalam tabung reaksi, selanjutnya inkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C. Berbeda dengan hasil penelitian Rozirwan *et al.*, (2020) pada uji aktivitas antibakteri dari sedimen mangrove, pembuatan media pertumbuhan menggunakan media SCA (*Starch Casein Agar*) dengan komposisi 16 gr agar, 10 gr *soluble starch*, dan 4 gr ekstrak *yeast* yang kemudian dicampurkan dengan aquades 1 L dalam erlenmeyer untuk selanjutnya dipanaskan di atas *hot plate* dan dihomogenkan dengan bantuan *magnetic stirrer*. Media SCA juga disterilisasi dengan *autoclave*.

Pembuatan media untuk pertumbuhan jamur dapat dilakukan dengan merujuk pada Situmorang *et al.*, (2021) yaitu menggunakan *Potato Dextrose Broth (PDB)* sebagai media cair dan *Potato Dextrose Agar (PDA)* sebagai media padat.

b. Peremajaan dan Suspensi Bakteri Uji

Bakteri uji yang digunakan seperti *Stapylococuc aureus* dan *Escherichia coli* (stok bakteri). Selanjutnya dilakukan inokulasi bakteri dengan cara menggoreskan ose secara zigzag pada medium NA yang telah disterilisasi terlebih dahulu dan selanjutnya diinkubasi menggunakan inkubator dengan suhu 37 °C selama 24 jam, selanjutnya ambil sebanyak 1 ose bakteri yang sudah diremajakan kemudian masukan kedalam media NB dan di vortex sampai dengan bakteri homogen (Renaldi *et al.*, 2018). Rozirwan *et al.*, (2021) menggunakan metode *streak plate* dengan cara mengambil koloni bakteri diambil dengan jarum ose dan digoreskan pada media SCA. Metode *streak plate* ini merupakan metode terbaik untuk memisahkan koloni bakteri dari campurannya dan dapat menghasilkan jarak tanam yang baik antar koloni (Sari, 2018).

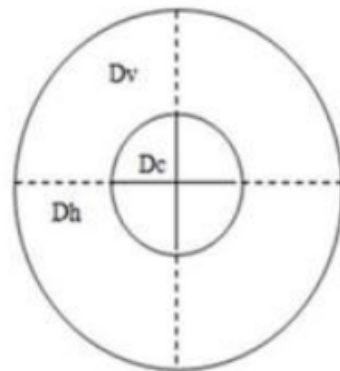
c. BioAssay Antibakteri

Menurut Rozirwan *et al.*, (2016) tahapan dalam proses ini dimulai dengan melakukan inokulasi bakteri uji ke dalam media kemudian teteskan dua - tiga tetes selanjutnya yakni disebar dan diratakan pada permukaan media pertumbuhan. Letakkan *paper disk* di atas media yang sebelumnya telah dicelupkan terlebih dahulu ke dalam ekstrak senyawa bioaktif mangrove sesuai dengan konsentrasi. Kemudian kontrol yang digunakan yakni metanol. Lakukan minimal 3 kali pengulangan. Setelah itu diinkubasi pada suhu 37 °C selama 48 jam. Selanjutnya ukur menggunakan jangka sorong zona bening yang terbentuk.

d. Zona Hambat Bakteri

Zona hambat bakteri didapat dengan cara pengukuran menggunakan jangka sorong. Aktivitas antibakteri dinyatakan positif apabila terbentuk zona hambat berupa zona bening disekeliling kertas cakram (6 mm). Zona bening yang dihasilkan adalah petunjuk kepekaan dari bakteri. Berikut rumus perhitungan zona hambat merujuk pada (Winastri *et al.*, 2020).

Zona hambat merupakan daerah jernih yang terbentuk dan pada daerah tersebut tidak terdapat pertumbuhan bakteri. Zona hambat dari masing-masing sampel dapat diamati setelah 1 x 24 jam (Situmorang *et al.*, 2021).



$$\frac{(\bar{D}_v - D_c) + (D_h - D_c)}{2}$$

Dv : Diameter verikal

Dh : Diameter horizontal

Dc : Diameter cakram/ sumuran

e. Konsentrasi Hambat Minimum (KHM)

Metode difusi bisa juga dipilih dalam penentuan nilai KHM dengan menggunakan kertas cakram dengan diameter 6 mm. Konsentrasi senyawa yang dibuat secara bertingkat (4000 ppm, 2000 ppm, 1000 ppm, 500 ppm dan 250 ppm). Setelah diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37°C diukur diameter zona bening yang terbentuk (Rozirwan *et al.* 2015; Renaldi *et al.*, 2018). Untuk mengklasifikasikan zona hambat masih banyak perdebatan dengan berbagai pertimbangan diantaranya kemurnian sampel, konsentrasi dan zona bening yang terbentuk, namun disini klasifikasi dibuat dalam memberikan gambaran kemampuan suatu potensi senyawa aktif yang terkandung dalam suatu sampel. Kemampuan zona hambat ini dibuat dalam bentuk kategori diameter zona hambat.

105

Tabel 6.1. Kategori diameter zona hambat

Diameter	Kekuatan daya hambat
< 6 mm	Sangat Lemah (<i>very weak</i>)
6-10 mm	Lemah (<i>weak</i>)
10-15 mm	Sedang (<i>moderate</i>)
15-20 mm	Kuat (<i>strong</i>)
> 20 mm	Sangat kuat (<i>very strong</i>)

2. Metoda Analisis Aktivitas Antioksidan

Metode analisa aktivitas antioksidan dapat dilakukan dengan cara peredaman radikal bebas DPPH, ABTS, dan FRAP. Berdasarkan hasil penelitian Maesaroh *et al.*, (2018) yang rujukannya pengujian aktivitas antioksidan dengan tiga metode (DPPH, FRAP, dan FIC) menghasilkan metode yang paling efektif dan efisien yaitu DPPH. Sedangkan metode FIC terbukti paling tidak sensitivitasnya yang sangat rendah dan daya kelatnya lebih kecil dari 20%. Berikut disajikan contoh mekanisme pengujian aktivitas antioksidan pada biota laut (mangrove).

a. Penanganan Sampel dan Proses Maserasi/Ekstraksi

Sampel yang digunakan dalam pengujian aktivitas antioksidan juga melalui proses maserasi dan ekstraksi. Maserasi dilakukan dengan merendam simplisia dan pelarut dengan perbandingan 1:4. Simplisia hasil kering ditimbang kembali lalu diambil sebanyak 250 gr yang kemudian dicampur ke dalam larutan etanol 1 L (2 x 24 jam). Setelah proses maserasi dilanjutkan dengan penyaringan untuk memisahkan filtrat dan residu. Filtrat yang diperoleh selanjutnya dievaporasi dengan *rotary evaporator* dengan suhu 40 °C dan kecepatan 60 rpm dikarenakan di suhu dan kecepatan tersebut mampu menguapkan pelarut dibawah titik didih sehingga zat yang terkandung di dalam pelarut tidak rusak oleh suhu tinggi. Hasil yang diperoleh nantinya berupa ekstrak kasar sampel dalam bentuk pasta (Delta *et al.*, 2021).

Contoh lain juga terdapat pada sampel biota laut kerang darah (*Anadara granosa*) berdasarkan alur penelitian Nanda (2018), sampel kerang yang telah dibersihkan dipisahkan antara cangkang dan dagingnya. Selanjutnya daging kerang dijemur sampai kering dan dihaluskan dengan blender. Proses selanjutnya yaitu maserasi menggunakan pelarut etanol 96% selama 2-3 hari dan sampel disaring untuk dilanjutkan dengan proses ekstraksi dengan evaporator yang menghasilkan ekstrak kasar. Langkah selanjutnya akan dibuat larutan induknya untuk dilakukan pengenceran konsentrasi menggunakan aquades dan sampel

4

b. Uji Potensi Aktivitas Antioksidan

Berdasarkan alur penelitian Delta *et al.*, (2021) larutan stok DPPH disiapkan pada konsentrasi 300 ppm, dengan mempersiapkan beaker glass yang diisi oleh 12 mg DPPH dan 40 ml etanol. Selanjutnya pembuatan larutan stok sampel (300 ppm) dengan mempersiapkan 18 mg ekstrak sampel yang dilarutkan dengan 60 ml etanol, hal yang sama juga pada pembuatan larutan kontrol positif menggunakan asam askorbat. Pengenceran dilakukan pada larutan stok ekstrak sampel (300 ppm) dengan mewakili setiap kategori antioksidan (25, 75, 125, 175, 300 ppm). Pengujian aktivitas antioksidan menggunakan metode DPPH juga memvariasikan larutan campuran antara kontrol sampel, larutan ekstrak sampel kontrol positif, dan blanko. Masing-masing larutan campuran dihomogenkan didalam botol vial yang selanjutnya dimasukkan ke dalam kuvet (v = 4 ml) sebanyak 3.75 ml. Absorbansi diukur pada panjang gelombang 517 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis dengan tiap konsentrasi dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Berikut disajikan contoh larutan campuran.

5

Tabel 6.2. Contoh Larutan campuran.

No	Larutan	Keterangan
1	Ekstrak sampel	3ml sample + 0.75 ml DPPH
2	Control sample	1. 3ml sample + 0.75 ml ethanol
3	Control positif	3ml asam askorbat + 0.75 ml DPPH
4	Blanko DPPH	2. 3ml ethanol + 0.75 ml DPPH

4

Pengukuran antioksidan dilakukan dengan menggunakan metode 1,1 diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) sebagai senyawa radikal bebas stabil yang ditetapkan secara spektrofotometri melalui persen peredaman absorbansi. Peredaman warna ungu merah pada panjang gelombang (λ) 517 nm dikaitkan dengan kemampuan sampel sebagai antiradikal bebas. Nilai absorbansi pada tiap konsentrasi sampel dihitung menggunakan rumus perhitungan persentase inhibisi dan kemampuan suatu ekstrak dalam meredam 50%

radikal DPPH melalui analisis nilai IC50. Analisis dalam pengujian aktivitas antioksidan ini dapat dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Secara kualitatif diamati dengan terjadinya perubahan warna pada suatu ekstrak dari ungu ke kuning setelah ditambahkan larutan DPPH.

Analisis kuantitatif dilakukan dengan cara menghitung % inhibisi yang didapatkan dari nilai absorbansi larutan campuran. Rumus yang dapat digunakan dalam perhitungan persentase inhibisi serapan DPPH sebagai berikut:

$$\% \text{ inhibisi} = \frac{(A-B) \times 100\%}{A} \quad (A-B) \times 100\%$$

Keterangan :

A = Absorbansi larutan DPPH

B = Absorbansi DPPH + ekstrak

Nilai % inhibisi yang didapatkan akan disubsitusikan dalam perhitungan nilai IC50 yang didapat dari persamaan regresi linier berikut :

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

X = Konsentrasi inhibitor (ppm)

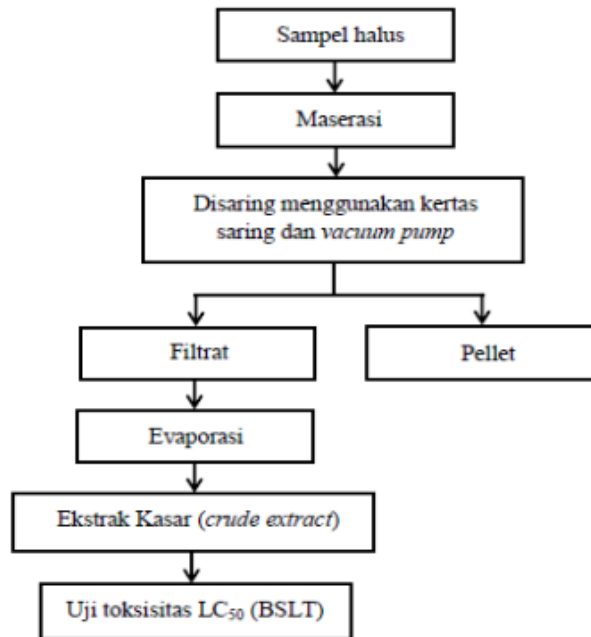
a = Konstanta

Y = 50 (5 pada tabel probit)

b = Koefisien

3. Metoda Analisis Aktivitas Toksisitas

Pengujian aktivitas toksisitas dapat dilakukan dengan metode *Brine Shrimp Lethality Test* salah satunya, BSLT adalah uji toksisitas yang menggunakan hewan uji *Artemia salina*. *Artemia salina* digunakan sebagai alternatif untuk uji toksisitas biologis ekstrak herbal dan tes ini berkorelasi signifikan dengan beberapa model hewan lainnya (Utami dan Ardiyanti, 2019). Berikut beberapa contoh mekanisme pengujian aktivitas toksisitas.



Gambar 6. 25 Contoh alur pengujian aktivitas toksisitas biota laut.

a. Maserasi dan Ekstraksi

Tumbuhan laut yang memiliki aktivitas toksisitas salah satunya yaitu mangrove. Berdasarkan alur penelitian Rozirwan *et al.*, (2022) tahapan pengujian dimulai dengan mempersiapkan daun mangrove 100 gr (berat kering) dihaluskan menggunakan blender dan dimaserasi dengan etil asetat 1: 10 (w/v) selama 24 jam. Maserasi dilakukan ulang sebanyak 4 kali sampai tidak pekat. Selanjutnya pada sampel yang sama, dilanjutkan dengan maserasi menggunakan metanol dengan ketentuan yang sama seperti sebelumnya. Maserasi dipilih sebagai metode ekstraksi karena relatif lebih simple, efektif dan economical (Jones dan Kinghorn, 2012). Sampel kemudian difiltrasi dan dievaporasi pada suhu 60°C. Ekstrak kasar kemudian disimpan pada suhu 4°C.

43

b. Uji toksistas dengan *Brine Shrimp Lethality Test (BSLT)*

Penyiapan Larva A. salina Leach

Penyiapan larva dilakukan dengan mengambil telur *A. salina* Leach sebanyak 1 gram. Penetasan dilakukan menggunakan toples kaca dengan cara merendam telur tersebut dalam air laut sebanyak 100 ml dan diberi

penerangan dengan lampu pijar serta diaerasi selama 48 jam (Deskawati *et al.*, 2014). Metode lain juga disajikan pada penelitian Sarah *et al.*, (2017). Penetasan menggunakan air laut buatan 30 ppt sebanyak 1 liter. Kista sebanyak 5 gram disiapkan. Lampu dan aerasi udara diberikan untuk proses penetasan *A. salina*. Biarkan proses ini selama 2 hari sampai *A. salina* siap digunakan sebagai hewan uji.

Persiapan Larutan Uji

Berdasarkan alur pengujian Rozirwan *et al.*, (2022) persiapan larutan uji dengan menggunakan larutan induk 10000 µg/mL. Larutan ini dihasilkan dari 1 gr ekstrak yang dilarutkan dalam 1 mL DMSO dan ditambahkan dengan aquades hingga 100 mL. Konsentrasi uji terdiri dari 2000, 6000, 500, 250, 100, and 50 µg/mL. Tiap-tiap konsentrasi uji sebanyak 5 mL akan dimasukkan ke dalam vial lalu diisi dengan 10 individu *A. salina*. Berbeda dengan penelitian Pratama (2017) yang melakukan pengujian toksisitas dari ekstrak gastropoda, persiapan larutan uji dimulai dengan tabung vial yang telah diisi sebanyak 10 mL air laut sebagai media, lalu masukkan sebanyak 0,1 gr ekstrak kasar dari Gastropoda. Larutan uji yang disiapkan sebanyak 5 larutan uji dengan masing - masing dilakukan 3 kali pengulangan dengan konsentrasi 2000, 1000, 100, 50 dan 25 ppm, serta dibuat juga larutan kontrol yaitu media air laut. Setiap larutan uji dan 110 tan kontrol dimasukkan 10 ekor larva *A. salina* diinkubasikan di bawah lamp 104 L 15 watt selama 24 jam dan diamati setiap 6 jam sekali. Jumlah larva *A. salina* yang mati dihitung untuk menentukan persentase kematiannya.

c. Perhitungan Persentase Kematian (Mortalitas)

Penentuan persentase nilai mortalitas didapatkan dari hasil analisis data jumlah individu yang diuji dan jumlah individu yang mati setelah 24 jam perlakuan (Siahaya *et.al.*, 37 17).

$$M=(a)/b \times 100\%$$

Keterangan:

M = Kematian larva (Ind)

a = Jumlah larva yang mati (Ind)

b = Jumlah larva yang digunakan (Ind)

Apabila pada kontrol serangga yang mati lebih dari 20% maka akan dilakukan perhitungan mortalitas dengan merujuk pada (Abbott, 1925), rumus sebagai berikut:

$$P = (P_o - P_c) / (100 - P_c) \times 100\%$$

Keterangan:

P = Persentase mortalitas (%)

P_o = Presentasi banyaknya larva karena perlakuan

P_c = Persentase banyaknya larva yang mati pada kontrol

22

Uji toksisitas sampel dapat juga ditentukan dengan melihat besarnya nilai dari LC₅₀ yang dapat mematikan *A. salina* sampai 50 % dan dilakukan perhitungan statistik dengan analisa probit (*probability unit*). Menurut Nurhayati *et al.* (2006), efek toksisitas dianalisis dari pengamatan dengan persen kematian.

$$\% \text{ Kematian larva} = \frac{\text{Jumlah larva yang mati}}{\text{Jumlah larva uji}} \times 100 \%$$

5

Abbott (1925) dalam Meyer *et al.* (1982) mengatakan apabila pada kontrol terdapat larva yang mati, maka % kematian ditentukan dengan rumus :

$$\% \text{ Kematian larva} = \frac{\text{Uji - Kontrol}}{\text{Kontrol}} \times 100 \%$$

Setelah mengetahui % kematian larva *A. salina*, kemudian dicari nilai probit melalui tabel probit dan diregresikan secara linier. Nilai - nilai transformasi persentase terhadap probit menurut Finney (1952) dalam Okomoda *et al.* (2013).

Tabel 6.3 Nilai transformasi persentase terhadap probit

Persentase	Probit									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,5	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72

40	4,75	4,77	4,8	4,82	4,85	4,87	4,9	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,2	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,5
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,41	7,46	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

Kategori nilai % mortalitas dapat dibedakan dalam kategori tidak toksik, toksik sedang dan sangat toksik mengacu pada (De Alencar *et al.*, 2014).

Tabel 6.4 Kategori nilai % mortalitas pada larva uji

% Mortalitas	Kategori
<50	Tidak toksik
50 > 75	Toksik sedang
75 >100	Sangat toksik

d. Nilai LC₅₀

Pendugaan nilai toksisitas hewan uji dapat diukur dengan nilai LC₅₀, yaitu suatu konsentrasi atau dosis yang dapat menyebabkan kematian 50% larva yang diuji. Nilai LC₅₀ analisis menggunakan rumus regresi linier (Harlan, 2018).

$$Y = a + bX$$

Keterangan :

Y = Nilai probit

a = Konsentrasi regresi

b = Slope/kemiringan regresi

X = Logaritma₁₀ konsentrasi uji

Suatu zat dikatakan aktif atau toksik dikategorikan berdasarkan nilai LC₅₀ menjadi toksik kuat, toksik sedang, toksik lemah dan tidak toksik. Kategori toksik mengacu pada klasifikasi toksisitas LC50 (ISO, 1982 dalam Sakul, 2017).

Tabel 6.5 Klasifikasi toksisitas LC₅₀

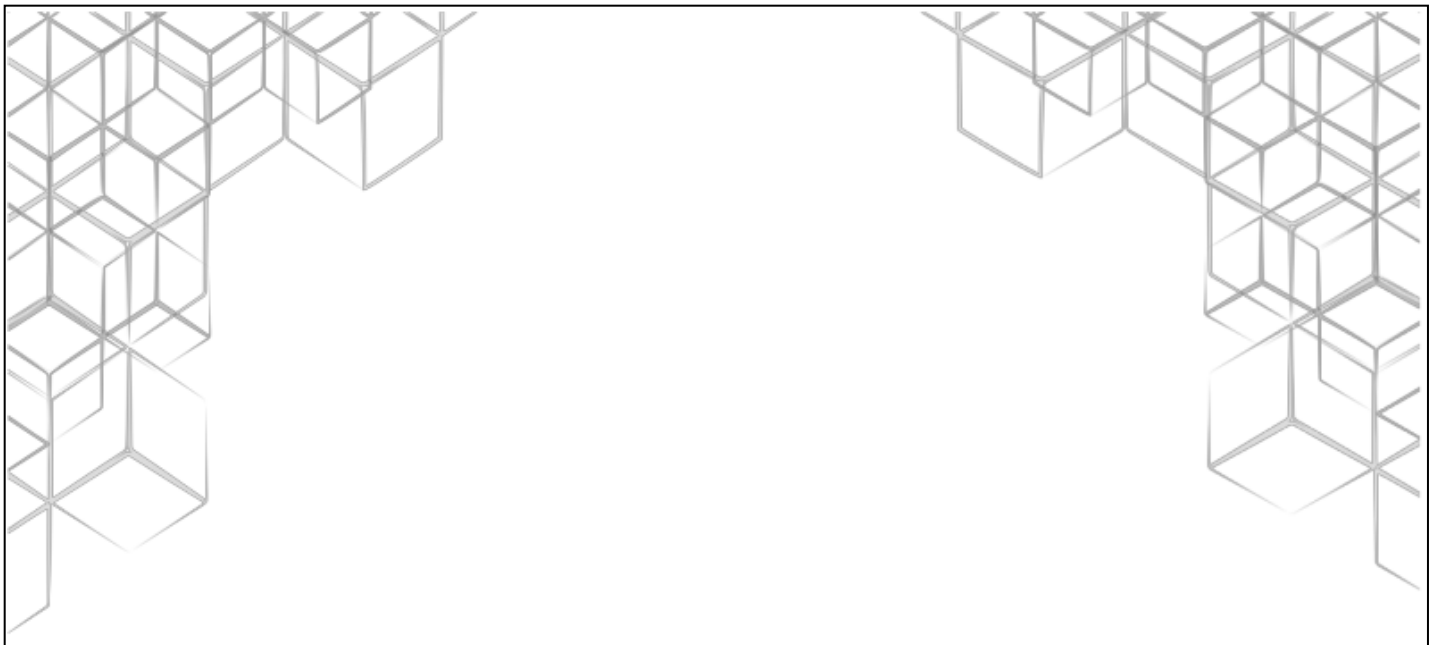
No	Konsentrasi LC ₅₀ (mg/L)	Kategori Toksisitas
1.	<0,1	Beracun Ekstrim
2.	0,1-1	Beracun sangat tinggi
3.	1-10	Beracun tinggi
4.	10-100	Beracun
5.	100-1000	Beracun rendah
6.	1000-10000	Beracun sangat rendah
7.	>10.000	Tidak beracun

22 Kategori toksisitas pada ekstrak biota laut dapat juga ditentukan dengan nilai konsentrasi LC₅₀ yang merujuk pada Meyer et.al., (1982).

79

Tabel 6.6 Nilai dan Kategori Toksisitas

No	Nilai LC ₅₀ (µg/ mL)	Kategori Toksisitas
1	< 1000	Toksik
2	> 1000	Tidak toksik





BAB VII
PRODUK BIOTEKNOLOGI KELAUTAN DI
INDONESIA

7.1 Produk dan Jasa Bioteknologi Kelautan yang Potensial





Produk bioteknologi kelautan saat ini sudah berkembang dalam berbagai bidang seperti, kecantikan, kesehatan, bahkan sampai dengan produk makanan yang tentu memiliki kandungan mineral gizi yang tinggi. Berikut beberapa contoh produk yang dihasilkan dari riset ataupun wirausaha dalam bidang bioteknologi kelautan.

Tabel 7.1. Produk bioteknologi kelautan.

No.	Produk	Keterangan	Sumber
1	<p><i>Seaweed Blackmask</i></p> 	Bahan utama rumput laut yang dijadikan sebagai masker <i>peel off</i> dengan komponen pendukung arang aktif, dan kolagen ikan yang berfungsi untuk membersihkan komedo dan mengangkat sel kulit mati.	https://kkp.go.id/brsdm/biotekkp/galeri/919-produk-olahan-bioteknologi
2	<p><i>Seaweed Super Cream</i></p> 	Krim wajah yang terbuat dari rumput laut yang bisa digunakan siang dan malam, sebagai pelembab, dan nutrisi untuk wajah, menyamarkan flek/noda hitam pada wajah.	https://kkp.go.id/brsdm/biotekkp/galeri/919-produk-olahan-bioteknologi
3	<p><i>Seaweed Hand & Body Lotion</i></p> 	<i>Hand & Body</i> yang terbuat dari rumput laut sebagai komponen utamanya yang bermanfaat sebagai UV protection, menghaluskan, melembabkan, mencerahkan kulit, antioksidan, serta memberikan perlindungan bagi kulit dari radikal bebas.	https://kkp.go.id/brsdm/biotekkp/galeri/919-produk-olahan-bioteknologi

4	<p><i>Seaweed Lip Balm</i></p> 	<p>Pelembab bibir yang terbuat dari rumput laut bermanfaat untuk mencegah bibir kering, pecah-pecah, dan keriput, mengembalikan warna bibir yang kehitaman.</p>	<p>https://kkp.go.id/brsdm/biotekkp/galeri/919-produk-olahan-bioteknologi</p>
5	<p>Sabun Javalgae</p> 	<p>Sabun javalgae terbuat dari kandungan utama alga jenis Chlorella (ganggang hijau) dan collagen yang memiliki manfaat untuk menutrisi dan merawat kesehatan pada kulit.</p>	<p>https://kkp.go.id/brsdm/biotekkp/galeri/919-produk-olahan-bioteknologi</p>
6	<p>Bantani Gel</p> 	<p>Bantani Gel (Antitumor Gel)</p>	<p>https://kkp.go.id/brsdm/biotekkp/galeri/919-produk-olahan-bioteknologi</p>
7.	<p>Decurresan</p> 	<p>Decurresan (Suplemen makanan)</p>	<p>https://kkp.go.id/brsdm/biotekkp/galeri/919-produk-olahan-bioteknologi</p>

8	<p>Masker Spirulina</p> 	<p>Masker spirulina yang terbuat dari biomassa spirulina platensis yang bermanfaat untuk wajah seperti mengencangkan pori-pori ,mencerahkan, menghaluskan, mengangkat sel kulit mati, dan mengatasi jerawat.</p>	<p>Lab. Alga-SLK IPB</p>
9	<p>Biodorant</p> 	<p>Bio-Dorant adalah produk yang berfungsi untuk mengontrol bau badan dan juga mengontrol produksi keringat yang berlebih dalam tubuh. Bio-Dorant terdiri dari komponen campuran tawas, ekstrak mangrove, aquades, dan <i>fragrance oil</i>.</p>	<p>Lab.Bioekologi Kelautan-Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya</p>
10	<p>Bioproz</p> 	<p>Bioproz merupakan sabun cair yang memiliki agen antibakteri dari ekstrak mangrove dan menghasilkan aroma segar.</p>	<p>Lab.Bioekologi Kelautan-Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya</p>
11	<p>Fishbone Scrub</p> 	<p><i>Fishbone scrub</i> merupakan <i>scrub</i> untuk tubuh yang terbuat dari komponen utama tulang ikan, tepung beras, dan <i>fragrance oil</i>. Bermanfaat untuk membantu proses penyembuhan luka, mengangkat sel-sel kulit mati, kualitas kulit elastis & menjaga jaringan agar tidak mudah rusak.</p>	<p>Lab.Bioekologi Kelautan-Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya</p>

12	<p style="text-align: center;">Sanrove</p> 	<p>Sanrove merupakan spray anti nyamuk yang dibuat dari ekstrak daun mangrove dan tambahan bahan aroma terapi dengan kandungan senyawa aktifnya untuk mengusir nyamuk.</p>	<p>Lab.Bioekologi Kelautan-Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya</p>
13	<p style="text-align: center;">Sacrove</p> 	<p>Sacrove (Sabun Cream Mangrove Serba Guna) merupakan produk inovasi yang dikembangkan dari ekstrak mangrove yang mempunyai senyawa bioaktif sebagai antibakteri.</p>	<p>Lab.Bioekologi Kelautan-Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya</p>
14	<p style="text-align: center;">Paspingden</p> 	<p>Paspingden adalah pasta gigi yang terbuat dari limbah cangkang kerang simping yang memiliki kandungan kalsium dan fosfor tinggi bermanfaat untuk menjaga kesehatan gigi dan gusi.</p>	<p>Lab.Bioekologi Kelautan-Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya</p>
15.	<p style="text-align: center;">Cookies Siping</p> 	<p>Cookies Siping adalah cookies yang berbahan dasar dari limbah cangkang kerang simping yang kaya akan sumber mineral kalsium dan fosfor.</p>	<p>Lab.Bioekologi Kelautan-Ilmu Kelautan, FMIPA, Universitas Sriwijaya</p>



BAB VIII KESIMPULAN

Bioteknologi merupakan suatu ilmu yang dapat digunakan dalam penerapan pada beberapa bidang ilmu yang ada. Bioteknologi memiliki ciri utama yaitu gabungan antara hasil agen biologi dengan kemajuan teknologi. Bioteknologi sangat bermanfaat dalam semua bidang, terutama bermanfaat dalam bidang kesehatan melalui perannya sebagai antimikroba dan antioksidan. Senyawa bioaktif yang ada pada suatu biota laut seperti rumput laut, lamun, mangrove, invertebrata laut dapat ditemukan dengan pendekatan ilmu bioteknologi. Hewan, mikroorganisme, dan tumbuhan dapat berperan sebagai agen bioteknologi yang dapat menunjang keberlangsungan hidup manusia. Teknologi dalam bioteknologi menyediakan cara yang sederhana dan juga modern sehingga sangat membantu para peneliti masa kini. Hasil yang dikeluarkan oleh bioteknologi ini dapat berupa sebuah produk yang dimana dalam pelaksanaannya telah menggunakan sistem teknologi modern seperti produk antibiotik, antioksidan, dan antibakteri.

Bioteknologi terbagi menjadi bioteknologi sederhana dan modern, yang masing masing sangat berperan dalam penemuan penemuan senyawa senyawa yang belum ditemukan. Bioteknologi yang masih menggunakan peralatan-peralatan yang sederhana dalam proses pengerjaannya yaitu bioteknologi sederhana contohnya adalah fermentasi. Sedangkan bioteknologi modern adalah teknik yang digunakan dalam proses pelaksanaannya sudah menggunakan prosedur yang canggih bioteknologi contohnya adalah kultur jaringan, rekayasa genetik, dan *polymerase chain reaction* (PCR) secara unggul dapat menciptakan temuan produk baru. Hal ini telah menggambarkan secara prospektif bahwa bioteknologi dapat berperan dalam berbagai macam bidang baik itu bidang pangan, kesehatan, kelautan, pertanian, dan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1925. A Method of Computing the Effectiveness of an Insecticide. *J. Econ. Entomol.*, 18(2): 265–267. <https://doi.org/10.1093/JEE/18.2.265A>
- Achmad, M. J., Isnansetyo, A., Kasanah, N., Ustadi, U., & Kamiso, K. 2014. Immunostimulatory Effect Of Fatty Acid From Star Fish (*Acanthaster planci*) On Lymphocyte Proliferation In-Vitro. *Squalene Bull. Mar. Fish. Postharvest Biol Technol.*, 9(3): 107–114. <https://doi.org/10.15578/SQUALEN.V9I3.109>
- Ali, A., Dini, I., Darminto, D., Hartati, H., & Rante, H. 2018. The Bioactive Compounds of *Avicennia* sp Stem Extract Improved the Viability of Fish Challenged with *Aeromonas hydrophila* (Senyawa Bioaktif Ekstrak Batang *Avicennia* Sp Meningkatkan Viabilitas Ikan Yang Ditantang Dengan *Aeromonas hydrophila*). *J. Vet.*, 19(3): 321–328. <https://doi.org/10.19087/jveteriner.2018.19.321>
- Almaniar, S., Rozirwan, & Herpandi. 2021. Abundance and diversity of macrobenthos at Tanjung Api-Api waters, South Sumatra, Indonesia 1. *AACL Bioflux*, 14(3): <http://www.bioflux.com.ro/aacl>
- Anggraini Wulandari, D. 2021. Komponen Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Kerang Balelo (*Conomurex* sp.) : *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, 24(1): 11–19. <https://doi.org/10.17844/JPHPI.V24I1.33024>
- Anggraini, M., Swantara, I. M. D., & Sukadana, I. M. 2021. Toksisitas Ekstrak Dan Isolat Rumput Laut *Euclima spinosum*. *CAKRA Kim. (Indonesian E-Journal Appl. Chem.*, 9(1): <https://ojs.unud.ac.id/index.php/cakra/article/view/76776>
- Aulia, U. N. 2011. *Eksplorasi Potensi Dan Fungsi Senyawa Bioaktif Ascidian Didemnum Molle Sebagai Antifouling*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/53893>
- Bykova, N., LoDuca, S. T., Ye, Q., Marusin, V., Grazhdankin, D., & Xiao, S. 2020. Seaweeds through time: Morphological and ecological analysis of Proterozoic and early Paleozoic benthic macroalgae. *Precambrian Res.*, 350: <https://doi.org/10.1016/j.PRECAMRES.2020.105875>

- Charan, R. D., Schlingmann, G., Janso, J., Bernan, V., Feng, X., & Carter, G. T. 2004. Diazepinomicin, a new antimicrobial alkaloid from a marine *Micromonospora* sp. *J. Nat. Prod.*, 67(8): 1431–1433. <https://doi.org/10.1021/NP040042R>
- Cinner, J. E., Pratchett, M. S., Graham, N. A. J., Messmer, V., Fuentes, M. M. P. B., Ainsworth, T., Ban, N., Bay, L. K., Blythe, J., Dissard, D., Dunn, S., Evans, L., Fabinyi, M., Fidelman, P., Figueiredo, J., Frisch, A. J., Fulton, C. J., Hicks, C. C., Lukoschek, V., ... Williamson, D. H. 2015. A framework for understanding climate change impacts on coral reef social-ecological systems. *Reg. Environ. Chang.* 2015 164, 16(4): 1133–1146. <https://doi.org/10.1007/S10113-015-0832-Z>
- De Alencar, D. B., Da Silva, S. R., Pires-Cavalcante, K. M. S., De Lima, R. L., Pereira, F. N., De Sousa, M. B., Viana, F. A., Nagano, C. S., Do Nascimento, K. S., Cavada, B. S., Sampaio, A. H., & Saker-Sampaio, S. 2014. Antioxidant potential and cytotoxic activity of two red seaweed species, *Amansia multifida* and *Meristiella echinocarpa*, from the coast of Northeastern Brazil. *An. Acad. Bras. Cienc.*, 86(1): 251–263. <https://doi.org/10.1590/0001-37652014116312>
- Delta, M., Muhammad Hendri, dan, Jurusan Ilmu Kelautan, M., Sriwijaya, U., & Ilmu Kelautan, J. 2021. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Dan Kulit Batang Mangrove *Sonneratia alba* Di Tanjung Carat, Kabupaten Banyuasin, Provinsi Sumatera Selatan. *Maspri J. Mar. Sci. Res.*, 13(2): 129–144. <https://doi.org/10.56064/MASPARI.V13I2.14577>
- Deskawati, E., Purwaningsih, S., & Purwantiningsih. 2014. Karakterisasi Dan Uji Toksisitas Ikan Buntal Dari Perairan Pameungpeuk, Jawa Barat. *J. Ilmu Dan Teknologi. Kelaut. Trop.*, 6(1): 101–107.
- Dewiningsih, K., Widowati, I., & Setyati, W. A. 2017. SKRINING AKTIVITAS ANTIBAKTERI PADA EKSTRAK METANOL JARINGAN LUNAK KERANG DARAH (*Anadara granosa*) TERHADAP BAKTERI *Vibrio harveyi*. *J. ENGGANO*, 2(2): 229–238. <https://doi.org/10.31186/JENGGANO.2.2.229-238>
- Dhayanithi, N. B., Kumar, T. T. A., Murthy, R. G., & Kathiresan, K. 2012. Isolation of antibacterials from the mangrove, *Avicennia marina* and their activity against multi drug resistant *Staphylococcus aureus*. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 2(3 SUPPL.):

- [https://doi.org/10.1016/S2221-1691\(12\)60516-4](https://doi.org/10.1016/S2221-1691(12)60516-4)
- Diachanty, S., Nurjanah, N., & Abdullah, A. 2017. Antioxidant Activities of Various Brown Seaweeds from Seribu Islands. 20(2): 305. <https://doi.org/10.17844/JPHPI.V20I2.18013>
- Eriani, E., Effendi, I., & Dessy Yoswaty, dan. 2019. Effectivity Of Extract Leaf, Fruit, Root Mangrove *Avecennia marina* on *Aedes aegypti*. *Asian J. Aquat. Sci.*, 2(3): 206–213. <https://doi.org/10.31258/AJOAS.2.3.206-213>
- Eunike Novia Pronoto, Widodo Farid Ma'ruf, D. P. 2012. Kajian Aktivitas Bioaktif Ekstrak Teripang Pasir (*Holothuria scabra*) Terhadap Jamur *Candida albicans* Eunike Noviana Pranoto, Widodo Farid Ma'ruf *) , Delianis Pringgenies *). *J. Pengolah. Dan Bioteknol. Has. Perikan.*, 1(1): 1–8. <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>
- Fabiani, V. A., Wahyuni, N., Brilliantoro, R., & Safitri, M. N. 2018. Sintesis Dan Karakterisasi Silika Gel Dari Limbah Kaca Serta Aplikasinya Pada Kromatografi Kolom. *Indones. J. Pure Appl. Chem.*, 1(1): 10–16. <https://doi.org/10.26418/INDONESIAN.V1I1.26038>
- Farhoosh, R., Golmovahhed, G. A., & Khodaparast, M. H. H. 2007. Antioxidant activity of various extracts of old tea leaves and black tea wastes (*Camellia sinensis L.*). *Food Chem.*, 100(1): 231–236. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2005.09.046>
- Faridah, H. D., & Sari, S. K. 2019. Utilization of Microorganism on the Development of Halal Food Based on Biotechnology. *J. Halal Prod. Res.*, 2(1): 33. <https://doi.org/10.20473/jhpr.vol.2-issue.1.33-43>
- Farouk, A. E. A., Ghouse, F. A. H., & Ridzwan, B. H. 2007. New Bacterial Species Isolated from Malaysian Sea Cucumbers with Optimized Secreted Antibacterial Activity. *Am. J. Biochem. Biotechnol.*, 3(2): 60–65. <https://doi.org/10.3844/AJBBS.2007.60.65>
- Flatt, T., Tu, M. P., & Tatar, M. 2005. Hormonal pleiotropy and the juvenile hormone regulation of *Drosophila* development and life history. *Bioessays*, 27(10): 999–1010. <https://doi.org/10.1002/BIES.20290>
- Gazali, M., Zamani, N. P., Studi Ilmu Kelautan, P., dan Ilmu Kelautan Universitas Teuku Umar, F., Hasil Perairan, D., Perikanan dan Ilmu Kelautan, F., Pertanian Bogor Institut Pertanian Bogor, I.,

- Ilmu dan Teknologi Kelautan, D., Pertanian Bogor Jalan Alue Peunyareng, I., & Barat, A. 2018. Eksplorasi Senyawa Bioaktif Alga Coklat *Sargassum sp.* Agardh sebagai Antioksidan dari Pesisir Barat Aceh. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, 21(1): 167-178. <https://doi.org/10.17844/JPHPI.V21I1.21543>
- Giyanto, Abrar, M., Hadi, T. A., Budiyo, A., Hafizt, M., Salatalohy, A., & Iswari, M. Y. 2017. *Status terumbu karang di Indonesia 2017*. Pusat Penelitian Oseanografi - Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Guan, Y., Hohn, S., & Merico, A. 2015. Suitable Environmental Ranges for Potential Coral Reef Habitats in the Tropical Ocean. *PLoS One*, 10(6): e0128831. <https://doi.org/10.1371/JOURN.AL.PO.NE.0128831>
- Gustavina, N. L. G. W. B., Dharma, I. G. B. S., & Faiqoh, E. 2017. Identifikasi Kandungan Senyawa Fitokimia Pada Daun dan Akar Lamun di Pantai Samuh Bali. *J. Mar. Aquat. Sci.*, 4(2): 271-277. <https://doi.org/10.24843/JMAS.2018.V4.I02.271-277>
- Gustiana, T., Gustiana, T., Rozirwan, R., & Ulqodry, T. Z. 2021. Actinomycetes yang diisolat dari mangrove *Rhizophora apiculata* di perairan Tanjung Api-api, Sumatera Selatan. *J. Penelit. Sains*, 23(3): 140-149. <https://doi.org/10.56064/jps.v23i3.662>
- Hanani, E., Munim, A., Sekarini, R., Hanani, E., Munim, A., & Sekarini, R. 2012. Identifikasi Senyawa Antioksidan Dalam Spons *Callyspongia sp* Dari Kepulauan Seribu. *Pharm. Sci. Res.*, 2(3): 127-133. <https://doi.org/10.7454/PSR.V2I3.3389>
- Haque, M. E., Islam, M. N., Rahman, M. H., & Mohamad, A. U. 2007. Antimicrobial and Cytotoxic Activities of the Crude Extracts and Isolated Compounds of *Xylocarpus mollucensis*. *Dhaka Univ. J. Pharm. Sci.*, 6(2): 109-112. <https://doi.org/10.3329/DUJPS.V6I2.685>
- Harlan, J. 2018. Analisis Regresi Linear. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Hasanah, M., Maharani, B., Munarsih, E., Tinggi Ilmu Farmasi Bhakti Pertiwi, S., & Selatan, S. 2017. Daya Antioksidan Ekstrak dan Fraksi Daun Kopi Robusta (*Coffea Robusta*) Terhadap Pereaksi DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). *Indones. J. Pharm. Sci. Technol.*, 4(2): 424-9. <https://doi.org/10.15416/IJPST.V4I2.10456>

- Hawser, S. P., & Douglas, L. J. 1995. Resistance of *Candida albicans* biofilms to antifungal agents in vitro. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 39(9): 2128–2131. <https://doi.org/10.1128/AAC.39.9.2128>
- Hendri, M., Rozirwan, R., & Apri, R. 2017. Optimization of Cultivated Seaweed Land *Gracilaria sp* Using Vertikultur System. *Int. J. Mar. Sci.*, 7(43): <https://doi.org/10.5376/IJMS.2017.07.0043>
- Hendri, M., Rozirwan, R., Apri, R., & Handayani, Y. 2018. *Gracilaria sp* Seaweed Cultivation with Net Floating Method in Traditional Shrimp Pond in the Dungun River of Marga Sungsang Village of Banyuasin District, South Sumatera. *Int. J. Mar. Sci.*, 8 (1): <https://doi.org/10.5376/IJMS.2018.08.0001>
- Hendri. M, Elsy Puspitasari, R. 2018. Uji Toksisitas Dengan Menggunakan Metode Brine Shrimp Lethality Test (Bslt) Pada Ekstrak Mangrove (*Avicennia Marina, Rhizophora Mucronata, Sonneratia Alba dan Xylocarpus Granatum*) Yang Berasal Dari Banyuasin, Sumatera Selatan. *J. Biol. Trop.*, 18(1): 91–103. <https://doi.org/10.29303/JBT.V18I1.733>
- Hermanus Nawaly, Susanto, A., Uktolseja, J. LA, Pascasarjana Magister Biologi, P., Kristen Satya Wacana, U., Perikanan dan Ilmu Kelautan, F., Diponegoro, U., & Biologi, F. 2013. Aplikasi Antioksidan Dari Rumput Laut. *Proceeding Biol. Educ. Conf. Biol. Sci. Environmental, Learn.*, 10(1):. <https://jurnal.uns.ac.id/prosbi/article/view/6476>
- Idiawati, N., Sofiana, M. S. J., & Rousdy, D. W. 2017. Potensi Antibakteri dari Bakteri Berasosiasi *Thalassia hemprichii* dari Perairan Lemukutan. *Bul. Oseanografi Mar.*, 6(2): 130–133. <https://doi.org/10.14710/BULOMA.V6I2.16190>
- Jones, W. P., & Kinghorn, A. D. 2012. *Extraction of Plant Secondary Metabolites BT - Natural Products Isolation* (S. D. Sarker & L. Nahar (eds.); pp. 341–366). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-624-1_13
- Julianto TS. 2019. Fitokimia tinjauan metabolit sekunder dan skrining fitokimi. Jakarta : universitas Islam Indonesia. Hal.7-15
- Kalija, T. A., Warsidah, W., & Prayitno, D. I. 2020. Komponen Bioaktif dan Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kerang Ale-Ale (*Meretrix Sp.*) Terfermentasi. *J. Laut Khatulistiwa*, 3(1): 10–13. <https://doi.org/10.26418/LKUNTAN.V3I1.35527>

- Kalsum, U., Hafizah, I., Aritrina, P., & Sulastrianah, S. 2020. Uji Aktivitas Antioksidan Hidrolisat Protein Kerang Pasir (*Semele cordiformis*) dengan Metode DPPH (Antioxidant Activity of Protein Hydrolysate from *Semele cordiformis* Using DPPH Methode). *MEDULA (JURNAL Ilm. Fak. Kedokt. Univ. HALU OLEO)*, 7(2): <https://doi.org/10.46496/MEDULA.V7I2.11969>
- Khaira, K. 2016. Menangkal Radikal Bebas Dengan Antioksidan. *Sainstek J. Sains Dan Teknol.*, 2(2): 183–187. <https://doi.org/10.31958/JS.V2I2.28>
- Kim S, Cheng T, He S, Thiessen PA, Li Q, Gindulyte A, Bolton EE. 2022. PubChem Protein, Gene, Pathway, and Taxonomy Data Collections: Bridging Biology and Chemistry through Target-Centric Views of PubChem Data. *J. Mol. Biol.*, 434(11): 167514. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2022.167514>
- Lavilla-Pitogo, C. R., Baticados, M. C. L., Cruz-Lacierda, E. R., & de la Pena, L. D. 1990. Occurrence of luminous bacterial disease of *Penaeus monodon* larvae in the Philippines. 91(1-2): 1–13. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(90\)90173-K](https://doi.org/10.1016/0044-8486(90)90173-K)
- Leksono, W. B., Pramesti, R., Santosa, G. W., & Setyati, W. A. 2018. Jenis Pelarut Metanol Dan N-Heksana Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut *Gelidium sp.* Dari Pantai Drini Gunungkidul – Yogyakarta. *J. Kelaut. Trop.*, 21(1): 9. <https://doi.org/10.14710/jkt.v21i1.2236>
- Litaay Magdakena, Christine Grace, Budji Risco G, & Dwyana Zaraswati. 2015. Bioaktivitas Symbion Tunikata *Polycarpa aurata* Sebagai Antimikroba - PDF Free Download. *Semin. Nas. Biol. Ke XXIII PBI, Jayapura.* <https://docplayer.info/67296472-Bioaktivitas-symbion-tunikata-polycarpa-aurata-sebagai-antimikroba.html>
- Lubis, D. O., Hendri, M., & Rozirwan. 2020. The Potential of Bioactive Compounds of *Halimeda micronesica* and *Halimeda macroloba* Species of Seaweeds, Obtained from Maspari Island, South Sumatra to Express Antioxidant Activities, and The Phytochemical Screening of Their Active Extracts. *Int. J. Mar. Sci.*, 10 (6): 1–7.
- Luthiyana, N., Nurjanah, Nurilmala, M., Anwar, E., & Taufik. 2016. Ratio of Seaweed Porridge *Eucheuma cottonii* and *Sargassum sp.* as a Sunscreen Cream Formula. 19(3): <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jphpi/article/view/15126>

/11112

- Maciej Serda, Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, ... ح, فاطمی. 2012. Aktivitas Antijamur Senyawa Bioaktif Ekstrak *Gelidium latifolium* Terhadap *Candida albicans*. *J. Pengolah. Dan Bioteknol. Has. Perikan.*, 1(1): 26-33. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
- Maesaroh, K., Kurnia, D., & Anshori, J. Al. 2018. Perbandingan Metode Uji Aktivitas Antioksidan DPPH, FRAP dan FIC Terhadap Asam Askorbat, Asam Galat dan Kuersetin. *Chim. Nat. Acta*, 6(2): 93-100. <https://doi.org/10.24198/CNA.V6.N2.19049>
- Malik, A., Ahmad, R., & Najib, A. 2018. Pengujian Aktivitas Antioksidan Ekstrak Terpurifikasi Daun Teh Hijau Dan Jati Belanda. *J. Fitofarmaka Indonesia.*, 4(2):.
- Malik, A., Nugroho, A. E., & Pramono, S. 2013. Total phenolic and flavonoid contents, and in vitro antihypertensive activity of purified extract of Indonesian cashew leaves (*Anacardium occidentale* L.). *Int. Food Res. J.*, 20 (1): 299-305. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=MY2021000952>
- Malo, A., Saloso, Y., & Sunadji, S. 2018. Kandungan Senyawa Aktif Makroalga Yang Diambil Di Perairan Pantai Arubara Kabupaten Ende. *J. Aquat.*, 1(1): 91-97. <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jaqu/article/view/2442>
- Manilal, A., Sujith, S., Kiran, G., Selvin, J., Biochem, C. S.-J. B., & 2009, undefined. 2009. Biopotentials of mangroves collected from the southwest coast of India. 4(1): 59-65.
- Manoppo, E. 2017. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Teripang *Holothuria Edulis* Yang Diperoleh Dari Teluk Manado. 6(4):. <https://doi.org/10.35799/PHA.6.2017.17717>
- Mardiansyah, M., & Bahri, S. 2016. Potensi Tumbuhan Mangrove Sebagai Obat Alami Antimikroba Patogen. *Sainstech Farma J. Ilmu Kefarmasian*, 9(1):. <https://doi.org/10.37277/SFJ.V9I1.88>
- Masruroh, C. A., Widyarti, D. S., Molekuler, L. B., Seluler, D., Biologi, J., & Brawijaya, U. 2013. Uji Kemampuan Antioksidan Ekstrak Etanol dan Kloroform Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*

- melalui Penghambatan Peroksidasi Lipid Homogenat Hepar Mencit (*Mus musculus*). *Biotropika J. Trop. Biol.*, 1(6): 252–256. <https://biotropika.ub.ac.id/index.php/biotropika/article/view/186>
- Melki, Soedharma, D., Effendi, H., & Mustopa, A. Z. 2011. Biopotensi Tumbuhan Mangrove untuk Pencegahan Penyakit Vibriosis pada Udang Windu. *Maspri J. Mar. Sci. Res.*, 2(1): 39–47. <https://doi.org/10.56064/MASPARI.V2I1.1146>
- Meyer BN, Ferrigni NR, Putnam JE, Jacobsen LB, Nichols Dj, McLaughlin JL. 1982. Brine shrimp: A convenient general bioassay for active plant constituents. *Planta medica.* (45): 31–34
- Molyneux, P. 2004. The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakar J. Sci. Technol*, 26 (2):
- Mukhlis, D. K., Rozirwan, R., & Hendri, M. 2018. Isolasi Dan Aktivitas Antibakteri Jamur Endofit Pada Mangrove *Rhizophora apiculata* Dari Kawasan Mangrove Tanjung Api-Api Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Maspri J. Mar. Sci. Res.*, 10(2): 151–160. <https://doi.org/10.56064/MASPARI.V10I2.5899>
- Murningsih, T. 2010. Aktivitas Antioksidan Dan Analisis Kimia Ekstrak Daun Jungrahab (*Baekkea Frutescens L.*). *Ber. Biol.*, 10(1): 129–134. <https://doi.org/10.14203/BERITABILOGI.V10I1.2060>
- Mutiawati, V. K. 2016. Pemeriksaan Mikrobiologi Pada *Candida albicans*. *J. Kedokt. Syiah Kuala*, 16(1): 53–63. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JKS/article/view/5013>
- Ngantung, A., Bara, R., & Sumilat, D. 2017. Uji Aktivitas Antibakteri dari Spons *Dictyonella funicularis* dan *Phyllospongia lamellosa* yang Diambil pada Perairan Bunaken. *J. Pesisir Dan Laut Trop.*, 4(2): 10–16. <https://doi.org/10.35800/JPLT.4.2.2016.13035>
- Nome, W., Salosso, Y., & Eoh, C. B. 2019. Analisis Metabolit Sekunder Dan Kandungan Nutrisi Dari Makroalga Hijau (*Chlorophyceae*) Di Perairan Teluk Kupang. *J. Aquat.*, 2(1): 100–112. <https://ejurnal.undana.ac.id/index.php/jaqu/article/view/2526>
- Nur, R. M., Mu'nisa, A., & Hala, Y. 2019. Skrining Fitokimia Ekstrak Metanol Karang Lunak *Lobophytum* sp. 20(1):. <https://doi.org/10.35580/BIONATURE.V20I1.9761>

- Nurafni, N., & Nur, R. M. 2019. Identifikasi Senyawa Bioaktif Jenis-Jenis Lamun Di Perairan Pulau Morotai. *Semin. Nas. Biol. Kepul.*, 1(0):<https://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/semnasbio/article/view/1037>
- Nurjanah, N., Izzati, L., & Abdullah, A. 2012. Aktivitas Antioksidan dan Komponen Bioaktif Kerang Pisau (*Solen spp.*). *ILMU Kelaut. Indones. J. Mar. Sci.*, 16(3): 119–124. <https://doi.org/10.14710/IK.IJMS.16.3.119-124>
- Okomoda VT, Solomon SG, Ataguba GA, Ayuba VO, Asuwaju PF. 2013. Acute toxicity test in aquaculture : A review. *Banat's Journal of Biotechnology.* 4(8): 59
- Pham, C. D., Weber, H., Hartmann, R., Wray, V., Lin, W., Lai, D., & Proksch, P. 2013. New cytotoxic 1,2,4-thiadiazole alkaloids from the ascidian *Polycarpa aurata*. *Org. Lett.*, 15(9): 2230–2233. <https://doi.org/10.1021/OL400791N>
- Pratama, D., Pratama, D. A., Rozirwan, R., & Hendri, M. 2021. Toxicity test of gastropoda extracts of *Littorina scabra* and *Terebralia sulcata* from Payung Island, Musi River Estuary, South Sumatra. *J. Penelit. Sains*, 23(3): 110–116. <https://doi.org/10.56064/jps.v23i3.660>
- Purnama, R., . melki, Putri, W. A. E., & . R. 2011. Potensi Ekstrak Rumput Laut *Halimeda renchii* dan *Eucheuma cottonii* Sebagai Antibakteri *Vibrio sp.* *Maspari J. Mar. Sci. Res.*, 2(1): 82–88. <https://doi.org/10.56064/MASPARI.V2I1.1290>
- Puspasari, A. R., Dewi, E. N., & Rianingsih, L. 2017. Aplikasi Antioksidan dari Ekstrak Lamun (*Cymodocea rotundata*) pada Minyak Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis*). 37(2): 115–120. <https://doi.org/10.22146/AGRITECH.25324>
- Puspayanti, N. M., Tellu, H. A. T., & Suleman, S. M. 2013. Jenis-Jenis Tumbuhan Mangrove di Desa Lebo Kecamatan Parigi Kabupaten Parigi Moutong dan Pengembangannya sebagai Media Pembelajaran. *E-JIP BIOL*, 1(1):. <http://jurnal.untad.ac.id/jurnal/index.php/EBiol/article/view/2682>
- Puspitasari, D. 2018. Pengaruh Metode Perebusan Terhadap Uji Fitokimia Daun Mangrove *Excoecaria Agallocha*. 3(2):.
- Radhika, P. 2006. Chemical constituents and biological activities of the soft corals of genus *Cladiella*: A review. *Biochem. Syst. Ecol.*, 34(11): 781–789. <https://doi.org/10.1016/J.BSE.2006.05.011>

- Radjasa, O. K., & Limantara, L. 2007. *Mikroorganisme yang Berasosiasi dengan Sponge: Potensinya Sebagai Sumber Biopigmen dan Upaya Budidayanya*. 8: 121–133.
- Rahayu, S., Rahayu, S., Rozirwan, R., & Purwiyanto, A. I. S. 2019. Daya Hambat Senyawa Bioaktif Pada Mangrove *Rhizophora sp.* Sebagai Antibakteri Dari Perairan Tanjung Api-Api, Sumatera Selatan. *J. Penelit. Sains*, 21(3): 151–162. <https://doi.org/10.56064/jps.v21i3.544>
- Rahman, A. 2014. Isolasi, Identifikasi Dan Uji Bioaktivitas Metabolit Sekunder Ekstrak Kloroform Spons Petrosia Alfiani Dari Kepulauan Barrang Lompo [Universitas Hassanudin]. http://digilib.unhas.ac.id/uploaded_files/temporary/DigitalCollection/YjA4MDQwZTg0NjQ0NjQ5NzQ5MzUyOTM3NDgzNzI1MmFIY2FkMjdiMw==.pdf
- Rahmania, N., Herpandi, H., & Rozirwan, R. 2018. Phytochemical Test Of Mangrove *Avicennia alba*, *Rhizophora apiculata* and *Sonneratia alba* From Musi River Estuary, South Sumatera. *Biovalentia Biol. Res. J.*, 4(2): 8–15. <https://doi.org/10.24233/BIOV.4.2.2018.116>
- Raja, R., Hemaiswarya, S., Arunkumar, K., & Carvalho, I. S. 2015. Antioxidant activity and lipid profile of three seaweeds of Faro, Portugal. *Brazilian J. Bot.* 2015 391, 39(1): 9–17. <https://doi.org/10.1007/S40415-015-0200-8>
- Ramona Putri, R., Agustriani Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya, F., & Sumatera Selatan, I. 2019. Isolasi Dan Identifikasi Jamur Symbion Pada Karang Lunak *Sinularia polydactyla* Di Perairan Pulau Tegal Dengan Menggunakan Media Yang Berbeda. *J. Penelit. Sains*, 21(1): 9–20. <https://doi.org/10.56064/jps.v21i1.526>
- Rany Dwimayasanti, O. 2018. Rumput Laut: Antioksidan Alami Penangkal Radikal Bebas. 43(2): 13–23. <https://doi.org/10.14203/OSEANA.2018.VOL.43NO.2.17>
- Rawung, S., Tilaar, F. F., & Rondonuwu, A. B. 2018. The Inventory of Seagrasses in Marine Field Station of Faculty of Fisheries and Marine Science in Sub District of East Likupang District North Minahasa. *J. Ilm. PLATAX*, 6(2): 38–45. <https://doi.org/10.35800/JIP.6.2.2018.20619>
- Rayner, G., Blackburn, J., Edward, K. leigh, Stephenson, J., & Ousey, K.

2019. Emergency department nurse's attitudes towards patients who self-harm: A meta-analysis. *Int. J. Ment. Health Nurs.*, 28(1): 40–53. <https://doi.org/10.1111/INM.12550>
- Renaldi, Rozirwan, & Ulqodry, T. 2018. Bioaktivitas Senyawa Bioaktif Pada Mangrove *Avicennia Marina* Dan *Bruguiera Gymnorrhiza* Sebagai Antibakteri Yang Diambil Dari Pulau Payung Dan Tanjung Api-Api. *Maspari J. Mar. Sci. Res.*, 10(1): 73–80. <https://doi.org/10.36706/maspari.v10i1.5788>
- Rimbi Anggraini, R., Hendri, M., & Rozirwan, dan. 2018. POTENSI LARUTAN BUBUK DAUN MANGROVE *Bruguiera gymnorrhiza* SEBAGAI PENGAWET ALAMI. *Maspari J. Mar. Sci. Res.*, 10(1): 51–62. <https://doi.org/10.56064/MASPARI.V10I1.5786>
- Risman Dika, D. 2020. PERANCANGAN ALAT PENYULINGAN MINYAK NILAM KONDENSOR DAN SEPARATOR. *J. Tek. Mesin*, 09(1):.
- Rohmatussolihat, R. 2015. Antioksidan, Penyelamat Sel-sel Tubuh Manusia. 4(1): 5–9. <https://terbitan.biotek.lipi.go.id/index.php/biotrends/article/view/18>
- Rompas, S. A. T., Wewengkang, D. S., & Mpila, D. A. 2022. UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI ORGANISME LAUT *Tunikata Polycarpa aurata* TERHADAP BAKTERI *Escherichia coli* DAN *Staphylococcus aureus*. 11(1): 1271–1278. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/pharmacon/article/view/39137>
- Rozirwan, & Usup, G. 2010. Studi ketoksikan dinoflagelata spesies *Prorocentrum minimum* (Dinophyceae) Schiller (Pavillard). *Maspari J. Mar. Sci. Res.*, 1(1): 11–15. <https://doi.org/10.56064/MASPARI.V1I1.1030>
- Rozirwan, Bengen DG, Effendi H, Chaidir. 2014. The differences of soft corals spatial distributions between sheltered and exposed sites at Pongok Island in South of Bangka and Tegal Island in Lampung Bay, Indonesia. *International journal of marine Science* Vol. 4(65) : 1-7
- Rozirwan, Bengen, D. G., Chaidir, ., Zamani, N. P., & Effendi, H. 2016. Bacterial Symbiont Bioactive Compound Of Soft Coral *Sinularia flexibilis* and *S. polydactyla*. *J. Ilmu Dan Teknol. Kelaut. Trop.*, 7(2):. <https://doi.org/10.29244/JITKT.V7I2.10994>
- Rozirwan, Fauziyah, F., Nugroho, R. Y., Melki, M., Ulqodry, T. Z., Agustriani, F., Ningsih, E. N., Ayu, W., Putri, E., Absori, A., &

- Iqbal, M. 2022. An Ecological Assessment Of Crab's Diversity Among Habitats Of Migratory Birds At Berbak-Sembilang National Park Indonesia. *Int. J. Conserv. Sci.*, 13 (3): www.ijcs.ro
- Rozirwan, Fauziah, Wulandari, P. I., Nugroho, R. Y., Agutriani, F., Agussalim, A., Supriyadi, F., & Iskandar, I. 2022. Assessment distribution of the phytoplankton community structure at the fishing ground, Banyuasin estuary, Indonesia. *Acta Ecol. Sin.*, <https://doi.org/10.1016/J.CHNAES.2022.02.006>
- Rozirwan, G Bengen, D., P, N. Z., Effendi, H., & . C. 2014. The differences of soft coral spatial distributions between sheltered and exposed sites at Pongok Island in South of Bangka and Tegal Island in Lampung Bay , Indonesia. *Int. J. Mar. Sci.*, 4 (56): <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/79941>
- Rozirwan, Iskandar, I., Hendri, M., Apri, R., & Azhar, N. 2018. Antibacterial Activity As Inhibitors Pathogen Bacterial On Pond Shrimp Of Extract Marine Biota Collected From Maspari Island, South Sumatera, Indonesia. *J. Ilmu Dan Teknol. Kelaut. Trop.*, 10(3): 617-627. <https://doi.org/10.29244/JITKT.V10I3.22997>
- Rozirwan, Muda, H. I., & Ulqodry, T. Z. 2020. Short communication: Antibacterial potential of actinomycetes isolated from mangrove sediment in Tanjung api-api, South Sumatra, Indonesia. 21(12): 5723-5728. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211232>
- Rozirwan, Nugroho, R. Y., Hendri, M., Fauziah, Putri, W. A. E., & Agussalim, A. 2022. Phytochemical profile and toxicity of extracts from the leaf of *Avicennia marina (Forssk.) Vierh.* collected in mangrove areas affected by port activities. *South African J. Bot.*, 150: 903-919. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2022.08.037>
- Rozirwan, Sugeha, H. Y., Fitriya, N., Firdaus, M. R., Avianto, P., & Iskandar, I. 2021. Correlation Between the Phytoplankton Distribution with the Oceanographic Parameters of the Deep-Sea Surface of Sangihe-Talaud, North Sulawesi, Indonesia. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 789(1): 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/789/1/012007>
- Rozirwan. 2010. Identifikasi Morfologi Dinoflagelata dari Fenomena Ledakan Populasi Alga di Pantai Lido, Johor Bahru Malaysia. *J. Penelit. Sains*, 13(2): 13211. <https://doi.org/10.56064/jps.v13i2.153>

- Rozirwan. 2017. Teknik Kultur Klon Spesies Dinoflagelata yang Menyebabkan Red Tide di Perairan Pantai Lido, Johor Bahru, Malaysia. *J. Penelit. Sains*, 13(1): 13108. <https://doi.org/10.56064/jps.v13i1.161>
- Rusila Noor, Y., M. Khazali, I. N. N. S. 1999. *Pengenalan Mangrove di Indonesia*.
- Rusli, R., Fajri, M. D., Sari, A. S. N., & Asmasari, N. 2016. Jamur Endosimbion Si Bintang Laut (*Asterias forbesi*) Sebagai Alternatif Antibakteri Baru Pada Bakteri Penyebab Infeksi Saluran Pencernaan. *J. Ilm. As-Syifaa*, 8(2): 1-9. <https://doi.org/10.33096/jifa.v8i2.199>
- Sakul, E. H. (Ernest). 2017. Impact Of Botanical Insecticides Derived From *Pangium Edule* Reinw And *Annona Muricata* L. Seed Extracts On The "Gay Gantung" Diamondback Moth, *Plutella Xylostella* L. *Agrotech J.*, 2(2): 27-35. <https://www.neliti.com/publications/278153/>
- Samarakoon, S. R., Kotigala, S. B., Gammana-Liyanage, I., Thabrew, I., Tennekoon, K. H., Siriwardana, A., & Galhena, P. B. 2014. Cytotoxic and Apoptotic Effect of the Decoction of the Aerial Parts of *Flueggea leucopyrus* on Human Endometrial Carcinoma (AN3CA) Cells. *Trop. J. Pharm. Res.*, 13(6): 873-880. <https://doi.org/10.4314/tjpr.v13i6.7>
- Saputra, A., Nugroho, R. Y., Isnaini, R., & Rozirwan. 2021. A review: The potential of microalgae as a marine food alternative in Banyuasin Estuary, South Sumatra, Indonesia. *Egypt. J. Aquat. Biol. Fish.*, 25(2): 1053-1065. <https://doi.org/10.21608/EJABF.2021.170654>
- Sarah, Q. S., Anny, F. C., & Mir, M. 2017. Brine shrimp lethality assay. *Bangladesh J. Pharmacol.*, 12(2): 186-189.
- Sarita, I. D. A. A. D., Subrata, I. M., Sumaryani, N. P., & Rai, I. G. A. 2021. identifikasi jenis rumput laut yang terdapat pada ekosistem alami perairan nusa pedida. *Emasains J. Edukasi Mat. Dan Sains*, 10(1): 141-154. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.4692118>
- Sartika, R., Dan, M., & Purwiyanto, A. I. S. 2013. Aktivitas Antibakteri Ekstrak Rumput Laut *Euclima cottoni* terhadap Bakteri *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholera* dan *Salmonella typhosa*. *Maspari J.*, 5(2): 98-103. <http://masparijournal.blogspot.com>

- Schmidt, B. C. 2004. Competing Realist Conceptions of Power. *Millenn. J. Int. Stud.*, 33(3): 523-549. <https://doi.org/10.1177/03058298050330031401>
- Setyowati, W. A. E., Ariani, S. R. D., Ashadi, Mulyani, B., & Rahmawati, C. P. 2014. Skrining Fitokimia dan Identifikasi Komponen Utama Ekstrak Metanol Kulit Durian (*Durio zibethinus Murr.*) Varietas Petruk. *Semin. Nas. Kim. Dan Pendidik. Kim.*, VI: 271-280.
- Siahaya, V. G., Moniharapon, T., Mailoa, M. N., & Leatemia, J. A. 2017. Potential of Mangrove Apples (*Sonneratia alba*) as a Botanical Insecticide. *Mod. Appl. Sci.*, 12(1): p1. <https://doi.org/10.5539/MAS.V12N1P1>
- Sidharta BY. 2016. *Bioteknologi kelautan*. Yogyakarta : Cahaya Atma Pustaka. Hal. 17
- Silvia, D., Katharina, K., Hartono, S. A., Anastasia, V., & Susanto, Y. 2016. Pengumpulan Data Base Sumber Antioksidan Alami Alternatif Berbasis Pangan Lokal Di Indonesia. *Surya Octag. Interdiscip. J. Technol.*, 1(2): 181-198.
- Simanjuntak, S. B., & Suoth, E. 2021. Gas Chromatography - Mass Spectrometry Analysis Of N-Hexane Extract From Green Gedi Leaves (*Abelmoschus manihot* (L .) Medik) Analisis Gas Chromatography - Mass Spectrometry Ekstrak N-Heksan Dari Daun Gedi Hijau (*Abelmoschus manihot* (L .) Medik). 10(November): 1109-1114.
- Situmorang, D., Situmorang, D. A. G., Rozirwan, R., & Hendri, M. 2021. Isolasi dan aktivitas antibakteri jamur endofit pada mangrove *Avicennia marina* dari Pulau Payung Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *J. Penelit. Sains*, 23(3): 125-133. <https://doi.org/10.56064/jps.v23i3.661>
- Subhashini, P., Dilipan, E., Thangaradjou, T., & Papenbrock, J. 2013. Bioactive natural products from marine angiosperms: abundance and functions. *Nat. Products Bioprospect.*, 3(4): 129. <https://doi.org/10.1007/S13659-013-0043-6>
- Sukandar, T. K., Sukmiwati, M., & Diharmi, A. 2021. Active Fraction Of Brown Seaweed *Sargassum cinereum*. *Berk. Perikan. Terubuk*, 49(3): 1363-1369.
- Susanti, O., Yusuf, W., Elisdiana, Y., Perikanan, J., Kelautan, D., Pertanian, F., Lampung, U., Soemantri Brodjonegoro, J., Meneng, G., & Lampung, B. 2021. Potensi Bakteri Endofit Lamun Enhalus

- sp. dengan Aktivitas Antimikrofoiling dari Perairan Lampung. *J. Mar. Res.*, 10(4): 589–594. <https://doi.org/10.14710/JMR.V10I4.32286>
- Suwandi, G., Suwandi, G. R. F., Khotimah, S. N., & Haryanto, F. 2016. Zero-Field Nuclear Magnetic Resonance For Study Of Antiferromagnetic Properties Of Fe₃ Materials. *J. Pendidik. Fis. Indones.*, 12(1): 90–97. <https://doi.org/10.15294/jpfi.v12i1.3688>
- Suwanto, A., Friska, H., & Sudirman, I. 1996. Karakterisasi *Pseudomonas fluorescens* B29 dan B39: Profil DNA Genomo, Uji Hipersensitivitas, dan Asai Senyawa Bioaktif.
- Utami, M. R., & Ardiyanti, Y. 2019. Analisis Aktivitas Toksisitas Beberapa Minyak Atsiri Dengan Metode Brine Shrimp Lethality Test. *J. Holist. Heal. Sci.*, 3(1): 14–20. <https://doi.org/10.51873/JHHS.V3I1.34>
- Winastri, N. L. A. P., Mulasari, H., & Hidayati, E. 2020. Aktivitas Antibakteri Air Perasan Dan Rebusan Daun Calincing (*Oxalis corniculata* L.) Terhadap *Streptococcus mutans*. *Ber. Biol.*, 19(2): <https://doi.org/10.14203/beritabiologi.v19i2.3786>
- Wyche, T. P., Hou, Y., Vazquez-Rivera, E., Braun, D., & Bugni, T. S. 2012. Peptidolipins B-F, Antibacterial Lipopeptides from an Ascidian-derived *Nocardia* sp. *J. Nat. Prod.*, 75(4): 735. <https://doi.org/10.1021/NP300016R>
- Yanuarti, R., Nurjanah, N., Anwar, E., & Pratama, G. 2017. Kandungan Senyawa Penangkal Sinar Ultraviolet dari Ekstrak Rumpun Laut *Eucheuma cottonii* dan *Turbinaria conoides*. *Maj. Ilm. Biol. Biosf. A Sci. J.*, 34(2): 51–58. <https://doi.org/10.20884/1.MIB.2017.34.2.467>
- Zemke-White, W. L., & Ohno, M. 1999. World seaweed utilization: An end-of-century summary. *J. Appl. Phycol.* 1999 114, 11(4): 369–376. <https://doi.org/10.1023/A:1008197610793>

GLOSARIUM

80

A

- Absorbansi** : Rasio logaritmik dari radiasi yang dipaparkan ke suatu bahan terhadap radiasi yang ditransmisikan menembus bahan
- Adaptasi** : Kemampuan makhluk hidup atau organisme untuk tetap bertahan hidup dari terjadinya tekanan di sekitarnya
- Alga** : Organisme autotrof maupun heterotrof yang dapat dibedakan fungsi organnya secara nyata
- Antibakteri** : Zat yang bekerja mengganggu metabolisme mikroba sehingga menghambat bahkan mematikan pertumbuhan bakteri yang merugikan
- Antibiotik** : Obat yang digunakan untuk menghentikan proses biokimia yang terjadi pada organisme yang terkena infeksi oleh bakteri
- Antijamur** : Obat yang dapat digunakan untuk mengobati atau mencegah mikosis (kadas, kurap, panu, kutu air)
- Antioksidan** : Molekul yang berkerja sebagai pencegah proses oksidasi molekul lain
- Antivirus** : Sebagai pencegah, pendeteksi dan pembasmi virus

B

Bakteri	: Organisme yang bersel tunggal
Bakteriostatik	: Kondisi pertumbuhan dan perkembangan bakteri bersifat tetapi dikarenakan senyawa antibakteri
Bioaktif	: Senyawa aktif yang berfungsi mengawasi berlangsungnya reaksi metabolisme yang menguntungkan kesehatan
Biodiversiti	: Semua bentuk kehidupan di bumi
Biofouling	: Pengotoran biologis
Bioindikator	: Hubungan antara komunitas dengan lingkungannya
Bioinformatika	: Ilmu yang mempelajari cara mengolah dan menganalisis informasi biologis
Biokimia	: Cabang ilmu yang mempelajari proses-proses kimia yang ada terkandung di tubuh serta berhubungan dengan organisme hidup
Biomolekuler	: Cabang ilmu biologi yang mempelajari terkait dasar molekuler dari aktivitas biologi di dalam dan di antara sel, termasuk modifikasi, sintesis, mekanisme dan interaksi molekuler
Biomaterial	: Zat yang telah diimitasi untuk berinteraksi dengan sistem biologis untuk keperluan medis
Biomedis	: Proses penanganan gejala dan penyakit menggunakan obat, radiasi atau operasi yang dilakukan oleh dokter dan tenaga medis

Biopolymer	:	Polimer alami (contohnya: protein, DNA, RNA)
Bioprospecting	:	jelajah sumber daya alam untuk molekul kecil
Bioprospeksi	:	rangkaian kegiatan untuk mencari senyawa bioaktif
Bioreactor	:	Sistem yang menyaediakan lingkungan biologis tempat terjadinya reaksi biokimia
Biosintesis	:	Suatu proses pembentukan senyawa oleh makhluk hidup berupa sintesis ataupun degradasi
Bioteknologi		Cabang ilmu biologi modern yang memanfaatkan makhluk hidup (virus, bakteri, dan jamur) untuk menghasilkan suatu produk jasa maupun barang yang bermanfaat untuk manusia

D

Difusi	:	Gerakan molekul yang menghasilkan proses perpindahan aliran berasal dari daerah berkonsentrasi tinggi ke rendah
--------	---	---

E

Ekologi	:	109 Ilmu yang mempelajari interaksi makhluk hidup dan lingkungan tempat tinggalnya
Ekstraksi	:	Proses pemisahan ekstrak dari suatu larutan
Elips	:	Bentuk oval
98 Enzim	:	Biomolekul berupa protein yang berfungsi sebagai katalis dalam suatu reaksi kimia organik

Esensial : penting
Etnofarmakologi : Pemanfaatan tumbuhan yang digunakan untuk pengobatan oleh etnik tertentu

F

Farmakologis : Ilmu yang mempelajari tentang obat-obatan
Farmasetika : Proses mengubah obat lama menjadi obat yang bisa dipakai oleh pasien secara aman
Fermentasi : Peragian
Fisikokimia : sifat fisik dari sebuah senyawa kimia
Fitokimia : Nutrisi yang diturunkan dari sumber tumbuhan
Fraksinasi : Proses pemisahan hasil maserasi dengan menggunakan uap agar mendapat ekstrak yang kental
Fungicidal : Pestisida yang dapat membunuh cendawan penyebab penyakit
Fungistatik : Penghambat perkembang biakan cendawan tanpa mematikan

G

Gastropoda : Kelas hewan mamalia
Gen : Materi genetik yang terdiri atas sepenggal DNA yang menentukan sifat individu
Genetika : Cabang ilmu biologi yang membahas terkait sifat turun-temurun organisme

Genomic : Ilmu yang mempelajari genom dari makhluk hidup atau virus

H

Herbarium : Pengawetan tumbuhan

Hidrolisis : Penguraian zat yang disebabkan oleh air dalam reaksi kimia

Hipokotil : Batang dari kecambah

Heterosiklik : Senyawa kimia yang memiliki struktur berbentuk lingkaran yang di dalamnya terkandung atom selain karbon

I

Imobilisasi : Gangguan pada organ tubuh yang mengakibatkan penderita mengalami gangguan dalam gerak

Implikasi : Sebuah akibat yang terjadi atau muncul oleh karena suatu hal

Indeks polaritas : Perbandingan antara nilai resistansi yang diukur dalam periode tertentu pada suatu bahan isolasi

Inhibisi : Hambatan kinerja otot

¹⁰
Insektisida : Bahan kimia yang beracun digunakan untuk membunuh serangga

Interdisipliner : Interaksi terjadi secara intensif

Invertebrate : Hewan yang tidak memiliki tulang belakang

Isolasi : Pemisahan

K

- Karang : Hewan berkoloni
49
- Karbohidrat : Biomolekul yang terdiri dari atom karbon, hidrogen, dan oksigen, biasanya dengan perbandingan atom hidrogen-oksigen 2:1
- Katalisator : Penambahan zat untuk memperbesar kecepatan reaksi
- 103
- Klorofil : Zat penghijau tumbuhan (terutama pada daun) yang terpenting dalam proses fotosintesis
- Kondensasi : Pengembunan
- Kondensor : Alat untuk mencairkan uap
- Konservasi : Upaya untuk memelihara
- Konvensional : Tradisional
- Kromatografi : Teknik untuk memisahkan partikel yang tercampur dalam suatu komponen

L

- 152
- Lamun : Tumbuhan air yang dapat dibedakan fungsinya antara akar, batang, daun, dan bunga
- 1
- Lemak : Zat organik hidrofobik yang bersifat sukar larut dalam air, tetapi dapat larut dalam pelarut organik seperti kloroform, eter, dan benzen
- Lignocellulose : Komponen penyusun dinding sel pada tumbuhan

M

- Mangrove : Tanaman yang hidup di air payau yang masih dipengaruhi pasang surut
- Maritim : Laut
- Maserasi : Perendaman sampel dengan pelarut
- Metagenomic : Ilmu untuk membaca seluruh DNA dari suatu ekosistem secara lengkap
- Metabolit : Produk dari metabolisme
- Mikroba : Organisme berukuran kecil
- Morbiditas : Memiliki penyakit
- Mortalitas : Angka kematian
- Metabolit sekunder : Senyawa metabolit yang tidak esensial dalam pertumbuhan
- Multiseluler : Memiliki banyak sel

N

- Non-polar : Senyawa yang terbentuk karena adanya ikatan antar elektron
- Nutrasetika : ⁷⁸ Zat yang memiliki manfaat fisiologis atau memberikan perlindungan terhadap penyakit kronis, menunda proses penuaan dan meningkatkan harapan hidup

O

- Oksidasi : Terjadi peningkatan bilangan oksidasi sedangkan elektron menurun
- Osilasi : Perbedaan periode waktu dari hasil pengukuran

Penyulingan : Metode untuk memisahkan bahan kimia berdasarkan kemudahan menguap

P

Plankton : Jasad renik yang hidupnya melayang-layang dikolam perairan dan pergerakannya di pengaruhi oleh arus

85

Polaritas : Pemisahan muatan listrik yang mengarah pada molekul atau gugus kimia yang memiliki momen listrik dipol dan multipole

Polip : Jaringan yang tumbuh di bagian sinus

Preparasi : Persiapan sampel

114

Preservasi : Serangkaian tindakan yang dilakukan untuk menjaga dan mempertahankan kelestarian alam

Prospektif : yang mungkin terjadi

49

Protein : Kelompok biomolekul berukuran besar yang terbentuk dari satu rantai panjang asam amino atau lebih

72

Proteomika : Kajian secara molekular terhadap keseluruhan protein yang dihasilkan dari ekspresi gen di dalam sel, terutama mengenai struktur dan fungsinya

R

Radiasi : Energi dari materi

74

Rekayasa : Kaidah-kaidah ilmu dalam pelaksanaan (seperti perancangan, pembuatan konstruksi, serta pengoperasian

kerangka, peralatan, dan sistem yang ekonomis dan efisien)

Replikasi	:	Kemampuan memperbanyak diri
Representative	:	Perwakilan
Resistansi	:	Ketahanan
Resonansi	:	Gema suara
Royalty	:	Biaya
Rumput laut	:	Alga atau ganggang

S

Semi polar	:	Pelarut yang memiliki tingkat kepolaran yang rendah
Sianobakteri	:	Algae hijau
Sitoksik	:	Suatu proses yang berakibat sel menjadi rusak
Skrining	:	Pemeriksaan untuk mendeteksi adanya masalah kesehatan
Solitaire	:	Sendiri atau tidak berkelompok
Spektroskopi	:	Disiplin ilmiah yang khusus mengkaji tentang materi dan atributnya dari segi pancaran cahaya, penyerapan bunyi atau pemantulan partikel yang dihasilkan oleh materi tersebut

T

Tentakel	:	Bagian tubuh hewan yang fleksibel dan dapat memanjang
Teripang	:	Timun laut

Termolabil	:	Zat yang dapat rusak apabila terkena panas
Toksisitas	:	81 Kemampuan suatu zat atau bahan yang mengakibatkan ketidaknyamanan, kesakitan, atau kematian pada manusia atau binatang
Thallus	:	Bagian yang menyusun alga, fungi, lumut kerak
Transdisipliner	:	Pendekatan dalam suatu kajian
Transcriptomic	:	Kajian tentang produk transkripsi secara menyeluruh
U	:	
Uniseluler	:	Makhluk hidup yang hanya memiliki satu sel saja
V	:	
Vertebrata	:	Hewan yang memiliki tulang belakang
Virus	:	Makhluk hidup yang sifatnya parasit
Viskositas	:	Kekentalan
Vitamin	:	31 Sekelompok ayub senyawa organik berbobot molekul kecil yang memiliki fungsi vital dalam ayub metabolisme setiap organisme, yang tidak dapat dihasilkan oleh tubuh.
Vegetasi	:	38 Bagian hidup yang tersusun dari tumbuhan yang menempati suatu ekosistem, atau, dalam area yang lebih sempit, relung ekologis

INDEKS

A

Absorbansi, 207, 208, 237
Adaptasi, 237
Akar, 164, 165, 167, 169, 225
Alga, 17, 225, 232, 237, 245
Antibakteri, vi, vii, 80, 81, 86,
92, 99, 109, 132, 134, 201,
204, 226, 228, 229, 230,
231, 232, 234, 236, 237
Antibiotik, 80, 92, 237
Antijamur, 201, 228, 237
Antioksidan, vii, 19, 139, 142,
144, 146, 148, 153, 154,
159, 161, 162, 167, 206,
207, 222, 223, 225, 226,
227, 228, 229, 230, 231,
232, 235
Antivirus, 237
autotrof, 237
autotrof, 237

B

bakteri, 25, 39, 42, 45, 50, 58,
62, 69, 71, 76, 79, 80, 82, 84,
85, 92, 93, 94, 95, 96, 97,
104, 105, 107, 112, 116,
117, 118, 122, 123, 124,
125, 126, 128, 129, 131,
132, 133, 134, 135, 136,
137, 161, 201, 203, 204,
205, 237, 239
Bakteriostatik, 238

batang,, 19, 64, 86, 135, 167,
169, 202, 242
benzen, 242
Biodiversiti, 238
Biofouling, 238
Bioindikator, 238
Bioinformatika, 238
biokimia, 9, 18, 90, 160, 237,
239
Biokimia, 12, 238
Biomaterial, 238
Biomedis, 238
Biomolekuler, 238
Biopolymer, 239
Bioprospecting, 239
Bioprospeksi, vi, 24, 25, 26, 28,
29, 31, 32, 34, 35, 39, 239
Bioreactor, 239
Biosintesis, 50, 53, 239
Bioteknolog, 239
Bioteknologi, v, vi, vii, 9, 10,
11, 13, 16, 17, 18, 19, 20, 31,
36, 38, 39, 40, 41, 44, 45, 82,
215, 221, 239
bumi, 9, 11, 15, 28, 38, 63, 64,
238
bunga, 50, 58, 64, 99, 100, 101,
160, 163, 164, 166, 167,
168, 169, 242

C

cendawan, 240

D

daun, 19, 50, 59, 64, 86, 99,
100, 101, 102, 103, 104,
107, 108, 133, 135, 136,
146, 160, 161, 163, 164,
165, 166, 167, 168, 169,
170, 171, 174, 202, 209, 242
degradasi, 65, 177, 239
Difusi, 239
DNA, 42, 43, 139, 140, 235,
239, 240, 243
dokter, 238

E

Ekologi, 239
ekosistem, 15, 16, 23, 35, 63,
64, 99, 104, 105, 107, 109,
113, 159, 162, 234, 243, 246
Ekstraksi, vii, 92, 178, 182,
189, 206, 209, 239
elektron, 76, 95, 96, 139, 141,
144, 157, 162, 243
Elips, 239
Energi, 191, 244
Enzim, 82, 239
Esensial, 240
eter, 51, 56, 61, 92, 178, 179,
196, 242
Etnofarmakologi, 240

F

Farmakologis, 240
Farmasetika, 240
Fermentasi, 240
Fisikokimia, 240

fisiologis, 48, 51, 61, 243
Fitokimia, 131, 225, 229, 230,
234, 240
fotosintesis, 58, 242
Fraksinasi, vii, 194, 195, 196,
198, 240
Fungistatik, 81, 240

G

ganggang, 245
Gastropoda, 210, 240
Gen, 240
genetik, 10, 18, 23, 24, 26, 28,
30, 32, 36, 39, 40, 42, 43, 44,
48, 221, 240
Genetika, 12, 42, 240
genom, 43, 241
Genomic, 241
gerak, 76, 196, 198, 241
Gerakan, 239

H

Herbarium, 241
Heterosiklik, 241
heterotrof, 237
Hidrolisis, 241
Hipokotil, 241

I

Imabolisasi, 241
Implikasi, v, 9, 241
Indeks polaritas, 241
infeksi, 69, 80, 81, 92, 119,
128, 132, 163, 237
Inhibisi, 241

Insektisida, 241
Interdisipliner, 241
Invertebrate, 241
isolasi, 20, 28, 29, 45, 173, 241
Isolasi, 229, 231, 235, 241

J

jamur, 17, 25, 79, 81, 95, 104,
113, 119, 124, 203, 235, 239
jasa, 15, 16, 41, 239

K

kadas, 237
Karang, 64, 65, 66, 109, 110,
113, 119, 154, 155, 229,
231, 242
karbon, 50, 56, 57, 63, 190,
200, 241, 242
Katalisator, 242
kehidupan, v, 9, 11, 13, 16, 19,
23, 35, 38, 64, 80, 81, 85,
104, 110, 111, 120, 124,
129, 130, 149, 155, 159,
162, 181, 238
kesehatan, v, 9, 11, 16, 17, 18,
19, 20, 32, 34, 41, 43, 67, 68,
69, 80, 81, 86, 90, 92, 95,
104, 119, 126, 131, 133,
134, 142, 148, 152, 153,
155, 161, 167, 215, 221,
238, 245
Klorofil, 242
kloroform, 51, 92, 122, 125,
162, 178, 179, 242
komunitas, 15, 82, 132, 238
Kondensasi, 242

Kondensor, 242
Konservasi, 242
Kromatografi, 194, 196, 198,
224, 242
kurap, 237
kutu air, 237

L

Lamun, vi, vii, 99, 101, 102,
103, 104, 105, 159, 160,
161, 225, 229, 230, 235, 242
Laut, vi, vii, 25, 51, 66, 69, 70,
73, 86, 104, 109, 126, 148,
153, 154, 222, 226, 227,
228, 229, 230, 231, 233,
234, 236, 243
Lemak, 242
Lignocellulose, 242
Lignoselulose, 242
listrik, 177, 191, 244
logaritmik, 237

M

mahluk hidup, 13, 18, 19, 20,
23, 36, 39, 44, 66, 80, 84, 85,
86, 90, 129, 134, 139, 140,
237, 239
mamalia, 42, 52, 240
Mangrove, vii, 63, 64, 132,
134, 162, 165, 167, 170,
171, 223, 224, 227, 228,
229, 230, 231, 232, 233,
235, 243
Maritim, 243
Maserasi, 182, 183, 202, 206,
209, 243

Matagenomik, 243
materi, v, 24, 26, 42, 43, 44, 83,
161, 192, 244, 245
medis, 11, 27, 33, 34, 70, 91,
133, 154, 155, 161, 181, 238
metabolis, 238
metabolisme, 47, 48, 49, 55,
59, 80, 81, 90, 92, 107, 112,
120, 139, 143, 170, 237,
238, 243, 246
Metabolit, vi, 15, 16, 28, 47, 48,
49, 50, 63, 64, 66, 69, 74,
229, 231, 243
Metabolit sekunder, 15, 16, 28,
47, 48, 49, 243
Metagenomic, 243
mikosis, 237
mikroba, 18, 44, 45, 58, 71, 79,
80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 94,
104, 105, 111, 113, 124,
134, 163, 174, 237
Mikroba, 17, 18, 41, 44, 45, 82,
83, 85, 86, 243
Molekul, 162, 237
Morbiditas, 81, 243
Mortalitas, 210, 212, 243
Multiselulser, 243

N

Non-polar, 243
Nutrasetika, 243
Nutrisi, 229, 240

O

Obat, 33, 50, 228, 237

oksidasi, 19, 139, 141, 142,
146, 147, 153, 162, 237, 243
Oksidasi, 139, 243
oksigen,, 15, 142, 242
operasi, 238
organ, 55, 58, 73, 86, 90, 94,
141, 241
organisme, v, 11, 14, 15, 17,
18, 23, 24, 25, 26, 28, 37, 41,
42, 43, 47, 48, 49, 50, 62, 65,
66, 69, 71, 73, 80, 82, 83, 84,
85, 87, 90, 99, 100, 104, 111,
113, 124, 129, 133, 139,
140, 143, 148, 153, 155,
159, 163, 237, 238, 240, 246
Osilasi, 177, 243

P

panu, 237
parasit, 246
Pengembunan, 242
penyakit, 19, 20, 28, 34, 39, 40,
42, 70, 79, 81, 85, 95, 97,
120, 121, 122, 133, 134,
135, 140, 144, 156, 161,
163, 166, 167, 168, 171,
200, 238, 240, 243
Penyulingan, 244
Peragian, 240
pertumbuhan, 14, 20, 42, 43,
45, 47, 48, 49, 50, 61, 80, 81,
82, 83, 84, 85, 90, 92, 93,
107, 117, 118, 123, 128,
131, 132, 134, 135, 137,
148, 149, 152, 160, 165,

167, 201, 203, 205, 237,
238, 243
Pestisida, 240
Plankton, 244
Polaritas, 178, 244
Polimer, 239
Polip, 244
Preparasi, vii, 173, 244
Preservasi, 244
produk, 10, 11, 12, 14, 15, 18,
24, 25, 26, 27, 32, 33, 38, 39,
40, 41, 43, 44, 45, 49, 61, 67,
113, 121, 124, 139, 154,
156, 165, 180, 188, 215,
221, 239, 246
Prospektif, 244
Protein, 226, 244
Proteomika, 244

R

radiasi, 84, 141, 237, 238
Radiasi, 177, 244
reaksi, 11, 19, 51, 60, 61, 62,
139, 141, 142, 144, 145,
147, 154, 157, 162, 179,
195, 203, 238, 239, 241, 242
Rekayasa, 11, 12, 40, 42, 244
Replikasi, 245
Representative, 245
Resistansi, 245
Resonansi, 245
RNA, 239
Royalty, 245
Rumput laut, 67, 68, 86, 87,
88, 89, 90, 91, 92, 93, 148,
149, 150, 152, 245

S

Semi polar, 245
Senyawa, vi, vii, 16, 19, 49, 50,
51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58,
59, 61, 63, 64, 66, 68, 69, 71,
74, 75, 80, 81, 90, 94, 104,
108, 112, 124, 131, 132,
137, 139, 140, 146, 148,
154, 155, 161, 162, 163,
170, 190, 201, 221, 222,
225, 228, 229, 231, 232,
236, 238, 241, 243
Sianobakteri, 245
sintesis, 80, 81, 134, 137, 139,
140, 142, 160, 200, 238, 239
sinus, 244
Sitoksik, 245
Skrining, 229, 234, 245
Soliter, 245
Spektroskopi, 199, 200, 245
sumber daya alam, 35, 36, 38,
44, 148, 149, 239

T

Tentakel, 245
Teripang, 72, 120, 121, 224,
228, 245
Termolabil, 246
Thallus, 86, 150, 246
Timun laut, 245
Toksistas, 208, 213, 222, 223,
227, 236, 246
Transcriptomic, 246
Transdisipliner, 246
Transkriptomik, 246

U

uap, 61, 181, 192, 193, 194,
240, 242
Uniseluler, 246

V

Vegetasi, 246, 251

Vertebrata, 17, 246

Virus, 246

Viskositas, 178, 246

Vitamin, 144, 149, 246

Z

Zat, 154, 182, 237, 238, 242,
243, 246

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Bengkulu Selatan, 21 ¹³¹ 1979. Menyelesaikan Pendidikan Sarjana Ilmu Kelautan (S1) di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas ¹³³ Riau (UNRI) pada Tahun 2001, Magister *Marine Science* (S2) di Fakultas Sains dan Teknologi Universiti Kebangsaan Malaysia (UKM) pada Tahun 2005, Program Doktor Ilmu Kelautan (S3) di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor (IPB) pada Tahun 2015. Penulis bekerja sebagai dosen tetap Ilmu Kelautan di Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya (UNSRI) sejak Tahun 2008. Disamping itu juga penulis mengajar di Ilmu Lingkungan Pascasarjana (S2-S3) UNSRI sejak Tahun 2017. Kajian penulis dibidang Kelautan meliputi; Bioteknologi Kelautan, Marine Bioprospecting, Konservasi Terumbu Karang, Bentos, Planktonologi dan Ekologi Perairan Pesisir dan Laut. Penulis telah memiliki banyak artikel yang dipublikasikan di jurnal nasional dan internasional bereputasi (Sinta ID: 5982373, Scopus ID: 57201667871) serta beberapa paten.

BIOTEKNOLOGI KELAUTAN Dalam Perspektif Marine Bioprospecting

ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

16%

INTERNET SOURCES

7%

PUBLICATIONS

7%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Sriwijaya University Student Paper	3%
2	ejournal.unsrat.ac.id Internet Source	1%
3	123dok.com Internet Source	1%
4	ejournal.unsri.ac.id Internet Source	1%
5	media.neliti.com Internet Source	1%
6	repository.ub.ac.id Internet Source	1%
7	repo.unand.ac.id Internet Source	1%
8	www.neliti.com Internet Source	1%
9	pt.scribd.com Internet Source	<1%
10	www.researchgate.net Internet Source	<1%
11	text-id.123dok.com Internet Source	<1%
12	Submitted to Badan PPSDM Kesehatan Kementerian Kesehatan Student Paper	<1%

13	ejournal.undip.ac.id Internet Source	<1 %
14	repo.unsrat.ac.id Internet Source	<1 %
15	oseana.lipi.go.id Internet Source	<1 %
16	repository.unhas.ac.id Internet Source	<1 %
17	erepo.unud.ac.id Internet Source	<1 %
18	ejournal.unib.ac.id Internet Source	<1 %
19	mynewblogsyafii.blogspot.com Internet Source	<1 %
20	etheses.uin-malang.ac.id Internet Source	<1 %
21	www.scribd.com Internet Source	<1 %
22	jurnal.fkip.unram.ac.id Internet Source	<1 %
23	snkpk.fkip.uns.ac.id Internet Source	<1 %
24	digilib.uinsby.ac.id Internet Source	<1 %
25	docplayer.info Internet Source	<1 %
26	repository.ipb.ac.id Internet Source	<1 %
27	id.123dok.com Internet Source	<1 %

repository.unsri.ac.id

28	Internet Source	<1 %
29	Submitted to Universitas Airlangga Student Paper	<1 %
30	scholar.unand.ac.id Internet Source	<1 %
31	id.wikipedia.org Internet Source	<1 %
32	www.kimia.lipi.go.id Internet Source	<1 %
33	Chindy Achika Rori, Febby Ester Fany Kandou, Agustina Monalisa Tangapo. "Aktivitas Enzim Ekstraseluler dari Bakteri Endofit Tumbuhan Mangrove Avicennia marina", JURNAL BIOS LOGOS, 2020 Publication	<1 %
34	www.slideshare.net Internet Source	<1 %
35	Delpris Piter, Esther D Angkouw, Fitje Losung. "POTENSI ANTIBAKTERI BINTANG LAUT DARI PERAIRAN PANTAI KELURAHAN TONGKAINA MANADO", JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS, 2019 Publication	<1 %
36	id.scribd.com Internet Source	<1 %
37	idoc.pub Internet Source	<1 %
38	www.coursehero.com Internet Source	<1 %
39	repository.usu.ac.id Internet Source	<1 %

repository.unpak.ac.id

40

Internet Source

<1 %

41

Afti Ayu Putri Sinurat, Person Pesona Renta, Nurlaila Ervina Herliany, Bertoka FSP Negara, Dewi Purnama. "UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK METANOL RUMPUT LAUT *Gracilaria edulis* TERHADAP BAKTERI *Aeromonas hydrophila*", JURNAL ENGGANO, 2019

Publication

<1 %

42

karyailmiah.unisba.ac.id

Internet Source

<1 %

43

Dhea Amelia Arief, Meiske Sangi, Vanda S. Kamu. "Skrining Fitokimia Dan Uji Toksisitas Ekstrak Biji Aren (*Arenga pinnata* MERR.)", Jurnal MIPA, 2017

Publication

<1 %

44

sinta.unud.ac.id

Internet Source

<1 %

45

docobook.com

Internet Source

<1 %

46

core.ac.uk

Internet Source

<1 %

47

repository.usd.ac.id

Internet Source

<1 %

48

es.scribd.com

Internet Source

<1 %

49

dbpedia.org

Internet Source

<1 %

50

nyols.blogspot.com

Internet Source

<1 %

51

gibernol.blogspot.com

Internet Source

<1 %

52	Theresia Dwi Suryaningrum. "teripang: Potensinya sebagai bahan NUTRACEUTICAL dan TEKNOLOGI PENGOLAHANNYA", Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology, 2008 Publication	<1 %
53	Submitted to Universitas Muhammadiyah Surakarta Student Paper	<1 %
54	Submitted to Universitas Brawijaya Student Paper	<1 %
55	ismailmynew.blogspot.com Internet Source	<1 %
56	Nurmiati Nurmiati, Siti Nuryanti, Tahril Tahril. "Antioxidant Activity Test of Ethanol and Water Extracts of Celery (Apium graveolens L.)", Jurnal Akademika Kimia, 2020 Publication	<1 %
57	Submitted to Universitas Diponegoro Student Paper	<1 %
58	ejurnal.litbang.pertanian.go.id Internet Source	<1 %
59	jpk.ejournal.unri.ac.id Internet Source	<1 %
60	kampus2.fekon.unand.ac.id Internet Source	<1 %
61	lipi.go.id Internet Source	<1 %
62	repository.radenintan.ac.id Internet Source	<1 %
63	Harfalien Tehubijuluw, Theopilus Watuguly, Preilly M.J Tuapattinaya. "ANALISIS KADAR FLAVONOID PADA TEH DAUN LAMUN	<1 %

(Enhalus acoroides) BERDASARKAN TINGKAT KETUAAN DAUN", Biopendix: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan, 2019

Publication

64

Hasri H Soamole, Grace Sanger, Silvana Dinaintang Harikedua, Verly Dotulong, Hanny Welly Mewengkang, Roike Iwan Montolalu. "KANDUNGAN FITOKIMIA EKSTRAK ETANOL RUMPUT LAUT SEGAR (Turbinaria sp., Gracilaria sp., dan Halimeda macroloba)", MEDIA TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN, 2018

Publication

<1 %

65

jurnal.farmasi.umi.ac.id

Internet Source

<1 %

66

ojs.unm.ac.id

Internet Source

<1 %

67

repository.setiabudi.ac.id

Internet Source

<1 %

68

Angeline Ngantung, Robert Bara, Deiske Sumilat. "Uji Aktivitas Antibakteri dari Spons Dictyonella funicularis dan Phyllospongia lamellosa yang Diambil pada Perairan Bunaken", JURNAL PESISIR DAN LAUT TROPIS, 2017

Publication

<1 %

69

jos.unsoed.ac.id

Internet Source

<1 %

70

Priski Langi, Adithya Yudistira, Karlah L.R Mansauda. "UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN KARANG LUNAK (Nepthea sp.) DENGAN MENGGUNAKAN METODE DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil)", PHARMACON, 2020

Publication

<1 %

71

adoc.pub

Internet Source

<1 %

72	id.unionpedia.org Internet Source	<1 %
73	ojs.unud.ac.id Internet Source	<1 %
74	puspanlakuu.dpr.go.id Internet Source	<1 %
75	repositori.uin-alauddin.ac.id Internet Source	<1 %
76	Mochamad I. Eda, Defny S. Wewengkang, Surya Sumantri. "UJI AKTIVITAS ANTIMIKROBA EKSTRAK DAN FRAKSI KARANG LUNAK (Sarcophyton sp.) DARI PERAIRAN PULAU BANGKA LIKUPANG TERHADAP PERTUMBUHAN MIKROBA Staphylococcus aureus, Salmonella tyhpimurium, DAN Candida albicans", PHARMACON, 2020 Publication	<1 %
77	jurnalmahasiswa.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
78	www.esaunggul.ac.id Internet Source	<1 %
79	Submitted to Institut Teknologi Nasional Malang Student Paper	<1 %
80	Submitted to Universitas Indonesia Student Paper	<1 %
81	Submitted to Krida Wacana Christian University Student Paper	<1 %
82	Submitted to UIN Sunan Ampel Surabaya Student Paper	<1 %
83	jurnal.unprimdn.ac.id Internet Source	<1 %

84	repository.helvetia.ac.id Internet Source	<1 %
85	repository.ummetro.ac.id Internet Source	<1 %
86	Asadaton Abdullah, Nurjanah Nurjanah, Ade Irma Suryani Nasution. "Karakteristik Fraksi Aktif Biopigmen Fukosantin Rumput Laut Cokelat sebagai Antioksidan dan UV-protector", Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 2021 Publication	<1 %
87	Ni Luh Arisa Prahastuti Winastri, Handa Mulasari, Ernin Hidayati. "AKTIVITAS ANTIBAKTERI AIR PERASAN DAN REBUSAN DAUN CALINCING (Oxalis corniculata L.) TERHADAP Streptococcus mutans", BERITA BIOLOGI, 2020 Publication	<1 %
88	Submitted to Universitas Teuku Umar Student Paper	<1 %
89	ecampus.poltekkes-medan.ac.id Internet Source	<1 %
90	repository.dinamika.ac.id Internet Source	<1 %
91	Taufik Hidayat, Nurjanah, Agoes Mardiono Jacob, Bagja Adhitia Putera. "Aktivitas Antioksidan Caulerpa sp. Segar dan Rebus", Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 2021 Publication	<1 %
92	Submitted to Unika Soegijapranata Student Paper	<1 %
93	eprints.uad.ac.id Internet Source	<1 %

94	Rany Dwimayasanti. "RUMPUT LAUT: ANTIOKSIDAN ALAMI PENANGKAL RADIKAL BEBAS", OSEANA, 2018 Publication	<1 %
95	Submitted to STKIP Sumatera Barat Student Paper	<1 %
96	Serly D. S. Toding, Herny E. I. Simbala, Deby A. Mpila. "UJI DAYA HAMBAT EKSTRAK ETANOL DAUN KACAPIRING (<i>Gardenia augusta</i>) TERHADAP BAKTERI <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Escherichia coli</i> DAN <i>Salmonella thypi</i> ", PHARMACON, 2020 Publication	<1 %
97	ejurnal.ung.ac.id Internet Source	<1 %
98	fliphtml5.com Internet Source	<1 %
99	Submitted to pusbuk-kemendikbud Student Paper	<1 %
100	repository.ar-raniry.ac.id Internet Source	<1 %
101	repository.lppm.unila.ac.id Internet Source	<1 %
102	Christina Litaay, Hairati Arfah, Ferdinand Pattipeilohy. "Potensi Sumber Daya Hayati Rumput Laut di Pantai Pulau Ambon sebagai Bahan Makanan", Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia, 2022 Publication	<1 %
103	e-journal.usd.ac.id Internet Source	<1 %
104	Nurrahmi Dewi Fajarningsih, Muhammad Nursid, Thamrin Wikanta, Endar Marraskuranto. "Bioaktivitas Ekstrak	<1 %

Turbinaria decurrens Sebagai Antitumor (Hela Dan T47d) Serta Efeknya Terhadap Proliferasi Limfosit", Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 2008

Publication

105	ejurnal.seminar-id.com Internet Source	<1 %
106	nanopdf.com Internet Source	<1 %
107	www.detik.com Internet Source	<1 %
108	Ike Yulia Wiendarlina, Runi Sukaesih. "PERBANDINGAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN JAHE EMPRIT (Zingiber officinale var Amarum) DAN JAHE MERAH (Zingiber officinale var Rubrum) DALAM SEDIAAN CAIR BERBASIS BAWANG PUTIH DAN KORELASINYA DENGAN KADAR FENOL DAN VITAMIN C", Jurnal Fitofarmaka Indonesia, 2019 Publication	<1 %
109	dokumen.tips Internet Source	<1 %
110	materikuliahr.blogspot.com Internet Source	<1 %
111	ppjp.ulm.ac.id Internet Source	<1 %
112	repository.ibs.ac.id Internet Source	<1 %
113	repository.unsoed.ac.id Internet Source	<1 %
114	www.indrinoor.com Internet Source	<1 %

115 Ayu Natasya Paputungan, Widya Astuty Lolo, Imam Jayanto. "AKTIVITAS ANTIBAKTERI DAN ANALISIS KLT-BIOAUTOGRAFI DARI FRAKSI DAUN MANGGIS (*Garcinia mangostana* L.)", PHARMACON, 2019
Publication

116 Edi Susilo, Fahrurrozi Fahrurrozi, Sumardi Sumardi. Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan, 2020
Publication

117 Josepin P Konda, Jainer P Siampa, Trina E Tallei, Billy J Kepel, Fatimawali Fatimawali. "Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Biji Langsung (*Lansium domesticum* var. *pubescens*) dan Duku (*Lansium domesticum* var. *domesticum*) dengan Metode DPPH", JURNAL ILMIAH SAINS, 2020
Publication

118 Parluhutan Siahaan. "Pengaruh Ekstrak Urang Aring (*Eclipta alba* L. Hask.) terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* (Sacc.) Snyder & Hans (The effect of urang aring extract (*Eclipta alba* L. Hask.) on the growth of *Fusarium oxysporum* f. *lycopersici* (Sacc.) S", JURNAL BIOS LOGOS, 2012
Publication

119 Teguh Setyo Nugroho, Uji Sukmawati. "Pengaruh Metode Pengeringan Kerupuk Udang Windu (*Paneaus monodon*) Terhadap Daya Kembang dan Nilai Organoleptik", MANFISH JOURNAL, 2020
Publication

120 aguskrisnoblog.wordpress.com
Internet Source

121	Internet Source	<1 %
122	ejournal.unesa.ac.id Internet Source	<1 %
123	ejournal3.undip.ac.id Internet Source	<1 %
124	ejournalunb.ac.id Internet Source	<1 %
125	eprints.unsri.ac.id Internet Source	<1 %
126	greasetrapku.blogspot.com Internet Source	<1 %
127	jakaoktasanovajaka.blogspot.com Internet Source	<1 %
128	lukmanulhadie.wordpress.com Internet Source	<1 %
129	mikasilmin.blogspot.com Internet Source	<1 %
130	repository.ipb.ac.id:8080 Internet Source	<1 %
131	repository.unri.ac.id Internet Source	<1 %
132	ubl.ac.id Internet Source	<1 %
133	umexpert.um.edu.my Internet Source	<1 %
134	widyaannisa17.blogspot.com Internet Source	<1 %
135	www.scilit.net Internet Source	<1 %

136 Brigieta Keintjem, Defny S. Wewengkang, Fatimawali Fatimawali. "AKTIVITAS PENGHAMBATAN PERTUMBUHAN MIKROORGANISME DARI EKSTRAK DAN FRAKSI ALGA *Ulva lactuca* TERHADAP *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, DAN *Candida albicans*", PHARMACON, 2019
Publication

137 Dian Nurmansyah, Nafila Nafila, Hayatush Shalihah, Amanah Amanah. "PERBANDINGAN EFEKTIVITAS INFUSA DAN REBUSAN DAUN LANGSAT (*Lansium domesticum* L) DALAM MENURUNKAN KADAR GLUKOSA SECARA IN VITRO", *Klinikal Sains : Jurnal Analisis Kesehatan*, 2022
Publication

138 Nur Madinah Rizal, Nurhaeni Nurhaeni, Ahmad Ridhay. "AKTIVITAS ANTIBAKTERI EKSTRAK DAUN MAYANA (*Coleus atropurpureus* [L] Benth) BERDASARKAN TINGKAT KEPOLARAN PELARUT", *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 2018
Publication

139 Riski Sulistio Aji, Ita Zuraida, Bagus Fajar Pamungkas, Irman Irawan, Seftyia Diachanty. "Pengaruh Penambahan *Kappaphycus alvarezii* terhadap Mutu Bakso Udang Dogol (*Metapenaeus monoceros*)", *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 2022
Publication

140 cwts.ugm.ac.id
Internet Source

141 dspace.uii.ac.id
Internet Source

ejournal.unkhair.ac.id

142	Internet Source	<1 %
143	ejournal2.undip.ac.id Internet Source	<1 %
144	eprints.radenfatah.ac.id Internet Source	<1 %
145	eprints.ums.ac.id Internet Source	<1 %
146	eprints.undip.ac.id Internet Source	<1 %
147	fr.scribd.com Internet Source	<1 %
148	journal.unismuh.ac.id Internet Source	<1 %
149	jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id Internet Source	<1 %
150	link.springer.com Internet Source	<1 %
151	repository.stikesdrsoebandi.ac.id Internet Source	<1 %
152	repository.unikama.ac.id Internet Source	<1 %
153	staff.blog.ui.ac.id Internet Source	<1 %
154	Hosea Jaya Edy, ML Edy Parwanto. "Aktivitas antimikroba dan potensi penyembuhan luka ekstrak tembelekan (<i>Lantana camara</i> Linn.)", <i>Jurnal Biomedika dan Kesehatan</i> , 2020 Publication	<1 %
155	Ni Komang Pitri Purniasih, Elvy Like Ginting, Stenly Wullur, Remy E. P. Mangindaan et al. "Antibacterial Activity of Endophytic Bacteria	<1 %

of Seagrass Symbiont *Enhalus acoroides* from Tiwoho Waters, North Minahasa", *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 2022

Publication

156 Rika Antonia, Nora Idiawati, Mega Sari Juane Sofiana. "Isolasi Bakteri Berasosiasi Lamun *Thalassia hemprichii* Dari Perairan Pulau Kabung", *Jurnal Laut Khatulistiwa*, 2020

Publication

157 jurnal.unej.ac.id

Internet Source

158 zombiedoc.com

Internet Source

159 Ainun Ayu Utami Amris, Sri Wahyuni Rahim, Khusnul Yaqin. "Effectiveness of clove oil as anesthesia of Sergeant Major *Abudefduf vaigiensis* (Quoy & Gaimard, 1825)", *Akuatikisile: Jurnal Akuakultur, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*, 2020

Publication

160 Icak Darling Rahakbauw, Theopilus Watuguly. "ANALISIS SENYAWA FLAVONOID DAUN LAMUN *Enhalus acoroides* DI PERAIRAN PANTAI DESA WAAI KABUPATEN MALUKU TENGAH", *BIOPENDIX: Jurnal Biologi, Pendidikan dan Terapan*, 2016

Publication

161 Jamilatur Rohmah, Ida Agustini Saidi, Luthfiyah Rofidah, Fia Novitasari, Frida Amelia Margareta. "Phytochemical Screening of White Turi (*Sesbania grandiflora* (L.) Pers.) Leaves Extract in Various Extraction Methods", *Medicra (Journal of Medical Laboratory Science/Technology)*, 2021

Publication

162 Lulu Setiyabudi, Irvan Herdiana, Wildan Hilmi. <1 %
"Profil Aktivitas Antibakteri Ekstrak Kulit Salak Terhadap Pertumbuhan Bakteri Salmonella Typhi", Jurnal Ilmiah JOPHUS : Journal Of Pharmacy UMUS, 2021
Publication

163 Rizkah V. Mokoginta, Herny E. I. Simbala, <1 %
Karliah L.R Mansauda. "UJI AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK ETANOL BULBUS BAWANG DAYAK (Eleutherine americana Merr) DENGAN METODE DPPH (1,1-Diphenyl-2-Picrylhydrazyl)", PHARMACON, 2020
Publication

164 Wahyu Ade Setiawan, Lulu Setiyabudi, Asep <1 %
Nurrahman Yulianto. "FORMULASI DAN UJI AKTIVITAS ANTIBAKTERI SEDIAAN KRIM EKSTRAK KULIT BATANG MANGROVE (Avicennia marina) TERHADAP PERTUMBUHAN Staphylococcus aureus", Jurnal Ilmiah JOPHUS : Journal Of Pharmacy UMUS, 2022
Publication

165 doaj.org <1 %
Internet Source

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On