

# TEKNOLOGI PENGOLAHAN RUMPUT LAUT



Ari Kristiningsih, Sawarni Hasibuan, Hermawan,  
Samsu Adi Rahman, Nurhayati, Adrianus Orias Willem Kaya,  
Dheasy Herawati, Salnida Yuniarti Lumbessy,  
I Ketut Budaraga, Fadly Irmawan

# **TEKNOLOGI PENGOLAHAN RUMPUT LAUT**

**Ari Kristiningsih  
Sawarni Hasibuan  
Hermawan  
Samsu Adi Rahman  
Nurhayati  
Adrianus Orias Willem Kaya  
Dheasy Herawati  
Salnida Yuniarti Lumbessy  
I Ketut Budaraga  
Fadly Irmawan**



**CV HEI PUBLISHING INDONESIA**

# **TEKNOLOGI PENGOLAHAN RUMPUT LAUT**

**Penulis:**

Ari Kristiningsih

Sawarni Hasibuan

Hermawan

Samsu Adi Rahman

Nurhayati

Adrianus Orias Willem Kaya

Dheasy Herawati

Salnida Yuniarti Lumbessy

I Ketut Budaraga

Fadly Irmawan

**ISBN: 978-623-8722-18-1**

**Editor : Purnama Wirawan, S.Si, M.Si**

**Penyunting : Uitmardi, ST**

**Desain Sampul dan Tata Letak : Ririn Novitasari SE**

**Penerbit : CV HEI PUBLISHING INDONESIA**

**Nomor IKAPI 043/SBA/2023**

**Redaksi :**

Jl. Air Paku No.29 RSUD Rasidin, Kel. Sungai Sapih, Kec Kuranji

Kota Padang Sumatera Barat

Website : [www.HeiPublishing.id](http://www.HeiPublishing.id)

Email : heipublishing.id@gmail.com

Cetakan pertama, Juli 2024

Hak cipta dilindungi undang-undang

Dilarang memperbanyak karya tulis ini dalam bentuk  
dan dengan cara apapun tanpa izin tertulis dari penerbit.

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayahNya, maka Penulisan Buku dengan judul Teknologi Pengolahan Rumput Laut dapat diselesaikan.

Buku ini membahas tentang Pendahuluan: Potensi Rumput Laut Di Indonesia- Rumput Laut Di Dunia, Rencana Strategis Pengembangan Rumput Laut, Strategi, Kegiatan, Dan Peran Implementasi Dalam Pengembangan Rumput Laut, Pemanfaatan Rumput Laut Sebagai Bahan Dalam Pembuatan Produk Olahan, Formulasi Produk Olahan Rumput Laut, Proses Pengolahan Rumput Laut Menjadi SCR Dan ATCC, Komponen-komponen Nutrisi Dalam Rumput Laut Dan Fungsinya Bagi Kesehatan, Komponen-komponen Bioaktif Dalam Rumput Laut Dan Fungsinya Bagi Kesehatan, Peranan Rumput Laut Dalam Formulasi Pengembangan Produk Pangan Fungsional, Potensi Rumput Laut Sebagai Sumber Prebiotik.

Buku ini masih banyak kekurangan dalam penyusunannya. Oleh karena itu, kami sangat mengaharapkan kritik dan saran demi perbaikan dan kesempurnaan buku ini selanjutnya. Kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak terutama seluruh penulis kolaborator yang telah membantu dalam proses penyelesaian Buku ini. Semoga Buku ini dapat menjadi sumber referensi dan literatur bagi semua kalangan yang mudah dipahami, dan bermanfaat terutama dalam rangka pembuatan produk pangan yang diminati oleh konsumen.

Padang, Juli 2024

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vi
<b>BAB 1 POTENSI RUMPUT LAUT DI INDONESIA- RUMPUT LAUT DI DUNIA .....</b>	<b>1</b>
1.1 Pendahuluan .....	1
1.2 Rumput laut di Indonesia.....	2
1.3 Rumput Laut di Dunia .....	4
DAFTAR PUSTAKA.....	6
<b>BAB 2 RENCANA STRATEGIS PENGEMBANGAN RUMPUT LAUT .....</b>	<b>9</b>
2.1 Pendahuluan.....	9
2.2 Sebaran Produksi Rumput Laut.....	10
2.3 Produksi Rumput Laut Indonesia .....	12
2.4 Analisis SWOT.....	14
2.5 Strategi Pengembangan Industri Rumput Laut .....	17
2.6 Penutup .....	19
DAFTAR PUSTAKA.....	21
<b>BAB 3 STRATEGI, KEGIATAN, DAN PERAN IMPLEMENTASI DALAM PENGEMBANGAN RUMPUT LAUT.....</b>	<b>23</b>
3.1 Konsep Hilirisasi Rumput Laut .....	23
3.2 Strategi Rantai Nilai, Nilai Tambah, dan Rantai Pasok... 26	26
3.3 Implementasi Pengembangan Rumput Laut, Studi Kasus Nusa Tenggara Timur.....	29
DAFTAR PUSTAKA.....	36
<b>BAB 4 PEMANFAATAN RUMPUT LAUT SEBAGAI BAHAN DALAM PEMBUATAN PRODUK OLAHAN.....</b>	<b>39</b>
4.1 Pendahuluan .....	39
4.2 Kandungan rumput laut .....	44
4.3 Manfaat rumput laut .....	46
4.4 Penanganan rumput laut sebagai bahan produk olahan.....	52
4.5 Jenis bahan rumput laut.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	63

<b>BAB 5 FORMULASI PENGOLAHAN RUMPUT LAUT.....</b>	<b>65</b>
5.1 Pendahuluan.....	65
5.2 Gizi dan Komponen Kimia Rumput Laut .....	66
5.3 Teknologi Pengolahan Rumput Laut.....	67
5.4 Formulasi Produk berbasis Rumput Laut.....	69
5.5 Kemajuan Teknologi dan Metodologi dalam Pengolahan Rumput Laut .....	71
5.6 Kualitas, Tren dan Keberlanjutan: Inovasi dan Tantangan dalam Industri Rumput Laut .....	73
5.7 Kesimpulan.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	77
<b>BAB 6 PROSES PENGOLAHAN RUMPUT LAUT MENUADI SCR DAN ATCC.....</b>	<b>83</b>
6.1 Pendahuluan.....	83
6.2 <i>Semi Refined Carrageenan (SRC)</i> .....	85
6.2.1 Produksi <i>Semirefine Carrageenan</i> atau Karaginan Semi Murni Dalam Bentuk Chip.....	86
6.2.2 Produksi <i>Semirefine Carrageenan</i> atau Karaginan Semi Murni Dalam Bentuk Tepung ( <i>Flour</i> ) .....	88
6.3 Alkaly Threat Cottonii Chip (ATCC) .....	90
6.3.1 Proses Pembuatan ATCC.....	91
DAFTAR PUSTAKA.....	94
<b>BAB 7 KOMPONEN-KOMPONEN NUTRISI DALAM RUMPUT LAUT DAN FUNGSINYA BAGI KESEHATAN .....</b>	<b>99</b>
7.1 Pendahuluan.....	99
7.2 Nutrisi Rumput Laut.....	100
7.3 Manfaat Serat Pangan Rumput Laut Bagi Kesehatan Pencernaan.....	107
7.4 Kesimpulan.....	114
DAFTAR PUSTAKA.....	115
<b>BAB 8 KOMPONEN-KOMPONEN BIOAKTIF DALAM RUMPUT LAUT DAN FUNGSINYA BAGI KESEHATAN .....</b>	<b>117</b>
8.1 Pendahuluan.....	117
8.2 Komponen Bioaktif pada Rumput Laut Hijau ( <i>Chlorophyta</i> ).....	118
8.3 Komponen Bioaktif pada Rumput Laut Merah ( <i>Rhodophyta</i> ) .....	121

8.4 Komponen Bioaktif pada Rumput Laut Coklat ( <i>Phaeophyta</i> ) .....	124
8.5 Peranan Senyawa Bioaktif Rumput Laut bagi Kesehatan .....	128
DAFTAR PUSTAKA.....	133
<b>BAB 9 PERANAN RUMPUT LAUT DALAM FORMULASI PENGEMBANGAN PRODUK PANGAN FUNGSIONAL .....</b>	<b>145</b>
9.1 Pendahuluan.....	145
9.2 Pengertian Pangan Fungsional.....	149
9.3 Persyaratan Pangan Fungsional .....	153
9.4 Perkembangan Pasar Pangan Fungsional.....	155
9.5 Rumput Laut .....	157
9.6 Pemanfaatan Rumput Laut <i>Sargassum Polycystum</i> .....	159
9.7 Kandungan Nutrisi <i>Sargassum Polycystum</i> .....	161
9.8 Rumput Laut <i>Sargassum Polycystum</i> Sebagai Pangan Fungsional .....	168
DAFTAR PUSTAKA.....	169
<b>BAB 10 POTENSI RUMPUT LAUT SEBAGAI SUMBER PREBIOTIK 175</b>	
10.1 Prebiotik, Probiotik, Sinbiotik dan Postbiotik .....	175
10.2 Manfaat Prebiotik dan Probiotik .....	180
10.3 Potensi Rumput Laut sebagai Sumber Prebiotik.....	185
DAFTAR PUSTAKA.....	194
<b>BIODATA PENULIS</b>	

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel 2.1.</b> Produksi dan nilai produksi rumput laut Indonesia Tahun 2022 .....	12
<b>Tabel 3.1.</b> Analisis Rantai Pasok Hilirisasi Industri di Sentra Budidaya Rumput Laut di NTT, proyeksi produksi 9 jt Ton rumput laut basah per tahun.....	32
<b>Tabel 3.2.</b> Perkiraan kebutuhan infrastruktur dasar industri pada hilirisasi industri rumput laut di NTT, untuk produksi 9 jt Ton rumput laut basah per tahun.....	34
<b>Tabel 7.1.</b> Kandungan protein, lemak dan kadar abu rumput laut (g/100g berat kering).....	103
<b>Tabel 7.2.</b> Kandungan mineral pada rumput laut (mg/100 g berat kering) .....	107
<b>Tabel 7.3.</b> Kandungan serat pangan pada rumput laut (g/100g) .....	109
<b>Tabel 9.1.</b> Komposisi proksimat <i>S. polycystum</i> .....	161
<b>Tabel 9.2.</b> Komposisi mineral <i>S. polycystum</i> .....	164
<b>Tabel 9.3.</b> Komposisi asam amino <i>S. cinctum</i> .....	165
<b>Tabel 9.4.</b> Komposisi asam lemak <i>S. cinctum</i> .....	167

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.1.</b> Distribusi Volume Produksi Rumput Laut Menurut Provinsi, 2020 .....	3
<b>Gambar 2.1.</b> Produsen terbesar rumput laut dunia 2019 .....	10
<b>Gambar 2.2.</b> Sebaran produksi rumput laut tahun 2019 .....	11
<b>Gambar 2.3.</b> Strategi pengembangan industri rumput laut Indonesia 17 (\$ juta) jangka pendek (sebelum 2025), jangka menengah (2024-2028), jangka panjang (setelah 2028) .....	18
<b>Gambar 2.4.</b> Model pengembangan industri rumput laut Indonesia.....	19
<b>Gambar 3.1.</b> Struktur kimia Alginat, Karagenan, dan Agar .....	25
<b>Gambar 3.2.</b> Pohon industri rumpul laut .....	28
<b>Gambar 3.3.</b> Konsep rantai nilai industri dan nilai tambah produk rumput laut .....	29
<b>Gambar 3.4.</b> Menyajikan perencanaan pra zona industry untuk pengolahan komoditas rumput laut di Nusa Tenggara Timur.....	34
<b>Gambar 3.5.</b> Rancangan Pra zonasi pembangunan industry hilir rumpul laut di sekitar Kota Kupang.....	35
<b>Gambar 4.1.</b> <i>Kappaphycus alvarezii</i> (a); <i>Eucheuma spinosum</i> (b) .....	40
<b>Gambar 4.2.</b> <i>Gracilaria</i> sp. .....	41
<b>Gambar 4.3.</b> <i>Caulerpa</i> sp. ....	42
<b>Gambar 4.4.</b> <i>Ulva</i> sp. ....	43
<b>Gambar 4.5.</b> Proksimat rumput laut pada suhu yang berbeda .....	49
<b>Gambar 4.6.</b> Pembersihan penyakit <i>ice-ice</i> .....	54
<b>Gambar 4.7.</b> Pencucian rumput lau.....	t54
<b>Gambar 4.8.</b> Pengeringan rumput laut .....	55
<b>Gambar 4.9.</b> Proses <i>bleaching</i> rumput laut.....	58
<b>Gambar 4.10.</b> Pengemasan konvensional (a), pengemasan kering siap olah (b).....	59
<b>Gambar 4.11.</b> Penyimpanan rumput laut <i>bleaching</i> , basah (a), kering (b) .....	60
<b>Gambar 6.1.</b> Prosedur Pembuatan SRC Chip .....	88

<b>Gambar 6.2.</b> Prosedur Pembuatan SRC Flour/Tepung.....	90
<b>Gambar 6.3.</b> Prosedur Pembuatan ATC Chip (ATCC) .....	93
<b>Gambar 8.1.</b> Komponen Bioaktif pada Rumput Laut .....	118
<b>Gambar 8.2.</b> Struktur ulvans dalam bentuk asam ulvanobiouronik .....	119
<b>Gambar 8.2.</b> Struktur Klorofil.....	121
<b>Gambar 8.3.</b> Struktur Agar.....	122
<b>Gambar 8.4.</b> Struktur Karaginan ; (A) $\kappa$ -carrageenan, (B) $\mu$ -carrageenan, (C) $\iota$ -carrageenan, (D) $\lambda$ -carrageenan and (E) $\nu$ -carrageenan .....	123
<b>Gambar 8.5.</b> Struktur Alginat (konformasi ikatan glikosidik asam $\beta$ -d-mannuronat dan asam $\alpha$ -l-guluronat) .....	125
<b>Gambar 8.6.</b> Struktur Laminarin .....	126
<b>Gambar 8.7.</b> Struktur Fukoidan .....	127
<b>Gambar 9.1.</b> Sargassum polycystum segar dan kering .....	158
<b>Gambar 10.1.</b> Struktur kimia GOS dan FOS .....	175
<b>Gambar 10.2.</b> Contoh makanan mengandung probiotik.....	176
<b>Gambar 10.3.</b> Contoh makanan mengandung sinbiotik .....	177
<b>Gambar 10.4.</b> Postbiotik sebagai produk dari probiotik .....	178



# BAB 1

## POTENSI RUMPUT LAUT DI INDONESIA-RUMPUT LAUT DI DUNIA

Oleh Ari Kristiningsih

### 1.1 Pendahuluan

Rumput laut atau *seaweed* adalah salah satu tumbuhan laut yang termasuk ke dalam kelompok makro alga yang hidupnya didasar perairan (*benthic algae*). Rumput laut termasuk ke dalam golongan tumbuhan thallophtya atau tumbuhan tingkat rendah karena tidak dapat dibedakan secara jelas antara akar, batang dan daunnya. Sebagai salah satu komoditas sumber daya alam hayati, rumput laut memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi. Beberapa daerah di Indonesia menjadikan budidaya rumput laut sebagai mata pencarian utamanya.

Budidaya rumput laut mulai dikembangkan pada tahun 1980-an di wilayah pesisir Indonesia dalam rangka meningkatkan taraf hidup nelayan tradisional (Rahadiati et al., 2018). Menurut data Kementerian Kelautan dan Perikanan Indonesia tahun 2019 luas lautan Indonesia adalah 6.400.000 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 110.000 km sehingga sangat potensial untuk dilakukan budidaya rumput laut (Lestari et al., 2020). Selain itu Indonesia memiliki iklim yang sesuai untuk pertumbuhan rumput laut. Suparmi, et al (2013) melaporkan bahwa pemanfaatan rumput laut secara ekonomis sudah berlangsung mulai tahun 1670 melalui penggunaan rumput laut sebagai obat – obatan, makanan tambahan, kosmetik pakan ternak maupun pupuk organic.

Rumput laut dapat dikelompokan menjadi tiga jenis berdasarkan kandungan pigmen yang terdapat didalamnya rumput laut merah (*Rhodophyceae*), rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) dan rumput laut hijau (*Chlorophyceae*). Kandungan yang terdapat dalam rumput laut memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi karena memiliki

senyawa hidrokoloid seperti agar, karagenan dan alginate yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang kehidupan.

Dalam rumput laut terkandung serat, vitamin dan mineral seperti kalsium, yodium, zat besi dan zink yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Selain itu didalam rumput laut juga ditemukan senyawa antioksidan yang dipercaya mempunyai manfaat bagi kesehatan manusia. Pemanfaatan rumput laut sebagai bahan pangan telah dilakukan di berbagai negara di dunia, seperti Jepang, Korea maupun Cina (Pamungkas et al., 2023). Salah satu olehan rumput laut yang berasal dari Jepang yang sering ditemui di pasar swalayan di Indonesia adalah nori yang terbuat dari rumput laut jenis *Porphyra sp.*

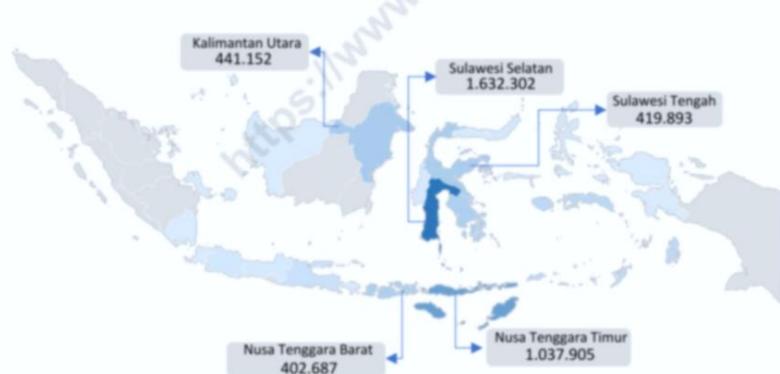
## 1.2 Rumput laut di Indonesia

Luas wilayah Indonesia adalah 8.300.00 km<sup>2</sup> dengan luas daratan 1.900.000 km<sup>2</sup> dan luas perairan laut 6.400.000 km<sup>2</sup> (BPS, 2021). Rumput laut menjadi salah satu komoditas dari sector perikanan dan kelautan yang sedang mulai dikembangkan. Wilayah persebaran rumput laut di Indonesia meliputi Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Kalimantan, Sulawesi, Maluku dan Papua. Wilayah Indonesia yang beriklim tropis dan perairan yang kaya akan mineral menjadi habitat yang ideal bagi rumput laut untuk dibudidayakan. Wilayah yang potensial untuk dikembangkan budidaya rumput laut adalah di Indonesia bagian timur (Picaulima et al., 2016).

Di Indonesia tercatat terdapat 555 jenis rumput dari 8642 spesies di dunia (Merdekawati & Susanto, 2009). Rumput laut yang paling banyak dibudidayakan dan diperdagangkan adalah dari jenis *Gracilaria sp* dan *Euchema sp*. Metode pembudidayaan yang mudah dan praktis serta gampang diaplikasikan menjadikan rumput laut jenis *Euchema sp* banyak dibudidayakan oleh para petani rumput laut di Indonesia. Rumput laut yang banyak ditemukan di perairan Indonesia adalah jenis Euchema, Sargasum, Gracilaria, Turbinaria, Gelidium dan Hypnea (Munaeni et al., 2023). Metode budidaya rumput laut yang diterapkan oleh para pembudidaya di Indonesia adalah tali rentang (*longline*), rakit apung dan patok atau lepas dasar(BPS, 2021).

Sektor perikanan telah menyumbang sebanyak 22% dari total Produk Domestik Bruto (PDB) tahun 2021 (Waldron et al., 2023).

Rumput laut menjadi salah satu sector yang mempengaruhi total produksi perikanan budidaya di Indonesia. Dikutip dari data hasil survei Badan Pusat Statistik Indonesia tahun 2021 mengenai Komoditas Perikanan Potensi Rumput di Indonesia didapati bahwa penghasil rumput laut terbesar di Indonesia adalah Provinsi Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Utara, Sulawesi Tengah dan Nusa Tenggara Barat. Data hasil produksi dapat dilihat pada gambar 1.1.



**Gambar 1.2 Distribusi Volume Produksi Rumput Laut Menurut Provinsi, 2020 (Ton Basah) (BPS, 2021)**

Potensi rumput laut di Indonesia cukup besar, hampir 50% pangsa pasar rumput laut di dunia berasal dari Indonesia yang kebanyakan dari jenis *Euchema sp.* (Hikmah, 2015). Tetapi ekspor rumput laut kebanyakan berupa bahan mentah (*raw material*) atau rumput laut kering. Hal ini disebabkan karena terbatasnya pengetahuan dan juga teknologi yang dimiliki oleh para pembudidaya rumput laut, selain itu juga dipengaruhi belum terpenuhnya standar rumput laut kering dengan kualitas ekspor (Hikmah, 2015). Dikutip dari Juarsa (2019) sebanyak 94% rumput laut Indonesia diekspor dalam bentuk kering sisanya diekspor dalam bentuk karaginan (1%) dan agar – agar (1%). Tentunya ini sangat disayangkan, mengingat potensi laut Indonesia cukup luas dan sangat potensial dalam budidaya rumput laut. Turunan dari produk rumput laut memiliki nilai jual yang lebih tinggi dibandingkan dalam bentuk kering. Produk turunan rumput laut seperti *Alkali treated cottonii (ATC)*, Alkali Treated *gracilaria* (ATG),

Alkali treated cottoni chips (ATCC), agar- agar, karaginan, produk kosmetik, pasta gigi dan minuman jeli. Pelaku usaha yang kurang inovatif, kurangnya pengenalan dan pendalaman produk serta modal yang kurang dan tidak didukung oleh kelembagaan dan jaringan pemasaran yang tepat menjadikan belum banyak pembudidaya rumput memproduksi produk turunan dari rumput laut.

### 1.3 Rumput Laut di Dunia

Produksi rumput laut mengalami peningkatan selama beberapa tahun terakhir dan berpengaruh secara signifikan pada beberapa negara (Cai et al., 2021). Organisasi Pangan dan Pertanian (FAO) juga melaporkan bahwa terjadi peningkatan produksi rumput laut di dunia hampir tiga kali lipat baik yang dihasilkan dari budidaya maupun yang tumbuh liar dialam. Penyumbang produksi rumput laut terbesar diantara lima benua adalah Tiongkok (56,82%) dari total produksi di dunia kemudian disusul oleh Indonesia yang menyumbang sebanyak 28,6% dari seluruh budidaya rumput laut di dunia (Zhang et al., 2022). Berdasarkan data dari *State of the World Fisheries and Aquaculture - 2022* (SOFIA) ada delapan jenis rumput laut utama yang di produksi di dunia adalah dari jenis *Laminaria japonica*, *Eucheuma spp.*, *Gracilaria spp.*, *Undaria pinnatifida*, *Porphyra spp.*, *Kappaphycus alvarezii*, *Sargassum fusiforme*, dan *Euchema denticulatum* (FAO, 2022).

Rumput laut menjadi sumber pikoloid yang penting dalam produksi agar, karagenan dan juga asam alginate. Beberapa jenis rumput laut dapat digunakan sebagai biabsorben dan juga bioremediasi seperti dari jenis *Ulva sp*, *Cladophora coelothrix* dan *Cladophora parriaudi*, *Porphyra sp* dan *Gracilaria sp.* (V. Veeragurunathan et al., 2023). Selain itu di beberapa negara rumput laut dijadikan olahan yang siap untuk dikonsumsi seperti salad, bumbu maupun saus. *Laminaria* di Afrika Selatan dan *Sargasum* di Tiongkok digunakan sebagai pakan ikan. Di India *Kappahycus* digunakan sebagai pupuk rumput laut dan di Sebagian besar negara – negara di Eropa menggunakan rumput laut sebagai pakan ternak(Zhang et al., 2022). Penelitian mengenai potensi dari rumput laut terus menerus dilakukan seperti pada kosmetik dan aplikasinya

dalam bidang kedokteran terkait dengan kandungan senyawa bioaktifnya dan juga potensi rumput laut sebagai bahan biofuel(Prathee et al., 2011). Selain manfaat ekonomis tersebut rumput laut juga mempunyai peran ekologis yaitu sebagai produsen utama di lingkungan laut dan juga sebagai tempat *nursery* dan *feeding ground* bagi beberapa hewan laut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Cai, J. ., Lovatelli, A. ., Aguilar-Manjarrez, J. ., Cornish, L. ., Dabbaudie, L. ., Desrochers, A. ., Diffey, S. ., Garrido Gamarro, E. ., Geehan, J. ., Hurtado, A. ., Lucente, D. ., Mair, G. ., Miao, W. ., Potin, P. P. C. ., Reantaso, M. ., Roubach, R. ., Tauati, M., & Yuan, X. (2021). SEAWEEDS AND MICROALGAE: AN OVERVIEW FOR UNLOCKING THEIR POTENTIAL IN GLOBAL AQUACULTURE DEVELOPMENT FAO Fisheries and Aquaculture Circular NFIA/C1229 (En). In *Fao* (Vol. 1229).
- FAO. (2022). *State of the World Fisheries and Aquaculture - 2022 (SOFA)*. <https://www.fao.org/3/cc0461en/cc0461en.pdf>
- Hikmah, H. (2015). Strategi Pengembangan Industri Pengolahan Komoditas Rumput Laut E Cotonii Untuk Peningkatan Nilai Tambah Di Sentra Kawasan Industrialisasi. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.15578/jksekp.v5i1.1013>
- Juarsa, R. P. (2019). Analisis dan Strategi Untuk Mendukung Prospek Perdagangan Rumput Laut Indonesia. *Cendekia Niaga*, 3(2), 51–60. <https://doi.org/10.52391/jcn.v3i2.481>
- Lestari, D. A, Anzani, L, Zamil, A. S., Prasetyo, A, Simbolon, E. F., & Apriansyah, M. R. (2020). Pengaruh Gunung Laut Anak Krakatau Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut Di Selat Sunda. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*, 1(2), 80–95. <https://doi.org/10.17509/ijom.v1i2.25590>
- Merdekawati, W., & Susanto, A. B. (2009). Kandungan Dan Komposisi Pigmen Rumput Laut Serta Potensinya Untuk Kesehatan. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 4(2), 41–47.
- Munaeni, W, Sirza, L O. M. J, Lesmana, D, Irawan, H, Hamka, M. S, & Nafsiyah, I. (2023). Potensi Budidaya dan Olahan Rumput Laut di Indonesia. In *CV. Tohar Media* (Issue May).
- Pamungkas, A, Sedayu, B. B, Hakim, A. R, Wullandari, P, Fauzi, A, & Novianto, T. D. (2023). Perkembangan penelitian aplikasi rumput laut sebagai bahan pangan di Indonesia: tinjauan

- literatur. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 17(3), 557–570. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v17i3.16484>
- Picaulima, S. M., Ngamel, A. K., Hamid, S. K., & Teniwut, R. M. K. (2016). Analisis Kelayakan Usaha Agroindustri Rumput Laut Di Kabupaten Maluku Tenggara. *Jurnal Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan*, 10(1), 91. <https://doi.org/10.15578/jsekp.v10i1.1250>
- Prathee, A., Pongparadon, S., Darakrai, A., Wichachucherd, B., & Sinutok, S. (2011). Diversity and distribution of seaweed at Khanom-Mu Ko Thale Tai National Park, Nakhon Si Thammarat Province, Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 33(6), 633–640.
- Rahadiati, A., Soewardi, K., Wardiatno, Y., & Sutrisno, D. (2018). Pemetaan Sebaran Budidaya Rumput Laut: Pendekatan Analisis Multispektral dan Multitemporal (Studi Kasus di Kabupaten Takalar Sulawesi Selatan). *Majalah Ilmiah Globe*, 20(1), 13. <https://doi.org/10.24895/mig.2018.20-1.718>
- Statistik, B. P. (n.d.). *Hasil Survei Komoditas Perikanan Potensi Rumput Laut*. BAdan Pusat Statistik.
- Suparmi, A. S. (2013). Kajian Pemanfaatan Sumber Daya Rumput Laut Dari Aspek Industri dan Kesehatan. *Jurnal Majalah Ilmiah Sultan Agung*, 44(118), 95–116.
- V. Veeragurunathan, K. G. Vijay Anand, Arup Ghosh, U. G. & P. G. G. (2023). Ecological Significance of Seaweed Biomass Production and Its Role in Sustainable Agriculture. *Smart Agriculture for Developing Nations. Advanced Technologies and Societal Change*.
- Waldron, S., Langford, Z., Pasaribu, S., Nuryartono, N., Julianto, B., & Siradjuddin, I. (2023). The Indonesian seaweed industry. *Globalisation and Livelihood Transformations in the Indonesian Seaweed Industry*, January, 51–76. <https://doi.org/10.4324/9781003183860-4>
- Zhang, L., Liao, W., Huang, Y., Wen, Y., Chu, Y., & Zhao, C. (2022). Global seaweed farming and processing in the past 20 years. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00103-2>



# BAB 2

## RENCANA STRATEGIS PENGEMBANGAN RUMPUT LAUT

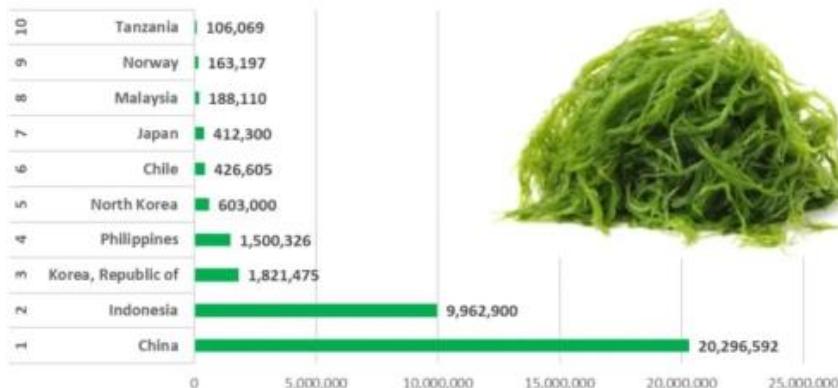
Oleh Sawarni Hasibuan

### 2.1 Pendahuluan

Rumput laut merupakan salah satu sumber daya biomassa global terbesar yang belum tereksplorasi, trofik rendah, dan terbarukan. Pengembangan rumput laut tidak hanya memberikan manfaat ekonomi tetapi juga berkontribusi pada pelestarian lingkungan dan peningkatan kesejahteraan sosial, menjadikannya relevan dengan pencapaian SDGs, termasuk SDG 8 (Pertumbuhan Ekonomi), SDG 9 (Industri, Inovasi, Infrastruktur), SDG 12 (Produksi dan Konsumsi Bertanggungjawab), SDG 13 (Perubahan Iklim), SDG 14 (Ekosistem Laut), dan SDG 17 (Kemitraan untuk Keberlanjutan) (Zhang et al., 2022).

Budidaya dan proses produksi rumput laut telah meningkat pesat selama 20 tahun terakhir. Menurut data FAO (2021), produksi rumput laut global (baik budidaya maupun liar) telah meningkat hampir tiga kali lipat dari 118.000 ton menjadi 358.200 ton dari tahun 2000 hingga 2019 (FAO, 2021).

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, memiliki kondisi alam yang sangat mendukung untuk budidaya rumput laut. Keberadaan ekosistem pesisir yang melimpah menjadikan Indonesia sebagai salah satu dari 10 produsen terbesar rumput laut dunia (Gambar 2.1).



Gambar 2.1. Produsen terbesar rumput laut dunia 2019 (FAO, 2021)

Namun, pengembangan industri rumput laut di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan. Keterbatasan infrastruktur, teknologi budidaya yang masih tradisional, serta kurangnya pengetahuan dan keterampilan di kalangan petani menjadi hambatan utama dalam meningkatkan produktivitas dan kualitas rumput laut. Selain itu, fluktuasi harga di pasar internasional dan persaingan dengan negara produsen lain turut menambah kompleksitas dalam pengembangan industri ini.

Mengingat potensi dan tantangan yang ada, diperlukan rencana strategis yang komprehensif dan terintegrasi untuk mengoptimalkan pengembangan rumput laut di Indonesia. Rencana strategis ini bertujuan untuk meningkatkan produksi dan kualitas rumput laut, memperkuat rantai pasok, serta mendiversifikasi produk turunan rumput laut agar mampu bersaing di pasar global. Dengan demikian, diharapkan pengembangan industri rumput laut dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap perekonomian nasional dan kesejahteraan masyarakat pesisir.

## 2.2 Sebaran Produksi Rumput Laut

Secara keseluruhan produksi mikroalga rumput laut dunia mencapai 32,4 juta ton pada tahun 2019, dimana 97,3% berasal dari budidaya perikanan. Produsen rumput laut terbesar dunia dipasok dari benua Asia yang menyumbang 97,38%, disusul Amerika dan Eropa

berturut-turut menyumbang 1,36% dan 0,8% dari pangsa pasar global, sisanya dari benua Afrika dan Oceania (Gambar 2.2).

Pengembangan produksi rumput laut bergantung pada berbagai faktor seperti volume produksi, inovasi teknologi, praktik keberlanjutan, dan daya saing pasar. Beberapa negara terkenal karena kemajuannya dalam budidaya rumput laut adalah sebagai berikut:

1. Tiongkok: Tiongkok adalah produsen rumput laut terbesar dunia dengan pangsa pasar 56,82% dari pasokan rumput laut global, dengan spesies utama adalah rumput laut Jepang (*Laminaria japonica*), *Gracilaria* (*Gracilaria spp.*) dan nori Nei (*Porphyra spp.*).



Gambar 2.2. Sebaran produksi rumput laut tahun 2019 (FAO, 2021).

2. Indonesia: Produsen terbesar kedua adalah Indonesia yang menyumbang 28,6% dari budidaya rumput laut global dengan spesies utama adalah *Eucheuma nei* (*Eucheuma spp.*) dan *Gracilaria* (*Gracilaria spp.*).
3. Korea Selatan: Korea Selatan terkenal memiliki industri budidaya rumput laut yang maju menyumbang 5,09% dari total produksi rumput laut global. Banyak spesies rumput laut yang tumbuh termasuk rumput laut coklat, merah, dan hijau (tidak termasuk mikroalga). Yang paling banyak dibudidayakan adalah *Laminaria japonica*, diikuti oleh laver (*Porphyra tenera*), dan wakame (*Undaria pinnatifida*).

4. Filipina: Filipina memiliki industri rumput laut yang berkembang menguasai 4,19% pasar global, dengan budidaya yang terutama berfokus pada spesies seperti *Eucheuma* dan *Kappaphycus* untuk produksi karagenan.
5. Norwegia: Norwegia adalah produsen utama rumput laut untuk berbagai keperluan, termasuk makanan, pakan, dan biofuel.
6. Jepang: Jepang memiliki sejarah panjang dalam budidaya rumput laut yang menyumbang 1,15% dari total produksi rumput laut global, terutama nori (*Porphyra tenera*), wakame (*Undaria pinnatifida*), dan rumput laut Jepang (*Laminaria japonica*).
7. Chili: Chili adalah salah satu produsen rumput laut terbesar di Amerika Selatan yang menyumbang 0,3% dari produksi global. Fokus budidaya rumput laut Chile adalah spesies *Gracilaria* dan *Macrocystis*.

Masing-masing negara memiliki kekuatan dalam berbagai aspek produksi rumput laut, baik skala, inovasi, keberlanjutan, atau kehadiran pasar.

## 2.3 Produksi Rumput Laut Indonesia

Di Indonesia hanya 24 provinsi yang memiliki budidaya rumput laut. Lima provinsi dengan volume produksi rumput laut terbesar di Indonesia adalah Provinsi Sulawesi Selatan, disusul Provinsi Nusa Tenggara Timur, Provinsi Kalimantan Utara, Provinsi Nusa Tenggara Barat, dan Provinsi Jawa Timur (lihat Tabel 2.1).

**Tabel 2.1. Produksi dan nilai produksi rumput laut Indonesia Tahun 2022**

Provinsi	Volume Produksi (Ton)	Nilai Produksi (Rp.1.000,-)
<b>Budidaya Pembesaran</b>	<b>9,234,268</b>	<b>40,556,967,368</b>
Bali	11,756	40,139,710
Banten	51,230	182,429,466
Dki Jakarta	2	15,120

Gorontalo	12,148	72,884,000
Jawa Barat	111,998	146,646,099
Jawa Tengah	87,430	101,501,196
<b>Jawa Timur</b>	<b>666,654</b>	<b>2,564,061,783</b>
Kalimantan Barat	80	1,933,811
Kalimantan Timur	25,629	73,649,466
<b>Kalimantan Utara</b>	<b>788,967</b>	<b>2,235,807,768</b>
Kepulauan Riau	3,278	4,012,472
Lampung	5,456	10,911,464
Maluku	267,677	2,000,822,428
Maluku Utara	135,074	1,165,247,640
<b>Nusa Tenggara Barat</b>	<b>696,766</b>	<b>3,523,737,141</b>
<b>Nusa Tenggara Timur</b>	<b>1,403,336</b>	<b>4,956,495,339</b>
Papua	873	1,102,260
Papua Barat	747	3,702,371
Sulawesi Barat	16,353	96,744,796
<b>Sulawesi Selatan</b>	<b>3,796,882</b>	<b>15,298,868,586</b>
Sulawesi Tengah	655,453	6,077,982,100
Sulawesi Tenggara	313,147	1,297,590,996
Sulawesi Utara	183,332	700,681,356
<b>Tangkap Laut</b>	<b>48,165</b>	<b>27,677,002</b>
Banten	94	235,900
DI Yogyakarta	64	192,054
Jawa Timur	275	1,648,830
<b>Nusa Tenggara Barat</b>	<b>47,732</b>	<b>25,600,218</b>
<b>Grand Total</b>	<b>9,282,433</b>	<b>40,584,644,370</b>

Indonesia memiliki 550 jenis spesies rumput laut bernilai ekonomis tinggi dari sekitar 8000 jenis yang ada di dunia

(Merdekawati & Susanto, 2009). Jenis yang terbanyak *Eucheuma cottoni* dengan nilai total potensinya USD10 miliar per tahun. Indonesia telah menjadi salah satu produsen utama rumput laut dunia jenis *Euchema spp.* dan *Gracilaria spp.* Lebih dari 80% ekspor rumput laut Indonesia masih didominasi oleh bahan baku kering, sehingga nilai tambah ekonominya masih minim (Basyuni et al., 2024).

## 2.4 Analisis SWOT

**Kekuatan (Strength).** Indonesia memiliki beberapa keunggulan dalam pengembangan rumput laut, sehingga menjadikannya pemain penting dalam industri rumput laut global:

1. Potensi Produksi Rumput Laut: Banyak spesies rumput laut yang bernilai komersial dapat tumbuh sepanjang tahun dengan hasil panen tinggi, varietas yang penting secara komersial seperti *Eucheuma*, *Kappaphycus*, dan *Gracilaria*.
2. Perkembangan Permintaan Pasar: Permintaan global dan domestik terhadap produk turunan rumput laut meningkat dalam industri makanan, obat-obatan, kosmetik, dan biofuel.
3. Riset & Development (R&D): Indonesia telah berinvestasi dalam peningkatan teknik budidaya, produktivitas, dan kualitas produk. Diantaranya inovasi budidaya multi-trofik terintegrasi (IMTA), sistem budidaya lepas pantai, dan aplikasi bioteknologi.
4. Kebijakan Pemerintah: Pemerintah memiliki komitmen untuk mendorong sektor kelautan dan perikanan, termasuk budidaya rumput laut, sebagai bagian dari strategi pembangunan ekonomi. Insentif dan inisiatif pembangunan infrastruktur untuk memfasilitasi pertumbuhan industri rumput laut.
5. Praktik Berkelanjutan: Tradisi kuat Indonesia dalam pengelolaan sumber daya pesisir berbasis masyarakat dapat dimanfaatkan untuk mendorong pembangunan industri rumput laut yang inklusif dan berkelanjutan.

**Kelemahan (Weakness).** Beberapa tantangan dan kelemahan pengembangan rumput laut Indonesia, yaitu:

1. Infrastruktur: Infrastruktur untuk budidaya, pengolahan, dan transportasi rumput laut di Indonesia masih belum memadai.

Kondisi ini dapat menghambat efisiensi produksi dan distribusi rumput laut yang menyebabkan biaya lebih tinggi dan daya saing lebih rendah di pasar global.

2. Permasalahan Kualitas: Beberapa wilayah memiliki kontrol mutu yang terbatas terkait dengan standar mutu dan keamanan produk rumput laut. Kontrol kualitas yang buruk dapat melemahkan kepercayaan konsumen dan membatasi akses pasar produk rumput laut Indonesia.
3. Degradasi Lingkungan: Praktik pembuangan limbah yang tidak tepat dan eksplorasi berlebihan terhadap hamparan rumput laut alami, dapat menyebabkan degradasi lingkungan dan kerusakan ekosistem.
4. Persaingan Pasar: Indonesia menghadapi persaingan dari negara-negara penghasil rumput laut lainnya, seperti Tiongkok, Filipina, dan Korea Selatan, yang telah memiliki pijakan yang kuat di pasar global.
5. Keterbatasan Riset dan Inovasi: Masih terdapat kesenjangan dalam pengetahuan dan inovasi dibandingkan dengan negara-negara penghasil rumput laut yang lebih maju.
6. Regulasi: Regulasi-regulasi terkait dengan pengelolaan sumber daya kelautan, perizinan budidaya perikanan, dan perlindungan lingkungan dinilai kurang konsisten dan dapat menghambat pengembangan industri rumput laut dan menghambat investasi.

**Peluang (Opportunity).** Beberapa peluang utama pengembangan rumput laut Indonesia meliputi:

1. Perkembangan Permintaan Pasar: Ada peningkatan permintaan global terhadap produk turunan rumput laut di berbagai industri, termasuk makanan, farmasi, kosmetik, dan biofuel.
2. Spesies dan Kegunaan yang Beragam: Beragam spesies rumput laut dapat tumbuh di Indonesia memungkinkan produksi berbagai produk turunan rumput laut, termasuk karagenan, agar, alginat, senyawa bioaktif, dan pangan fungsional, yang dapat memenuhi kebutuhan dan preferensi pasar yang berbeda-beda.
3. Penciptaan Lapangan Kerja: Budidaya rumput laut dapat menciptakan lapangan kerja, khususnya di masyarakat pesisir dimana pilihan mata pencarian mungkin terbatas.

4. Pengolahan yang Bernilai Tambah: Melalui pengolahan yang bernilai tambah tidak hanya meningkatkan umur simpan dan daya jual produk, tetapi juga menciptakan peluang untuk pengembangan produk dengan margin lebih tinggi dan ekspor.
5. Regulasi: Pemerintah Indonesia telah menunjukkan komitmen untuk mendorong sektor kelautan dan perikanan, termasuk budidaya rumput laut, melalui kebijakan yang mendukung, insentif, dan inisiatif pembangunan infrastruktur.

**Ancaman (Threat).** Beberapa ancaman dan tantangan yang berpotensi menghambat pertumbuhan dan keberlanjutan industri rumput laut adalah:

1. Degradasi Lingkungan: Praktik budidaya rumput laut yang tidak berkelanjutan, seperti pemanenan berlebihan, perusakan habitat, dan polusi, dapat menyebabkan degradasi lingkungan dan kerusakan ekosistem.
2. Dampak Perubahan Iklim: Fenomena terkait perubahan iklim, seperti kenaikan suhu laut, pengasaman laut, dan kejadian cuaca ekstrem, menimbulkan risiko terhadap budidaya rumput laut di Indonesia. Perubahan lingkungan ini dapat mempengaruhi pertumbuhan, produktivitas, dan kerentanan penyakit rumput laut, sehingga menyebabkan fluktuasi hasil, kegagalan panen, dan kerugian ekonomi bagi petani rumput laut.
3. Wabah Penyakit dan Hama: Budidaya rumput laut rentan terhadap berbagai penyakit, hama, dan patogen yang dapat berdampak negatif terhadap kesehatan dan produktivitas tanaman.
4. Persaingan Pasar: Indonesia menghadapi persaingan yang ketat dengan negara-negara penghasil rumput laut lainnya, seperti Tiongkok, Filipina, dan Korea Selatan, yang telah memiliki pijakan yang kuat di pasar global.
5. Infrastruktur dan Teknologi yang Terbatas: Infrastruktur untuk budidaya, pengolahan, dan transportasi rumput laut mungkin tidak memadai atau kurang berkembang di banyak wilayah pesisir di Indonesia. Terbatasnya akses terhadap teknik, peralatan, dan teknologi budidaya modern dapat menghambat efisiensi, produktivitas, dan daya saing budidaya rumput laut Indonesia, khususnya budidaya rumput laut skala kecil.

## 2.5 Strategi Pengembangan Industri Rumput Laut

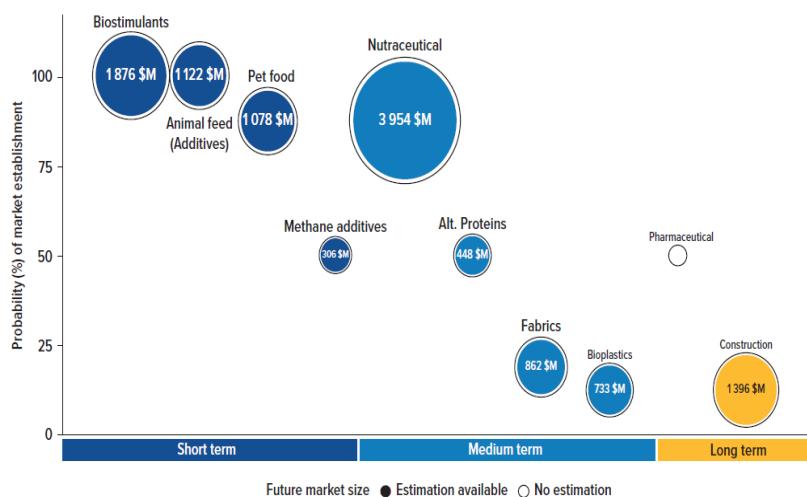
Berdasarkan hasil identifikasi faktor kekuatan dan kelemahan sebagai faktor strategis internal dan peluang dan ancaman sebagai faktor strategis eksternal selanjutnya dapat direkomendasikan strategi pengembangan industri rumput laut Indonesia. Prioritas Strategi Pengembangan Industri Rumput Laut Indonesia berdasarkan hasil analisis dirangkum pada Gambar 2.3.

<b>Strategi S-O</b>	<b>Strategi W-O</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inovasi produk hilir rumput laut</li> <li>2. Meningkatkan kapasitas produksi.</li> <li>3. Inovasi marketing</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Difusi teknologi &amp; keterampilan</li> <li>2. Praktek budidaya rumput laut yang berkelanjutan</li> <li>3. Efisiensi biaya produksi melalui kerjasama terintegrasi</li> </ol>
<b>Strategi S-T</b>	<b>Strategi W-T</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Peningkatan kualitas bahan baku dan produk akhir.</li> <li>2. Penyelarasan kebijakan.</li> <li>3. Praktek Budidaya Berkelanjutan.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kerjasama diantara berbagai stakeholder.</li> <li>2. Investasi infrastruktur dan insentif pembiayaan.</li> <li>3. Pemberdayaan Riset &amp; Development</li> </ol>

**Gambar 2.3.** Strategi pengembangan industri rumput laut Indonesia (Juarsa et al., 2019).

**Strategi S-O.** Potensi rumput laut tidak hanya terbatas pada sebagai bahan baku industri pangan, tetapi juga mencakup industri kosmetik, farmasi, dan bioenergi. Permintaan global terhadap rumput laut terus meningkat seiring dengan semakin dikenalnya manfaat kesehatan dan ekologi dari komoditas ini. Indonesia dapat memanfaatkan trend permintaan global untuk memperluas kapasitas produksi dan mendiversifikasi penawaran inovasi produknya untuk memenuhi segmen pasar yang berbeda. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa pasar jangka pendek yang paling menjanjikan untuk rumput

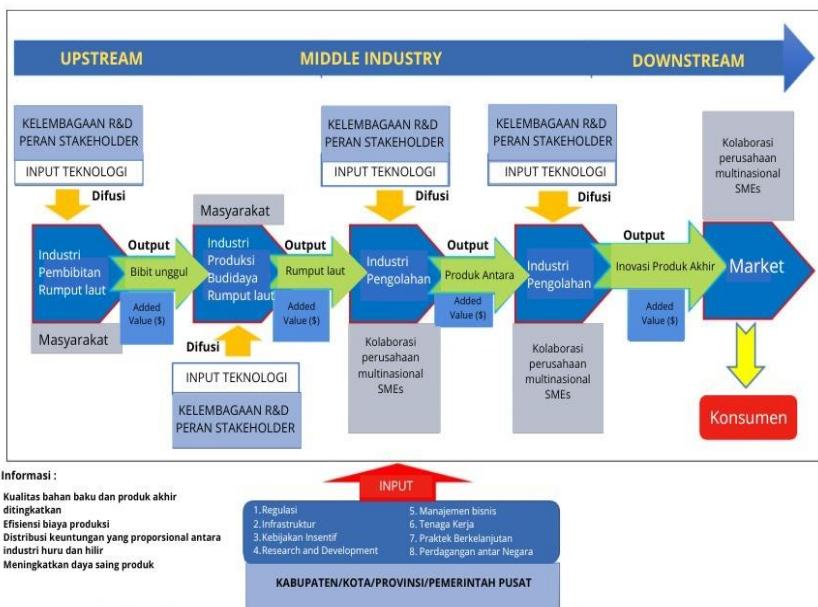
laut (di luar penerapan pasar konvensional) adalah biostimulan, pakan ternak, makanan hewan, dan bahan tambahan pengurang metan.



**Gambar 2.4.** Prakiraan pangsa pasar global rumput laut tahun 2030 (\$ juta) jangka pendek (sebelum 2025), jangka menengah (2024-2028), jangka panjang (setelah 2028) (“Glob. Seaweed New Emerg. Mark. Report, 2023,” 2023).

**Strategi W-O.** Dengan mendorong adopsi teknologi modern dalam budidaya rumput laut melalui program pelatihan dan bantuan peralatan, pengembangan infrastruktur logistik yang lebih baik untuk mendukung distribusi produk rumput laut ke pasar yang lebih luas, praktik budidaya perikanan yang berkelanjutan. Dengan strategi ini, diharapkan dapat mengatasi kelemahan yang ada dan memanfaatkan peluang untuk mengembangkan industri rumput laut yang lebih maju dan berkelanjutan.

**Strategi S-T.** Rumput laut juga berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim karena kemampuannya dalam menyerap karbon dioksida. Dengan menyelaraskan kebijakan dan mempromosikan praktik pertanian rumput laut yang berkelanjutan, serta meningkatkan langkah-langkah pengendalian kualitas, Indonesia dapat memitigasi risiko dan memastikan kelangsungan dan keberlanjutan industri rumput laut dalam jangka panjang.



Gambar 2.4. Model pengembangan industri rumput laut Indonesia (IPB, n.d.).

**Strategi W-T.** Untuk mengatasi kelemahan dan ancaman diperlukan upaya bersama dari berbagai pemangku kepentingan, termasuk lembaga pemerintah, lembaga penelitian, asosiasi industri, dan masyarakat lokal. Dengan berinvestasi di bidang infrastruktur, meningkatkan langkah-langkah pengendalian kualitas, mendorong praktik berkelanjutan, mendorong inovasi, dan menyederhanakan peraturan, Indonesia dapat mengatasi tantangan-tantangan ini dan semakin memperkuat posisinya di pasar rumput laut global.

## 2.6 Penutup

Perkembangan budidaya rumput laut semakin meningkat dari tahun ke tahun. Teknologi budidaya rumput laut terus diperbarui dan produk olahan rumput laut pun bermunculan. Oleh karena itu, rumput laut mempunyai peranan yang sangat besar dalam bidang ekonomi, sosial, dan ekologi. Kaya akan berbagai zat aktif biologis sebagai sumber obat, kosmetik, dan pengatur pertanian, yang telah banyak dikembangkan. Perlu dilakukan penguatan investasi pada teknologi

budi daya dan pengolahan rumput laut serta pengembangan produk bernilai tambah tinggi melalui budidaya multi-trofik terintegrasi yang memiliki potensi pasar besar dan memerlukan eksplorasi mendalam.

## DAFTAR PUSTAKA

- Basyuni, M., Puspita, M., Rahmania, R., Albasri, H., Pratama, I., Purbani, D., Aznawi, A. A., Mubaraq, A., Al Mustaniroh, S. S., Menne, F., Rahmila, Y. I., Salmo, S. G., Susilowati, A., Larekeng, S. H., Ardli, E., & Kajita, T. (2024). Current biodiversity status, distribution, and prospects of seaweed in Indonesia: A systematic review. *Heliyon*, 10(10), e31073. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31073>
- FAO, F. and A. O. of the U. (2021). Global seaweeds and microalgae production, 1950 – 2019. *Food and Agricultural Organization of the United Nations*, June, 172. <https://www.fao.org/fishery/en/publications/280709>
- Global Seaweed: New and Emerging Markets Report, 2023. (2023). *Global Seaweed: New and Emerging Markets Report, 2023*. <https://doi.org/10.1596/40187>
- IPB, S. B. (n.d.). *Rekomendasi untuk jalur pengembangan industri rumput laut di masa depan*.
- Juarsa, R. P., Pascasarjana, P., & Industri, T. (2019). *Jurnal Cendekia Niaga , Vol. 3 No. 2. November 2019 ANALISIS DAN STRATEGI UNTUK MENDUKUNG PROSPEK PERDAGANGAN RUMPUT LAUT INDONESIA An Analysis and Strategy For Supporting Indonesian Seaweed Trade Prospects*. 3(2), 51–60.
- Zhang, L., Liao, W., Huang, Y., Wen, Y., Chu, Y., & Zhao, C. (2022). Global seaweed farming and processing in the past 20 years. *Food Production, Processing and Nutrition*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s43014-022-00103-2>



## BAB 3

# STRATEGI, KEGIATAN, DAN PERAN IMPLEMENTASI DALAM PENGEMBANGAN RUMPUT LAUT

Oleh Hermawan

### 3.1 Konsep Hilirisasi Rumput Laut

Menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2021), produksi rumput laut di Indonesia tersebar di 23 provinsi. Peringkat lima besar provinsi penghasil rumput laut adalah Sulawesi Selatan, Nusa Tenggara Timur, Kalimantan Utara, Sulawesi Tengah, dan Nusa Tenggara Barat.

Data Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menunjukkan, produksi rumput laut Indonesia mencapai 9,12 juta ton pada 2021. Dengan potensi yang dimiliki, sampai dengan September 2022, volume ekspor rumput laut Indonesia di angka 180,6 ribu ton dengan nilai mencapai USD455,7 juta, Adapun negara tujuan ekspor yang utama adalah Tiongkok.

Produksi rumput laut di Sulawesi Selatan mencapai 1,63 juta ton basah pada 2020. Kemudian di posisi kedua Nusa Tenggara timur dengan produksi rumput laut sebesar 1,03 juta ton basah. Kalimantan Utara memproduksi rumput laut sebesar 441,1 ribu ton basah, diikuti Sulawesi Tengah 419,9 ribu ton basah, dan Nusa Tenggara Barat 402,6 ribu ton basah.

BPS juga mencatat rumput laut Indonesia memiliki andil besar dalam pasar rumput laut dunia. Menurut data International Trade Center, pada 2018 ekspor rumput laut Indonesia dalam bentuk bahan mentah menduduki peringkat pertama dunia, yakni mencapai 205,76 ribu ton. Merujuk data FAO 2022, Indonesia adalah negara produsen rumput laut terbesar kedua di dunia dengan volume produksi 9,6 juta ton.

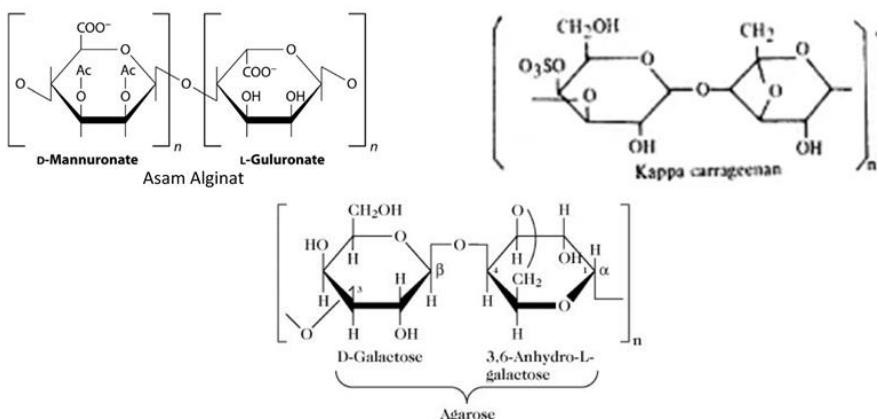
Sumber yang paling umum digunakan adalah *Eucheuma cottonii*, *Kappaphycus alvarezii*, dan *Eucheuma spinosum*, yang bersama-sama menyediakan sekitar tiga perempat produksi dunia. Tanaman ini tumbuh dari permukaan laut hingga kedalaman sekitar 2 m. Rumput laut biasanya ditanam pada tali nilon yang digantung di antara pelampung bambu, dan dipanen setelah sekitar tiga bulan, ketika setiap tanaman memiliki berat sekitar 1 kg.

*Kappaphycus* adalah termasuk golongan alga merah yang bernilai ekonomis penting karena menghasilkan karagenan (Desiana dan Hendrawati, 2015). Hasil beberapa penelitian dan informasi lokal menyatakan bahwa jenis rumput laut *Cottonii* lebih unggul pada tingkat pertumbuhannya dibanding jenis Sakol, namun Sakol lebih unggul terhadap toleransi stres yang disebabkan faktor kualitas lingkungan, hama (penyu dan ikan herbivor), dan penyakit (ice-ice atau bercak putih).

Hilirisasi adalah kebijakan pemerintah Republik Indonesia yang terus digaungkan dalam beberapa tahun terakhir, merupakan usaha untuk memberikan nilai tambah sebesar-besarnya terhadap komoditas asli yang dihasilkan bumi nusantara. Sejumlah kebijakan telah diambil untuk mengurangi ekspor bahan mentah bahkan juga melarang ekspor bahan setengah jadi.

Pengolahan rumput laut kering menjadi produk olahan setengah jadi berupa *Alkali Treated Cottonii* (ATC) dewasa ini masih mendominasi di daerah-daerah sentra produksi rumput laut di Indonesia, sehingga perlu usaha lain untuk proses hilirisasi seperti menambah kawasan industri di daerah potensi rumput laut dengan menggandeng investor.

Setidaknya ada 3 jenis rumput laut utama yang dibudidayakan nelayan di Indonesia, yakni *Eucheuma cottoni* yang dikenal masyarakat dengan sebutan Sakol, *Gracilaria*, dan *Sargassum* sp.(Kemendag RI, 2013). *Eucheuma* sp. adalah rumput laut yang dapat digunakan sebagai bahan baku membuat produk karagenan, sementara *Gracilaria* adalah bahan agar-agar. *Sargassum* sp. sebagai bahan baku alginat. Baik karagenan, alginat maupun agar-agar hampir sama penggunaannya, karena diambil sifat hidrokoloidnya. Struktur kimia ketiga bahan tersebut berbeda sebagaimana Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Struktur kimia Alginat, Karagenan, dan Agar

Agar-agar lebih banyak dipergunakan sebagai bahan pangan, tetapi karagenan pada batas kosentrasi tertentu tidak direkomendasikan untuk konsumsi. Beberapa studi konsumsi karagenen yang berlebih menunjukkan sifat penyebab inflamasi, pendarahan, iritasi, alergi, hingga kanker usus besar. Baik agar-agar maupun karagenan dipergunakan secara luas di industri, terutama memanfaatkan polisakarida yang terkandung di dalamnya.

Agar-agar dan karagenan dapat dimurnikan dengan 3 tingkatan yakni *industrial grades*, *food grades*, dan *pharmaceutical grades*. Grade tertinggi untuk penggunaan pangan dan farmasi, itupun dengan konsentrasi penggunaan yang terbatas. Sekalipun karagenen penggunaannya sangat luas, namun konsentrasi yang dipergunakan relative sedikit. Secara umum pohon industri untuk pemanfaatan rumput laut *Eucheuma* sp., *Gracilaria* sp., dan *Sargassum* sp. disajikan pada Gambar 3.2.

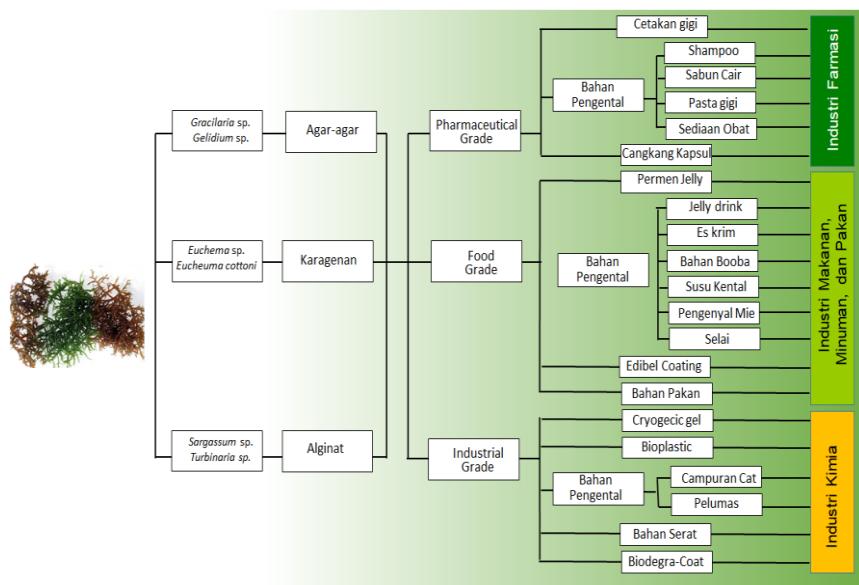
Dalam skala industri, rumpul laut di daerah sentra budidaya di Indonesia, barulah dalam taraf pengolahan awal pengeringan dan pengolahan medium alkalinasi. Sekalipun demikian, kedua produk tersebut sudah laku dijual ke luar daerah bahkan dieksport.

Pengolahan lanjut produk rumpul laut lebih lanjut dilakukan oleh pabrik-pabrik di Jawa, Sulawesi, bahkan di negara tujuan eksport.

Agar-agar, Alginat dan Karagenan menjadi produk yang paling banyak diteliti di Indonesia, bahkan sudah diproduksi dalam skala

industri. Bukan hanya *industrial grade*, bahkan *food grade* telah dikerjakan di Indonesia. Kecuali untuk *Pharmaceutical grade* yang masih sangat terbatas dan diimpor.

Produk turunan agar-agar dan karagenan yang diproduksi dalam negeri juga sudah banyak, terutama memanfaatkan sifatnya sebagai bahan pengental, namun pabrik-pabrik turunan tersebut sebagian besar terkonsentrasi di pulau Jawa.



**Gambar 3.2. Pohon industri rumpul laut**

Hal tersebut tidaklah mengherankan, karena produk turunan ternyata memerlukan bahan pencampur lainnya dan hal tersebut harus di dukung oleh sistem logistic yang baik.

Membangun pabrik turunan untuk hilirisasi karagenan, alginat dan agar-agar di sentra budidaya harus dilaksanakan bertahap, sejalan dengan proses pembangunan infrastruktur wilayah tersebut.

### 3.2 Strategi Rantai Nilai, Nilai Tambah, dan Rantai Pasok

Tantangan utama yang dihadapi oleh industri nasional dewasa ini adalah kecenderungan penurunan daya saing di pasar internasional. Menurut Aduguna et al. (202q) penyebabnya antara lain

adalah meningkatnya biaya energi, tingkat bunga bank yang tidak stabil, ekonomi biaya tinggi akibat keruwetan birokrasi, keterbatasan infrastruktur dan sebagainya yang masih tetap belum teratasi, serta belum memadainya layanan birokrasi.

Tantangan berikutnya adalah kelemahan struktural sektor industri itu sendiri, seperti masih lemahnya keterkaitan antar industri, baik industri hulu dan hilir maupun antara industri besar dengan industri kecil menengah, belum terbangunnya struktur klaster (*industrial cluster*) yang saling mendukung, adanya keterbatasan berproduksi barang setengah jadi dan komponen di dalam negeri, keterbatasan industri berteknologi tinggi, kesenjangan kemampuan ekonomi antar daerah, serta ketergantungan ekspor pada beberapa komoditi tertentu.

Pelaksanaan penguatan dan penumbuhan klaster-klaster industri inti yang berjumlah sepuluh kelompok industri dilakukan secara holistik, sinergi dan terintegrasi dengan pengembangan sektor ekonomi lainnya seperti sumber daya mineral, kehutanan, kelautan, pendidikan, riset, perdagangan, termasuk koordinasi dalam menarik minat investasi di sektor industri. Oleh karena itu, dukungan dan partisipasi seluruh pihak sangat menentukan keberhasilan pembangunan sektor industri nasional.

Dengan memperhatikan permasalahan yang bersifat nasional, baik di tingkat pusat maupun daerah dalam rangka peningkatan daya saing, maka pembangunan industri nasional yang sinergi dengan daerah dapat dilakukan melalui dua pendekatan. *Pertama*, pendekatan *top down* yaitu pembangunan industri yang direncanakan (*by desain*) dengan memperhatikan prioritas yang ditentukan secara nasional dan diikuti oleh partisipasi daerah. Kebijakan industri secara nasional dilakukan dengan menentukan industri prioritas (32 industri prioritas, dengan pendekatan klaster). *Kedua*, pendekatan *bottom up* yaitu melalui penetapan kompetensi inti industri yang merupakan keunggulan daerah sehingga memiliki daya saing.

Berkaitan dengan daya saing industri nasional, menurut Porter setiap negara dapat membangun keunggulan daya saing, baik di tingkat daerah maupun di tingkat nasional. Dalam dekade terakhir, "klaster industri" merupakan suatu konsep strategi dan pendekatan dalam rangka mengantisipasi perubahan lingkungan bisnis global dan

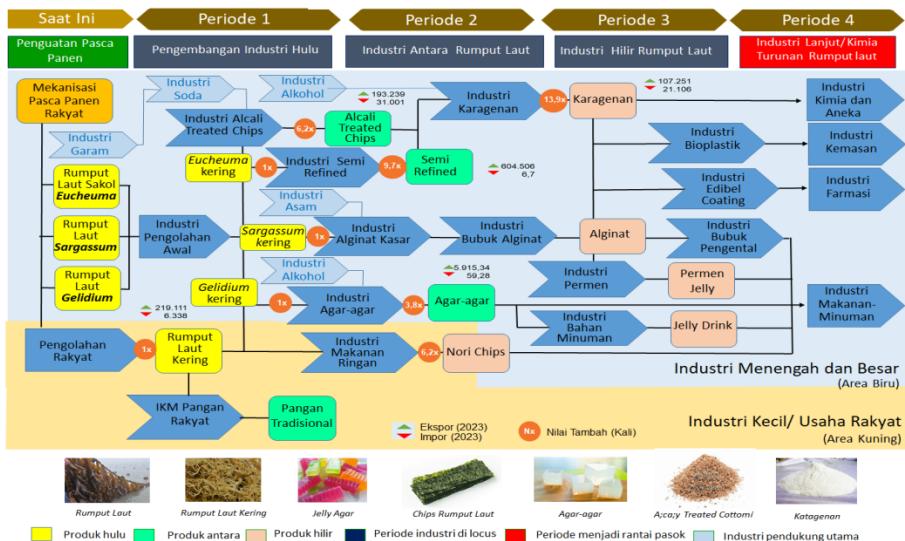
strategis, sehingga industri suatu negara mempunyai *platform* daya saing yang kuat dan berkelanjutan di pasar global.

Klaster industri merupakan pendekatan dan strategi untuk memperkuat keterkaitan pada semua tingkatan **rantai nilai** (*value chain*) dari industri termasuk kegiatan dari industri pendukung (*supporting industries*), industri terkait (*related industries*), industri penyedia infrastruktur, dan industri jasa penunjang lainnya. Keterkaitan ini dikembangkan sebagai upaya untuk membangun jaringan industri (*networking*) dan meningkatkan daya saing industri baik secara individual maupun secara keseluruhan (Kaplinsky and Morris, 2000).

Pada pengolahan rumput laut, rantai nilai vertikal (*vertical chain*) sebagai bidang yang merupakan input ataupun output dari industri tersebut. Rantai nilai vertikal ada yang mengarah ke depan dan ada ke belakang. Dari sudut pandang industri pengolahan rumput laut, semua industri yang terkait secara vertikal disebut "industri pendukung" yakni industri bahan kimia alkali. Rantai ke depan (*upstream chain*) adalah industri-industri hilir seperti misalnya produk olahan alginate, agar, dan karagenan. Rantai ke belakang (*downstream chain*) adalah industri hulu yang merupakan pelanggan industri utama, seperti misalnya industri Alkali Treated. Secara konseptual, rantai nilai industri rumput laut yang dapat dibangun di Indonesia berikut nilai tambahnya diperlihatkan pada Gambar 3.3.

Pendekatan rantai nilai didasarkan serangkaian kegiatan yang berurutan, dan merupakan sekumpulan aktifitas nilai (*value activities*) yang dilakukan untuk mendesain, memproduksi, memasarkan, mengirim dan mendukung produk dan jasa mereka. Aktifitas nilai menurut Porter, terbagi atas dua yaitu aktifitas primer dan aktifitas pendukung.

Industri rumput laut tidak dapat berdiri sendiri pada suatu daerah sentra budidayanya tanpa input bahan penolong dari luar daerah. Pada pengolahan pertama, kebutuhan soda (NaOH; KOH) akan sangat banyak untuk memisahkan bahan bernilai seperti karagenan dan alginate dari biomassa.



**Gambar 3.3. Konsep rantai nilai industri dan nilai tambah produk rumput laut**

Demikian pula kebutuhan asam seperti HCl, pemucat dan alcohol pada pemurnian agar-agar. Beberapa bahan kimia tersebut bahkan ada yang masih diimpor.

Menuju industri antara dan hilir, input bahan penolong akan lebih banyak dan beragam lagi. Pengolahan makanan dan minuman pasti memerlukan bahan pendukung seperti gula, garam, dan bumbu. Produk jadi yang lebih hilir bahkan memerlukan bahan kemasan yang baik (Nang'ole et al., 2011).

### 3.3 Implementasi Pengembangan Rumput Laut, Studi Kasus Nusa Tenggara Timur

Rumput laut telah ditetapkan menjadi komoditas unggulan utama di Nusa Tenggara Timur dengan potensi produksi diperhitungkan dapat mencapai 15 jt Ton/tahun dan luas area sekitar 54,000 ha. Sayangnya produksi tahun lalu 2022 hanya sekitar 1.4 juta Ton. Dalam skala industri, rumpul laut di Nusa Tenggara Timur baru dalam taraf pengolahan awal pengeringan dan pengolahan medium

alkalinasi (BPS, 2023b). Sekalipun demikian, kedua produk tersebut sudah laku dijual ke luar daerah bahkan diekspor.

Rumput laut dihasilkan dari beberapa kabupaten dengan pulau-pulau yang terpisah di Nusa Tenggara Timur, sehingga pada periode awal, perlu dibangun pusat-pusat pengolahan hulu di daerah sentra produksinya. Dengan prediksi produksi pada Tahun 2030 yang diprakirakan dapat mencapai 9 jt ton rumput laut, maka setidaknya perlu didirikan industri pengolahan hulu pengeringan rumput laut sebanyak 16 unit yang disebar ke beberapa pulau utama. Masing-masing pabrik dirancang dengan kapasitas 240,000 Ton/tahun.

Pada tahap awal (Tahun 2025-2030) juga perlu dibangun tambahan pabrik alkalinasi sebanyak 6 unit dengan kapasitas masing-masing 15,000 Ton/tahun. Produk alkalinasi rumput laut jenis Sakol adalah *Alcali Treated Cottoni Chips* (ATCC) yang merupakan bahan baku karagenan. Produk Karagenan semi murni atau *Semi Refined Carragenan* (SRC) lebih maju lagi daripada ATCC dan direncanakan akan dibangun sebanyak 6 unit dengan kapasitas masing-masing 20,000 Ton/tahun.

Sekalipun produksi rumput laut jenis *Gracilaria* tidak sebanyak Sakol, namun pada perencanaan perlu dibangun 13 Unit pabrik produksi Agar dengan kapasitas 3000 Ton/tahun. Industri agar diusulkan untuk dibangun dekat dengan Kota Kupang, karena memerlukan input bahan penolong yang cukup banyak dari luar NTT.

Pengolahan rumput laut menjadi produk makanan ringan mudah dilakukan dengan bahan-bahan penolong yang mudah didapatkan. Produk makanan seperti nori, banyak diminati di Indonesia ataupun diekspor. Permasalahan utama adalah produk dengan *food grade* ini harus diolah dengan sistem Sanitasi yang sangat ketat. Setidaknya ada 8 industri makanan ringan dengan kapasitas 60.000 Ton per tahun dapat dibangun.

Melalui perumusan beberapa kebijakan terkait hilirisasi rumput laut di NTT, didukung oleh kesiapan logistic dan infrastruktur industri, maka pada periode kedua (Tahun 2030-2035) direncanakan untuk mendirikan setidaknya 5 industri pemurnian karagenan dengan kapasitas masing-masing 10.000 Ton per tahun.

Sebagian produk karagenan murni tersebut diolah lebih lanjut menjadi bubuk pengental yang dikemas dalam *consumer pack*.

Direncanakan untuk mendirikan 6 unit pabrik dengan kapasitas 20.000 ton/tahun. Pabrik ini juga disarankan untuk didirikan dekat dengan Kupang agar memudahkan jalur logistiknya karena target pasarnya ekspor dan dalam negeri.

Produksi bahan minuman saat ini memang terkonsentrasi banyak di pulau Jawa, akan tetapi seiring dengan pertumbuhan pariwisata di kawasan timur, termasuk NTT, sudah dimungkinkan untuk didirikan sekalipun sebagian pasarnya masih menuju kawasan barat Indonesia atau justru eksport. Direncanakan pendirian pabrik minuman jelly sebanyak 9 Unit dengan kapasitas masing-masing 100.000 Ton/tahun. Namun perlu diperhatikan bahwa pendirian pabrik minuman ini akan memasukkan bahan penolong dalam jumlah yang sangat besar dari luar NTT.

Pada periode kedua ini juga dibangun pabrik pemurnian alginate sebanyak 4 unit dengan Kapasitas masing-masing 20,000 Ton/tahun. Industri ini akan menyerap lebih dari separuh produksi Alginat kasar sehingga utilisasi mencapai 96.26%.

Sifat hidrokoloid karagenan dan agar-agar menjadikannya sebagai bahan pengendal dan pengejal dari banyak produk, baik berbasis makanan, obat-obatan, ataupun industri. Akan tetapi, produk turunan tersebut sebagian besar tidak membutuhkan bahan karagenan atau agar yang banyak, karena dengan sedikit saja sudah mengembang. Dengan begitu, sukar mencari produk turunan yang akan menyerap karagenan atau agar dalam jumlah besar.

Untuk membuat suatu produk turunan dengan bahan karagenan, akan membutuhkan bahan pendukung yang jauh lebih banyak. Dengan begitu, membuat suatu produk turunan karagenan atau agar-agar, akan membutuhkan input bahan penolong yang jauh lebih besar lagi. Persoalan logistik dan jalur logistik menjadi kunci apabila ingin membuat produk turunan karagenan sebanyak-banyaknya di propinsi Nusa Tenggara Timur.

Pabrik pembuatan permen jelly memiliki teknologi sederhana dan mudah didirikan di NTT untuk memanfaatkan karagenan. Namun industri seperti ini memerlukan input material yang besar seperti misalnya bahan gula (sukrosa) dan gelatin. Pabrik pembuatan permen Jelly dapat didirikan setidaknya 8 unit dengan kapasitas 1200

Ton/tahun. Pendirian 8 unit pabrik tersebut hanya akan menyerap 0.5% produk karagenan (Nurismanto *et al.*, 2015) dari pabrik antara.

*Edible coating* adalah produk yang juga populer berbasis karagenan. Pada periode ketiga (Tahun 2035-2040) diusulkan untuk mendirikan 4 unit pabrik dengan kapasitas masing-masing 1.500 Ton/tahun. Pabrik ini menurut Yasmin *et al* (2020) diharapkan akan menyerap 1% produksi Karagenan, tetapi membutuhkan input bahan penolong dari luar NTT sebanyak 3 kali lipat karagenan yang dipergunakan.

Bioplastik mungkin akan populer pada periode ketiga ini. maka dapat diusulkan pendirian 3 unit pabrik dengan kapasitas masing-masing 6000 Ton per tahun. Bioplastik dapat menyerap 15% produksi karagenan.

Pada Tabel 3.1 diilustrasikan hasil analisis rantai pasok dan peredaran barang apabila pembangunan industri rumput laut dan hilirisasinya dilakukan di NTT. Pada analisis tersebut diperkirakan panen sekitar 9 juta ton rumput laut segar per tahun pada luasan budidaya 20 rb hektar. Ilustrasi menggambarkan produksi tiga jenis rumput laut utama di Indonesia.

**Tabel 3.1. Analisis Rantai Pasok Hilirisasi Industri di Sentra Budidaya Rumput Laut di NTT, proyeksi produksi 9 jt Ton rumput laut basah per tahun**

No	Industri Dikembangkan		Arus Masuk Ketebuhan Bahan Penolong ke Provinsi				Arus Penjualan Produk ke luar Provinsi				
	Jenis Industri	Unit	Bahan Penolong	Jumlah Ton/Bulan	Satuan	Jumlah	Produk	Domestik Ton/Bulan	Export Ton/Bulan	Vessel	Catatan
1	Industri Pengolahan Awal	16					Cottoni kering	190.558			Dalam Provinsi
							Unterilia kering	48.049			Dalam Provinsi
							Sargassum kering	68.081			Dalam Provinsi
2	Industri Alkalinas	6	KOH/NaOH	30.500	40' Ct	763 Java	ATCC	3.241	3241	40' Ct	81
3	Industri Agar-agar	13	NaOH	8.578	40' Ct	214 Java	Agarossa		3.145	40' Ct	79 Ekspor
			Benzotonium Klorida	3.574	40' Ct	89 Impor					
			HCl	2.859	40' Ct	71 Java					
			Karagenan	1.373	40' Ct	34 Java					
			Keripik	243.061	40' Ct	6.076 Java					
4	Industri Makanan Ringan	7	Vinegar	1.225	40' Ct	31 Java	Nori Chips		30.237	40' Ct	756 Ekspor
			MSG	350	40' Ct	9 Java					
			Kecap	1.751	40' Ct	44 Java					
			Gula	10.504	40' Ct	263 Java					
			Minyak Wijen	175	40' Ct	4 Java					
5	Industri Semi Refined Carragenan	6	KOH/NaOH	45.781	40' Ct	1.144 Java	SRC	5.353	3.569	40' Ct	89 Ekspor
6	Industri Agnath Kasar	1	Asam Asetat	953	40' Ct	24 Java	Alginat Kasar	967	415	40' Ct	10 Ekspor
7	Industri Pemurnian Karagenan	8	Alginat	73.649	40' Ct	1.826 Java	Pure Carragenans	4.696	2.668	40' Ct	72
8	Industri Bahan Pengental	6	KCl	15	20' Ct	1 Impor	Bubuk Pengental	9.474	40' Ct	237 Ekspor	
9	Industri Bahan Minuman	9	Natrium Benzozat	74	40' Ct	2 Impor	Minuman Jelly	73.668	40' Ct	1.842 Ke Java	
			Gula	2.949	40' Ct	74 Java					
			Sari Buah	3.403	40' Ct	85 Java					
10	Industri Pemurnian Alginat	4	NaOH	321	40' Ct	8 Java	Tepung Alginat Murni		6.418	40' Ct	160 Ekspor
			HCl Murni	10.803	40' Ct	270 Java					
			Na2CO3	10.696	40' Ct	267 Java					
			Alkohol 95%	21.392	40' Ct	535 Java					
			Hidrogen Peroksida	1.284	40' Ct	32 Java					
11	Industri Permen Jelly	8	Sukrosa	613	40' Ct	15 Java	Permen Jelly		751	40' Ct	19 Ekspor
			Sari Buah	1.361	40' Ct	34 Java					
			Gelatin	36	40' Ct	1 Java					
			Pewarna Makanan	0.10	Kargo udara	Java					
12	Industri Edible Coating	4	PEG	133	40' Ct	3 Impor	Edible Coating		400	40' Ct	10 Ekspor
13	Industri Bioplastic	3	Glycerin	251	40' Ct	6 Java	Pelet Bioplastic		1.119	40' Ct	28 Ekspor
			PVA	117	40' Ct	3 Impor					

Memperhatikan besarnya kebutuhan Soda Api ( $\text{NaOH}$ ) yang dapat menggantikan fungsi  $\text{KOH}$ , juga kebutuhan asam klorida ( $\text{HCl}$ ), dan alcohol, maka akan lebih baik apabila ketiga industri ini juga dapat dibangun di NTT.

Sebagai gambaran, industri soda api dan asam klorida merupakan produk hilirisasi industri garam ( $\text{NaCl}$ ), maka realisasi pabrik garam di NTT harus secepatnya dilaksanakan. Setelah pabrik garam berdiri, maka dapat didirikan pabrik  $\text{NaOH}$  dan  $\text{HCl}$  pada lokasi yang sama.

Untuk memenuhi kebutuhan alkohol, direkomendasikan pendirian pabrik etanol dengan bahan baku tetes tebu dari pabrik gula. Saat ini sudah ada pabrik gula di Sumba barat dan sedang dibangun di Timor Tengah Selatan. Maka direkomendasikan pula membangun pabrik etanol.

Hilirisasi industri rumput laut di sentra budidaya diperhitungkan di NTT juga memerlukan dukungan infrastruktur dasar, di antaranya adalah pasokan Listrik, Bahan Bakar, Uap, dan Air Bersih. Untuk mengolah 9-10 jt ton rumput laut per tahun, dapat didirikan setidaknya 88 unit pabrik sehingga memerlukan tambahan pasokan listrik minimal 62,736 MW/tahun. Kebutuhan air bersih mencapai 103 jt Ton per tahun. Bahan bakar pembangkit listrik paling mungkin adalah *Liquified Natural Gas* (LNG) setidaknya 280,000 m<sup>3</sup>/tahun. Dengan demikian perlu dibangun pelabuhan terminal gas berikut unit converter LNG menjadi *Liquified Petroleum Gas* (LPG) sebelum dipergunakan industri. Adapun Bahan Bakar Minyak tetap dibutuhkan untuk transportasi industri. Hilirisasi tersebut juga akan menyerap setidaknya 6,500 orang dengan berbagai kualifikasi di bidang industri. Secara ringkas, kebutuhan infrastruktur dasar hilirisasi industri rumput laut di NTT disajikan pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2.** Perkiraan kebutuhan infrastruktur dasar industri pada hilirisasi industri rumput laut di NTT, untuk produksi 9 jt Ton rumput laut basah per tahun

No	Industri		Kebutuhan Infrastruktur Industri					Perkiraan Tenaga Kerja (orang)
	Jenis Industri	Unit	Listrik MW/bulan	Steam Ton/jam	Air Ton/bulanan	LNG (m3/bulan)	BBM (liter/jam)	
1	Industri Pengolahan Awal	16	800	160	5.666.867	3.556	2.312	640
2	Industri Alkalinalasi	6	300	12	389.896	1.333	191	258
3	Industri Agar-agar	13	585	26	1.334.054	2.600	813	1.040
4	Industri Makanan Ringan	7	840	35	147.747	3.733	360	420
5	Industri Semi Refined Carragenan	6	312	12	580.524	1.387		288
6	Industri Alginat Kasar	1	50	2	286.429	222		40
7	Industri Pemurnian Karagenan	5	390	10	50.168	1.733	153	625
8	Industri Bahan Pengental	6	518	12	19.983	2.304	212	804
9	Industri Bahan Minuman	9	360	45	100.461	1.600	517	1.395
10	Industri Pemurnian Alginat	4	406	8	1.175.764	1.803		400
8	Industri Permen Jelly	8	640	8	5.760	2.844	238	64
9	Industri Edible Coating	4	80	20	40.868	356	30	32
10	Industri Bioplastic	3	51	15	15.269	227	21	672
	JUMLAH	88	5.332	262.800	9.813.789	23.698	4.847	6.678

Catatan : LNG untuk bahan bakar Boiler, perlu inverter LNG ke LPG

#### **Bekomendasi Pembangunan Industri Pendukung**

Rekomendasi Pembangunan Industri Cerdig	
1 Industri Garam	Bahan baku industri NaOH dan HCl
2 Industri NaOH dan HCl	Bahan penolong industri pengolahan rumput laut
3 Industri Gula	Bahan baku industri etanol
4 Industri Etanol	Bahan penolong industri karagenan, alginat dan agar-agar
5 Dermaga Konverter LNG menjadi LPG	Bahan bakar pembangkit listrik



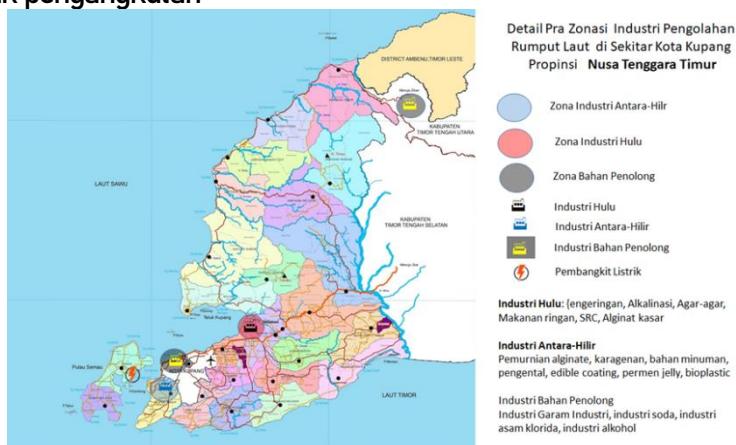
**Gambar 3.4.** Menyajikan perencanaan pra zona industri untuk pengolahan komoditas rumput laut di Nusa Tenggara Timur.

Kawasan industri Provinsi NTT terletak di tiga daerah yaitu Kawan Industri Bolok di Kabupaten Kupang, Industri Maurole di Kabupaten Ende, dan Kawasan Industri Kanatang di Sumba Timur. Lokasi industri antara dan hilir lebih direkomendasikan dibangun di

Kupang karena infrastruktur pelabuhan peti kemas di Pelabuhan Tenau berada di Kupang. Kebutuhan air industri yang mencapai 103 juta ton/tahun dapat dipasok dari Bendungan Raknamo yang terdapat di Kabupaten Kupang.

Wilayah Pulau Semau, Kabupaten Kupang merupakan bakal lokasi proyek percontohan *fuel cell* sebagai pembangkit yang mengubah hidrogen menjadi listrik, yang dapat memenuhi kebutuhan kawasan industri yang mencapai 62,736 MW/tahun. Pada Gambar 3.5 merincikan rencana dukungan industri bahan penolong di sekitar Kota Kupang.

Rekomendasi utama untuk pengembangan industri pengolahan rumput laut di Provinsi Nusa Tenggara Timur terdiri atas : 1) Penguatan kemitraan antara industri pengolahan dan petani budidaya disentra produksi, 2) Penambahan kapasitas gudang penyimpanan baik di area kawasan industri maupun di tiap pelabuhan, 3) Sinergitas program antar kementerian/dinas terkait untuk pendampingan dari hulu hingga hilir agar rumput laut yang dijual tidak berupa bahan mentah, tetapi sudah berbentuk minimal produk setengah jadi seperti *Alkaly Treated Cottoni* (ATC), *Semi Refined Carragenan* (SRC), dan *Refined Carragenan* (RC), 4) Kerjasama dengan investor asing untuk alih teknologi dan akselerasi pemasaran produk, 5) Pengadaan infrastruktur dasar seperti jalan, pelabuhan, serta armada kapal untuk pengangkutan



**Gambar 3.5.** Rancangan Pra zonasi pembangunan industri hilir rumput laut di sekitar Kota Kupang

## DAFTAR PUSTAKA

- Adiguna, AD., B. Krisnamurthi, dan Erwidodo. 2022. Analisis Daya Saing Ekspor Rumput Laut Olahan Indonesia. *Jurnal Agribisnis Indonesia* 10 (1) 31-39
- Aristya, IMT.W., B. Admadi., dan I W. Arnata. 2017. Karakteristik Mutu Dan Rendemen Alginat Dari Ekstrak Rumput Laut *Sargassum* sp. Dengan Menggunakan Larutan Asam Asetat. *Jurnal Rekayasa Dan Manajemen Agroindustri* 5 (1) 81-92.
- Badan Pusat Statistika (BPS). 2021. Hasil Survei Komoditas Perikanan Potensi Rumput Laut 2021 Seri-2. BPS Pusat, Jakarta.
- Badan Pusat Statistika (BPS). 2023. Statistik Sumberdaya Laut dan Pesisir : Ekonomi laut berkelanjutan dan tantangan pengelolaan kawasan pesisir. BPS Pusat, Jakarta.
- Badan Pusat Statistika (BPS). 2023. Provinsi Nusa Tenggara Timur Dalam Angka 2023. BPS Provinsi Nusa Tenggara Timur
- Desiana, E dan T.Y. Hendrawati. 2015. Pembuatan Karagenan Dari *Eucheuma Cottonii* Dengan Ekstraksi KOH Menggunakan Variabel Waktu Ekstraksi. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi* 2015 Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta , 17 November 2015 Hal. 1-7.
- Grant, J.L 2003. Foundation of Economic Value Added. John Willey & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey.
- Hadiguna, RA, 2016, Manajemen Rantai Pasok Agroindustri: Pendekatan Berkelanjutan untuk Pengukuran Kinerja dan Penilaian Risiko. Andalas University Press, Padang.
- Hidayati, S. , Zulferiyenni dan W. Satyajaya. 2019. Optimasi Pembuatan Biodegradable Film Dari Selulosa Limbah Padat Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Dengan Penambahan Gliserol, Kitosan, CMC dan Tapioka. *JPHPI* 2019, 22 (2) 340-354
- Kaplinsky, R and M. Morris. 2000. A Handbook For Value Chain Research. Bellagio Workshop in September 2000
- Kemendag RI. 2013. Rumput Laut Indonesia. *Warta Eksport*. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia, Jakarta.

- Luthfi, T.F. 2021. Penggunaan Tepung Karagenan Sebagai Pengganti Pektin Dalam Pembuatan Selai Buah. *BARISTA: Jurnal Kajian Bahasa dan Pariwisata* 8 (2) 71-78
- Maharani, M. Ulfa, dan EYuanita. 2021. Sintesis Dan Karakterisasi Cangkang Kapsul Berbasis Karagenan Yang Dikombinasikan Dengan Grafena Oksida Dan Maltodekstrin. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Mataram,Nusa Tenggara Barat,
- Munaeni, W., La Ode M. J. Sirza, D. Lesmana, H. Irawan, M. S. Hamka, dan I. Nafsiyah. 2023. Potensi Budidaya Dan Olahan Rumput Laut Di Indonesia. Penerbit CV Tohar Media, Makassar.
- Nang'ole, E, D. Mithöfer and S. Franzel. 2011. Review of guidelines and manuals for value chain analysis for agricultural and forest products. Published by the World Agroforestry Centre United Nations Avenue, Nairobi, Kenya
- Nasution, R.S.,M.R. Harahap, dan H. Yahya. 2019. Edible Film Karaginan Hasil Ekstraksi Dari *Eucheuma cottonii* Asal Aceh, Indonesia : Karakterisasi Dengan FTIR Dan SEM. Elkawnie: *Journal of Islamic Science and Technology* 5 (2) 188-197
- Ngamel, AN. 2015. Analisis Usaha dan Nilai Tambah Pengolahan Dodol Rumput Laut Skala Rumah Tangga di Desa Loon, Kecamatan Kei Kecil, Kabupaten Maluku Tenggara. *Jurnal Sains Terapan* Edisi V 5 (1) : 40 – 49
- Nila, I. Fausayana , dan L.O. K. Arif. 2022. Analisis Produksi *Alkali Treated Cotoni Chips* (ATCC) Dan *Alkali Treated Soinosum Chips* (ATSC) Pada PT. Inti Nusa Raya Indonesia Di Kabupaten Bombana. *JIA (Jurnal Ilmiah Agribisnis) : Jurnal Agribisnis dan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian* 7(4):128-136
- Nurhabibah, S.A. dan WN. Kusumaningrum. 2021. Karakterisasi Bioplastik Dari K-Karagenan *Eucheuma Cottonii* Terplastisasi Berpenguat Nanoselulosa. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 43(2), 82-94.
- Nurismanto, R., Sudaryati dan A.H. Ihsan. 2015. Konsentrasi Gelatin Dan Karagenan Pada Pembuatan Permen Jelly Sari Brokoli (*Brassica oleracea*). *J.Rekapangan* 9 (2) 1-5
- Prihastuti, D dan M. Abdassah. 2019. Karagenan dan Aplikasinya di Bidang Farmasetik. *Majalah Farmasetika*, 4 (5) 147-155

- Putra, Y.P. , G.S.Adiguna, T.S. Nugroho , dan A. Masi. 2021. Karakterisasi Mutu Fisik Dan Organoleptik Jelly Drink Berbasis Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Dan Buah Mangrove Pidada (*Sonneratia caseolaris*). MANFISH Journal; *Marine, Environment, and Fisheries* 2 (1) 1-7
- Santos, G.A. 2018. A Manual For The Processing Of Agar From Gracilaria.<https://www.fao.org/3/ag156e/AG156E01.htm> diakses 2 Nov 2023.
- Saputra,S.A, M. Yulian, dan K. Nisahi. 2021. Karakteristik Dan Kualitas Mutu Karaginan Rumput Laut Di Indonesia. *Lantanida Journal* 9 (1) 1-9
- Yasmin, Q, B Meindrawan, dan V.Y. Pamela. 2020. Karakterisasi Edible film dari Karagenan, Lilin Lebah dan Asam Sitrat. *Jurnal Teknologi Pengolahan Pertanian*, 2 (2) 27-35

# BAB 4

## PEMANFAATAN RUMPUT LAUT SEBAGAI BAHAN DALAM PEMBUATAN PRODUK OLAHAN

Oleh Samsu Adi Rahman

### 4.1 Pendahuluan

Rumput laut adalah kelompok organisme laut yang termasuk dalam kelompok alga dan bukan tanaman sejati seperti rumput yang hidup di daratan, melainkan alga makroskopis yang tumbuh di lingkungan laut. Rumput laut memiliki peran penting dalam ekosistem laut dan juga merupakan sumber daya penting bagi manusia. Rumput laut dikelompokkan menjadi lima kelas, yaitu *Rhodophyceae* (alga merah), *Phaeophyceae* (alga cokelat), *Chlorophyceae* (alga hijau), *Cyanophyceae* (alga biru), dan *Crysophyceae* (alga emas). Namun, yang mempunyai nilai ekonomis hanya tiga kelas, di antaranya adalah:

1. *Rhodophyceae*: alga merah yang memiliki pigmen klorofil a, klorofil d dan pikobiliprotein (pikoeritrin dan pikosianin). Pikoeritrin memberikan warna merah pada alga ini. Contoh rumput laut merah, diantaranya *Kappaphycus alvarezii*, *Eucheuma spinosum*, *Gracilaria verrucosa*, *Gracilaria gigas*, dan *Hypnea* sp.
2. *Phaeophyceae*: alga cokelat yang memiliki pigmen klorofil a, klorofil c dan karotenoid (fukoxantin, violaxantin, zeaxantin). Pigmen utama yang dimiliki oleh alga ini adalah fukoxantin, yang memberikan warna cokelat pada alga ini. Contoh rumput laut cokelat adalah *Sargassum* dan *Turbinaria*.
3. *Chlorophyceae*: alga hijau yang memiliki pigmen klorofil a, klorofil b dan karotenoid (siponaxantin, siponein, lutein, violaxantin, dan zeaxantin). Pigmen klorofil yang memberikan warna hijau pada alga ini, meskipun sebagian besar alga hijau ditemukan di perairan tawar, beberapa juga tumbuh di perairan laut. Contoh

rumput laut hijau adalah *Caulerpa racemosa*, *Caulerpa lentilifera*, dan *Ulva*.

Beberapa jenis rumput laut yang dibudidayakan di Indonesia mempunyai nilai ekonomis adalah sebagai berikut:

### 1. *Eucheuma sp.*

Jenis rumput laut ini termasuk dalam kelompok rumput laut merah. *Eucheuma cottonii* atau *Kappaphycus alvarezii* dan *Eucheuma spinosum* merupakan rumput laut paling banyak dibudidayakan di Indonesia. Rumput laut merah ini merupakan jenis rumput laut yang dapat diolah menjadi karaginan. Karaginan banyak digunakan sebagai bahan tambahan pada makanan, farmasi dan kosmetik sebagai bahan pembuat gel, pengental dan penstabil.



Gambar 4.1. *Kappaphycus alvarezii* (a); *Eucheuma spinosum* (b)

### 2. *Gracilaria sp.*

*Gracilaria* adalah genus rumput laut yang termasuk dalam kelompok *Rhodophyta*, yaitu alga merah. Rumput laut *Gracilaria* memiliki bentuk yang beragam, mulai dari bentuk filamentous hingga berbentuk dedaunan atau cabang-cabang yang lebih kompleks. Spesies *Gracilaria* banyak ditemukan di perairan laut hangat di seluruh dunia. *Gracilaria* biasanya ditemukan di perairan dangkal hingga sedalam beberapa meter di zona pasang surut. *Gracilaria* biasanya digunakan dalam produksi agar-agar dan sebagai bahan baku untuk industri kosmetik dan farmasi. Beberapa spesies *Gracilaria* yang umumnya dikenal dan memiliki nilai ekonomis tertentu antara lain:

- a. *Gracilaria verrucosa*, salah satu spesies yang paling umum digunakan dalam produksi agar-agar. *G. verrucosa* memiliki bentuk seperti daun dan panjang, biasanya tumbuh di perairan laut hangat.
- b. *Gracilaria chilensis*, ditemukan di perairan laut Amerika Selatan, khususnya di Chili, spesies ini juga memiliki nilai ekonomis yang signifikan karena menghasilkan agar-agar berkualitas baik.
- c. *Gracilaria edulis*, tersebar luas di wilayah Asia-Pasifik, *G. edulis* juga dikenal sebagai "agar-agar putih" dan digunakan dalam produksi agar-agar di industri makanan.
- d. *Gracilaria tikvahiae*, ditemukan di perairan laut Amerika Utara, spesies ini juga memiliki potensi ekonomis karena menghasilkan agar-agar.
- e. *Gracilaria salicornia*, tumbuh di perairan laut tropis dan subtropis, spesies ini sering digunakan dalam industri agar-agar.



Gambar 4.2. *Gracilaria* sp.

### 3. *Caulerpa* sp.

Beberapa spesies *Caulerpa*, termasuk dalam kelompok rumput laut hijau. Rumput laut *Caulerpa* biasanya tumbuh di perairan hangat dan dangkal di laut. Meskipun beberapa spesies dapat ditemukan pada kedalaman yang beragam, banyak yang lebih cenderung hidup di zona pasang surut, di mana cahaya matahari masih mencukupi untuk proses fotosintesis. Rumput laut ini umumnya digunakan dalam masakan dan dapat dijual sebagai

sayuran laut. Berikut beberapa jenis atau spesies rumput laut dari genus *Caulerpa*.

- a. *Caulerpa taxifolia*, dikenal sebagai "rumput laut predator," spesies ini mendapat perhatian karena kemampuannya untuk tumbuh dengan sangat cepat dan menutupi dasar laut. *C. taxifolia* telah menjadi spesies invasif di beberapa daerah, termasuk di Laut Mediterania.
- b. *Caulerpa racemosa*, memiliki struktur berbentuk seperti ranting yang bercabang-cabang. Beberapa varietas dari *C. racemosa* termasuk *C. racemosa var. peltata* dan *C. racemosa var. cylindracea*.
- c. *Caulerpa lentillifera*, dikenal sebagai "lato" atau "latok," spesies ini memiliki bentuk bulat seperti lentil dan sering dijadikan bahan makanan. Umumnya ditemukan di perairan tropis dan sering dibudidayakan di beberapa wilayah.
- d. *Caulerpa mexicana*, merupakan spesies yang dapat ditemukan di perairan Karibia dan Atlantik Barat. Spesies ini memiliki bentuk yang bercabang dengan warna hijau cerah.
- e. *Caulerpa prolifera*, memiliki struktur yang berbentuk seperti daun dengan tepi yang berombak. Umumnya ditemukan di daerah pasang surut.
- f. *Caulerpa sertularioides*, spesies ini memiliki struktur yang menyerupai semak-semak dengan cabang yang berjumbai di ujungnya.



Gambar 4.3. *Caulerpa* sp.

#### 4. *Ulva* sp.

Jenis rumput laut ini termasuk dalam kelompok rumput laut hijau. Spesies *Ulva* tumbuh di zona pasang surut, yang berarti spesies ini dapat terendam selama air pasang dan terpapar udara saat air surut. Rumput laut jenis ini biasanya digunakan dalam hidangan sebagai sayuran laut atau bahan baku untuk produk makanan. Beberapa jenis spesies *Ulva* sebagai berikut:

- a. *Ulva lactuca*, dikenal sebagai "sea lettuce," spesies ini adalah salah satu yang paling umum dan dikenal di seluruh dunia. *Sea lettuce* biasanya memiliki warna hijau cerah dan bentuk yang menyerupai selai atau daun.
- b. *Ulva fenestrata*, spesies ini memiliki bentuk yang lebih beragam, dengan lobus dan jendela-jendela yang memberikan tampilan yang unik.
- c. *Ulva rigida*, spesies ini memiliki bentuk yang pipih dan lobus yang lebih lebar dibandingkan beberapa spesies *Ulva* lainnya. Warna dapat bervariasi dari hijau muda hingga hijau tua.
- d. *Ulva compressa*, spesies ini biasanya tumbuh dalam lembaran tipis dan memiliki tepi yang bergelombang.
- e. *Ulva intestinalis*, spesies ini dapat membentuk struktur yang terlihat seperti usus atau saluran yang melilit.



Gambar 4.4. *Ulva* sp.

## 4.2 Kandungan rumput laut

Rumput laut menghasilkan senyawa yang banyak dimanfaat dari berbagai bidang, terutama sebagai bahan baku industri makanan, kosmetik, farmasi, kedokteran, dan industri lainnya. Rumput laut memiliki berbagai kandungan yang banyak dimanfaatkan dalam dunia industri, diantaranya:

### 1. Agar

Agar adalah sejenis polisakarida yang diperoleh dari rumput laut, terutama dari beberapa jenis rumput laut merah seperti *Gracilaria* dan *Gelidium*. Proses ekstraksi agar melibatkan pengambilan fikosan (senyawa utama dalam dinding sel rumput laut merah) dan mengubahnya menjadi bentuk padat berupa serbuk atau lembaran. Agar mampu membentuk lapisan gel atau film, banyak digunakan sebagai pengemulsi (emulsifier), penstabil (stabilizer), pembentuk gel, pensuspensi, pelapis, dan inhibitor. (Suparmi dan Sahri, 2009). Agar memiliki beberapa kegunaan penting dalam berbagai industri dan aplikasi. Beberapa kegunaan utama agar meliputi:

#### a. Industri Makanan

Agar digunakan sebagai bahan pengental, dan stabilisator dalam berbagai produk makanan, seperti agar-agar, es krim, yogurt, saus, dan makanan pencuci mulut.

#### b. Biologi Molekuler

Agar digunakan untuk membuat medium agar yang digunakan sebagai media pertumbuhan mikroorganisme dalam kultur bakteri, jamur, yeast, dan proses rekombinasi DNA dan elektroforesis.

#### c. Kedokteran

Agar juga digunakan dalam beberapa aplikasi kedokteran, terutama dalam kultur mikroorganisme untuk keperluan diagnostik dan penelitian.

#### d. Industri Farmasi

Agar dapat digunakan sebagai bahan pembawa dalam pembuatan tablet obat dan kapsul.

#### e. Industri Kosmetik

Beberapa produk kosmetik juga dapat menggunakan agar sebagai bahan pengental dan pengikat.

## 2. Alginat

Alginat adalah garam natrium dari asam alginat, merupakan polisakarida yang ditemukan dalam dinding sel rumput laut coklat, seperti *Sargassum* dan *Turbinaria*. Alginat memiliki sifat pembentukan gel yang baik dan digunakan dalam industri makanan sebagai bahan pengental, stabilisator, dan pembeku. Selain itu, alginat juga digunakan dalam industri farmasi dan kosmetik. Salah satu sifat khas alginat adalah memiliki kemampuan membentuk gel, sehingga dalam industri makanan sangat diperlukan untuk pembentukan gel dan pengental pada berbagai produk, seperti es krim, saus, dan makanan olahan lainnya. Selain dalam industri makanan, alginat juga dibutuhkan dalam industri farmasi, yaitu sebagai pembuatan tablet, pembungkus kapsul, dan formulasi obat tertentu. Manfaat lain dari alginat dapat digunakan dalam formulasi kosmetik, seperti masker wajah dan produk perawatan kulit, karena kemampuannya membentuk gel dan memberikan tekstur yang diinginkan. Alginat juga dapat digunakan dalam teknologi biomedis, termasuk pengembangan material *biodegradable* untuk berbagai tujuan medis dan bioteknologi.

## 3. Karagenan

Karagenan adalah suatu jenis polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut merah, khususnya dari genus seperti *Kappaphycus* dan *Eucheuma*. Karagenan sering digunakan dalam industri makanan, farmasi, dan kosmetik karena memiliki sifat pengental dan pembentuk gel yang bermanfaat. Terdapat tiga tipe utama karagenan, yaitu kappa, iota, dan lambda, masing-masing memiliki karakteristik pembentukan gel yang berbeda. Kappa cenderung membentuk gel yang keras, iota membentuk gel yang lebih elastis, sementara lambda membentuk gel yang lembut.

Industri farmasi sering menggunakan karagenan sebagai pengemulsi, seperti emulsi minyak hati, sebagai larutan granulasi, dan sebagai pengikat, seperti tablet, elexier, sirup, dan lain-lain. Karagenan juga digunakan dalam industri kosmetik sebagai pelarut, suspensi, dan stabiliser. Salep, kream, lotion,

pasta gigi, tonic rambut, stabilizer sabun, minyak pelindung sinar matahari, dan produk kosmetik lainnya sering menggunakan karagenan. Karagenan juga digunakan dalam industri kulit, kertas, tekstil, dan lain-lain.

### 4.3 Manfaat rumput laut

Pemanfaatan rumput laut memiliki sejarah panjang dan telah melibatkan berbagai peradaban di seluruh dunia. Pemanfaatan rumput laut telah ada sejak ribuan tahun yang lalu, terutama di Asia Timur, seperti di Cina, Jepang, dan Korea. Di sana, rumput laut telah menjadi bagian integral dari kuliner tradisional dan digunakan dalam berbagai hidangan. Di Jepang, nori (jenis rumput laut merah) telah digunakan sejak zaman dulu, terutama dalam pembuatan sushi dan makanan laut lainnya. Proses pembuatan nori telah berkembang dari pengeringan alami di pantai menjadi metode produksi modern. Abad ke-17 dan ke-18, rumput laut mulai menarik perhatian di Eropa dan Amerika Utara. Awalnya, rumput laut digunakan terutama sebagai pupuk, tetapi penggunaannya kemudian berkembang ke berbagai bidang. Memasuki abad ke-19, rumput laut mulai digunakan secara luas sebagai bahan pupuk organik di Eropa dan Amerika. Kandungan nutrisi yang kaya membuatnya menjadi pilihan yang baik untuk meningkatkan kesuburan tanah. Awal abad ke-20, industri agar-agar mulai berkembang. Agar-agar, yang diekstrak dari rumput laut, menjadi bahan utama dalam pembuatan agar-agar, yang memiliki berbagai aplikasi dalam industri makanan dan farmasi. Seiring berjalaninya waktu, rumput laut tidak hanya digunakan sebagai bahan makanan, tetapi juga dikembangkan menjadi berbagai produk turunan, termasuk pemanfaatan rumput laut dalam industri kosmetik, farmasi, dan manufaktur produk konsumen lainnya. Meningkatnya permintaan, praktik budidaya rumput laut mulai berkembang. Budidaya rumput laut membantu memastikan pasokan yang berkelanjutan dan mengurangi tekanan terhadap populasi rumput laut di alam liar. Zaman modern, rumput laut semakin diakui karena nilai gizinya yang tinggi, termasuk kandungan mineral, vitamin, dan senyawa bioaktif. Rumput laut juga dikenal memiliki potensi manfaat kesehatan, seperti penurunan risiko penyakit kardiovaskular dan antioksidan.

Salah satu yang menjadi daya tarik rumput laut adalah memiliki beragam manfaat, salah satunya sebagai bahan baku industri pangan dan non-pangan. Manfaat rumput laut mencakup kategori pangan dan non-pangan, memberikan kontribusi yang berharga dalam berbagai aspek kehidupan manusia.

## 1. Pangan

Rumput laut memiliki peran penting dalam industri pangan sebagai sumber nutrient tinggi yang melibatkan berbagai elemen seperti protein, serat, vitamin, dan mineral. Keberadaan rumput laut dalam berbagai hidangan, terutama sushi, memberikan variasi rasa dan tekstur serta meningkatkan nilai gizi. Ekstrak alginat, agar-agar, dan karagenan dari rumput laut juga digunakan sebagai bahan pengental, pembeku, dan pewarna alami dalam makanan, memberikan karakteristik khusus pada produk makanan dan minuman.

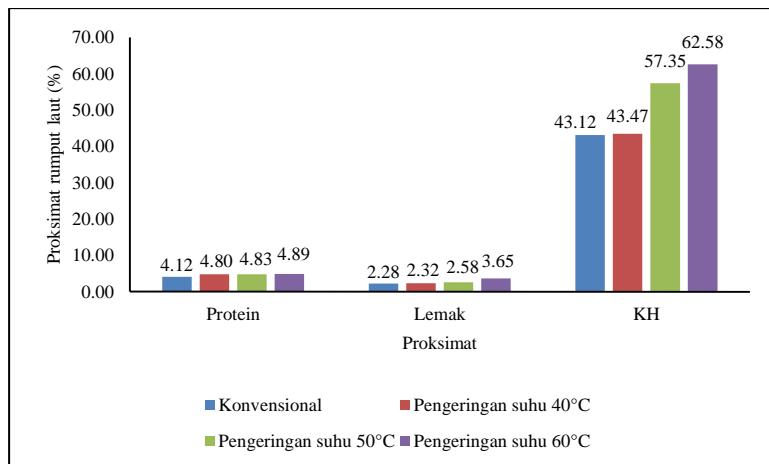
### a. Industri makanan

Rumput laut memiliki manfaat yang luar biasa dalam industri makanan, memberikan kontribusi penting dalam menciptakan produk makanan yang berkualitas, lezat, dan bervariasi. Sebagai sumber nutrisi tinggi, rumput laut menjadi bahan utama dalam berbagai hidangan, menyediakan aspek organoleptik yang unik serta meningkatkan nilai gizi. Ekstrak alginat, agar-agar dan karagenan, yang diekstrak dari rumput laut, menjadi bahan pengental dan pembeku alami yang penting dalam berbagai produk makanan. Alginat, misalnya, digunakan untuk menciptakan tekstur dan stabilitas dalam produk susu, saus, dan es krim. Agar-agar sering digunakan dalam pembuatan jeli, puding, dan produk pencuci mulut lainnya. Sementara, karagenan digunakan sebagai pengental alami dan pemberi tekstur dalam berbagai produk makanan dan minuman, stabilisator dan emulsifier dalam produk makanan dan minuman. Rumput laut juga menjadi sumber pewarna alami yang digunakan dalam industri makanan, menggantikan pewarna sintetis. Penggunaan pewarna alami dari rumput laut tidak hanya memberikan warna yang menarik tetapi juga menjaga produk makanan agar lebih bersifat alami dan bebas dari bahan kimia tambahan yang tidak diinginkan. Selain memberikan kontribusi langsung pada produk

makanan, rumput laut juga memberikan inspirasi untuk inovasi dalam menciptakan makanan fungsional dan produk kesehatan. Kandungan nutrisi tinggi, seperti protein, serat, dan mineral, membuat rumput laut menjadi pilihan yang menarik untuk meningkatkan nilai gizi dalam berbagai produk makanan, dengan manfaatnya yang beragam, rumput laut memainkan peran kunci dalam industri makanan, membuka peluang untuk kreasi kuliner yang lebih beragam, sehat, dan ramah lingkungan.

b. Industri minuman

Rumput laut memberikan kontribusi dalam industri minuman dengan memberikan karakteristik unik, nilai gizi, dan berbagai manfaat fungsional. Ekstrak alginat, agar-agar dan karagenan dari rumput laut menjadi bahan penting dalam pembuatan minuman dengan memberikan tekstur dan stabilitas yang diinginkan. Banyak manfaat rumput laut dalam industri minuman melibatkan penggunaan alginat, agar dan karagenan sebagai bahan pengental pada minuman susu dan produk yogurt, memberikan kekentalan yang diinginkan tanpa menggunakan bahan tambahan sintetis. Sementara itu, agar-agar sering digunakan dalam pembuatan minuman jelleyang populer, memberikan tekstur kenyal dan menyenangkan. Rumput laut juga memberikan warna alami pada minuman tanpa menggunakan pewarna buatan. Sebagai pewarna alami, rumput laut tidak hanya memberikan warna yang menarik tetapi juga memberikan citra minuman yang lebih bersih dan lebih sehat. Selain memberikan karakteristik fisik pada minuman, rumput laut juga menjadi bahan yang menarik untuk minuman fungsional. Kandungan nutrisi tinggi dalam rumput laut, termasuk vitamin, mineral, dan serat, memberikan nilai tambah pada minuman, menjadikannya pilihan yang menarik bagi konsumen yang peduli dengan kesehatan, dengan inovasi terus muncul di industri minuman, manfaat rumput laut tidak hanya menciptakan produk yang lebih bervariasi dan bergizi tetapi juga mendukung tren keberlanjutan dengan mengurangi ketergantungan pada bahan tambahan kimia sintetis.



**Gambar 4.5.** Proksimat rumput laut pada suhu yang berbeda

## 2. Non Pangan

Manfaat non-pangan dari rumput laut mencakup berbagai sektor industri dan lingkungan. Ekstrak alginat dari rumput laut memainkan peran penting dalam industri tekstil sebagai bahan pengental dan pelekat, memberikan sifat tahan air dan elastisitas pada kain. Selain itu, rumput laut telah menjadi inspirasi dalam pengembangan bioplastik, menyediakan alternatif ramah lingkungan untuk mengatasi masalah limbah plastik. Rumput laut juga menjadi sumber daya berharga dibidang farmasi, dengan senyawa-senyawa bioaktif seperti fukoidan yang memiliki potensi dalam pengembangan obat-obatan dan suplemen kesehatan. Manfaat holistik rumput laut membentang dari kontribusinya sebagai sumber pangan yang bergizi hingga perannya yang krusial dalam mendukung berbagai sektor industri dan keberlanjutan lingkungan.

### a. Industri farmasi dan kosmetik

Rumput laut menyimpan potensi besar dalam bidang farmasi melalui senyawa bioaktifnya, terutama fukoidan. Manfaat farmasi dari rumput laut mencakup sifat antiinflamasi, antivirus, dan antitumor yang dimiliki oleh fukoidan, yang dapat menjadi landasan pengembangan obat-obatan baru.

Selain itu, senyawa ini juga menunjukkan sifat antioksidan, dapat membantu mengendalikan gula darah, dan memiliki potensi sebagai agen antihipertensi. Pemahaman mendalam tentang manfaat rumput laut dalam bidang farmasi memberikan peluang besar untuk inovasi dalam pengembangan terapi penyakit degeneratif dan pencegahan kondisi kesehatan yang berhubungan dengan inflamasi atau infeksi. Meskipun masih dalam tahap penelitian, potensi ini menandakan kontribusi berharga rumput laut dalam meningkatkan kesehatan manusia melalui kemajuan di bidang farmasi. Pengembangan lebih lanjut dalam penelitian mengenai manfaat rumput laut dalam bidang farmasi juga menunjukkan potensi senyawa-senyawa lain yang terkandung dalam rumput laut. Sebagai contoh, senyawa-senyawa polifenol dan karotenoid dalam rumput laut telah menarik perhatian sebagai agen antioksidan yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif. Rumput laut memiliki manfaat luar biasa dalam industri kosmetik, memberikan kontribusi pada formulasi produk perawatan kecantikan dengan berbagai keunggulan. Senyawa-senyawa bioaktif seperti fukoidan dan pigmen alami yang terkandung dalam rumput laut menjadi kunci dalam menciptakan produk yang tidak hanya memberikan keindahan tetapi juga manfaat kesehatan untuk kulit. Ekstrak rumput laut sering digunakan dalam produk perawatan kulit karena sifat-sifatnya yang melembapkan dan menyehatkan kulit. Senyawa-senyawa antioksidan dalam rumput laut membantu melindungi kulit dari kerusakan akibat radikal bebas, mendukung regenerasi sel, dan memberikan efek anti-penuaan. Pigmen alami dalam rumput laut, seperti klorofil dan karotenoid, memberikan warna hijau dan merah khas yang digunakan dalam formulasi lipstik, eyeshadow, dan produk kosmetik lainnya. Penggunaan pewarna alami dari rumput laut memberikan alternatif yang lebih alami dan ramah lingkungan dibandingkan dengan pewarna sintetis. Selain itu, senyawa-senyawa dalam rumput laut juga dapat memiliki sifat antiinflamasi, membantu meredakan iritasi kulit dan kondisi

kulit yang sensitif. Ekstrak rumput laut juga sering digunakan dalam produk-produk perawatan rambut untuk memberikan nutrisi tambahan, meningkatkan kelembutan, dan mencegah kerusakan, dengan manfaatnya yang beragam, rumput laut tidak hanya menambah dimensi kecantikan pada produk kosmetik tetapi juga memberikan nilai tambah berupa perawatan yang holistik dan berkelanjutan bagi konsumen yang semakin sadar akan kesehatan dan lingkungan.

b. Industri kertas

Rumput laut memiliki manfaat yang berpotensi besar dalam industri kertas, membuka peluang untuk pengembangan bahan baku yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Ekstrak alginat dari rumput laut dapat digunakan sebagai agen pengikat atau perekat alami dalam produksi kertas, mengurangi ketergantungan pada bahan kimia sintetis. Kandungan serat alami dalam rumput laut juga dapat menjadi alternatif yang menarik untuk serat kayu dalam pembuatan kertas, dengan sifat serat yang kuat dan elastis, rumput laut dapat memberikan kontribusi pada produksi kertas yang lebih tahan lama dan lebih mudah didaur ulang. Selain itu, rumput laut dapat menjadi solusi dalam mengatasi masalah deforestasi yang sering terjadi akibat produksi kertas dari kayu. Pemanfaatan rumput laut sebagai bahan baku dapat membantu melestarikan hutan dan ekosistem yang penting untuk keseimbangan lingkungan, dengan memanfaatkan rumput laut dalam industri kertas, dapat diciptakan lingkungan produksi yang lebih berkelanjutan, meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan dan menghasilkan produk kertas yang lebih ramah lingkungan dan mudah didaur ulang.

c. Industri pertanian dan perikanan

Manfaat rumput laut dalam industri pertanian dan perikanan mencakup aspek keberlanjutan dan peningkatan produktivitas yang signifikan. Sebagai pemberah tanah yang efektif, rumput laut dapat meningkatkan struktur tanah, menyediakan nutrien penting, dan membantu dalam retensi

air, menjadikannya bahan organik yang berharga dalam pertanian. Pemberian rumput laut sebagai pupuk organik juga membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia, mendukung pertanian yang lebih berkelanjutan. Di sektor perikanan, rumput laut memiliki peran kritis sebagai habitat dan sumber makanan bagi berbagai spesies ikan dan hewan laut. Kehadirannya dalam ekosistem laut membantu menjaga keberlanjutan perikanan dengan menciptakan lingkungan yang berimbang, memberikan tempat berlindung bagi larva ikan, dan mendukung siklus kehidupan laut. Rumput laut, juga memberikan alternatif yang ramah lingkungan dalam produksi pakan ikan. Sebagai pakan alami, rumput laut dapat digunakan sebagai binder atau pengganti tepung. Manfaat rumput laut dalam industri pertanian dan perikanan bukan hanya terbatas pada aspek ekonomi, tetapi juga mendukung praktik pertanian dan perikanan yang lebih berkelanjutan, melibatkan pemanfaatan sumber daya alam secara bijak dan menjaga kelestarian lingkungan laut.

#### **4.4 Penanganan rumput laut sebagai bahan produk olahan**

Proses penanganan pasca panen ini mencakup pencucian menyeluruh untuk menghilangkan pasir dan kotoran, pengeringan efisien guna mencegah pertumbuhan bakteri, serta sortir teliti untuk memilih rumput laut yang utuh dan berkualitas. Pengemasan yang rapi dan penyimpanan yang tepat kemudian dilakukan untuk menjaga kesegaran dan kelezatan rumput laut. Langkah-langkah ini memainkan peran penting dalam memastikan bahwa rumput laut tetap optimal dalam kondisi dan nilai gizinya, memenuhi standar kualitas tertinggi, dan siap untuk dipasarkan.

##### **1. Pembersihan dan pencucian**

Pembersihan rumput laut merupakan tahap kritis dalam rangkaian proses pasca panen yang mencakup sejumlah langkah untuk mengoptimalkan kebersihan dan kualitas produk. Mulai dari pemisahan dari bahan asing, proses cuci awal dengan air bersih untuk menghilangkan garam dan pasir, hingga sortir manual untuk memilih rumput laut yang utuh dan bebas penyakit

(ice-ice) (Gambar 6), setiap langkah dirancang untuk memastikan bahwa rumput laut yang dihasilkan tidak hanya memenuhi standar kebersihan yang ketat, tetapi juga mempertahankan nilai nutrien dan cita rasa yang optimal.

Pencucian lanjutan dapat diterapkan jika diperlukan, dengan menggunakan metode yang lembut untuk memastikan rumput laut terbebas dari kontaminan. Selain itu, proses pembersihan melibatkan pengeringan yang cermat untuk mencegah pertumbuhan bakteri dan jamur, serta mempertahankan kesegaran alami produk. Pemeriksaan kualitas akhir adalah tahap penentu yang memastikan setiap helai rumput laut telah dibersihkan secara menyeluruh dan siap untuk dipasarkan atau diolah lebih lanjut, dengan menempatkan perhatian pada setiap detail, mulai dari pemilihan rumput laut hingga tahap pengemasan dan penyimpanan, proses pembersihan rumput laut tidak hanya merupakan praktik esensial untuk mencapai produk berkualitas tinggi tetapi juga mencerminkan komitmen terhadap standar keamanan pangan dan keberlanjutan.

Proses ini tidak hanya mencakup persiapan rumput laut untuk dikonsumsi langsung, tetapi juga merupakan langkah awal dalam rantai pasok yang melibatkan berbagai industri, mulai dari industri makanan hingga kosmetik, dengan menjaga kebersihan dan kualitas rumput laut, produsen dapat memastikan bahwa produk akhir yang dihasilkan tetap berkualitas tinggi dan dapat memenuhi harapan konsumen, dengan memahami pentingnya pembersihan rumput laut sebagai bagian integral dari produksi rumput laut, petani dan produsen dapat memberikan kontribusi positif tidak hanya terhadap industri, tetapi juga terhadap keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Seiring dengan tuntutan pasar yang semakin ketat terhadap produk alami dan berkelanjutan, proses pembersihan yang cermat menjadi kunci untuk memastikan daya saing dan integritas produk rumput laut di pasar global.



**Gambar 4.6.** Pembersihan penyakit *ice-ice*

Proses pencucian rumput laut adalah tahapan penting dalam memastikan kebersihan, keamanan, dan kualitas produk sebelum diolah lebih lanjut atau dijual. Rendam rumput laut dalam air bersih untuk menghilangkan garam, pasir, dan organisme laut kecil. Proses ini membantu membersihkan permukaan rumput laut secara menyeluruh. Gunakan aliran air bersih untuk mencuci rumput laut secara menyeluruh. Proses pencucian dapat melibatkan gerakan tangan lembut atau menggunakan peralatan khusus untuk membersihkan bagian yang sulit dijangkau. Jika diperlukan, lakukan pencucian akhir untuk memastikan kebersihan maksimal..



**Gambar 4.7.** Pencucian rumput laut

## 2. Pengeringan

Proses pengeringan rumput laut memegang peranan penting dalam mempertahankan kualitas dan daya tahan produk setelah panen. Langkah ini tidak hanya bertujuan untuk menghilangkan kelembaban, tetapi juga untuk mencegah pertumbuhan bakteri dan jamur yang dapat mempengaruhi keamanan pangan dan daya simpan rumput laut, dalam proses pengeringan, rumput laut dapat dibiarkan secara alami di bawah sinar matahari atau menggunakan mesin pengering dengan suhu terkendali. Pengeringan alami mempertahankan nutrien alami dan karakteristik organoleptik rumput laut, sementara pengeringan menggunakan mesin dapat memastikan kontrol suhu yang lebih tepat, terutama dalam kondisi cuaca yang tidak mendukung pengeringan alami.

Selain itu, pengeringan juga merupakan langkah untuk mengurangi risiko kontaminasi silang dan menjaga kebersihan produk. Penggunaan metode pengeringan yang sesuai membantu mencapai tingkat kelembaban yang optimal, mencegah pertumbuhan mikroorganisme, dan memastikan produk akhir memenuhi standar keamanan dan kualitas yang ditetapkan. Melalui proses ini, petani dan produsen rumput laut berkontribusi pada produksi pangan yang aman, berkualitas tinggi, dan berkelanjutan, serta memastikan bahwa rumput laut yang dihasilkan siap untuk dikonsumsi atau diolah lebih lanjut dalam berbagai produk.



Gambar 4.8. Pengeringan rumput laut

### 3. Penggilingan atau penghancuran

Proses penghancuran atau penggilingan rumput laut adalah tahap yang penting dalam rantai pasok untuk menghasilkan produk yang siap diolah lebih lanjut atau digunakan sebagai bahan baku. Melalui langkah ini, rumput laut yang telah bersih dan dikeringkan dapat diubah menjadi bentuk serbuk atau serpihan, meningkatkan daya guna dan kemudahan dalam berbagai aplikasi industri, seperti pangan, kosmetik, dan pertanian.

Penghancuran atau penggilingan dapat dilakukan dengan menggunakan peralatan khusus, seperti mesin penggiling atau blender industri. Proses ini dirancang untuk memastikan konsistensi ukuran partikel dan menciptakan produk akhir yang seragam. Penggilingan juga dapat membantu dalam menghasilkan tekstur dan ukuran yang diinginkan sesuai dengan kebutuhan produk akhir. Penghancuran atau penggilingan rumput laut bukan hanya tahap mekanis, tetapi juga proses penting dalam pengolahan lanjutan yang memberikan nilai tambah pada produk dan mendukung keberagaman penggunaan rumput laut di berbagai industri.

### 4. Ekstraksi

Proses ekstraksi rumput laut melibatkan metode khusus untuk memisahkan dan mengambil senyawa-senyawa berharga yang terkandung dalam rumput laut. Melalui tahap ini, komponen bioaktif seperti pigmen, asam lemak omega-3, dan polisakarida dapat diperoleh untuk aplikasi beragam, mulai dari suplemen makanan hingga produk kosmetik.

Proses ekstraksi membutuhkan metode yang tepat untuk memastikan efisiensi dan kualitas ekstrak yang dihasilkan. Langkah-langkah ini dapat melibatkan penggunaan teknik-teknik seperti ekstraksi pelarut panas, ekstraksi superkritikal, atau ekstraksi menggunakan enzim.

Ekstraksi rumput laut bukan hanya tentang mendapatkan senyawa-senyawa berharga, tetapi juga menjaga keutuhan nutrien dan sifat alami rumput laut. Proses ini membutuhkan pemahaman mendalam tentang karakteristik kimia dan fisik rumput laut serta kontrol yang ketat terhadap parameter

ekstraksi, dengan kemajuan dalam teknologi ekstraksi, petani dan produsen dapat meningkatkan nilai tambah produk rumput laut dan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya alam. Keseluruhan, proses ekstraksi rumput laut memberikan kontribusi penting dalam memenuhi kebutuhan industri yang semakin berkembang dan meningkatkan ketersediaan produk berbasis rumput laut yang berkualitas tinggi.

#### 5. *Bleaching* rumput laut

*Bleaching* atau pemutihan rumput laut untuk bahan baku adalah proses rumput laut yang membutuhkan perlakuan khusus untuk menghilangkan warna alami rumput laut. Proses ini bertujuan untuk mendapatkan rumput laut dengan warna yang lebih terang atau tanpa warna, sesuai dengan kebutuhan industri tertentu. Proses pemutihan pada rumput laut tidak hanya mengubah estetika warna, tetapi juga dapat mempengaruhi kualitas dan karakteristik produk olahan. Pemutihan ini dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia atau metode lainnya, tergantung pada tujuan akhir penggunaan bahan baku tersebut. Pemutihan rumput laut dapat meningkatkan fleksibilitas penggunaannya dalam berbagai produk, seperti makanan, kosmetik, atau produk industri lainnya. Namun, perlu diperhatikan bahwa proses pemutihan yang tidak ramah lingkungan dapat memiliki dampak negatif pada produk akhir. Penting untuk diketahui bahwa metode pemutihan yang digunakan bervariasi, melibatkan bahan kimia atau proses fisik, seperti paparan sinar matahari atau ozonasi. Saat ini, seiring dengan meningkatnya kesadaran akan perlunya melindungi lingkungan, industri pemrosesan rumput laut berupaya untuk mengadopsi metode pemutihan yang lebih ramah lingkungan, mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya dan meminimalkan kandungan karbon.

**Gambar 4.9.** Proses *bleaching* rumput laut

## 6. Pengemasan

Pengemasan rumput laut mencakup serangkaian langkah strategis untuk menjaga kualitas, keamanan, dan kebersihan produk selama perjalanan dari sumbernya hingga tangan konsumen. Proses pengemasan tidak hanya mempertimbangkan aspek fisik produk, tetapi juga mencakup faktor-faktor lain yang melibatkan aspek informasi dan lingkungan. Labeling yang jelas dan informasi pada kemasan. Kemasan yang ramah lingkungan menjadi semakin penting dalam era keberlanjutan, di mana produsen rumput laut juga mengarahkan perhatian pada pemilihan bahan kemasan yang dapat didaur ulang atau berbasis daur ulang. Sehingga, selain menjaga kualitas produk, pengemasan juga berkontribusi pada tujuan keseluruhan keberlanjutan industri pangan. Aspek lain yang tak kalah penting adalah proses penyegelan dan perlindungan terhadap paparan lingkungan selama distribusi. Melalui pengemasan yang cermat, rumput laut dapat tetap segar dan terlindungi dari kontaminasi, menjaga nilai nutrien dan citarasa yang unggul, dengan memahami kompleksitas proses pengemasan rumput laut, produsen dapat memastikan bahwa produk tidak hanya aman dan berkualitas tinggi, tetapi juga sesuai dengan ekspektasi konsumen modern yang semakin peduli terhadap informasi produk, keberlanjutan, dan pengalaman konsumen secara keseluruhan.



**Gambar 4.10. Pengemasan konvensional (a), pengemasan kering siap olah (b)**

## 7. Penyimpanan

Penyimpanan rumput laut merupakan fase krusial dalam rantai pasok produk laut yang memerlukan perhatian untuk memastikan kelangsungan kualitas dan kesegaran produk hingga tiba ditangan konsumen. Proses ini mencakup beberapa aspek, termasuk pemilihan kondisi penyimpanan yang tepat, pengaturan suhu, serta langkah-langkah perlindungan terhadap faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas rumput laut. Pentingnya pemilihan kondisi penyimpanan yang sejuk dan kering adalah kunci dalam mempertahankan nilai nutrien dan rasa alami rumput laut. Kelembaban yang dikendalikan dan suhu yang dijaga pada tingkat yang optimal membantu mencegah pertumbuhan bakteri atau jamur yang dapat merusak produk. Selain itu, penggunaan kemasan yang tahan air dan rapat juga menjadi faktor penting dalam melindungi rumput laut dari paparan lingkungan yang dapat mengubah karakteristik organoleptiknya, dalam skala produksi besar, sistem penyimpanan yang canggih dengan kontrol suhu yang terautomatisasi dapat memberikan kestabilan yang diperlukan untuk menjaga kualitas produk sepanjang waktu. Pemantauan terus-menerus terhadap kondisi penyimpanan juga memungkinkan produsen untuk merespons

dengan cepat terhadap perubahan kondisi yang mungkin mempengaruhi kesegaran rumput laut.

Selain itu, aspek perlindungan dari kontaminasi atau interaksi dengan bahan lain di lingkungan penyimpanan menjadi pertimbangan serius. Pemisahan rumput laut dari bahan-bahan yang dapat mempengaruhi rasa atau kualitas produk sangat penting untuk menjaga keutuhannya, dengan perhatian terhadap setiap tahap penyimpanan, produsen dapat memastikan bahwa rumput laut yang dihasilkan tetap mempertahankan standar kualitas tertinggi dan siap memenuhi tuntutan konsumen yang semakin ketat terhadap kesegaran dan nilai gizi produk laut.



Gambar 4.11. Penyimpanan rumput laut *bleaching*, basah (a), kering (b)

#### 4.5 Jenis bahan rumput laut

##### 1. Bahan baku semi olahan atau bahan baku setengah jadi

Bahan baku setengah jadi, atau dikenal juga sebagai bahan baku semi-olah (*intermediate goods*), merujuk pada tahapan dalam rantai produksi dimana suatu bahan baku telah melalui sejumlah proses pengolahan, namun masih memerlukan langkah-langkah tambahan sebelum mencapai bentuk akhir sebagai produk jadi. Bahan baku setengah jadi dapat mencakup berbagai derivatif yang telah dihasilkan melalui ekstraksi, pemurnian, atau proses lainnya, tetapi masih membutuhkan langkah-langkah lebih lanjut sebelum dapat digunakan secara langsung oleh konsumen.

Proses produksi bahan baku setengah jadi pada rumput laut seringkali melibatkan ekstraksi senyawa-senyawa seperti alginat, agar, atau karagenan. Keberagaman manfaat dari bahan baku setengah jadi, memberikan fleksibilitas dalam penggunaannya dan menjadi langkah penting dalam mendukung inovasi produk yang lebih kompleks dan berkualitas tinggi, dengan tingkat keterpurnaan yang lebih tinggi daripada bahan baku mentah, bahan baku setengah jadi memungkinkan produsen untuk mengoptimalkan proses produksi, meningkatkan efisiensi, dan menciptakan produk akhir yang memenuhi standar kualitas dan keamanan yang ketat.

## 2. Bahan jadi produk makanan

Bahan jadi produk makanan mencakup berbagai produk yang telah melewati seluruh rangkaian proses produksi dan siap untuk dikonsumsi oleh konsumen. Produk ini merupakan hasil akhir dari upaya gabungan antara bahan mentah atau setengah jadi yang telah melalui tahap pengolahan, pembuatan, dan pemasaran. Keberhasilan dalam menciptakan bahan jadi yang berkualitas tinggi tidak hanya memperhatikan rasa dan konsistensi produk, tetapi juga mempertimbangkan faktor-faktor seperti keamanan pangan, nilai gizi, dan kenyamanan konsumen. Dalam dunia makanan, bahan jadi bisa mencakup berbagai bentuk, mulai dari makanan ringan olahan, produk makanan laut, hingga makanan beku atau kemasan siap santap. Setiap produk jadi ini mencerminkan inovasi dalam bidang kuliner dan industri pangan, menawarkan kemudahan dan variasi bagi konsumen modern yang mencari solusi cepat dan berkualitas.

Pemahaman mendalam tentang preferensi konsumen, tren pasar, serta standar keamanan dan kualitas menjadi kunci keberhasilan produsen dalam menciptakan produk makanan yang bersaing di pasaran yang semakin beragam, dengan kemajuan teknologi dan penelitian dalam bidang pangan, bahan jadi produk makanan terus berkembang untuk memenuhi tuntutan konsumen akan keanekaragaman pilihan, keamanan, dan kualitas. Sebagai hasilnya, produk makanan jadi tidak hanya memenuhi kebutuhan dasar nutrien, tetapi juga menjadi bagian penting dari pengalaman kuliner dan gaya hidup modern.

### 3. Bahan jadi produk Kesehatan dan kosmetik

Bahan jadi dalam industri kesehatan dan kosmetik mencakup produk-produk yang telah melewati serangkaian tahap produksi, pengujian, dan sertifikasi untuk memastikan keamanan, kualitas, dan kelayakan penggunaan pada manusia. Kategori ini mencakup berbagai macam produk, mulai dari suplemen kesehatan dan obat-obatan hingga produk perawatan kulit, kosmetik, dan parfum. Dalam konteks produk kesehatan, bahan jadi bisa berupa suplemen nutrien yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan gizi atau membantu mengatasi kondisi kesehatan tertentu. Obat-obatan yang telah melalui uji klinis dan mendapatkan persetujuan dari badan pengawas obat juga termasuk dalam kategori ini. Bahan jadi dibidang kesehatan memiliki peran penting dalam mendukung kesehatan fisik dan mental konsumen, dengan penekanan pada efektivitas dan keamanan.

Sementara itu, dalam industri kosmetik, bahan jadi melibatkan produk-produk yang dirancang untuk merawat dan mempercantik kulit, rambut, dan tubuh, termasuk berbagai produk perawatan kulit seperti krim wajah, losion tubuh, sampo, dan pewarna rambut. Produk kosmetik juga mencakup makeup, parfum, dan berbagai produk kecantikan lainnya. Bahan jadi dalam kosmetik tidak hanya menekankan aspek estetika, tetapi juga sering kali mencakup bahan-bahan yang bermanfaat bagi kesehatan kulit dan rambut. Proses pengembangan bahan jadi pada kedua industri ini melibatkan kolaborasi antara ilmuwan, ahli farmasi, dan periset untuk menciptakan produk yang inovatif dan sesuai dengan kebutuhan konsumen. Standar kualitas yang ketat dan regulasi yang ketat juga menjadi fokus utama untuk memastikan bahwa bahan jadi ini aman digunakan dan memenuhi harapan pengguna, dengan perkembangan terus-menerus dalam teknologi dan penelitian, produk kesehatan dan kosmetik terus berevolusi untuk memenuhi tuntutan pasar yang berkembang dan memberikan manfaat maksimal bagi konsumen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Rahman SA, Saudin L, Syahrul. 2023. Diversifikasi produk olahan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* hasil budidaya dengan menggunakan produk cairan fermentasi daun mangrove *Avicennia marina* di Kabupaten Banggai Provinsi Sulawesi Tengah. Selaparang: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan. 8(1)
- Rahman SA, Ayuba Y. 2024. Desain prototipe alat pengering dan monitoring suhu berbasis IoT serta uji pemanfaatannya terhadap kekeringan dan proksimat rumput laut. Acta Aquatica. Aquatic Sciences Journal. 11 (1)
- Suparmi, Sahri A. 2009. Mengenal potensi rumput laut: kajian pemanfaatan sumber daya rumput laut dari aspek industri dan kesehatan. Sultan Agung. XLIV (118): 95-116



# BAB 5

# FORMULASI PENGOLAHAN RUMPUT LAUT

Oleh Nurhayati

## 5.1 Pendahuluan

Sumber daya alam rumput laut sangat bermanfaat bagi kehidupan manusia dan ekosistem laut, terutama dalam hal pangan dan kesehatan. Salah satu cara untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya ini adalah dengan mengolahnya menjadi berbagai produk olahan. Rumput laut dapat dibuat menjadi produk bernilai tambah tinggi yang tidak hanya sehat tetapi juga lezat Dengan teknologi pengolahan yang tepat(Thiviya et al., 2022). Pemahaman tentang manfaat rumput laut sebagai sumber daya merupakan komponen penting dalam pengolahan rumput laut. Rumput laut mengandung banyak nutrisi esensial, termasuk protein, vitamin, mineral, dan serat. Selain itu, rumput laut juga mengandung banyak senyawa bioaktif, termasuk antioksidan, yang dapat meningkatkan kesehatan Anda dan mencegah beberapa penyakit. Dalam industri pangan, rumput laut sangat berharga karena mengandung agar-agar dan karaginan, yang merupakan pengental dan stabilisator alami. Karena rumput laut adalah sumber daya yang dapat diperbarui, penggunaan rumput laut dalam produk makanan meningkatkan nilai gizi dan mendorong konsumsi makanan yang berkelanjutan(Alghazeer et al., 2022; Marques et al., 2021; Xu et al., 2023).

Tergantung pada karakteristik dan kandungan nutrisi yang diinginkan, berbagai jenis rumput laut digunakan dalam pembuatan produk olahan. *Eucheuma Cottonii* (sering digunakan untuk membuat karaginan), *Gracilaria* (menjadi sumber agar-agar), dan *Sargassum* adalah beberapa jenis rumput laut yang populer digunakan. Setiap jenis rumput laut memiliki karakteristik khusus yang membuatnya ideal untuk digunakan dalam produk olahan tertentu. Misalnya, *Eucheuma Cottonii* sering digunakan sebagai bahan pengental dalam industri makanan dan minuman, tetapi *Gracilaria* lebih banyak digunakan untuk membuat jeli dan produk pangan lain yang

membutuhkan tekstur khusus(Nurjanah et al., 2022). Pemilihan jenis rumput laut yang tepat sangat penting ketika membuat produk olahan rumput laut karena ini mempengaruhi kualitas produk dan efisiensi proses produksi. Oleh karena itu, memahami karakteristik dan potensi penggunaan berbagai jenis rumput laut sangat penting untuk kesuksesan dalam industri pengolahan rumput laut.

Kita dapat berkontribusi pada ketahanan pangan global sambil menjaga keseimbangan ekosistem laut dengan memanfaatkan rumput laut sebagai sumber daya. Pengembangan produk olahan rumput laut memiliki peluang besar untuk mengembangkan pangan yang tidak hanya inovatif dan bernilai tambah tinggi tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan(Kovaleva et al., 2024; Thiviya et al., 2022; Xu et al., 2023).

## 5.2 Gizi dan Komponen Kimia Rumput Laut

Rumput laut adalah sumber daya alam yang luar biasa tidak hanya sebagai makanan tetapi juga karena banyak manfaat kesehatannya. Karena kekayaan nutrisi dan senyawa bioaktifnya, rumput laut merupakan bagian penting dari diet yang sehat dan berkelanjutan(Alghazeer et al., 2022; Blikra et al., 2022). Rumput laut memiliki kandungan nutrisi yang tinggi, yang merupakan salah satu fitur utamanya. Rumput laut sangat kaya akan vitamin, seperti vitamin A, vitamin C, vitamin E, dan vitamin K, serta berbagai vitamin B yang membantu berbagai fungsi tubuh yang sehat, seperti pembekuan darah, penglihatan, dan sistem imun. Selain itu, rumput laut juga menyediakan mineral penting seperti yodium, yang diperlukan untuk fungsi tiroid; zat besi, yang mendukung pembentukan hemoglobin; dan kalsium, yang diperlukan untuk kesehatan tulang dan gigi. Selain itu, ada banyak magnesium dan potassium, yang keduanya membantu menjaga keseimbangan cairan tubuh dan fungsi otot dan saraf(Marques et al., 2021; Milde et al., 2022).

Rumput laut mengandung senyawa bioaktif yang memiliki banyak manfaat kesehatan, selain nutrisi makro. Polisakarida, seperti fukoidan, yang ditemukan dalam beberapa jenis rumput laut, telah

diteliti karena kemampuan anti-inflamasi dan anti-kanker mereka. Senyawa ini bekerja dengan memodulasi respons imun tubuh dan dapat menghambat pertumbuhan sel kanker. Karaginan dan agar-agar, polisakarida rumput laut lainnya, digunakan dalam industri pangan sebagai pengental dan stabilisator. Mereka juga memiliki manfaat kesehatan, seperti membantu pencernaan(Rocha et al., 2021; Saleh, 2020). Selain karotenoid dan antioksidan, rumput laut mengandung senyawa fenolik, yang mendukung kesehatan jantung dan melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif(Kumar et al., 2020; Mayulu et al., 2023).

Rumput laut tidak hanya memiliki nutrisi dan senyawa bioaktif yang baik untuk kesehatan Anda, tetapi kandungan seratnya yang tinggi juga membantu pencernaan Anda. Serat ini tidak hanya membantu pergerakan usus yang sehat tetapi juga dapat membantu mengelola berat badan dengan meningkatkan rasa kenyang. Rumput laut menjadi semakin populer sebagai superfood dalam diet sehat dengan berbagai manfaat kesehatannya. Ini karena kemampuannya untuk mengontrol glukosa darah dan efeknya terhadap kolesterol, yang membantu kesehatan kardiovaskular. Penelitian terus meneliti potensi manfaat rumput laut dalam mengelola diabetes (Mayulu et al., 2023).

Secara keseluruhan, rumput laut menawarkan kombinasi unik dari nutrisi dan senyawa bioaktif yang mendukung kesehatan dan kesejahteraan. Penelitian yang berkelanjutan dan pemanfaatan beragam jenis rumput laut dalam diet harian dapat memaksimalkan manfaat kesehatan yang dapat diperoleh rumput laut bagi masyarakat di seluruh dunia.

### 5.3 Teknologi Pengolahan Rumput Laut

Mengingat berbagai manfaat rumput laut, pengolahan rumput laut telah menjadi bagian penting dari industri pangan dan kesehatan. Pengolahan ini dimulai dengan pemanenan, pengeringan, pengawetan, dan ekstraksi zat penting seperti karaginan dan agar-agar. Setiap langkah menggunakan metode dan pendekatan unik untuk memaksimalkan kualitas dan keuntungan dari rumput laut yang diproses.

## Pemeliharaan Rumput Laut

Langkah pertama dalam proses pengolahan adalah memanenan rumput laut. Jenis rumput laut dan lokasinya memengaruhi teknik pemanenan. Para petani rumput laut sering memanen rumput laut di perairan dangkal secara manual menggunakan alat sederhana seperti pisau atau gunting. Di perairan lebih dalam, rumput laut dapat dipanen dengan peralatan mekanis seperti penggeruk atau sistem penarik. Untuk memastikan keberlanjutan sumber daya rumput laut, pemanenan harus dilakukan dengan hati-hati dan membiarkan beberapa tumbuhan tetap hidup untuk regenerasi(HASIRI et al., 2021).

## Pengering Rumput Laut

Rumput laut dijemur untuk kering setelah dipanen. Untuk menjaga rumput laut tetap sehat dan mencegah pembusukan, proses pengeringan sangat penting. Penjemuran rumput laut di bawah sinar matahari langsung adalah metode pengeringan tradisional yang efektif dan hemat biaya. Tetapi metode ini sangat bergantung pada cuaca. Alternatif lain adalah menggunakan oven pengering atau pengering semprot, yang memungkinkan pengaturan suhu dan kelembapan yang lebih baik, sehingga proses pengeringan dipercepat dan produk akhir lebih baik(Satmalee et al., 2023).

## Pengawetan Rumput Laut

Pengawetan rumput laut sangat penting untuk mempertahankan kualitas dan memperpanjang masa simpan. Metode pengawetan rumput laut tradisional menggunakan garam, asap, atau pengawet kimia. Sementara pengawetan kimia membantu memperpanjang masa simpan, harus dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan bahwa makanan aman untuk dikonsumsi(Gomes-Dias et al., 2020).

## Penyebaran Senyawa Berharga

Proses ekstraksi bahan berharga seperti karaginan dan agar-agar membutuhkan metode khusus. Misalnya, rumput laut dipanaskan dalam larutan alkali untuk mengekstrak karaginan. Kemudian, campuran disaring untuk membedakan karaginan dari residu rumput laut. Setelah itu, karaginan dapat dibersihkan lebih lanjut dengan metode seperti pengendapan alkohol atau pengeringan semprot. Sebaliknya, rumput laut direbus untuk mengekstrak agar-agar.

Kemudian larutan disaring dan didinginkan, yang memungkinkan agar-agar mengental dan membentuk gel. Gel ini kemudian dapat diproses menjadi lembaran atau bubuk(Bāliña et al., 2020a; Dulanlebit & Hernani, 2023a; Matos et al., 2021).

### Innovasi dan kesulitan

Untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk akhir, pengolahan rumput laut terus menggunakan teknologi baru, seperti teknologi ekstraksi bantuan enzim yang menghasilkan rendemen yang lebih tinggi dari senyawa bioaktif, atau pengeringan vakum yang mempertahankan nutrisi dan warna rumput laut dengan lebih baik(Cotas et al., 2020).

## 5.4 Formulasi Produk berbasis Rumput Laut

Memahami karakteristik bahan baku rumput laut adalah langkah awal yang penting. Setiap jenis memiliki profil rasa, tekstur, dan gizi yang unik. Misalnya, nori sangat disukai sebagai snack karena rasanya yang gurih dan teksturnya yang renyah setelah diproses. Di sisi lain, Spirulina sering digunakan sebagai suplemen makanan karena kandungan protein dan antioksidannya yang tinggi(Thiviya et al., 2022).

Inovasi dalam Pengembangan Produk Inovasi adalah kunci untuk membuat produk yang menarik bagi pelanggan. Ini bisa berarti menggunakan rumput laut dengan teknologi pengolahan terbaru untuk menghasilkan rasa baru, atau menggabungkannya dengan biji-bijian atau rempah-rempah untuk membuat snack, atau membuat gel dan agar-agar vegan.

Memastikan Kualitas dan Keamanan: Standar kualitas dan keamanan harus dipenuhi untuk menjamin bahwa produk berkualitas tinggi dan aman. Ini mencakup pengujian untuk mengidentifikasi alergen dan kontaminan serta memastikan bahwa proses produksi memenuhi peraturan pangan yang berlaku. Produk yang memiliki sertifikasi halal, organik, atau non-GMO dapat meningkatkan nilai tambahnya(Mellor et al., 2022).

### Pentingnya Menjaga Gizi

Proses Pengolahan yang Tepat: Menjaga kandungan gizi rumput laut sangat penting. Misalnya, suhu tinggi dapat mengurangi

jumlah vitamin sensitif panas dalam tubuh. Teknik untuk mempertahankan gizi seperti pengeringan suhu rendah, lyophilization (pengeringan beku), atau ekstraksi dingin dapat membantu. Formulasi yang Seimbang: Formulasi produk harus mempertimbangkan keseimbangan nutrisi. Ini termasuk memasukkan rumput laut sebagai bahan utama dan bagaimana bahan lain dapat mempengaruhi profil nutrisi akhir produk. Untuk meningkatkan nilai nutrisi, juga dapat dipertimbangkan untuk menambah vitamin atau mineral tertentu.

Pengemasan yang Melindungi: Pengemasan yang melindungi produk dari oksigen, cahaya, dan air dapat membantu menjaga kualitas nutrisi dan sensasi produk selama distribusi dan penyimpanan(Al-Adilah et al., 2021; Alghazeer et al., 2022; Xu et al., 2023).

### Aplikasi Produk

Eksperimen dengan berbagai rasa dan tekstur adalah kunci untuk membuat snack rumput laut yang menarik. Misalnya, membuat snack rumput laut krispi dengan campuran garam laut dan cuka untuk memberi rasa asin dan asam. Ini meniru rasa keripik Kentang tradisional dengan lebih banyak nutrisi. Untuk memastikan rasa meresap secara merata, lembaran rumput laut dapat direndam dalam campuran bumbu sebelum pengeringan.

Inovasi Tekstur: Sebelum pengeringan, rumput laut dapat digabungkan dengan biji chia atau quinoa untuk membuat tekstur baru. Ini meningkatkan nilai nutrisi snack dan menambah tekstur yang menarik. Teknik pengeringan suhu rendah sangat cocok untuk ini karena menghasilkan tekstur renyah tanpa menghilangkan nutrisi penting(Birch et al., 2019; Blikra et al., 2022; Poonia & Mishra, 2021).

### Penerapan supplement

Ekstraksi Senyawa Bioaktif: Teknik ekstraksi senyawa bioaktif harus dipilih dengan hati-hati saat mengembangkan suplemen. Metode ekstraksi pelarut superkritis, misalnya, dapat digunakan untuk mengekstrak omega-3 dari rumput laut. Ini karena metode ini dapat mengekstrak zat tanpa menggunakan panas tinggi, yang dapat merusak asam lemak sensitif ini. Teknik ini juga memastikan ekstrak yang dihasilkan murni tinggi dan mencegah kontaminasi(Xu et al., 2023).

Pengembangan Formula Suplemen: Ketika mengembangkan formula suplemen, penting untuk mempertimbangkan menggabungkan ekstrak rumput laut dengan bahan lain yang dapat meningkatkan penyerapan dan efikasi nutrisi. Misalnya, kombinasi ekstrak rumput laut dengan vitamin D dan kalsium dalam suplemen dapat memanfaatkan mineral alami rumput laut untuk meningkatkan kesehatan tulang(Circuncisão et al., 2018; Xavier & Jose, 2020). Untuk menjaga integritas tablet selama produksi dan penyimpanan, formula ini dapat dibuat dalam bentuk tablet atau kapsul dengan menambah bahan pengisi alami seperti serat bambu.

Inovasi dalam Pengemasan: Untuk menjaga kualitas suplemen, pengemasan harus terus berubah. Penggunaan kapsul yang dilapisi dapat menjadi pilihan untuk melindungi senyawa sensitif dari oksidasi dan kelembapan. Untuk paket bubuk suplemen, teknologi pengemasan atmosfer termodifikasi, juga dikenal sebagai MAP, dapat digunakan. Ini mengurangi jumlah oksigen yang ada dalam paket dan mengurangi jumlah nutrisi yang rusak.

Kedua contoh ini menunjukkan betapa pentingnya memahami karakteristik bahan baku, metode pengolahan, dan persyaratan pasar saat mengembangkan produk berbasis rumput laut. Produk berbasis rumput laut dapat memenuhi dan bahkan melampaui harapan konsumen modern yang menginginkan makanan dan suplemen yang sehat, lezat, dan berkelanjutan dengan menggunakan pendekatan yang inovatif dan berfokus pada kualitas.

Produk berbasis rumput laut membutuhkan pemahaman mendalam tentang sifat bahan baku, inovasi dalam pengembangan produk, dan strategi yang efektif untuk mempertahankan integritas nutrisi(Alghazeer et al., 2022; Marques et al., 2021; Xu et al., 2023).

## 5.5 Kemajuan Teknologi dan Metodologi dalam Pengolahan Rumput Laut

Teknologi, metodologi, dan produk baru dalam pengolahan rumput laut telah mengalami kemajuan besar dalam beberapa tahun terakhir. Kemajuan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi produksi tetapi juga membuka peluang baru untuk penggunaan rumput laut dalam berbagai industri, mulai dari pangan dan kesehatan hingga

energi terbarukan. Inovasi terbaru dalam pengolahan rumput laut dan studi kasus peluncuran produk yang berhasil disajikan di sini. Kemajuan dalam Teknik dan Teknologi Pengolahan Rumput Laut

**Penggunaan Teknologi Ekstraksi Modern:** Ekstraksi superkritik  $\text{CO}_2$  dan ekstraksi bantuan ultrasonik, misalnya, telah menjadi revolusioner dalam mengisolasi senyawa bioaktif dari rumput laut. Ekstraksi ini mengekstraksi bahan dengan tingkat kebersihan dan efisiensi yang lebih tinggi tanpa meninggalkan residu pelarut, dan sangat baik untuk mendapatkan omega-3 dan antioksidan(Cotas et al., 2020; Dulanlebit & Hernani, 2023b; Hata et al., 2014).

**Konsep biorefinery:** yang menggabungkan proses pemisahan dan pemurnian berbagai produk dari biomassa, telah diterapkan pada rumput laut. Ini memungkinkan produksi berbagai produk bernilai tambah, seperti biofuel, bahan kimia platform, dan produk pangan, secara efisien dan ramah lingkungan dari satu sumber biomassa. Metode ini meningkatkan keberlanjutan dan ekonomi pengolahan rumput laut (Barragán et al., 2022).

**Pengembangan Bioteknologi Rumput Laut:** Bioteknologi, khususnya teknik rekayasa genetika dan fermentasi, telah membuka jalan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas senyawa yang diinginkan dari rumput laut. Spesies rumput laut dapat ditingkatkan untuk menghasilkan senyawa tertentu dalam jumlah yang lebih besar atau memiliki karakteristik pertumbuhan yang lebih baik melalui modifikasi genetik. Selain itu, mikroorganisme tertentu dapat fermentasi rumput laut untuk menghasilkan metabolit sekunder yang bermanfaat, seperti polisakarida yang memiliki aktivitas prebiotik tinggi (Buana & Ratnaningtyas, 2022; Poole et al., 2019).

**Studi Kasus Peluncuran Produktif Rumput Laut Snack Rumput Laut Bernilai Nutrisi Tinggi:** Peluncuran snack rumput laut mengutamakan rasa dan nilai nutrisi. Produk ini berhasil mempertahankan mineral dan vitamin esensial rumput laut dengan menggunakan teknik pengolahan baru seperti pengeringan suhu rendah dan pemanggangan sebentar. Produk ini diterima dengan baik di pasar global karena pemasaran yang cerdas yang menekankan kesehatan dan keberlanjutan serta kemasan yang menarik.

**Suplemen Kesehatan dari Ekstrak Rumput Laut:** Sebuah perusahaan bioteknologi telah mengembangkan suplemen kesehatan

yang mengandung ekstrak rumput laut yang kaya akan fukoidan, senyawa yang berfungsi sebagai anti-inflamasi dan imunomodulator. Fukoidan dapat diisolasi dengan efisiensi tinggi dan integritas molekulnya tetap terjaga berkat teknologi ekstraksi bantuan ultrasonik. Suplemen ini membantu sistem imun dan kesehatan pencernaan, dan telah mendapatkan pengakuan dan sertifikasi internasional yang menunjukkan bahwa mereka aman dan efektif(Bālinā et al., 2020b, 2020a).

**Kosmetik Berbasis Rumput Laut:** Inovasi dalam pengolahan rumput laut juga telah masuk ke industri kosmetik, dengan produk perawatan kulit yang mengandung mineral dan antioksidan dari rumput laut diluncurkan. Fermentasi meningkatkan ketersediaan bioaktif senyawa rumput laut, yang membuat produk ini sangat efektif dalam melembabkan dan melindungi kulit. Pemasaran yang mengutamakan bahan alami dan keberlanjutan telah membuat produk ini populer di kalangan pelanggan yang sadar lingkungan. Inovasi dalam pengolahan rumput laut memiliki potensi besar untuk menghasilkan produk baru yang memiliki manfaat kesehatan dan kecantikan yang signifikan serta berkelanjutan. Industri rumput laut dapat terus berkembang dan berkontribusi pada ekonomi biru yang lebih luas dengan terus menerapkan kemajuan teknologi dan metodologi serta memperhatikan tren pasar dan kebutuhan konsumen. Kesuksesan peluncuran produk baru akan terus memperkaya cerita keberhasilan rumput laut, menegaskan statusnya sebagai sumber daya alam yang berharga dan serbaguna(Arifianti et al., 2018; Astriani & Nurjanah, 2023; Hidayat et al., 2017).

## 5.6 Kualitas, Tren dan Keberlanjutan: Inovasi dan Tantangan dalam Industri Rumput Laut

**Kontrol Kualitas dan Standar Keamanan Produk Rumput Laut:** Kualitas dan keamanan produk sangat penting bagi industri rumput laut. Standar keamanan yang ketat dan praktik manufaktur yang baik (GMP) diperlukan, untuk memastikan bahwa produk tidak mengandung zat berbahaya dan aman untuk dikonsumsi. Produk yang dijual ke pasar internasional harus memenuhi standar yang berlaku di negara tujuan, sementara di Indonesia, peraturan Badan Pengawas

Obat dan Makanan (BPOM) harus dipatuhi. Ini membutuhkan perhatian khusus pada detail sepanjang proses produksi, mulai dari pemilihan bahan baku hingga proses pengemasan(Stévant et al., 2017).

**Pasar dan Wawasan Konsumen:** Kesadaran konsumen tentang manfaat kesehatan dan keberlanjutan telah mendorong tren konsumsi rumput laut. Produk seperti snack rumput laut, suplemen, dan bahan pangan kreatif lainnya menjadi semakin populer. Selain itu, kecenderungan konsumen modern untuk memilih barang yang alami, organik, dan berkelanjutan mendorong produsen untuk menjadi kreatif dalam mengembangkan barang yang memenuhi syarat-syarat tersebut(Kartika, 2020; Merkel et al., 2021).

**Keberlanjutan dan Pertimbangan Etis:** Budidaya rumput laut dianggap sebagai salah satu teknik perikanan yang berkelanjutan dengan dampak negatif lingkungan yang minimal. Namun, keberlanjutan industri ini tidak hanya terbatas pada masalah lingkungan, tetapi juga mempertimbangkan masalah etis seperti praktik kerja yang adil dan pemberdayaan komunitas lokal. Untuk memastikan industri rumput laut tetap bertahan, sangat penting untuk memastikan bahwa ada keadilan dan transparansi di seluruh rantai pasokan(Leandro et al., 2020; Stévant et al., 2017).

**Tantangan dan Peluang:** Industri rumput laut menghadapi banyak masalah, seperti masalah rantai pasokan dan memenuhi standar keamanan produk. Di sisi lain, ada banyak peluang untuk pertumbuhan dan inovasi di pasar. Produk rumput laut dengan nilai tambah tinggi dapat dikembangkan berkat kemajuan teknologi seperti bioteknologi dan nanoteknologi. Selain itu, meningkatnya kesadaran dan permintaan pasar global untuk produk berkelanjutan membuka banyak peluang ekspor bagi produsen rumput laut. Sukses dalam industri rumput laut akan bergantung pada kombinasi elemen kontrol kualitas, pemahaman pasar, keberlanjutan, dan navigasi tantangan dan peluang. Inovasi berkelanjutan dalam produk dan proses produksi, bersama dengan komitmen terhadap praktik etis dan berkelanjutan, akan menentukan kemampuan sektor ini untuk berkembang dan berkembang di masa depan(Rimmer et al., 2021).

## 5.7 Kesimpulan

Bagian ini membahas berbagai elemen penting dalam pembuatan produk olahan rumput laut, termasuk pentingnya standar kualitas dan kontrol keamanan, melihat tren pasar dan preferensi konsumen, dan mempertimbangkan keberlanjutan dan etika dalam budidaya dan pengolahan rumput laut. Kami juga telah melihat bagaimana kemajuan dalam teknologi dan metodologi dapat meningkatkan efisiensi dan membuka peluang baru untuk penggunaan rumput laut dalam berbagai industri.

Memastikan produk olahan rumput laut memenuhi standar keamanan yang ketat, memenuhi regulasi yang berlaku, dan mempertahankan kepercayaan pelanggan adalah hal yang sangat penting. Semakin banyak orang yang tertarik pada produk yang sehat, alami, dan berkelanjutan, dan tren pasar ini mendorong penciptaan produk yang tidak hanya memenuhi kebutuhan nutrisi tetapi juga ramah lingkungan.

Faktor keberlanjutan dan etika sangat penting untuk keberhasilan industri rumput laut. Dengan meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan dan sosial, industri ini menghadapi tantangan untuk mengadopsi praktik yang berkelanjutan dan etis yang memberikan keuntungan finansial bagi komunitas lokal selain menjaga kesehatan ekosistem laut.

Di tengah kesulitan, industri rumput laut memiliki peluang besar untuk berkembang dan berinovasi. Dengan terus menerapkan kemajuan teknologi dan metodologi, memperhatikan tren pasar dan kebutuhan konsumen, industri rumput laut memiliki peran besar dalam mendukung ketahanan pangan di seluruh dunia, mengurangi dampak negatif lingkungan, dan memberikan manfaat ekonomi bagi komunitas pesisir.

Masa depan produk olahan rumput laut sangat cerah; ada banyak peluang untuk lebih banyak inovasi yang akan meningkatkan kualitas dan keamanan produk serta memaksimalkan manfaat sosial dan lingkungan dari budidaya rumput laut. Kesuksesan masa depan produk olahan rumput laut bergantung pada kemampuan industri untuk beradaptasi dengan tuntutan pasar yang terus berkembang

sambil mempertahankan komitmen terhadap praktik dan keberlanjutan.

Kita dapat mengantisipasi bahwa industri rumput laut akan terus berkembang dengan menghasilkan produk baru yang tidak hanya bermanfaat bagi kesehatan pelanggan tetapi juga membantu menyelesaikan masalah keamanan pangan, perlindungan lingkungan, dan pertumbuhan ekonomi berkelanjutan di seluruh dunia.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Adilah, H., Al-Sharrah, T., Al-Bader, D., Ebel, R., Küpper, F. C., & Kumari, P. (2021). Assessment of Arabian Gulf Seaweeds From Kuwait as Sources of Nutritionally Important Polyunsaturated Fatty Acids (PUFAs). *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods10102442>
- Alghazeer, R., Fatah, H. M. A. El, Azwai, S., Elghmasi, S., Sidati, M., Fituri, A. El, Althaluti, E., Gammoudi, F. T., Yudiat, E., Talouz, N., Shamlan, G., Al-Farga, A., Alansari, W. S., & Eskandani, A. A. (2022). Nutritional and Nonnutritional Content of Underexploited Edible Seaweeds. *Aquaculture Nutrition*. <https://doi.org/10.1155/2022/8422414>
- Arifianti, A. E., Anwar, E., & Nurjanah, N. (2018). Tyrosinase Inhibitor and Antioxidant Activity of Seaweed Powder From Fresh and Dried *Sargassum Plagophyllum*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v20i3.19769>
- Astriani, A., & Nurjanah, N. (2023). Utilization of Brown Seaweed as a Functional Dietary Salt and Source of Antioxidant Activity: A Review. *Jurnal Ilmiah Samudra Akuatika*. <https://doi.org/10.33059/jisa.v7i2.8950>
- Bāliņa, K., Ivanovs, K., Romagnoli, F., & Blumberga, D. (2020a). Comprehensive Literature Review on Valuable Compounds and Extraction Technologies: The Eastern Baltic Sea Seaweeds. *Environmental and Climate Technologies*. <https://doi.org/10.2478/rtect-2020-0065>
- Bāliņa, K., Ivanovs, K., Romagnoli, F., & Blumberga, D. (2020b). Comprehensive Literature Review on Valuable Compounds and Extraction Technologies: The Eastern Baltic Sea Seaweeds. *Environmental and Climate Technologies*. <https://doi.org/10.2478/rtect-2020-0065>
- Barragán, J. A. H., Olivier, G., Boboescu, I. Z., Eppink, M. H. M., Wijffels, R. H., & Kazbar, A. (2022). Enzyme Assisted Extraction for Seaweed Multiproduct Biorefinery: A Techno-Economic Analysis. *Frontiers in Marine Science*. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.948086>

- Birch, D., Skallerud, K., & Paul, N. A. (2019). Who Are the Future Seaweed Consumers in a Western Society? Insights From Australia. *British Food Journal*. <https://doi.org/10.1108/bfj-03-2018-0189>
- Blikra, M. J., Henjum, S., & Aakre, I. (2022). Iodine From Brown Algae in Human Nutrition, With an Emphasis on Bioaccessibility, Bioavailability, Chemistry, and Effects of Processing: A Systematic Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12918>
- Buana, A. S. E., & Ratnaningtyas, S. (2022). The Development of a Biotechnology Product Innovation Strategy for the Medium-Scale Seaweed Industry Company in Indonesia on the Company's Business Growth. *International Journal of Management and Economics Invention*. <https://doi.org/10.47191/ijmei/v8i11.04>
- Circuncisão, A. R., Catarino, M. D., Cardoso, S. M., & Silva, A. M. S. (2018). Minerals From Macroalgae Origin: Health Benefits and Risks for Consumers. *Marine Drugs*. <https://doi.org/10.3390/md16110400>
- Cotas, J., Leandro, A., Monteiro, P., Pacheco, D., Figueirinha, A., Gonçalves, A. M. M., Silva, G., & Pereira, L. (2020). Seaweed Phenolics: From Extraction to Applications. *Marine Drugs*. <https://doi.org/10.3390/md18080384>
- Dulanlebit, Y. H., & Hernani, H. (2023a). Overview of Extraction Methods for Extracting Seaweed and Its Applications. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.3053>
- Dulanlebit, Y. H., & Hernani, H. (2023b). Overview of Extraction Methods for Extracting Seaweed and Its Applications. *Jurnal Penelitian Pendidikan Ipa*. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i2.3053>
- Gomes-Dias, J. S., Romaní, A., Teixeira, J. A., & Rocha, C. M. R. (2020). Valorization of Seaweed Carbohydrates: Autohydrolysis as a Selective and Sustainable Pretreatment. *Acs Sustainable Chemistry & Engineering*. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c05396>
- HASIRI, E. R. Y. M., RAUFUN, L A, & RIZAL, A. (2021). Rancang Bangun Pengering Rumput Laut Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Informatika*. <https://doi.org/10.55340/jiu.v10i2.657>

- Hata, A., Hasegawa, M., Kurosawa, H., Yamanaka, K., Yamano, Y., Endo, Y., Fujitani, N., & Endo, G. (2014). Improving the Efficiency of Organoarsenic Extraction From Seaweeds. *Food Safety*. <https://doi.org/10.14252/foodsafetyfscj.2014037>
- Hidayat, T., Nurjanah, N., Anwar, E., & Nurilmala, M. (2017). Pengembangan Teknologi Tepat Guna (TTG) Rumput Laut Tropika Sebagai Bahan Baku Kosmetik. *Cr Journal (Creative Research for West Java Development)*. <https://doi.org/10.34147/crj.v3i01.46>
- Kartika, K. (2020). Strategi Dan Operasional Pengembangan Agroindustri Berkelanjutan Rumput Laut Di Indonesia. *Edufortech*. <https://doi.org/10.17509/edufortech.v5i1.23921>
- Kovaleva, O., Leshchukov, K., Shalimov, G., Bukhvostov, Y., Minakova, I., & Bukreeva, T. (2024). Production Process of New Generation Energy Gels Based on Brown Seaweed Fucus. *E3s Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202448602015>
- Kumar, L. R. G., Paul, P. T., Anas, K. K., Tejpal, C. S., Chatterjee, N. S., Anupama, T. K., Geethalakshmi, V., Anandan, R., Jayarani, R., & Mathew, S. (2020). Screening of Effective Solvents for Obtaining Antioxidant-rich Seaweed Extracts Using Principal Component Analysis. *Journal of Food Processing and Preservation*. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14716>
- Leandro, A., Pacheco, D., Cotas, J., Marques, J., Pereira, L., & Gonçalves, A. M. M. (2020). Seaweed's Bioactive Candidate Compounds to Food Industry and Global Food Security. *Life*. <https://doi.org/10.3390/life10080140>
- Marques, F., Lopes, D., Costa, E. da, Conde, T., Rego, A., Ribeiro, A. I., Abreu, M. H., & Domingues, R. M. (2021). Seaweed Blends as a Valuable Source of Polyunsaturated and Healthy Fats for Nutritional and Food Applications. *Marine Drugs*. <https://doi.org/10.3390/mdl19120684>
- Matos, G. S. S., Pereira, S., Genisheva, Z., Gomes, A., Teixeira, J. A., & Rocha, C. M. R. (2021). Advances in Extraction Methods to Recover Added-Value Compounds From Seaweeds: Sustainability and Functionality. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods10030516>

- Mayulu, N., Taslim, N. A., Qhabibi, F. R., Kang, S.-J., Moon, M., Choi, J., Choi, M. S., Park, M. N., & Kim, B. (2023). Ulvophyte Green Algae Caulerpa Lentillifera: Metabolites Profile and Antioxidant, Anticancer, Anti-Obesity, and in Vitro Cytotoxicity Properties. *Molecules*. <https://doi.org/10.3390/molecules28031365>
- Mellor, C., Embling, R., Neilson, L., Randall, T., Wakeham, C., Lee, M. D., & Wilkinson, L. L. (2022). Consumer Knowledge and Acceptance of "Algae" as a Protein Alternative: A UK-Based Qualitative Study. *Foods*. <https://doi.org/10.3390/foods11121703>
- Merkel, A., Säwe, F., & Fredriksson, C. (2021). The Seaweed Experience: Exploring the Potential and Value of a Marine Resource. *Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism*. <https://doi.org/10.1080/15022250.2021.1879671>
- Milde, L., Monzón, M. E., Olivera, J. E., Garrido, B., & Fajardo, M. A. (2022). Development and Consumer Acceptance of Gluten-Free Pasta Enriched With Pyropia columbina. Physical, Textural and Nutritional Properties. *Revista Española De Nutrición Humana Y Dietética*. <https://doi.org/10.14306/renhyd.26.s1.1510>
- Nurjanah, N., Abdullah, A., Jacoeb, A. M., Prameswari, D. K., & Seulalae, A. V. (2022). Effect of the Ratio Limnocharis Sp. And Sargassum Sp. On the Characteristics of Seaweed Salt. *Top Conference Series Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1033/1/012050>
- Poole, J., Diop, A., Rainville, L.-C., & Barnabé, S. (2019). Bioextracting Polyphenols From the Brown Seaweed *<math>\rightarrow</math> Ascophyllum Nodosum* From Québec's North Shore Coastline. *Industrial Biotechnology*. <https://doi.org/10.1089/ind.2019.0008>
- Poonia, A., & Mishra, A. K. (2021). Edible Nanocoatings: Potential Food Applications, Challenges and Safety Regulations. *Nutrition & Food Science*. <https://doi.org/10.1108/nfs-07-2021-0222>
- Rimmer, M. A., Larson, S., Lapong, I., Purnomo, A. B., Pong-Masak, P. R., Swanepoel, L., & Paul, N. A. (2021). Seaweed Aquaculture in Indonesia Contributes to Social and Economic Aspects of Livelihoods and Community Wellbeing. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su131910946>
- Rocha, C. P., Pacheco, D., Cotas, J., Marques, J. C., Pereira, L., & Gonçalves, A. M. M. (2021). Seaweeds as Valuable Sources of

- Essential Fatty Acids for Human Nutrition. *International Journal of Environmental Research and Public Health.* <https://doi.org/10.3390/ijerph18094968>
- Saleh, H. (2020). Review on Use of Macro Algae (Seaweed) in Fish Nutrition. *Journal of Zoological Research.* <https://doi.org/10.30564/jzr.v2i2.2054>
- Satmalee, P., Pantoa, T., Saah, S., Paopun, Y., TAMTIN, M., KOSAWATPAT, P., & THONGDANG, B. (2023). Effects of Pretreatment and Drying Methods on Physical Properties and Bioactivity of Sea Lettuce (*Ulva Rigida*). *Food Science and Technology.* <https://doi.org/10.1590/fst.113622>
- Stévant, P., Rebours, C., & Chapman, A. S. (2017). Seaweed Aquaculture in Norway: Recent Industrial Developments and Future Perspectives. *Aquaculture International.* <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0120-7>
- Thiviya, P., Gamage, A., Gama-Arachchige, N. S., Merah, O., & Madhujith, T. (2022). Seaweeds as a Source of Functional Proteins. *Phycology.* <https://doi.org/10.3390/phycology2020012>
- Xavier, J., & Jose, J. M. (2020). Study of Mineral and Nutritional Composition of Some Seaweeds Found Along the Coast of Gulf of Mannar, India. *Plant Science Today.* <https://doi.org/10.14719/pst.2020.7.4.912>
- Xu, J., Liao, W., Liu, Y., Guo, Y., Jiang, S., & Zhao, C. (2023). An Overview on the Nutritional and Bioactive Components of Green Seaweeds. *Food Production Processing and Nutrition.* <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00132-5>



# BAB 6

## PROSES PENGOLAHAN RUMPUT LAUT MENJADI SCR DAN ATCC

Oleh Adrianus O W Kaya

### 6.1 Pendahuluan

Polisakarida yang terkandung dalam rumput laut terdiri atas beberapa jenis yaitu agar, alginat, karaginan, pati, dan selulosa, yang telah banyak dieksplorasi secara komersial dari jenis ganggang/algae laut. Komposisi dan struktur polisakarida sangat bervariasi dan tergantung pada beberapa faktor diantaranya spesies, lokasi budidaya, musim panen, dan kualitas air. Polisakarida yang terkandung dalam jumlah yang banyak dalam alga merah, termasuk didalamnya juga terdapat galaktan bersulfat (karaginan, agar, dan porfirin), polisakarida struktural (selulosa, mannan, dan xilan), dan karbohidrat penyimpanan (pati floridean dan  $\alpha$ -1,4-glukan). Polimer alami yang terbarukan tersebut diatas berasal dari golongan alga merah laut dan diklasifikasikan ke dalam enam bentuk dasar yaitu kappa, iota, lambda, mu, nu, dan theta dimana keenam bentuk dasar ini mempunyai karakteristik yang tergantung pada beberapa faktor seperti sumber bahan baku, tingkat kelarutan, dan kandungan sulfat.

Rumput laut merupakan ganggang/algae yang hidup di laut dan tergolong dalam divisi *thallophyta*, makroalga benthik yang banyak terdapat di laut dan melekat di dasar perairan serta tergolong tumbuhan tingkat rendah karena memiliki akar, batang dan daun semu dan hanya berupa/memiliki thallus. Rumput laut mempunyai banyak jenis yang secara ekonomi dan komersial sudah banyak dikenal dan dimanfaatkan secara luas dalam berbagai bidang seperti pangan, nonpangan dan farmasi. Beberapa jenis yang sudah banyak dikenal dan pemanfaatannya sudah banyak dilakukan untuk pangan, nonpangan maupun farmasi seperti *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma spinosum*, *Gracillaria gigas*, *Gracillaria verrucosa*, *Gilidium* sp., *Hypnea* sp., *Sargassum* sp.

Penggunaan rumput laut lebih banyak dalam bentuk ekstraksi komponen yang terdapat didalamnya seperti kappa, agar dan alginat, sangat bergantung kepada tujuan penggunaan serta produk apa yang akan dihasilkan. Sejumlah besar karaginan yang mengandung sulfat (kappa, iota, dan lambda) ditemukan dalam dinding sel alga merah, dimana karaginan tersebut secara dipergunakan secara luas dan ekonomis dalam berbagai sektor. Karakteristik ketiga jenis karaginan tersebut terdiri dari a) kappa karaginan memiliki karakteristik tekstur gel yang lebih kaku dan keras, b) iota mempunyai kemampuan dalam membentuk gel namun bersifat lembut dan elastis, dan c) lambda tidak mempunyai kemampuan dalam membentuk gel namun cenderung menghasilkan cairan dengan karakteristik yang kental.

*Eucheuma cottonii* atau yang sekarang lebih dikenal dengan *Kappaphycus alvarezi* adalah jenis alga merah (*Rhodophyceae*) dan merupakan salah satu jenis alga yang dikenal sebagai penghasil polisakrida jenis karaginan. Bentuk-bentuk dari karaginan yang banyak digunakan dalam industri meliputi baik pangan, nonpangan, farmasi adalah karaginan murni (RC), karaginan semi murni (SRC), dan *alkali treatment cottonii* (ATC). Proses pengolahan atau produksi ATC memiliki teknologi paling sederhana dibandingkan dengan karaginan murni dan karaginan semi murni dan lebih mudah untuk dikembangkan dimana ATC merupakan produk setengah-jadi dari proses pengolahan karaginan.

Menurut Asosiasi Rumput Laut Indonesia (2022), produksi karaginan di Indonesia sekitar 4000 - 4500 ton, dimana dari jumlah tersebut sekitar 3200 - 3500 ton untuk dieksport dan sisanya dipasarkan di dalam negeri. Ekspor rumput laut Indonesia terhadap kebutuhan rumput laut dunia mencapai 20,74%, dimana 51,71% dieksport ke negara China serta sisanya di eksport ke Negara Philipina (12,28%), Vietnam (7,70%), Chile (4,57%), UK (3,18%), USA (3,29%), Jerman (3,89%), Hongkong (1,46%), Korea (2,96%), Perancis (1,89%), dan negara lainnya (7,19%) dan hanya mampu mensuplai sekitar 18% kebutuhan karaginan pasar dunia. Ekspor produk-produk olahan rumput laut yang memiliki tambang tinggi adalah dalam bentuk beberapa produk seperti *alkali treated cotonii* (ATC), *semirefine carrageenan* (SRC), dan *refine carrageenan* (RC).

Karaginan merupakan ko-polimer bergantian  $\alpha$ -(1-3)-D-galaktosa dan  $\beta$ -(1-4)-3,6-anhidro-D-galaktosa, dan diklasifikasikan sebagai kappa ( $\kappa$ ), iota ( $\iota$ ), dan lambda ( $\lambda$ ) yaitu berdasarkan pada jumlah gugus ester sulfat serta keberadaan 3,6-anhidro-D-galaktosa pada struktur molekulnya. Di antara sekian banyak jenis polisakarida, karaginan sangat menarik perhatian karena dapat diaplikasikan kedalam berbagai industri makanan, farmasi dan kecantikan karena memeliki beberapa fungsi yang sangat penting dan spesifik yaitu sebagai pengental, penstabil, dan perekat dalam pembuatan berbagai jenis produk. Karaginan itu terdiri dari senyawa hidrokoloid yaitu garam ester potassium, sodium, magnesium, dan calcium sulfat dengan berat molekul yang besar yang terdiri dari lebih dari 1.000 residu galaktosa.

## 6.2 *Semi Refined Carrageenan (SRC)*

Karaginan adalah salah satu polisakarida linier tersulfasi dari D-galaktosa dan 3, 6-anhidro-D galaktosa yang dapat diekstraksi dari jenis alga merah. Karaginan dapat diekstrasi melalui dua cara yaitu a). menggunakan air panas, b). menggunakan larutan dengan suasana alkali. Karaginan sebagian besar diekstraksi dari ketiga jenis rumput laut yang memiliki nilai ekonomis yaitu *Kappaphycus alvarezii* , *Eucheuma denticulatum*, dan *Chondrus crispus*.

Karaginan pada umumnya diperdagangkan dalam dua bentuk yaitu karaginan murni (RC) dan karaginan semi murni (SRC). Perbedaan dari kedua jenis karaginan ini terdapat pada adanya kandungan komponen selulosa dimana pada karaginan dalam bentuk murni tidak mengandung komponen selulosa sedangkan karaginan dalam bentuk semi murni masih mengandung selulosa. Hal tersebut dikarenakan pada karaginan dalam bentuk murni sudah melalui tahapan proses pemurnian pada proses produksinya sehingga kandungan komponen selulosanya sudah dihilangkan. Karakteristik karaginan yang dihasilkan baik dalam bentuk murni ataupun semi murni dipengaruhi oleh beberapa faktor penting diantaranya waktu/lamanya ekstraksi, rasio air pengekstrak, konsentrasi alkali, jenis alkali dan suhu ekstraksi.

Karaginan selain banyak digunakan dalam industri pangan tetapi juga banyak digunakan dalam industri farmasi sebagai pengemulsi, granulasi dan pengikat yaitu sebagai contoh tablet, elexier dan sirup. Selain industri farmasi karaginan digunakan juga dalam industri kosmetika karena mempunyai kemampuan spesifik yaitu berfungsi sebagai stabiliser, suspensi, dan pelarut dalam pembuatan beberapa produk seperti salep, kream, lotion, pasta gigi, tonic rambut, stabilizer sabun, minyak pelindung sinar matahari. Selain daripada itu karaginan juga banyak dimanfaatkan dalam industri lainnya seperti penyamikan kulit, pembuatan kertas, produk tekstil, karena karaginan memiliki sifat pengembang, pembentuk gel dan penstabil yang sangat baik, meningkatkan tekstur produk, pembuatan produk pangan yang rendah lemak karena mempunyai kemampuan sebagai pengikat dan stabilisator.

Proses produksi karaginan semi murni merupakan suatu proses yang sangat mudah melalui metode ekstraksi alkali yang relatif sederhana karena tidak melibatkan ekstraksi karaginan dari matriks rumput laut, karena proses ekstraksi proses menggunakan larutan kalium hidroksida air pada suhu sekitar 85°C selama 2 jam untuk melarutkan dan menghilangkan senyawa yang larut selain karaginan, seperti garam, gula larut, dan protein larut.

Aplikasi karaginan dalam bentuk *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni lebih banyak berasal dari rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* atau *Kappaphycus alvarezii*, sekalipun ada juga beberapa jenis rumput laut lainnya yang secara komersial digunakan juga untuk memproduksi atau menghasilkan *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni. Produk *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni itu sendiri terdiri dari dua bentuk yaitu chip dan tepung (*flour*). Proses produksi kedua jenis *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dapat disajikan sebagai berikut:

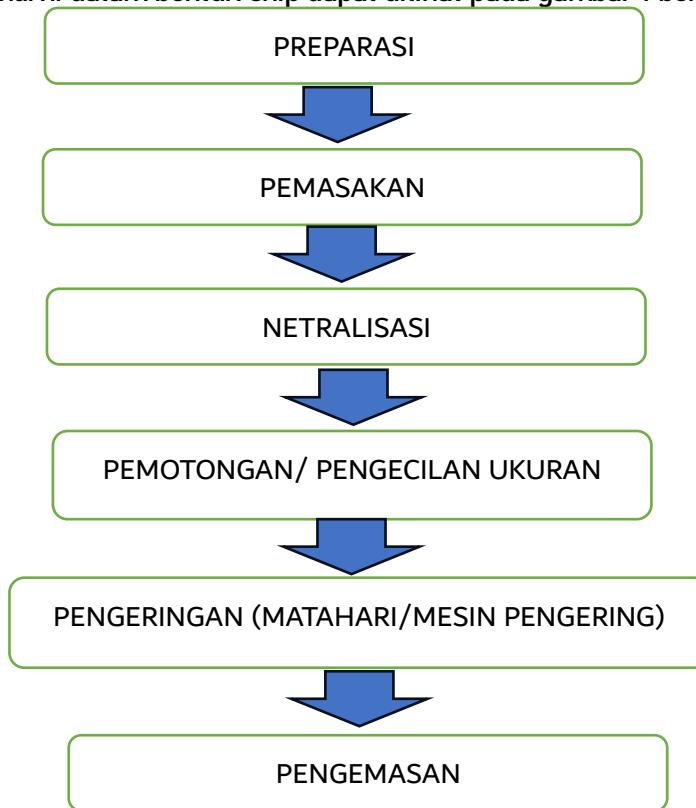
## 6.2.1 Produksi *Semirefine Carrageenan* atau Karaginan Semi Murni Dalam Bentuk Chip.

Proses produksi/pembuatan *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk chip biasanya dilakukan dengan menggunakan proses perlakuan alkali dalam kondisi panas (alkali *treatment/alkali modification*). Tahapan produksi/pembuatan

*semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk chip adalah sebagai berikut:

1. Preparasi bahan baku: rumput laut kering dicuci bersih untuk menghilangkan kotoran dan benda asing yang masih terdapat atau menempel pada rumput laut kemudian ditiriskan.
2. Tahapan selanjutnya dilakukan proses pemasakan dengan alkali (KOH/NaOH) panas pada suhu 85°C selama 2-3 jam sambil diaduk
3. Setelah proses pemasakan dengan alkali selesai, tahapan selanjutnya adalah melakukan proses netralisasi dengan cara pencucian rumput laut dengan air tawar yang mengalir sampai pH netral.
4. Setelah proses pencucian selesai, tahapan berikutnya adalah pemotongan/ pengecilan ukuran rumput laut menjadi ukuran 2-4 cm
5. Tahapan selanjutnya adalah proses pengeringan dibawah sinar matahari selama 1-2 hari atau dapat juga menggunakan mesin pengering disesuaikan dengan kondisi.
6. Hasil pengeringan kemudian dikemas dalam kantong plastik atau karton.

Prosedur pembuatan *semirefined carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk chip dapat dilihat pada gambar 1 berikut ini.



Gambar 6.1. Prosedur Pembuatan SRC Chip

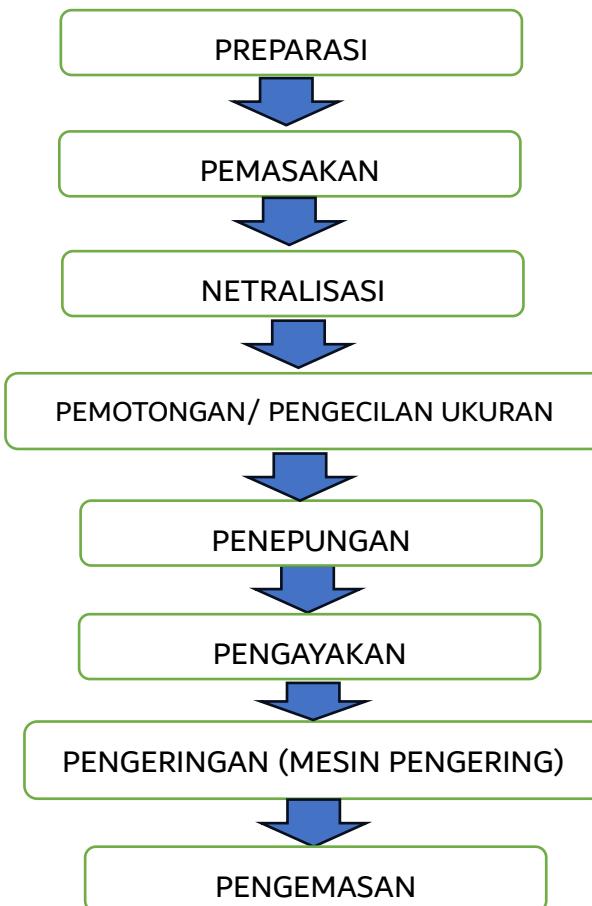
### 6.2.2 Produksi *Semirefine Carrageenan* atau Karaginan Semi Murni Dalam Bentuk Tepung (*Flour*)

Proses produksi/pembuatan *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk tepung (*flour*) adalah merupakan tahapan selanjutnya dari proses produksi/pembuatan *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk chip, dimana hasil produksi tersebut dihaluskan sampai menjadi tepung kemudian diayak menggunakan ayakan berukuran 40-60 mesh atau disesuaikan dengan kebutuhan, jenis produk dan permintaan pasar.

Terdapat beberapa hal penting yang harus diperhatikan dalam memproduksi/membuat *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk tepung (*flour*) yaitu:

1. Produksi/pembuatan *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk tepung (*flour*) dapat digunakan dalam industri pangan maupun nonpangan.
2. Proses pemasakan dengan alkali panas/ perlakuan alkali panas baik konsentrasi pelarut (KOH/NaOH) maupun lamanya proses pemasakan (waktu) akan sangat menentukan apakah *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk *flour* yang dihasilkan dapat diaplikasikan/dipergunakan dalam industri pangan maupun nonpangan (*Food grade/ Nonfood grade*).
3. Untuk memperoleh *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk tepung (*flour*) yang telah memenuhi persyaratan sebagai *food grade* maka ada satu faktor penting yang harus diperhatikan yaituh proses pengeringan dimana proses pengeringan tersebut harus menggunakan mesin pengering dengan tujuan agar dapat mencegah *semirefine carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk tepung (*flour*) yang dihasilkan tidak terkontaminasi oleh mikroba.

Prosedur pembuatan *semirefined carrageenan* atau karaginan semi murni dalam bentuk tepung dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini.



Gambar 6.2. Prosedur Pembuatan SRC Flour/Tepung

### 6.3 Alkaly Threat Cottonii Chip (ATCC)

*Alkali Treated Cottonii (ATC)* merupakan hasil ekstraksi dari rumput laut jenis *K. alvarezii* atau *Eucheuma cottonii* dengan menggunakan proses perlakuan basa (alkalinisasi), proses ini dimaksudkan untuk menghilangkan beberapa gugus sulfat dan meningkatkan kekuatan gel. Pembuatan ATC dapat dilakukan dengan metode konvensional, *microwave*, dan ultrasonik. Kualitas ATC yang dihasilkan melalui metode tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi pelarut (KOH/NaOH) yang digunakan, suhu dan waktu pemasakan.

ATC Chip diekstrak dari rumput laut jenis *K. Alvarezii* atau *Eucheuma cottonii*, yang digunakan sebagai bahan baku untuk produk karaginan murni, serta sebagai pengikat dan emulsifier dalam industri pakan ternak. Untuk menghasilkan karaginan setengah murni, bahan baku yang banyak digunakan adalah rumput laut jenis *K. Alvarezii* atau *Eucheuma cottonii* dengan metode yang dikenal sebagai *Alkali Treated Cottonii* (ATC). ATC sendiri merupakan proses pengawetan rumput laut sebagai bahan baku utama karaginan menggunakan larutan alkali dingin atau panas. Produk ini berbentuk chip atau bubuk dengan nilai tambah yang memadai.

ATC digunakan sebagai bahan baku untuk menghasilkan karaginan khususnya karaginan dalam bentuk murni, dimana karaginan yang dihasilkan tersebut banyak diaplikasikan sesuai dengan fungsinya sebagai bahan pengikat dan stabilizer dalam industri pakan ternak untuk pasardi benua Eropa, Amerika, dan Pasifik Asia. Untuk mengelola produksi optimal ATC Chip, sangat penting untuk menyesuaikan konsentrasi pelarut (KOH/NaOH) dan variabel waktu untuk memenuhi kualifikasi ATC Chip untuk dipasarkan baik untuk pasar nasional maupun internasional. ATC Chips merupakan produk antara yang berfungsi sebagai bahan baku untuk produk karaginan murni, oleh karena itu kualitas akhir ATC Chip harus tetap mengacu pada standar karaginan yang ditetapkan.

### 6.3.1 Proses Pembuatan ATCC

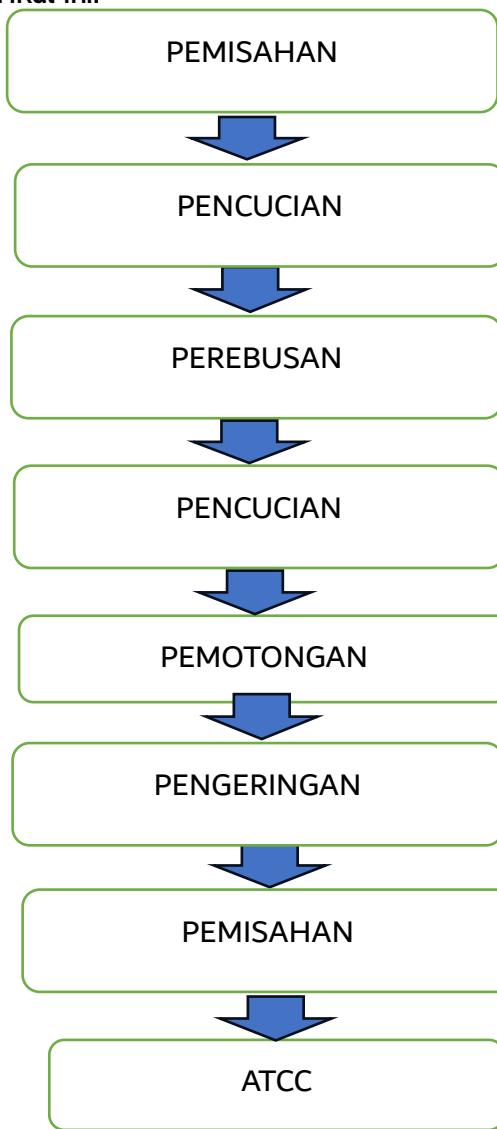
Proses produksi atau pengolahan rumput laut menjadi ATC pada dasarnya melibatkan prosedur pengolahan yang sederhana, yaitu meliputi proses perebusan dalam larutan alkali pada suhu 80-85°C selama 3 jam, dilanjutkan dengan proses netralisasi berkali-kali dengan tujuan untuk membersihkan larutan alkali dengan menggunakan air. Rumput laut kemudian dipotong atau dilakukan pengecilan ukuran dan dikeringkan untuk mendapatkan ATC dalam bentuk serpihan/potongan kecil. Tujuan dari proses perebusan dalam larutan alkali adalah untuk meningkatkan titik leleh karaginan yang dihasilkan di atas suhu perebusannya dengan maksud untuk mencegah rumput laut berubah menjadi pasta, dan juga untuk meningkatkan kekuatan dari gel karaginan yang dihasilkan.

Secara umum karaginan yang dihasilkan dari proses produksi ATC Chip memiliki banyak sekali manfaat/fungsi serta proses pengaplikasian dalam berbagai industri seperti pangan, nonpangan, farmasi, dan kosmetik. Proses ekstraksi karaginan dari rumput laut dengan penambahan alkali terbukti meningkatkan karakteristik mekanik dari gel. Reaksi penambahan alkali ini disebut sebagai siklisasi atau desulfatasasi yaitu suatu reaksi yang signifikan dan digunakan secara komersial untuk meningkatkan sifat gel apabila diaplikasikan dalam pembuatan produk pangan, nonpangan, farmasi maupun kosmetika.

Secara umum prosedur pembuatan/produksi ATC Chip dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Pemisahan : proses ini merupakan tahapan awal pembuatan ATTC Chip dengan tujuan untuk melakukan pemisahan rumput laut berdasarkan jenis yang sesuai sebagai bahan baku dalam memproduksi/membuat ATC Chip
2. Pencucian : pencucian yang dilakukan secara manual untuk membersihkan rumput laut dari benda asing dan kotoran lainnya yang masih menempel.
3. Perebusan dengan pelarut (KOH/NaOH) pada suhu 850C dan dilakukan pada tekanan 1 atm dengan konsentrasi pelarut (KOH/NaOH) optimal dan waktu optimal untuk menghasilkan ATC Chips yang memenuhi persyaratan untuk food grade dan perdagangan.
4. Pencucian ; Proses pencucian perlu dilakukan untuk mendapatkan ATC Chips yang netral setelah proses pememasakan dengan menggunakan larutan alkali (KOH/NaOH).
5. Pemotongan : Pemotongan dilakukan dengan mesin pemotong untuk mendapatkan ukuran ATC Chip yang sesuai dengan standar spesifikasi dan ukuran yang seragam.
6. Pengeringan : Pengeringan dilakukan untuk mendapatkan ATC Chip yang memiliki nilai kadar air yang sesuai dengan standar yang ditetapkan atau untuk dipasarkan.
7. Pemisahan : Pemisahan dilakukan untuk mendapatkan ATC Chip dalam ukuran yang seragam dan sesuai standar.

Prosedur Pembuatan ATC Chip (ATCC) dapat dilihat pada gambar 6.3 berikut ini.



Gambar 6.3. Prosedur Pembuatan ATC Chip (ATCC)

## DAFTAR PUSTAKA

- Ale, M.T.; Mikkelsen, J.D.; Meyer, A.S. 2011. Important Determinants for Fucoidan Bioactivity: A Critical Review of Structure-Function Relations and Extraction Methods for Fucose-Containing Sulfated Polysaccharides from Brown Seaweeds. *Mar. Drugs*, 9, 2106–2130
- Amir, A., Wiraningtyas, A., Ruslan, R., dan Annafi, N. 2016. Perbandingan Metode Ekstraksi Natrium Alginat: Metode Konvensional dan Microwave Assisted Extraction (MAE). *Chempublish Journal*, 1(2), 7-13.
- Anggadireja, JT dan Tim BPPT, 2011, Kajian Strategi Pengembangan Industri Rumput Laut dan Pemanfaatannya Secara Berkelanjutan. BPPT, ASPPERLI, ISS, Jakarta.
- [ARLI] Asosiasi Rumput Laut Indonesia. 2022. Ekspor Rumput Laut Indonesia. [www.arli.or.id](http://www.arli.or.id) ( April 2024).
- Balqis A.M., Nor Khairuza M.A.R., Russly, A.R. Nur Hanani, Z.A, 2017. Effect of Plasticizer on The Physicochemical Properties of Kappa-carrageenan Films Extracted from Eucheuma cottonii. International Journal of Biological Macromolecules. 103: 721-732
- Beaumont, M.; Tran, R.; Vera, G.; Niedrist, D.; Rousset, A.; Pierre, R.; Shastri, V.P.; Forget, A. 2021. Hydrogel-Forming Algae Polysaccharides: From Seaweed to Biomedical Applications. *Biomacromolecules*, 22 : 1027-1052
- BeMiller, J. N. 2001. "13 - Carrageenans," in Carbohydrate Chemistry for Food Scientists. 3rd Edn. ed. J. N. BeMiller (United Kingdom: AACCI International Press), 279–291
- Campo, V.L., Kawano,D.F., Silva Júnior, D.B., Ivone Carvalho, I., 2009, "Carrageenans: Biological Properties, Chemical Modifications and Structural Analysis", *Carbohydrate Polymers*, 77, 167-180.
- Ciancia, M., Noseda, M.D., Matulewicz, M.C., and Cerezo, A.S., 1993, "Alkali-modification of Carrageenans: Mechanism and Kinetics in the kappa/ iota-, mu/nu- and lambda-series", *Carbohydrate Polymers* 20, 95-98.

- Cunha, L.; Grenha, A. 2016. Sulfated Seaweed Polysaccharides as Multifunctional Materials in Drug Delivery Applications. *Mar. Drugs*, 14, 42.
- Ega, L., Lopulalan, C. G. C., dan Meiyasa, F. 2016. Kajian Mutu Karaginan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Berdasarkan Sifat Fisiko-kimia Pada Tingkat Konsentrasi Kalium hidroksida (KOH) Yang Berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5 (2).
- Fateha., Wibowo, S., Santoso J. , Agusman., and Uju. 2019. Optimization of Processing Conditions of Alkali Treated Cottonii (ATC) from Sap-free *Eucheuma cottonii*. *Squalen Bull. of Mar. and Fish. Postharvest and Biotech.* 14(2) : 65-72.
- Fauziah M.R., Hakim Ar., Triastuti J.R.R. 2024. Pengaruh Konsentrasi KOH Pada Proses Ekstraksi Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Terhadap Sifat *Alkali Treated Cotonii* (ATC). *Jurnal Perikanan Pantura* (JPP) 7(1): 459-463. E-ISSN : 2615-2371.
- Freile-Pelegrin Y., and Daniel Robledo, D., 2007, Carrageenan of *Eucheuma isiforme* (Solieriaceae, Rhodophyta) from Nicaragua, *J Appl Phycol* 20 (5) :537 DOI:[10.1007/s10811-007-9270-8](https://doi.org/10.1007/s10811-007-9270-8)
- Hendrawati TY and Purnawan I. 2015. Alkalynated Treated Cottonii (ATC) Chips from *Eucheuma cottonii*, South Sulawesi, Indonesia. The 22<sup>nd</sup> Regional Symposium on Chemical Engineering: RSCE 2015 “Embracing the Opening of AEC Incorporating with Education, Research, and Industries in Chemical Engineering” Bangkok, Thailand, September 24-25, 2015.
- Heriyanto, H., Kustiningsih, I., and Sari, D. K. 2018. The Effect of Temperature and Time of Extraction on The Quality of Semi refined Carrageenan (SRC). MATEC Web of Conf. 154:01034. doi: [10.1051/matecconf/201815401034](https://doi.org/10.1051/matecconf/201815401034).
- Hoffmann, RA, Gidley, M.J.,David Cooke, D., and Frith, W.J. 1985,"Effect of Isolation Procedurs on The Molecular Composition and Physical Properties of *Eucheuma cottonii* Caragenan", *Food Hydrocolloids*, 9 (4) : 281-289.
- Kidgell, J.T.; Magnusson, M.; de Nys, R.; Glasson, C.R.K. 2019. Ulvan: A Systematic Review of Extraction, Composition and Function. *Algal Res.* 39, 101422.

- Kumar, Y. N., Poong, S.-W., Gachon, C., Brodie, J., Sade, A., and Lim, P.-E. 2020. Impact of elevated temperature on the physiological and biochemical responses of *Kappaphycus alvarezi* (*Rhodophyta*). *PLoS One* 15:e0239097. doi: 10.1371/journal.pone.0239097
- Miao, H.; Ishai-Michaeli, R.; Peretz, T.; Vlodavsky, I. 1995. Laminarin Sulfate Mimics the Effects of Heparin on Smooth Muscle Cell Proliferation and Basic Fibroblast Growth Factor-receptor Binding and Mitogenic Activity. *J. Cell. Physiol.* 164, 482–490.
- Moses, J., Anandhakumar, and Shanmugam, M. (2015). Effect of alkaline treatment on the sulfate content and quality of semi-refined carrageenan prepared from seaweed *Kappaphycus alvarezii* Doty (Doty) farmed in Indian water. *Journal Biotechnology*, 13 (18):1584- 1589.
- Ninghidayati, S., Nurlaili, A. R., Gunardi, A., and Roesyadi, A. 2017. Production of Carrageenan from Seaweed (*Eucheuma cottonii*) with KOH Treatment. Chemical Reaction Engineering Laboratory. Sepuluh Nopember Institute of Technology, Sukolilo, Surabaya. *Journal Publish American Institute of Physics*.
- Nurmiah, S., Syarief, R., Sukarno., Peranginangin, R., dan Nurtama, B. 2013. Aplikasi response surface methodology pada optimalisasi kondisi proses pengolahan *Alkali Treated Cottonii* (ATC). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 8 (1): 9-22.
- Sasaki, Y., and Yoshikuni, Y. 2022. Metabolic Engineering for Valorization of Macroalgae Biomass. *Metab. Eng.* 71, 42–61. doi: 10.1016/j.ymben.2022.01.005
- Sperisa Distantina, Wiratni, Moh. Fahrurrozi and Rochmadi, 2011, "Carrageenan Properties Extracted from *Eucheuma cottonii*, Indonesia", *World Academy of Science, Engineering and Technologi*, 78, 738-742.
- Stiger-Pouvreau, V., Bourgougnon, N., and Deslandes, E. 2016. "Chapter 8 – Carbohydrates from Seaweeds," in *Seaweed in Health and Disease Prevention*. eds. J. Fleurence and I. Levine (United States: Academic Press), 223–274.

- Tsubaki, S.; Oono, K; Hiraoka, M.; Onda, A.; Mitani, T. 2016. Microwave-Assisted Hydrothermal Extraction of Sulfated Polysaccharides from *Ulva* spp. and *Monostroma latissimum*. *Food Chem.* 210, 311–316.
- Van de Velde, F., Knutzen, S.H., Usov, A.I., Romella, H.S., and Cerezo, A.S., 2002, “ IH and 13 C High Resolution NMR Spectroscopy of Carrageenans: Application in Research and Industry”, *Trend in Food Science and Technology*, 13, 73-92.
- Viana, A.G., Noseda, M.D., Duarte, M.E.R., and Cerezo, A.S., 2004, “Alkali Modification of Carrageenans. Part V. The Iota-nu Hybrid Carrageenan from *Euchema denticulatum* and its Cyclization to iota-carrageenan”, *Carbohydrate Polymers*, 58, 455-460.



## BAB 7

# KOMPONEN-KOMPONEN NUTRISI DALAM RUMPUT LAUT DAN FUNGSINYA BAGI KESEHATAN

Oleh Dheasy Herawati

## 7.1 Pendahuluan

Rumput laut, juga dikenal sebagai ganggang laut yang secara taksonomi diklasifikasikan dalam empat kelompok yaitu: rumput laut merah (*rhodophyta*), rumput laut coklat (*phaeophyta*), rumput laut hijau (*chlorophyta*), dan rumput laut biru-hijau (*cyanophyta*). Rumput laut telah lama diakui sebagai salah satu sumber nutrisi alami yang kaya akan berbagai zat penting bagi kesehatan manusia. Dengan kandungan yang melimpah dan beragam, rumput laut tidak hanya menjadi bagian integral dari diet di berbagai budaya, tetapi juga telah menarik minat sebagai bahan pangan fungsional yang menjanjikan. Hidrokoloid seperti alginate, karaginan dan agar masih merupakan komponen yang paling umum digunakan karena sifat pembentuk gelnya dalam makanan, aplikasi farmasi dan bioteknologi. Rumput laut juga telah dieksplorasi untuk produksi biodiesel dalam rangka mengembangkan alternatif bahan bakar ramah lingkungan.

Dalam tiga dekade terakhir, minat terhadap rumput laut semakin meningkat sebagai nutraceutical atau pangan fungsional yang memberikan manfaat pangan melebihi kandungan makronutriennya. Rumput laut kaya akan asam amino, asam lemak, serat makanan, polisakarida, polifenol, pigmen, dan zat aktif lainnya yang memiliki peran penting dalam berbagai proses biologis seperti aktivitas antioksidan, antikanker, antibakteri, antivirus, imunoregulasi dan respon anti-inflamasi. Dalam beberapa tahun terakhir, tren 'back to nature' dan menikmati makanan hijau menjadi tren yang tak terhindarkan sehingga mengakibatkan perhatian yang besar terhadap sumber daya laut dengan mempercepat eksplorasi dan pemanfaatan

rumput laut untuk nilai ekonomis yang lebih besar. Studi pola makan global menemukan bahwa negara-negara yang mengonsumsi rumput laut secara rutin memiliki tingkat obesitas dan penyakit terkait pola makan yang jauh lebih sedikit.

Bab ini akan mengeksplorasi berbagai komponen nutrisi yang ada dalam rumput laut dan peran pentingnya dalam mempromosikan kesehatan manusia.

## 7.2 Nutrisi Rumput Laut

Memperoleh kesehatan mental dan fisik yang baik melalui nutrisi optimal adalah kunci kesehatan manusia. Nutrisi dalam makanan sehari-hari kita atau yang disintesis dalam tubuh manusia menggunakan molekul prekusor. Nutrisi memainkan peran penting dalam mengatur fungsi tubuh, penting untuk pertumbuhan dan perkembangan normal. Karbohidrat, protein, lipid dan vitamin disediakan untuk tubuh manusia melalui sumber makanan yang berbeda. Seperti kebanyakan tanaman darat, rumput laut juga merupakan sumber yang kaya unsur gizi diatas. Dibandingkan dengan sayuran pada umumnya, tingkat serat yang tinggi, mineral, asam lemak omega 3, dan konsentrasi moderat lipid dan protein yang tersedia di sebagian besar rumput laut merupakan sumber makanan penting bagi nutrisi manusia. Jumlah nutrisi yang terdapat pada rumput laut dapat bervariasi tergantung pada varietas, musim dan area produksi.

### 1. Karbohidrat

Rumput laut kaya akan karbohidrat, terutama dalam bentuk polisakarida seperti fucoidan, karaginan dan alginat. Kandungan karbohidrat berkisar antara 4% - 76% dari berat keringnya tergantung jenis spesiesnya. Karbohidrat berfungsi sebagai sumber serat makanan yang sangat baik, meningkatkan kesehatan pencernaan dengan membantu keteraturan usus dan mengurangi resiko sembelit. Selain itu, karbohidrat yang berasal dari rumput laut telah terbukti membantu mengatur kadar gula darah, sehingga sangat bermanfaat bagi penderita Diabetes Melitus. Meskipun kandungan karbohidrat dalam rumput laut cukup tinggi, akan tetapi sebagian besar tersusun dari serat

pangan yang tidak diabsorbsi oleh tubuh. Oleh, karena itu rumput laut bukanlah sumber karbohidrat yang baik dalam hal bioavailabilitas karena tingginya proporsi serat pangan larut antara 55-70%.

## 2. Protein

Kandungan protein rumput laut berkisar antara 5%-47% dari berat kering rumput laut. Rumput laut merah memiliki kandungan protein tertinggi, selanjutnya rumput laut hijau dan rumput laut cokelat yang paling sedikit. Seperti halnya komponen nutrisi rumput laut lainnya, kandungan protein, peptida, dan asam amino dipengaruhi oleh berbagai faktor, terutama variasi musim. Misalnya, rumput laut cokelat *Saccharina* dan *Laminaria* menunjukkan kandungan protein maksimum selama bulan Februari hingga Mei. Variasi serupa juga ditemukan pada spesies rumput laut merah, dimana kandungan protein maksimum terdapat pada musim panas dan terjadi penurunan yang cukup besar pada musim dingin. Secara umum, protein rumput laut kaya akan glisin, arginin, alanin, asam glutamat, dan mengandung semua asam amino esensial yang tingkatannya sebanding dengan persyaratan protein makanan menurut FAO dan WHO. Namun, bila dibandingkan dengan sumber makanan kaya protein lainnya, rumput laut mengandung jumlah lisin dan sistein yang lebih rendah. Berdasarkan level protein dan komposisi asam amino pada rumput laut, nilai asam amino dan indeks asam amino esensial rumput laut merah lebih tinggi jika dibandingkan dengan rumput laut cokelat dan rumput laut hijau. Dari total asam amino dalam rumput laut, sekitar 42% hingga 48% adalah asam amino esensial. Meskipun kadar protein dalam rumput laut bervariasi antar spesies, rumput laut tetap menjadi sumber protein yang bernilai tinggi. Protein dalam rumput laut mengandung asam amino esensial yang penting untuk pembentukan jaringan tubuh, termasuk otot, kulit, dan rambut. Selain itu, protein tersebut juga mendukung sistem kekebalan tubuh, membantu proses penyembuhan luka, dan berperan dalam sintesis enzim dan hormon. Asam amino lain yang terdapat pada rumput laut adalah taurine, laminin, kainoids, asam kainat dan domoat, dan beberapa

asam amino tipe mikosporin. Taurin pada manusia berpartisipasi dalam banyak proses fisiologis seperti imunomodulasi, stabilisasi membran, perkembangan mata dan sistem saraf. Selain itu, asam kainat dan domoat terlibat dalam regulasi proses neurofisiologis. Di sisi lain, beberapa penelitian menunjukkan bahwa fikobiliprotein yang diekstrak dari rumput laut merah (*phycoerythrin*) dapat bermanfaat dalam pencegahan atau pengobatan penyakit neurodegenerative yang disebabkan oleh stress oksidatif (Alzheimer dan Parkinson) karena efek antioksidannya. Lektin yang ditemukan di *Bryothamnion* spp. (*Rhodophyta*) menunjukkan efek penghambatan terhadap pertumbuhan strain *Streptococcus* spp., oleh karena itu mereka dapat digunakan sebagai senyawa bakterisida. Diantara peptida yang ditemukan dalam rumput laut, terdapat 2-20 asam amino yang berlimpah. Mereka bisa linier, siklik, depsipeptida, atau peptide dengan satu atau lebih banyak ikatan amida digantikan oleh ikatan ester-kahalalida, dipeptida (karnosin, almazol D), tripeptida (glutathione), pentapeptida (galaksimida), heksapeptida, oligopeptida dan pikobiliprotein. Peptide yang diisolasi ini dicirikan oleh aktivitas antioksidan, antitumor, antivirus, antimikroba, antihipertensi, antikoagulan dan imunostimulator. Secara khusus, kahalalida P dan Q yang terdapat dalam ganggang hijau mempunyai aksi sitotoksik pada garis sel HL-60, sedangkan kahalalida F yang diisolasi dari *Bryopsis* spp. (*Chlorophyta*) dapat mengurangi kepadatan sel tumor prostat non-metastatik. Asam amino yang paling melimpah adalah lektin, fikobiliprotein, aglutinin dan glikoprotein.

### 3. Lipid

Rumput laut dikenal sebagai makanan rendah energi karena kandungan lemaknya yang rendah dibandingkan dengan kandungan karbohidrat dan proteinnya. Lemak merupakan nutrisi dasar dan berperan penting dalam menjaga Kesehatan manusia, menjadi precursor dari beberapa biosintetik molekul pensinyalan seperti eicosanoid dan merupakan regulator biologis dari banyak proses seluler. Rumput laut memiliki kandungan lemak yang sangat sedikit, berkisar antara 1% hingga 5% dari bahan kering.

Lemak netral dan glikolipid adalah jenis lemak utama di semua jenis rumput laut, dan proporsi asam lemak esensial dalam rumput laut lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanaman darat. Rumput laut mensintesis asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) dalam jumlah yang tinggi ketika musim dingin, dan kandungan lipid total meningkat selama musim panas. Namun, kandungan dan komposisi lemaknya bisa sangat bervariasi tergantung dari jenis rumput lautnya.

PUFA dalam rumput laut mengandung sejumlah besar asam lemak omega 3 sebagai komponen utama. Asam Eicosapentaenoat (EPA) dan asam docohexaenoat (DHA) adalah dua asam lemak penting yang berasal dari rumput laut dan termasuk dalam asam lemak omega 3, yang sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh manusia. Asam  $\alpha$ -linolenat adalah precursor EPA dan DHA dan tidak disintesis pada mamalia. Namun, asam  $\alpha$ -linolenat dapat diubah menjadi EPA dan DHA setelah dikonsumsi oleh manusia. PUFA utama di sebagian besar rumput laut adalah EPA dan kandungannya bisa mendekati 30% dari total kandungan asam lemak. Meskipun rumput laut merah kaya akan EPA dan asam lemak omega 6 seperti asam arakidonat, secara keseluruhan, semua rumput laut adalah sumber asam omega 3 dan omega 6 yang seimbang. Oleh karena itu, rumput laut merupakan sumber PUFA yang dapat meningkatkan kesehatan dibandingkan dengan makanan lain yang berasal dari sumber tumbuhan dan hewan. Pada Tabel 1 terangkum kandungan protein, lemak dan kadar abu pada beberapa jenis rumput laut.

**Tabel 7.1. Kandungan protein, lemak dan kadar abu rumput laut (g/100g berat kering)**

Rumput laut	Protein	Lemak	Abu
<b>Rumput Laut Hijau/Chlorophyta</b>			
<i>Caulerpa lentilifera</i>	9,26 ± 0,03	1,57 ± 0,02	22,2 ± 0,27
<i>Ulva clathrata</i>	27,2 ± 1,1	2,2 ± 0,1	27,5 ± 0,2
<i>Ulva lactuca</i>	8,46 ± 0,01	7,87 ± 0,10	19,59 ± 0,51
<b>Rumput Laut Merah/Rhodophyta</b>			
<i>Chondrus crispus</i>	27,2 ± 1,4	2,0 ± 0,1	21,1 ± 0,1

Rumput laut	Protein	Lemak	Abu
<i>Garatelloquia turuturu</i>	22,9 ± 2,0	2,6 ± 0,1	18,5 ± 0,6
<i>Jania rubens</i>	11,28 ± 0,10	2,05 ± 0,09	44,03 ± 0,45
<i>Porphyra/Pyropia</i> spp.	26,6 ± 6,3	2,1 ± 1,2	20,6 ± 0,2
<i>Pterocladia capillacea</i>	20,67 ± 0,03	2,19 ± 0,09	17,50 ± 0,28
<b>Rumput Laut Cokelat/Phaeophyceae</b>			
<i>Ascophyllum nodosum</i>	8,70 ± 0,07	3,62 ± 0,17	30,89 ± 0,06
<i>Bifurcaria bifurcate</i>	8,92 ± 0,09	6,54 ± 0,27	31,86 ± 0,41
<i>Durvillea antarctica</i>	11,6 ± 0,9	4,3 ± 0,6	25,7 ± 2,5
<i>Fucus vesiculosus</i>	12,99 ± 0,04	3,75 ± 0,20	20,71 ± 0,04
<i>Laminaria</i> spp.	6,3 ± 3,8	1,0 ± 0,3	37,6 ± 0,4
<i>Saccharina latissimi</i>	25,70 ± 0,11	0,79 ± 0,07	34,78 ± 0,08
<i>Sargassum fusiforme</i>	10,9 ± 1,0	1,4 ± 0,1	-
<i>Undaria pinnatifida</i>	18,9 ± 9,8	4,5 ± 0,7	39,3 ± 0,2

Jumlah fosfolipid dalam rumput laut adalah sekitar 4 - 10% dari total lipid. Fosfolipid dalam makanan bertindak sebagai pengemulsi, memudahkan pencernaan dan penyerapan asam lemak sehingga dapat meningkatkan nilai gizi makanan. Lipid rumput laut telah dilaporkan sebagai nutrasetikal yang tinggi sehingga berpotensi digunakan dalam produksi makanan rendah lemak dan produk makanan yang diperkaya dengan PUFA omega 3. Selain itu, rumput laut mengandung beberapa asam lemak esensial yang dapat meningkatkan efikasinya sebagai bagian dari diet yang seimbang.

#### 4. Vitamin

Vitamin adalah mikronutrien organik penting yang tidak dapat disintesis oleh tubuh manusia dan harus diperoleh dari makanan. Beberapa rumput laut mempunyai kandungan vitamin 10 hingga 100 kali lebih banyak per unit massa keringnya dibandingkan tanaman darat atau makanan hewani. Vitamin yang larut dalam air pada rumput laut seperti vitamin B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub> dan C maupun yang larut dalam lemak seperti vitamin A, D, E dan K dengan kandungan yang bervariasi antar spesies. Vitamin A berfungsi untuk mendukung penglihatan dan fungsi kekebalan tubuh, sementara vitamin C bertindak sebagai antioksidan kuat,

melindungi sel dari kerusakan oksidatif. Vitamin E dikenal karena sifat antioksidannya yang melindungi sel-sel dari peradangan dan stress oksidatif, sementara vitamin B kompleks penting untuk metabolism energi dan fungsi saraf yang optimal. Rumput laut cokelat, *Undaria pinnatifida* mengandung 14,5 mg/100 g vitamin E lebih tinggi daripada kandungan vitamin E (10 mg/100 g) dalam kacang tanah. Penelitian terhadap rumput laut dari perairan Eropa Utara menemukan bahwa kandungan total tokoferol (Vitamin E) berkisar antara 1,6 hingga 122 mg/kg pada rumput laut cokelat, 10-26 mg/kg pada rumput laut merah dan 8,8-12 mg/kg pada rumput laut hijau berdasarkan berat kering. Kandungan vitamin E yang tinggi ini membantu melindungi PUFA dalam rumput laut dan mempertahankan manfaat nutrisinya. Rumput laut merah dan cokelat kaya akan karoten (provitamin A) dan vitamin C dengan jumlah berkisar antara 20 hingga 170 ppm dan 500 hingga 3000 ppm. Rumput laut juga dianggap sebagai sumber cobalamin (vitamin B12) yang baik, yang tidak ditemukan pada sebagian besar tanaman darat. Makanan rumput laut menawarkan salah satu dari sedikit alternatif vegetarian untuk vitamin B12 dalam makanannya. Cobalamin tidak diperlukan atau disintesis oleh tumbuhan tingkat tinggi, sehingga buah-buahan dan sayuran merupakan sumber vitamin B12 yang buruk, yang menjelaskan mengapa kekurangan vitamin B12 umum terjadi pada orang yang mengikuti pola makan vegetarian yang ketat atau vegan.

## 5. Mineral

Umumnya, rumput laut mengandung kadar abu yang tinggi yang menunjukkan jumlah mineral yang cukup besar. Rumput laut memperoleh kekayaan unsur mineral dari lingkungan laut tempat mereka hidup, dan dikenal karen kandungan mineralnya yang tinggi antara 8%-40% dari berat keringnya. Makronutrien mineral termasuk natrium, kalsium, magnesium, kalium, klorida, sulfat, dan fosfor, sedangkan mikronutrien termasuk yodium, besi, seng, tembaga, selenium, molibdenum, fluorida, mangan, boron, nikel dan kobalt. Namun komposisi mineral dapat bervariasi tergantung pada kelompok taksonomi, variasi geografis, musiman

dan fisiologis, dan bahkan jenis pengolahan dan metode mineralisasi yang diterapkan. Yodium sangat penting untuk kesehatan tiroid dan pengaturan metabolisme. Kalsium dan magnesium mendukung kesehatan tulang dan fungsi otot, sementara kalium membantu menjaga keseimbangan elektrolit dan mengatur tekanan darah. Zat besi sangat penting untuk pembentukan sel darah merah dan transportasi oksigen dalam tubuh. Diantara mineral-mineral ini, kalsium mengandung 4-7% bahan kering. Pada 7% kalsium, ukuran porsi harian khas rumput laut (8 g berat kering) menyediakan 560 mg kalsium yang merupakan jumlah yang cukup besar dibandingkan dengan tunjangan harian yang direkomendasikan (800-1000 mg). Pada rumput laut, kalsium tersedia dalam bentuk kalsium fosfat, dan lebih banyak tersedia secara hayati dibandingkan bentuk kalsium dalam susu, yaitu kalsium karbonat. Rumput laut merupakan sumber utama yodium, dan pada beberapa rumput laut, kandungan yodium melebihi kebutuhan minimum makanan (150 mg/hari). Kandungan yodium tertinggi terdapat pada rumput laut cokelat (1500-8000 ppm), dan pada sebagian besar rumput laut merah dan hijau memiliki kandungan yang lebih rendah. Kadar yodium dalam rumput laut relative lebih tinggi jika dibandingkan dengan tumbuhan darat. Karena makanan yang berasal dari hewan dan tumbuhan memiliki kandungan yodium yang sangat rendah, rumput laut dapat dianggap sebagai makanan murah terbaik untuk memenuhi kebutuhan yodium manusia. Menariknya, rumput laut mengandung zat besi dan tembaga dalam jumlah yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan sumber makanan yang terkenal mengandung mineral seperti daging dan bayam. Selain itu, rumput laut cokelat dengan ukuran porsi normal, yang mencakup spesies seperti *Laminaria* dan *Undaria*, menyediakan lebih dari 50% asupan magnesium harian yang direkomendasikan. Oleh karena itu, rumput laut dapat digunakan sebagai suplemen makanan untuk memenuhi Sebagian besar kebutuhan mineral penting tubuh. Tabel 7.2 menyajikan kandungan mineral pada beberapa jenis rumput laut.

**Tabel 7.2. Kandungan mineral pada rumput laut (mg/100 g berat kering)**

Rumput laut	Makro mineral					Mikro mineral			
	Ca	K	Mg	Na	P	Fe	Mn	Zn	Cu
<b>Chlorophyta</b>									
<i>Caulerpa lentilifera</i>	1874,7 524,5	1142,7 1561,0	1028,6 2094,1	8917,5 1595,0	- 210,0	21,37 283,0	- 1,60	3,51 0,60	0,11 0,50
<b>Rhodophyta</b>									
<i>Chondrus crispus</i>	420,0 45,07	3184,0 759,3	732,0 4977,4	4270,0 2457,7	- -	3,97 27,70	1,32 6,27	7,14 3,02	<0,50 0,69
<i>Ellisolandia elongata</i>	42,34	327,5	2986,6	2086,2	-	47,50	9,53	2,63	0,36
<i>Jania rubens</i>	1000,0	2700,0	200,0	1100,0	500,0	31,56	3,59	2,85	0,56
<i>Palmaria palmata</i>	687,0	1407,0	283,3	1173,0	0,025	18,20	2,72	4,23	-
<i>Porphyra umbilicalis</i>	390,0 6105,0	3500,0 1495,0	565,0 770,9	3267,0 2949,5	- -	10,30 22,70	2,72 3,33	2,21 4,21	<0,50 0,43
<b>Phaeophyceae</b>									
<i>Alaria esculenta</i>	900,0 984,7	4400,0 3781,4	700,0 867,8	3900,0 4575,7	400,0	2,60 13,34	0,35 1,96	2,98 -	2,13 -
<i>Ascophyllum nodosum</i>	996,4	9316,3	528,0	1836,8	169,5	-	-	-	-
<i>Bifurcaria bifurcata</i>	938,0	4322,0	994,0	5469,0	-	4,20	5,50	3,71	<0,50
<i>Fucus vesiculosus</i>	909,0	6739,0	826,6	3700,0	0,015	1,81	4,09	3,77	-
<i>Himanthalia elongata</i>	1005,0	11,579,0	659,0	3818,0	-	3,29	<0,50	1,77	<0,50
<i>Laminaria digitata</i>	931,0	8699,0	1181,0	7064,0	-	7,56	0,87	1,74	<0,50
<i>Undaria pinnatifida</i>									

### 7.3 Manfaat Serat Pangan Rumput Laut Bagi Kesehatan Pencernaan

Serat pangan merupakan sekelompok karbohidrat non-pati yang pada dasarnya berasal dari tumbuhan yang ditemukan dalam berbagai sayuran, buah-buahan, biji-bijian, kacang-kacangan dan tanaman umbi-umbian. Serat pangan merupakan bagian penting dari pola makan yang sehat karena serat makanan tidak dicerna oleh

enzim pencernaan sehingga serat makanan tidak dapat memberikan efek nutrisi langsung pada tubuh manusia. Namun, serat pangan secara tidak langsung mendukung nutrisi manusia dengan terlibat dalam beberapa fungsi penting untuk meningkatkan Kesehatan pencernaan selama perjalannya melalui jalur gastrointestinal. Fungsi-fungsi ini termasuk pengurangan insiden kanker kolorektal, penekanan peradangan usus dan gangguan perut, fasilitasi pergerakan usus, dan peningkatan pertumbuhan mikroflora usus yang meningkatkan kesehatan. Dibandingkan dengan kandungan serat pangan yang berasal dari tumbuhan darat, rumput laut memiliki kadar serat pangan yang sama atau bahkan lebih tinggi. Rata-rata kandungan total serat pangan dalam rumput laut dapat bervariasi dari 36% hingga 60% dari berat keringnya. Serat pangan terdiri dari dua fraksi (larut dan tidak larut), sifat-sifatnya terutama ditentukan oleh proporsi kedua fraksi tersebut. Dengan demikian, serat larut dicirikan oleh kemampuannya membentuk gel kental jika bersentuhan dengan air di saluran usus. Serat tidak larut tidak membentuk gel jika bersentuhan dengan air tetapi mampu menahan air dalam matriks strukturalnya menghasilkan peningkatan massa tinja yang mempercepat transit usus. Perbedaan perilaku serat dalam transit usus menghasilkan sifat yang berbeda. Serat tidak larut jarang difermentasi dan memiliki efek pencahar dan pengaturan usus yang nyata, sedangkan serat larut difermentasi dalam proporsi tinggi dan sifat utamanya berkaitan dengan penurunan kolesterol dan glukosa dalam darah serta pengembangan microbiota usus. Hampir 55-70% dari total serat pangan diwakili oleh fraksi serat larut yang sebagian besar terdiri dari agar, alginat, dan karaginan dengan jumlah yang bervariasi tergantung pada jenis rumput laut dan kondisi pertumbuhannya. Selain itu, beberapa polisakarida sulfat penting lainnya seperti fucoidan, laminarin, porfirin, dan ulvan juga tersedia dalam jumlah yang relatif rendah pada rumput laut. Kandungan serat pangan larut paling tinggi terdapat pada rumput laut merah (15-22% berat kering) seperti pada *Chondrus* dan *Porphyra* (Nori), sementara *Fucus* dan *Laminaria/Saccharina* memiliki kandungan serat pangan tidak larut tertinggi (27-40% berat kering) diantara rumput laut lain yang umum digunakan dalam industri makanan. Tabel 7.3 menyajikan nilai serat pangan dari berbagai rumput laut.

**Tabel 7.3. Kandungan serat pangan pada rumput laut (g/100g)**

Rumput Laut	Serat Larut	Serat Tidak Larut
<b>Rumput Laut Hijau/Chlorophyta</b>		
<i>Caulerpa lentilifera</i>	$17,21 \pm 0,87$	$15,78 \pm 1,20$
<i>Enteromorpha spp.</i>	17,2	16,2
<i>Ulva spp.</i>	$21,9 \pm 0,9$	$18,7 \pm 2,1$
<b>Rumput Laut Merah/Rhodophyta</b>		
<i>Chondrus crispus</i>	$22,25 \pm 0,99$	$12,04 \pm 2,89$
<i>Garatelloquia turuturu</i>	$48,1 \pm 1,0$	$12,3 \pm 1,2$
<i>Porphyra/Pyropia spp.</i>	17,9	16,8
<b>Rumput Laut Cokelat/Phaeophyceae</b>		
<i>Durvillea antarctica</i>	$27,7 \pm 1,2$	$43,7 \pm 0,3$
<i>Himanthalia elongata</i>	$23,63 \pm 0,48$	$13,51 \pm 0,45$
<i>Himantalia elongata</i>	25,7	7,0
<i>Saccharina latissimi</i>	$17,12 \pm 0,84$	$13,11 \pm 0,56$
<i>Sargassum fusiforme</i>	32,9	16,3
<i>Undaria pinnatifida</i>	30,0	5,3

Rata-rata asupan serat makanan harian yang direkomendasikan di Amerika Serikat dan Inggris masing-masing adalah sekitar 25–30 g dan lebih dari 18 g. Ukuran porsi harian rumput laut yang dikonsumsi dalam masakan Asia sekitar 8 g dari bahan kering. Oleh karena itu, 12–15% kebutuhan serat harian dapat dipenuhi dengan menambahkan rumput laut ke dalam makanan. Jumlah ini jauh lebih besar dibandingkan dengan sumber makanan lain berdasarkan berat per beratnya.

#### A. Menurunkan resiko kanker kolorektal

Kanker kolorektal, yang ditandai dengan neoplasia pada usus besar, rektum, atau usus buntu merupakan kanker ketiga yang paling sering didiagnosis di dunia. Lebih dari separuh kematian akibat kanker kolorektal dilaporkan terjadi di negara maji di dunia. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pola makan tinggi daging merah dan daging olahan, serta rendah serat berhubungan dengan peningkatan resiko kanker kolorektal. Serat makanan dihipotesiskan terlibat dalam mengurangi resiko kanker

kolorektal melalui beberapa mekanisme perlindungan termasuk pengenceran karsinogen tinja, pengurangan waktu transit tinja melalui usus, produksi asam lemak rantai pendek yang mendorong aksi antikarsinogenik, dan pengikatan racun asam empedu yang bersifat karsinogenik. Serat pangan karut dalam rumput laut dapat berikatan dengan air sebanyak 20 kali volumenya sehingga menunjukkan sifat hidrokoloid yang kuat pada struktur jaringannya. Oleh karena itu, rumput laut yang ditambahkan ke dalam makanan dapat meningkatkan pengikatan air pada pelet makanan di dalam usus, memfasilitasi penggemburan tinja, dan mengurangi waktu transit di usus besar, yang merupakan faktor positif untuk mencegah kanker usus besar. Massa serat kental yang tidak dapat dicerna di dalam usus memerangkap racun dan bahan kanker lainnya dalam makanan yang dicerna, kemudian dikeluarkan melalui tinja. Dengan demikian, mereka membantu melindungi membran permukaan saluran pencernaan terhadap potensi karsinogen. Studi yang dilakukan dengan menggunakan model hewan percobaan mengungkapkan bahwa beberapa serat rumput laut efektif dalam mengendalikan kanker usus yang disebabkan oleh bahan kimia. Diet berbeda yang terdiri dari 0,05-0,2% serbuk rumput laut *Eisenia bicyclis*, *Laminaria angustuta*, dan *Padina tenera* diuji pada tikus yang diinduksi tumor usus dengan karsinogen usus yang kuat, 1,2-dimetilhidrazine. Setelah 20 hari kejadian tumor jelas berkurang pada tingkat yang berbeda-beda. Selain itu, porphyrin menunjukkan aktivitas antitumor yang cukup besar terhadap fibrosarcoma Meth-A pada tikus. Perkembangan epitel kolorektal menjadi karsinoma dikaitkan dengan penghambatan progrseif apoptosis dan selanjutnya berkontribusi terhadap pertumbuhan tumor. Sebuah penelitian dilakukan untuk menentukan aktivitas fucoidan yang menginduksi apoptosis pada sel kanker usus besar manusia HT-29 dan HCT 116 yang dikultur. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa fucoidan dapat mengurangi viabilitas sel yang diuji dengan cara yang bergantung pada dosis melalui penghambatan faktor nekrosis tumor dan pensinyalan sel tumor yang diinduksi caspace.

**B. Menekan peradangan gastrointestinal**

Serat polisakarida rumput laut dalam makanan terbukti efektif dalam menekan peradangan pada lambung dan mengurangi resiko tukak gastroduodenum. Sebagian besar jenis serat larut dalam rumput laut membantu mengembangkan lapisan viscous disebelah tepi epitel saluran pencernaan bagian atas yang menunjukkan efek perlindungan dan pelapisan terhadap enzim pencernaan dan lingkungan pH rendah. Oleh karena itu, kemungkinan terjadinya peradangan pada lapisan epitel baik oleh bahan kimia atau mikroorganisme pathogen dapat diminimalkan. Selain itu, beberapa serat makanan rumput laut berkontribusi untuk meregenerasi selaput lendir yang rusak. Uji klinis menunjukkan bahwa sodium alginate mendorong regenerasi selaput lendir di lambung, menekan peradangan, dan membasi koloni *Helicobacter pylori* di selaput lendir. Untuk mendukung pengamatan diatas, efek asam alginate dan turunannya untuk pengobatan gastritis dan tukak gastroduodenal juga dipelajari dan diperoleh hasil positif. Selain efek reparatif dan selubung dari polisakarida ini, beberapa agaro-oligosakarida menekan produksi sitokin proinflamasi dan enzim yang terkait dengan produksi oksida nitrat di jaringan saluran pencernaan, mengendalikan reaksi inflamasi di tingkat seluler.

**C. Mendorong aksi probiotik**

Meskipun serat rumput laut tidak dicerna oleh enzim di saluran pencernaan bagian atas (lambung dan duodenum) manusia, serat ini Sebagian terdegradasi oleh mikroflora di usus besar, segment bawah sistem pencernaan. Mikroflora kolon adalah ekosistem mikroba yang kompleks dan hidup berdampingan dengan bakteri yang berpotensi pathogen dan menguntungkan yang terkait dengan jaringan limfoid usus. Probiotik, bakteri yang berpotensi meningkatkan Kesehatan dalam jaringan limfoid usus, dan prebiotik substrat bakteri tersebut yang dapat difерментasi termasuk serat makanan, memainkan peran penting dalam meningkatkan Kesehatan pencernaan dan nutrisi dengan menyelamatkan nutrisi dan energi yang menghasilkan produk

metabolism akhir seperti asam lemak rantai pendek. Modulasi makanan terhadap microflora usus dapat dicapai melalui pemberian probiotik atau senyawa prebiotic secara oral. Fermentasi serat dari rumput laut cokelat dengan bakteri tinja manusia menunjukkan bahwa probiotik mengikuti jalur fermentasi aslinya seperti yang ditunjukkan dengan prebiotic dari beberapa sumber makanan non-rumput laut lainnya. Serat yang dapat difерментasi ini merangsang pertumbuhan *Bifidobacterium* dan *Lactobacillus*, yang merupakan genera probiotik paling penting pada manusia dan menjaga keseimbangan yang lebih baik di antara mikroflora kolon.

Laminarin, suatu pikoloid yang kurang kental ditemukan pada Laminaria dan Saccharina, telah menunjukkan kemampuannya untuk meningkatkan produksi asam butirat melalui fermentasi bakteri. Butirat merupakan metabolit penghasil energi yang penting untuk sel epitel kolonial dan menyumbang sekitar 70% kebutuhan energi usus besar. Efek prebiotik dari Laminarin yang dipelajari pada model hewan melaporkan bahwa suplementasi makanan 1% menghasilkan peningkatan jumlah *Bifidobacterium* dalam sekumtikus dibandingkan dengan makanan control, namun tidak ada perbedaan yg signifikan dalam jumlah *Lactobacillus*. Studi yang dilakukan pada ekstrak rumput laut menemukan bahwa fucoidan juga berfungsi sebagai prebiotic yang baik. Beberapa penelitian lain juga telah mengkonfirmasi efek positif alginat terhadap makanan yang mendorong pertumbuhan fauna mikroba bermanfaat dalam tinja. Laminarin dan fucoidan mungkin merupakan cara diet untuk memodulasi lingkungan usus dan imunitas, sehingga mengurangi resiko mikroorganismepatogen di usus. Penambahan rumput laut cokelat *Ascophyllum nodosum* ke dalam makanan babi yang disapih menghasilkan jumlah *Escherichia coli* di usus kecil yang lebih rendah. Selain itu, natrium alginat menunjukkan unsur antibakteri yang kuat dengan menurunkan enterobacteriaceae, enterococci dan clostridia lesitinase negatif, yang menunjukkan potensi perubahan menguntungkan dalam ekosistem mikroba di usus.

**D. Menurunkan obesitas**

Obesitas akibat pola makan dan penyakit yang berhubungan dengan obesitas merupakan salah satu masalah kesehatan gizi yang banyak terjadi di sebagian besar negara maju di dunia. Serat rumput laut dalam makanan membantu mengendalikan penambahan berat badan dengan berbagai cara. Menambahkan sejumlah besar rumput laut ke dalam makanan memungkinkan pelaku diet merasa kenyang dengan cepat dan mengurangi nafsu makan secara drastisuntuk makan lebih lanjut. Selain itu, sebagian serat larut ini membentuk massa kental di usus dan memerangkap enzim pencernaan dan beberapa nutrisi lainnya, sehingga memperlambat pencernaan makanan dan penyerapan nutrisi di usus. Sebuah penelitian baru-baru ini yang dilakukan dengan obat yang dikembangkan menggunakan asam alginat mengungkapkan bahwa sukarelawan yang kelebihan berat badan 25-30% mengalami penurunan berat badan secara signifikan setelah diobati dengan obat tersebut.

**E. Menurunkan penyerapan lipid dan penyakit kardiovaskular**

Resiko penyakit kardiovaskular dapat dikurangi dengan mengonsumsi rumput laut karena efek modifikasinya pada saluran pencernaan seperti emulsifikasi asam empedu dan mengganggu pembentukan misel lipid, pengenceran konsentrasi lipase, pengikatan kolesterol, dan memperlambat penyerapan lipid. Penelitian yang dilakukan dengan menggunakan tikus melaporkan bahwa asam alginat menyebabkan penurunan konsentrasi kolesterol dan secara signifikan menurunkan tingkat hipertensi sehingga menjaga kesehatan jantung.

**F. Mempengaruhi kadar glikemik darah**

Pengenceran dan memperlambat kerja karbohidrat di usus oleh serat rumput laut akan berdampak positif dalam mengatur kadar glukosa darah. Oleh karena itu, pengendalian pencernaan karbohidrat dalam makanan dapat membantu mengontrol glukosa darah pada diabetes tipe II. Makanan yang ditambah dengan 5% alginate dari rumput laut cokelat menurunkan

keseimbangan penyerapan glukosa selama 8 jam pada hewan coba. Temuan diatas menunjukkan bahwa serat rumput laut memiliki pengaruh efektif dalam menghambat enzim pencernaan karbohidrat pada tingkat yang sangat rendah dan mempertahankan control glikemik secara in vivo.

## 7.4 Kesimpulan

Rumput laut merupakan sumber nutrisi berkelanjutan untuk Kesehatan manusia dan aplikasi pangan fungsional. Beban global penyakit tidak menular yang berhubungan dengan gaya hidup seperti diabetes mellitus tipe 2, hipertensi, obesitas, kanker, resistensi antibiotik dan penyakit jantung memberikan tekanan besar pada keuangan dan sumber daya layanan kesehatan di negara-negara yang terkena dampaknya. Hal ini dapat diatasi dengan memasukkan rumput laut dan isolat rumput laut ke dalam makanan, sebagai bagian dari perbaikan gaya hidup secara keseluruhan. Rumput laut tidak memberikan efek samping seperti obat-obatan kimia pada umumnya, sehingga lebih aman dikonsumsi. Rumput laut merupakan makanan rendah kalori yang mengandung protein tanpa lemak jenuh dan merupakan alternatif lemak makanan yang sangat baik untuk EPA dan DHA.

Dengan mempertimbangkan semua fungsi rumput laut yang dibahas diatas, dapat disimpulkan bahwa rumput laut merupakan makanan potensial untuk ditambahkan ke dalam makanan guna meningkatkan nutrisi manusia dan kesehatan pencernaan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2004. Functional, health and therapeutic effects of algae and seaweed. Institut de Phytonutrition electronic database. Version 1.5. Beausoleil: France
- Anonymous. 2006. Food and Nutrition Board, Recommended Dietary Allowances. 12<sup>th</sup> edn. National Academy Press, Washington, DC
- Astorga-España, M.S., Rodríguez Galdón, B., Rodríguez Rodríguez, E.M., and Díaz Romero, C. 2015. Mineral and trace element concentrations in seaweeds from the sub-Antarctic ecoregion of Magallanes (Chile). Journal of Food Composition and Analysis. 39. 69-76
- Belattmania, Z., Engelen, A., Pereira, H., Serrao, E., Custòdio, L., Varela, J., Zrid, R., Reani, A., and Sabour, B. 2018. Fatty acid composition and nutraceutical perspectives of brown seaweeds from the Atlantic coast of Morocco. Int. Food Res. Journal. 25.1520-1527
- Bender, AE 1980. Dictionary of Nutrition and Food Technology. Butterworths, London
- Brownlee, I.A., Allen, A., Pearson, J.P., Dettmar, P.W., Havler, M.E., Atherton, M.R., and Onsøyen, E. 2005. Alginate as a source of dietary fiber. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 45. 497-510
- Chen, H.M., Zheng, L., and Yan, X.J. 2005. The preparatioan and bioactivity research of agar-o-oligosaccharides. Food Tecchnol. Biotechnol. 43. 29-36
- Deville, C., Damas, J., Forget, P., Dandrifosse, G., and Puelen, O. 2004. Laminarin in the dietary fibre concept. J. Sci Food Agric. 84. 1030-1038
- Dierick, N., Ovyn, A., and De Smet, S. 2009. Effect of feeding intact brown seaweed *Ascophyllum nodosum* on some digestive parameters and on iodine content in edible tissues in pigs. J. Sci. Food Agric. 89, 584-594
- FAO. 2016. El Estado Mundial de las Pesca y la Acuicultura. In Contribución a la Seguridad Alimentaria y la Nutrición para Todos. Organizatiocón de las Naciones Unidas para la Alimención y la Agricultura. Rome, Italy.
- Gomez-Ordonez, E., Jiménez-Escrig, A., Rupérez, P. 2010. Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the northwestern Spnish coast. Food Res. Int. 43.2289-2294

- Holdt, S.L., and Kraan, S. 2011. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol.* 23. 543-597
- Medina-Remón, A., Kirwan, R., Lamuela-Raventós, R.M., and Estruch, R. 2018. Dietary patterns and the risk of obesity, type 2 diabetes mellitus, cardiovascular diseases, asthma, and neurodegenerative diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 58. 262-296
- Nwosua, F., Morrissey, J., Lunda, V.A., Heather, D.S., Rossa, A., and McDougall, G.J. 2011. Anti-proliferative and potential anti-diabetic effects of phenolic-rich extracts from edible marine algae. *Food Chem.* 126(3). 1006-1012
- Penalver, R., Lorenzo, J.M., Ros, G., Amarowicz, R., Pateiro, M., and Nieeto, G. 2020. Review seaweed as a functional ingredient for a healthy diet. *Mar drugs.* 18. 301
- Pereira, L. Nutritional composition of the main edible algae. In therapeutic and nutritional uses of algae. Pereira, L., Ed. CRC Press. Taylor & Francis Group. Boca Raton, FL, USA. 65-127
- Rajapakse, N., Kim, S.K. 2011. Nutritional and digestive health benefits of seaweed. In advances in Food and Nutrition Research. Kim, S.K., Ed. Academic Press. Waltham, MA, USA. 17-28. ISBN 978-0-12-387669-0
- Rupérez, P. Mineral content of edible marine seaweeds. 2002. *Food Chem.* 79. 23-26
- Shannon, E., and Abu-Ghannam, N. 2019. Seaweed as nutraceuticals for health and nutrition. *Phycologia.* 58(5). 563-577
- Wong, K., and Cheung, P.C. 2001. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part II-In vitro protein digestibility and amino acid profiles of protein concentrates. *Food Chemistry.* 72. 11-17
- Wong, K.H., and Cheung, P.C.K. 2000. Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds. Part I-proximate composition, amino acid profiles and some physicochemical properties. *Food Chemistry.* 72. 475-482

# BAB 8

## KOMPONEN-KOMPONEN BIOAKTIF DALAM RUMPUT LAUT DAN FUNGSINYA BAGI KESEHATAN

Oleh Salnida Yuniarti Lumbessy

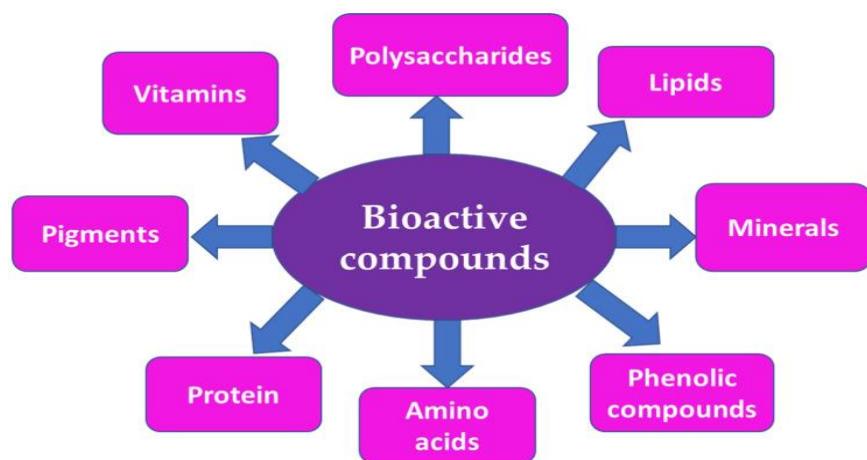
### 8.1 Pendahuluan

Ekosistem laut telah dianggap memberikan peranan penting dalam menciptakan berbagai biota laut sebagai sumber bahan baku untuk berbagai pemanfaatan farmakologi saat ini. Salah satunya adalah rumput laut (*seaweed*) atau dikenal sebagai makroalga yang merupakan tumbuhan fotosintetik dan tidak berbunga serta dikategorikan menjadi tiga kelompok besar tergantung pada komposisi pigmen yang dominan, yaitu hijau (*Chlorophyta*), coklat (*Ochrophyta*), dan merah (*Rhodophyta*) (Baweja, *et al.*, 2016).

Rumput laut secara komersil digunakan sebagai sumber *phycocolloids* dalam industri makanan (Kilinc *et al.*, 2013 ; Mahadevan, 2015 ; Fleurence, 2016), medis (Shelar *et al.*, 2012), kosmetik (Morais *et al.*, 2021) dan berbagai indusri terkait lainnya (Hentati *et al.*, 2020). Namun selain itu ternyata rumput laut juga memiliki berbagai keragaman senyawa sebagai hasil metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai pengobatan komplementer untuk terapi kesehatan yang tidak ditemukan pada organisme lain. Metabolit sekunder ini digunakan rumput laut untuk mempertahankan diri dari kondisi ekstrim dimana mereka hidup (Kolanjinathan *et al.*, 2014). Berbagai senyawa tersebut dikenal sebagai komponen bioaktif, yang terdiri atas senyawa polifenol, karotenoid, mineral, vitamin, phlorotannin, peptida, tokotrienol, protein, tokoferol, dan karbohidrat (polisakarida) (El-Beltagi *et al.*, 2022) (Gambar 8.1.).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa senyawa bioaktif pada rumput laut berpotensi sebagai antibakteri, antikoagulan, antikanker, antidiabetik, antiestrogenik, antihipertensi,

antihiperlipidemik, antijamur, anti-inflamasi, antioksidan, antiobesitas, antivirus, imunomodulator, neuroprotektif, stimulan tiroid, sifat penyembuhan jaringan, dan masih banyak lagi potensi lainnya bagi kesehatan (Amlani and Yetgin., 2022).



**Gambar 8.1.** Komponen Bioaktif pada Rumput Laut (El-Beltagi *et al.*, 2022)

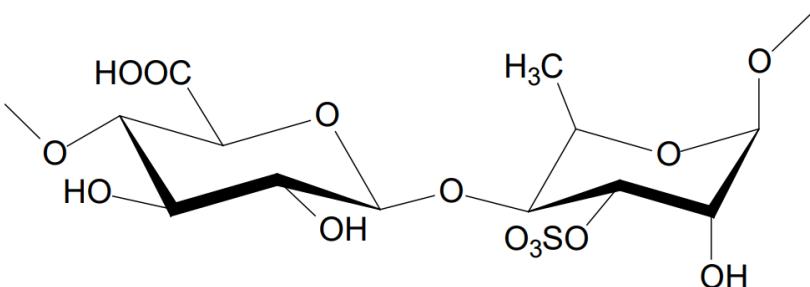
## 8.2 Komponen Bioaktif pada Rumput Laut Hijau (*Chlorophyta*)

Rumput laut hijau (*Chlorophyta*) merupakan makroalga yang banyak melimpah di perairan dan merupakan sumber daya hayati laut yang penting. *Chlorophyta* mengandung beberapa asam amino, asam lemak, dan serat makanan, serta polisakarida, polifenol, pigmen, dan komponen aktif lainnya yang memiliki peran penting dalam berbagai proses biologis seperti aktivitas antioksidan, imunoregulasi, dan respon anti-inflamasi.

### 1. Polisakarida

Polisakarida merupakan komponen utama pada semua rumput laut karena merupakan penyusun utama dinding selnya. Dinding sel pada *chlorophyta* tersusun atas polisakarida sekitar 38 hingga 54% dari berat kering total (Holdt & Kraan 2011). Kandungan polisakarida pada *chlorophyta* bervariasi tergantung

pada spesies dan pada bagian mana diekstrak (Charoensiddhi *et al.*, 2017).. Polisakarida yang bersifat bioaktif dalam rumput laut adalah polisakarida sulfat. Polisakarida sulfat pada chlorophyta tersusun atas heteropolisakarida atau homopolisakarida (Costa *et al.*, 2010). Bioaktif polisakarida sulfat yang terdapat pada rumput laut hijau mengandung xilan dan galaktan sulfat (juga dikenal sebagai *ulvans*) (Øverland *et al.*, 2019 ; Sari-Chmayssem *et al.*, 2019 ; Ulaganathan *et al.*, 2017). Ulvan dapat ditemukan pada Famili *Ulvales*, antara lain *Ulva* dan *Enteromorpha* (Holdt & Kraan, 2011). Ulvan terutama terdiri dari sulfat, rhamnosa, xilosa, dan asam glukuronat (Lahaye & Robic 2007).



**Gambar 8.2.** Struktur ulvans dalam bentuk asam ulvanobiouronik (El-Beltagi *et al.*, 2022)

## 2. Polifenol

Polifenol merupakan kelompok hidroksil fenol yang berikatan dengan satu atau lebih cincin aromatik. Adanya cincin aromatik mempengaruhi kestabilan ikatan atom oksigen dengan atom hidrogen pada kelompok hidroksil sehingga sifat ini menyebabkan polifenol termasuk salah satu senyawa yang berfungsi sebagai antioksidan (Vermerris & Nicholson, 2006). Polifenol merupakan komponen yang sangat sedikit pada rumput laut. Kandungan polifenol pada rumput laut hijau (*Chlorophyta*) dan merah (*Rhodophyta*) lebih rendah (<1% berat kering) jika dibandingkan dengan rumput laut coklat (*Phaeophyta*) yang dapat mencapai hingga 14% dari berat kering [Rupérez & Fulgencio, 2001 ; Hayes, 2015]. Kandungan fenolik yang banyak terdapat pada rumput laut hijau adalah bromofenol, asam fenolik dan flavonoid. Beberapa speises rumput laut hijau mengandung flavone glikosida

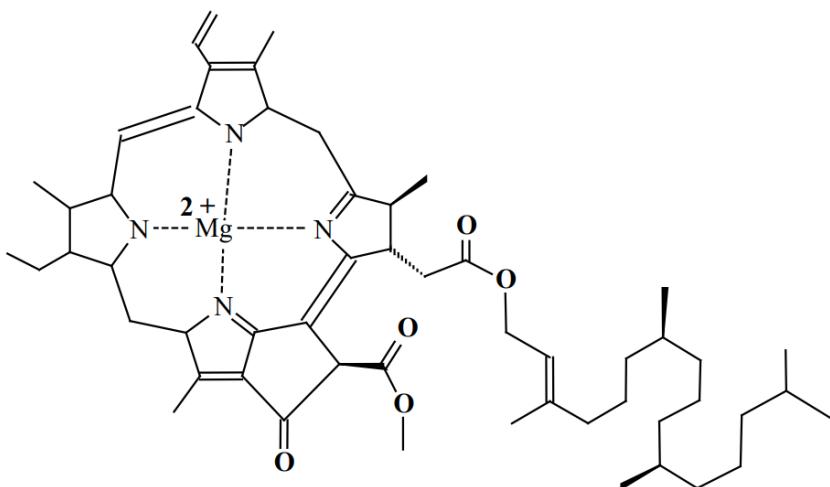
hesperidin yang cukup tinggi hingga 117mg g<sup>-1</sup> dari berat kering (Holdt & Kraan 2011)

### 3. Sterol dan Terpen

Kolesterol, ergosterol, dan 28-isofucosterol adalah sterol utama yang ditemukan pada rumput laut hijau pada genera *Ulva*, *Chaetomorpha*, dan *Codium* (GarcíaPoza *et al.* 2020 ; Kendel *et al.* 2015; Sánchez-Machado *et al.*, 2004). Kandungan kolesterol pada rumput laut hijau bervariasi pada setiap spesies antar 2 hingga 76% dari total sterol (Kendel *et al.* 2015). Sementara itu, terpen adalah kelompok terbesar metabolit sekunder pada tanaman (Chen *et al.* 2011). Terpen seperti seskuiterpen dan diterpen juga diketahui banyak ditemukan pada rumput laut hijau (Echave *et al.* 2022)

### 4. Pigmen

Rumput laut merupakan sumber pigmen alami yang baik seperti klorofil, karotenoid, dan phycobilin. Warna hijau pada rumput laut hijau terutama disebabkan karena adanya klorofil a yang terkandung di dalam kloroplas, serta adanya klorofil b. (Gambar 2.) (Pereira *et al.*, 2021). Klorofil adalah pigmen kehijauan yang larut dalam lipid dengan cincin porfitin dan penting untuk fotosintesis pada rumput laut (da Vaz *et al.*, 2016). Jenis rumput laut hijau mengandung karotenoid jenis β-carotene, lutein, violaxanthin, neoxanthin dan zeaxanthin (Holdt dan Kraan, 2011).



**Gambar 8.2. Struktur Klorofil (El-Beltagi *et al.*, 2022)**

### 8.3 Komponen Bioaktif pada Rumput Laut Merah (*Rhodophyta*)

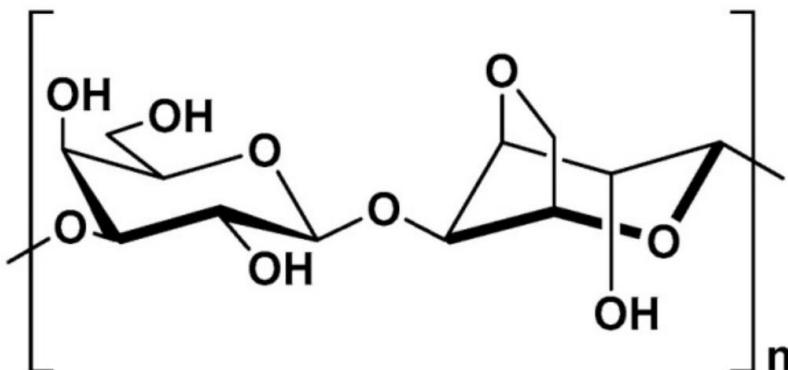
Rumput laut merah (*Rhodophyta*) merupakan penghasil senyawa bioaktif terbesar (Khan *et al.*, 2009) yang dapat diaplikasikan untuk kosmetik, farmasi, dan industri makanan (Abdel-Raouf *et al.*, 2015 ; Wang *et al.*, 2017). Selain itu, *Rhodophyta* merupakan kelompok rumput laut yang paling banyak dibudidayakan saat ini, seperti *Porphyra*, *Eucheuma*, *Kappaphycus*, dan *Gracilaria* (Luning dan Pang, 2003). Sebagian besar komponen bioaktif pada rumput laut merah terdapat pada sejumlah bahan penyusun sel polisakarida yang terdapat pada dinding sel rumput laut (Azis *et al.*, 2020).

#### 1. Polisakarida

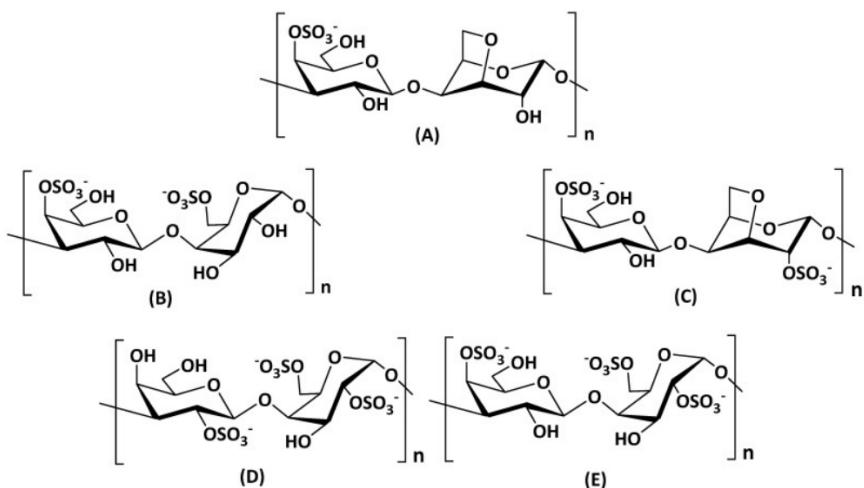
Rumput laut memiliki kandungan polisakarida yang unik dan bervariasi pada setiap kelompoknya. Rumput laut merah banyak mengandung polisakarida sulfat jenis sulfated galactans seperti agar (Gambar 3.) dan karaginan (Gambar 4.) (Costa *et al.* 2010). Agar banyak ditemukan pada rumput laut merah (*Rhodophyta*) seperti *Gelidiella* atau *Pterocladia*, *Gelidium*, dan *Gracilaria*. Polisakarida berupa agar terdiri atas dua bentuk, yaitu agarosa sebagai pembentuk gel dan agaropektin sebagai pengental.

Namun penggunaan agarosa 70% lebih banyak daripada agaropektin sebagai pencampur dalam bahan makanan. Agar juga mengandung galaktan hidrofilik yang terdiri atas  $\alpha(1\rightarrow4)$ -3,6-anhydro-L-galaktosa, dan  $\beta(1\rightarrow3)$ -D-galaktosa (Lee *et al.*, 2017). Badan Pengawas Obat dan Makanan FDA telah menetapkan agar sebagai bahan tambahan makanan yang aman, bahan farmasi dan bioteknologi (Pal *et al.*, 2014 ; Abdul Khalil *et al.*, 2018)

Sementara itu, karagenan banyak terdapat pada rumput laut merah dari spesies *Kappaphycus alvarezii*, *Eucheuma denticulata*, *E. spinosum*, *B. gelatiniae*, *Chondrus crispus*, *Gigartina sp.*, dan *Hypnea sp.*, dengan konsentrasi mencapai 50% dari berat kering. Karagenan secara komersial tersedia dalam 3 bentuk, yaitu iota ( $\iota$ )-karagenan, kappa ( $\kappa$ )-karagenan, lambda ( $\lambda$ )-karagenan. Selain itu karagenan juga ditemukan dalam bentuk ( $\mu$ )-karagenan, dan ( $\nu$ )-karagenan (Rhein-Knudsen *et al.*, 2017). Karagenan digunakan dalam makanan sebagai pengemulsi, pengental, stabilisator, dan lapisan pelindung pada makanan kemasan (Abdul Khalil *et al.*, 2018).



Gambar 8.3. Struktur Agar (Nesic *et al.*, 2019)



**Gambar 8.4.** Struktur Karaginan ; (A)  $\kappa$ -carrageenan, (B)  $\mu$ -carrageenan, (C)  $\iota$ -carrageenan, (D)  $\lambda$ -carrageenan and (E)  $\nu$ -carrageenan (Nesic *et al.*, 2019)

## 2. Polifenol

Rumput laut merah memiliki komponen polifenol yang sama dengan rumput laut hijau, yaitu asam fenolik, flavonoid dan bromofenol (Gomez *et al.*, 2018), Perbedaannya adalah senyawa aktif fenolik pada rumput laut merah mengandung mikosporin asam amino (MAA) yang lebih banyak dibandingkan rumput laut hijau (Gullon *et al.*, 2020 ; Afify *et al.*, 2012). Selanjutnya asam fenolik seperti asam benzoat, asam p-hidroksibenzoat, asam salisilat, asam gentisat, protocatechuic, asam vanilat, asam galat, dan asam siringat telah ditemukan pada genus *Gracilaria* (Farvin *et al.*, 2013 ; Xu *et al.*, 2015). Flavonoid seperti rutin, quercitin, dan hesperidin banyak terdeteksi pada spesies rumput laut merah (Santos *et al.*, 2019). *Chondrus crispus* dan *Porphyra/Pyropia spp.* (Rhodophyta), dapat mensintesis isoflavon, seperti halnya daidzein dan genistein (Klejdus *et al.*, 2010). Sementara itu bromofenol banyak berkontribusi pada rasa rumput laut, namun masih sedikit informasi terkait bromofenol pada rumput laut merah. sehingga perlu penelitian lebih lanjut untuk

mengkarakterisasi bromofenol sebagai senyawa bioaktif (Cotas *et al.* 2020)

### 3. Sterol dan Terpen

Rumput laut merah mengandung sterol yang berupa desmosterol, cholesterol, sitosterol, fucosterol and chalinasterol (Sanchez *et al.*, 2004). Rumput laut merah menghasil fenolik terpenoid seperti diterpen dan seskuiterpen, contohnya spesies *Callophyucus serratus*, yang mensintesis diterpen tertentu yang disebut bromophycolide (Ramos *et al.*, 2021). Sebagian besar terpenoid yang dibiosintesis pada rumput laut merah merupakan respon terhadap serangan herbivore dan mikroorganisme patogen (Phillipus *et al.*, 2018). Selain itu, senyawa karotenoid ygang dihasilkan pada rumput laut merah juga dianggap sebagai terpenoid utama yang berperan pada pigmentasi rumput laut dalam bentuk  $\alpha$  dan  $\beta$  karoten, lutein dan zeaxanthin ( Holdt dan Kraan, 2011).

### 4. Pigmen

Karotenoid merupakan pigmen alami yang terdapat pada rumput laut merah, yang berupa  $\alpha$ - dan  $\beta$ -karoten, lutein dan zeaxanthin. Selain itu terdapat juga phycobiliprotein yang merupakan protein fluorescent yang larut air. Phycobiliprotein terdiri dari tiga pigmen yang berbeda:, yaitu (1) phycoerythrín, merupakan pigmen yang umumnya terdapat pada rumput laut merah dan memberikan warna merah, (2) pigmen, allophycocyanin yang merupakan pigmen biru muda, dan (3) phycocyanin yang merupakan pigmen biru. Ketiga pigmen ini berbeda dalam bentuk protein, kandungan bilin, dan gugus prostetik (Aryee *et al.*, 2018; Cherry *et al.*, 2019). Kadar phycobiliproteins dalam rumput laut merah berkisar antara 8 – 32,7 % (berat kering) (Sekar dan Chandramohan, 2008).

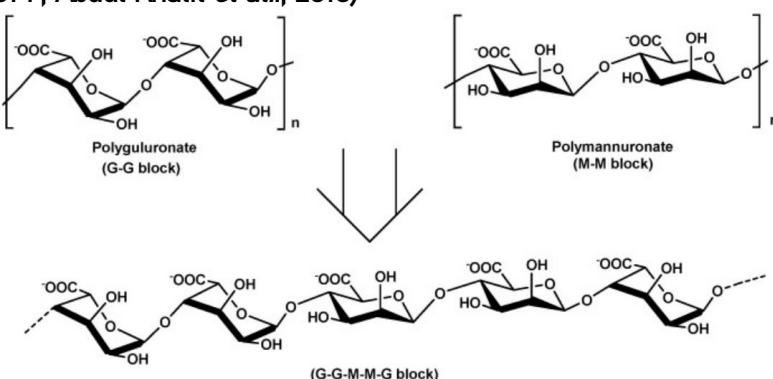
## 8.4 Komponen Bioaktif pada Rumput Laut Coklat (*Phaeophyta*)

Rumput laut coklat (*Phaeophyta*) merupakan salah satu jenis makroalga ekonomis yang tersebar luas diperairan dingin dan

memiliki potensi besar untuk dikembangkan. Rumput laut coklat kaya akan polisakarida, protein, asam amino, polifenol, terpen, manitol, fucoxanthin, hormon dan zat aktif lainnya. Kelompok senyawa yang tergolong polifenol mempunyai ciri struktur khusus, kaya akan aktivitas biologis dan nilai medis yang tinggi (Zheng *et al.*, 2012). Rumput laut coklat mengandung senyawa aktif dengan beragam aktivitas biologis seperti antimikroba, antikanker, antioksidan, antiinflamasi, antidiabetik, dan antiparasit properti.

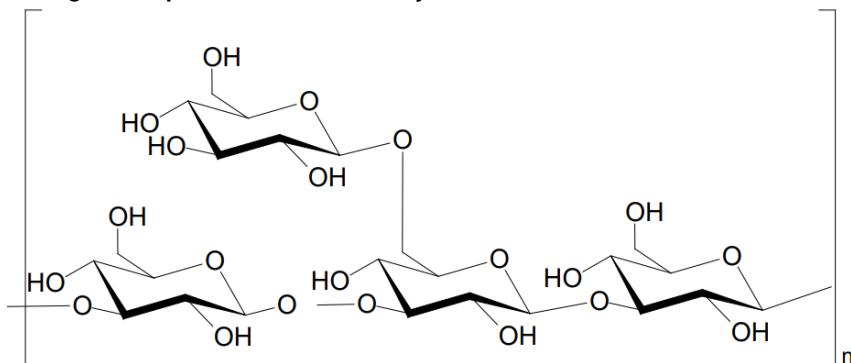
### 1. Polisakarida

Rumput laut coklat mengandung polisakarida non sulfat berupa alginat dan laminarin serta polisakarida sulfat berupa fukoidan. Alginat banyak diperoleh dari spesies *Ascophyllum nodosum*, *E. maxima*, *L. digitata*, *L. hyperborean*, *L. japonica*, *L. nigrescens*, *M. pyrifera*, *Sargassum* sp. dan rumput laut coklat lainnya. Alginat adalah kopolimer dari asam  $\alpha$ -Lgalactouronic dan  $\beta$ -D-mannouronic yang terhubung dengan  $\alpha(1-4)$  (Gambar 8.5.) (Ramnani *et al.*, 2012; Abdul Khalil *et al.*, 2018). Alginat digunakan sebagai agen pembentuk gel dalam industri makanan dan industri farmasi karena pengikatan ion logam akan menghasilkan larutan kental. Alginat terdapat dalam dua bentuk, yaitu asam dan garam. Asam alginat adalah salah satu bentuk asam, sementara asam poliuronat adalah salah satu bentuk garam yang berperan penting dalam dinding sel rumput laut coklat dengan komposisi 40 hingga 47% dari berat kering (Pal *et al.*, 2014 ; Abdul Khalil *et al.*, 2018)



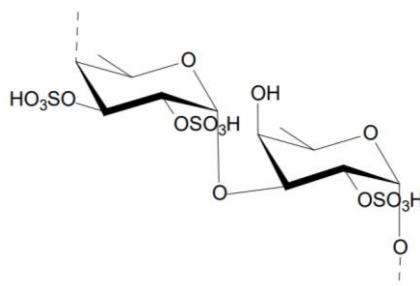
**Gambar 8.5.** Struktur Alginat (konformasi ikatan glikosidik asam  $\beta$ -d-mannuronat dan asam  $\alpha$ -l-guluronat) (Nesic *et al.*, 2019)

Laminarin adalah glukan yang memiliki polisakarida yang linier, tersusun dari  $\beta$ -glukosa (Gambar 8.6.). Laminarin terdapat pada dinding sel dengan konsentrasi 32 -35% dari berat kering. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ekstraksi laminarin dari spesies alga coklat *Turbinaria ornata* berpotensi sebagai komponen bioaktif (Remya *et al.*, 2018).



Gambar 8.6. Struktur Laminarin (El-Beltagi *et al.*, 2022)

Fukoidan atau fukan tersusun dari sejumlah ester fosfat dan molekul sulfat L- fukosa yang menyebar (Gambar 8.7.). Fucoidan hanya ditemukan pada rumput laut coklat (Pbaeophyta), dan tidak ditemukan pada algae lain maupun tumbuhan tingkat tinggi. Fucoidan berfungsi sebagai molekul untuk memperkuat dinding sel, hal ini berkaitan dengan pertahanan terhadap pengaruh kekeringan saat rumput laut berada di daerah pasang surut. Fucoidan juga punya potensi untuk meningkatkan sifat kosmetik kulit, membantu menjaga elastisitas kulit dengan meningkatkan hidrasi sehingga memperkuat sifat fleksibel kulit (Thiyagarasaiyar *et al*, 2020 ; Wang *et al*, 2020)



Gambar 8.7. Struktur Fukoidan (El-Beltagi *et al.*, 2022)

## 2. Polifenol

Rumput laut coklat dicirikan dengan produksi fenol dan flavonoid (Kalasariya *et al.*, 2022). Rumput laut coklat sebagian besar memiliki polimer kompleks phlorotannins dan oligomer phloroglucinol (1,3,5-trihidroksi benzena). Phlorotanin merupakan senyawa polefenol berupa turunan tanin yang hanya terdapat pada rumput laut coklat dan konsentrasinya mencapai 25% dari berat kering. Senyawa ini terbentuk dari polimerisasi phloroglucinol melalui lintasan asetat-malonat. Terdapat bermacam jenis phlorotanin, diantaranya fuhalol, phloretol, hidroksiphloretol, eckol, bieckol dan lain-lain (Firdaus, 2011). Florotanin memiliki aktivitas antioksidan yang tinggi terhadap radikal bebas. Total antioksidan dari florotanin 0,5 sampai 1,5 kali lebih tinggi dibandingkan dengan vitamin E sebagai kontrol secara *in vitro*.

Polifenol pada rumput laut coklat terbukti memiliki aktivitas biologis, seperti antibakteri, antikanker, antidiabetes, anti-inflamasi, antiobesitas, antioksidan, efek antiproliferatif, antitumor, dan antivirus (Montero *et al.*, 2017; Gómez-Guzmán *et al.*, 2018; Cotas *et al.*, 2021).

## 3. Sterol dan Terpen

Terpenoid dari kelompok meroditerpenoid, seperti plastoquinon, kromanol, dan kromena, banyak ditemukan pada rumput laut coklat terutama dari famili *Sargassaceae* (*Phaeophyceae*). Senyawa ini sebagian dihasilkan dari terpenoid dan dibedakan

berdasarkan keberadaannya rantai poliprenil yang terhubung ke bagian cincin hidrokuinon (Reddy dan Urban, 2009)

#### 4. Pigmen

Fukosantin adalah salah satu pigmen xantofil yang paling banyak terdapat pada rumput laut coklat. Pigmen alami ini termasuk dalam kelompok karotenoid yang banyak ditemukan pada rumput laut coklat yang dapat dimakan seperti *Hyalogonium fusiforme*, *Undaria pinnatifida*, *Laminaria japonica*, dan *Sargassum fulvellum* (Ahn *et al.*, 2004). Fukosantin merupakan pewarna aditif pada kloroplas rumput laut coklat dan memberikan warna hijau zaitun atau coklat. Banyak penelitian yang dilakukan saat ini untuk mengekstraksi fukosantin dari spesies rumput laut coklat tertentu, dan digunakan dalam berbagai aplikasi fungsional. Beberapa hasil penelitian nutrisi dan metabolisme yang dilakukan di Universitas Hokkaido pada tikus, menunjukkan bahwa fukosantin dapat merangsang pembakaran lemak di dalam jaringan adiposa putih dengan meningkatkan ekspresi termogenin. Bahkan fukosantin telah ditemukan memiliki spektrum bioaplikasi yang luas dibandingkan karotenoid sebagai antioksidan dan antiinflamasi (Priya *et al.*, 2022) .

### 8.5 Peranan Senyawa Bioaktif Rumput Laut bagi Kesehatan

Senyawa bioaktif pada rumput laut memiliki peranan penting yang berhubungan dengan pencegahan dan pengobatan penyakit sebagai berikut :

#### 1. Aktivitas Antioksidan

Kemampuan rumput laut dalam mempertahankan kehidupannya pada kondisi perairan yang ekstrim menyebabkan sehingga komposisi kimia pada rumput laut memiliki kandungan bioaktif yang sangat luas, seperti polifenol, polisakarida sulfat, lemak tak jenuh, peptida, dan asam amino, yang lebih banyak menunjukkan sifat antioksidan, teutama pada senyawa florotanin, fukoidan, dan karotenoid (Batista González *et al.*, 2009 ; Jiménez-Escríg *et al.*, 2001 ; Hermund *et al.*, 2018). Florotannin terdapat pada rumput laut coklat dan, berpotensi sebagai pengganti antioksidan sintetik

dalam industri makanan [Hermind *et al.*, 2018]. Polifenol dengan aktivitas biologis tertentu dapat mempengaruhi ekspresi gen sehingga berperan pada pencegahan penuaan serta penyakit kardiovaskular dan kanker [Wang *et al.*, 2009 ; Rodrigo *et al.*, 2011 ; Keyrouz *et al.*, 2011 ; Stagos *et al.*, 2012].

Polisakarida yang terdapat pada alga coklat seperti fucoidans, laminarans dan asam alginat menunjukkan aktivitas antioksidan secara *in vitro* dan berpotensi sebagai antioksidan yang kuat (Frikha *et al.*, 2011). Aktivitas antioksidan polisakarida sulfat bergantung pada beberapa faktor seperti derajat sulfasi, berat molekul, jenis gula, dan ikatan glikosidik (Wijesekara *et al.*, 2011 ; Koutsaviti *et al.*, 2018). Polisakarida dengan berat molekul rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih tinggi karena lebih mudah dimasukkan ke dalam sel dan menyumbangkan proton yang lebih efisien dibandingkan polisakarida dengan berat molekul lebih tinggi (Sun *et al.*, 2009).

Beta karoten yang ditemukan pada rumput laut merah dapat mengurangi masalah penuaan kulit (Schagen *et al.*, 2012). Penelitian Daniel *et al.*, (2004) menunjukkan bahwa spesies rumput laut merah *Porphyra umbilicalis* mengandung Mycosporine like amino acid (MAA) yang efektif melawan radiasi UV-A yang dapat merusak kulit dan penuaan dini pada kulit. Selain itu, antioksidan pada rumput laut merah dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan sistem imun tubuh. Hasil penelitian Hoseinifa *et al.*, (2018) menunjukkan bahwa pemberian bubuk *Gracilaria gracilis* pada ikan dapat mengekspresikan beberapa enzim antioksidan, seperti superokksida dismutase, dan katalase yang meningkat seiring dengan peningkatan sistem imun tubuh.

## 2. Aktivitas Antimikroba dan Antibiotik

Resistensi mikroba terhadap beberapa antibiotik menyebabkan perlunya mencari agen antimikroba baru pada senyawa alami. Beberapa hasil penelitian kimia telah menunjukkan bahwa rumput laut mampu menghasilkan berbagai macam metabolit sekunder yang aktif secara biologis dengan struktur molekul yang unik dan tidak ditemukan pada organisme lain. Ketiga

kelompok rumput laut (*Chlorophyta* atau alga hijau, *Rhodophyta* atau alga merah, dan *Phaeophyceae* atau alga coklat) menunjukkan adanya aktivitas farmakologi, menghambat pertumbuhan bakteri, virus, dan jamur tertentu (Carlucci *et al.*, 1999). Rumput laut coklat dari spesies *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria spp.*, dan *Sargassum spp.* dapat digunakan untuk mencegah penyakit menular yang disebabkan oleh bakteri patogen (Liu *et al.*, 2012). Ekstrak metanol dari *Ulva lactuca* menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap bakteri patogen Gram positif (*Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, dan *Bacillus spp.*) dan negatif (*Escherichia coli*, *Klebsiella spp.*, *Pseudomonas aeruginosa*, dan *Salmonella typhi*) (Alghazeer *et al.*, 2013). Selain itu, Polisakarida sulfat seperti karagenan, fukoidan, dan rhamnogalaktan sulfat dapat menghambat dan melawan kerusakan sel yang dihasilkan oleh HIV-1 (Trinchero *et al.*, 2009 ; Patel, 2012 ; Jiao, *et al.*, 2011 ; Pati *et al.*, 2016). Beberapa rumput laut merah mengandung asam glukuronat tingkat tinggi, yang disebut glukurono-galakto-sulfat dan berperan sebagai antivirus (Munro, *et al.*, 1987). Dengan demikian maka rumput laut berperan penting sebagai agen antimikroba yang menjanjikan dalam pengobatan.

### 3. Aktivitas Antikanker dan Antitumor

Polisakarida rumput laut telah dilaporkan menunjukkan aktivitas antitumor dan antikanker (Gupta and Ghannam, 2011). Efeknya terhadap sel tumor terjadi melalui beberapa mekanisme kerja, seperti siklus penangkapan sel, depolarisasi membran mitokondria, kerusakan DNA, dan produksi oksida nitrat (Bilal and Iqbal., 2020). Beberapa studi pendahuluan telah menunjukkan bahwa antioksidan, khususnya β-karoten, dapat berperan dalam pengobatan kondisi prakanker seperti leukoplakia oral pada kanker mulut (Sithranga and Kathiresan., 2010). Hasil penelitian Narayani *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa fucoidan yang diekstrak dari rumput laut coklat *Sargassum cinereum* menunjukkan efek antikanker atau apoptosis yang kuat melalui pencegahan metastasis. Ji dan Ji (2014) menemukan bahwa laminaran komersial (400–1600 g/mL) dapat menghambat

pertumbuhan sel LoVo kanker usus besar manusia melalui jalur mitokondria. Fucoidan dan fucoxanthin merupakan metabolit rumput laut yang memiliki efek antitumor dan digunakan sebagai agen kemoterapi atau kemopreventif yang potensial. Fucoidan adalah polisakarida sulfat kaya L-fucose yang diekstraksi dari rumput laut coklat. Beberapa penelitian melaporkan bahwa fukoidan menunjukkan beberapa efek antikanker, termasuk induksi apoptosis dan penghambatan angiogenesis yang diinduksi tumor (Kwak, 2014 ; Van Weelden *et al.*, 2019)

#### 4. Aktivitas Antidiabetes

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa senyawa turunan alga dapat mengendalikan kadar gula darah melalui sensitasi insulin, penghambatan enzim hidrolisis karbohidrat dan enzim protein tirosin fosfatase 1B, efek pengambilan glukosa dan efek perlindungan lainnya terhadap komplikasi diabetes (Unnikrishnan and Jayasri, 2018). Agar yang dihasilkan dari alga merah merupakan polisakarida alami dengan kandungan serat pangan yang sangat tinggi. Kandungan serat yang tinggi pada rumput laut, terutama serat yang bersifat larut, seperti galaktan tersulfasi sebagai agar atau karagenan pada alga merah dapat menurunkan kadar glukosa sehingga mempunyai pengaruh positif pada diabetes (Plaza *et al.*, 2008). Makkar and Chakraborty., (2017) menunjukkan bahwa konsentrasi yang diperkaya poligalaktan sulfat dari *Gracilaria opuntia* dapat menekan respon hiperglikemik dalam kondisi diabetes dengan menggunakan metode yang berbeda secara *in vitro*.. Maeda *et al.*, (2005) juga melakukan penelitian diet agar-agar yang dikombinasikan dengan diet konvensional (makanan tradisional Jepang) untuk pasien obesitas dengan gangguan toleransi glukosa dan diabetes tipe 2. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa diet agar dan diet konvensional menghasilkan perbaikan resistensi insulin dan pemenuhan plasma puasa glukosa dalam studi klinis tersebut. Alga merah mengandung bromofenol yang berperan dalam penghambatan  $\alpha$ -glukosidase. Hal ini didukung oleh penelitian Kim *et al.*, (2008) yang menggunakan tikus sebagai hewan percobaan menunjukkan bahwa bromofenol,

2,4,6-tribromofenol dan 2,4-dibromophenol, yang dimurnikan dari alga merah *Gratelouphia elliptica* secara efektif menghambat  $\alpha$ -glukosidase, dan cukup menghambat sukrase dan maltase usus pada tikus. Mereka menyimpulkan bahwa bromofenol *G. elliptica* mempunyai potensi sebagai nutraceutical alami untuk mencegah diabetes melitus karena aktivitas penghambatan  $\alpha$ -glukosidase yang tinggi.

## 5. Aktivitas Lainnya

Rumput laut memiliki proporsi serat larut yang tinggi, yang dicirikan dengan kemampuannya meningkatkan viskositas, mengurangi respon glikemik dan kolesterol plasma (Elleuch *et al.*, 2011). Hal ini menyebabkan sehingga dalam proses fermentasi akan menghasilkan asam lemak rantai pendek (SCFA), terutama asetat, propionat, dan butirat, yang menyebabkan penurunan pH dan merangsang pertumbuhan mikroorganisme tertentu yang menghasilkan metabolisme bakteri baik di usus besar, yang dikenal sebagai efek prebiotik (Holdt and Kraan., 2011). Selain itu, SCFA juga memiliki a efek menguntungkan pada metabolisme kolesterol (Devillé *et al.*, 2007).

Rumput laut juga mempunyai efek positif dalam pengurangan risiko penyakit kardiovaskular , kadar trigliserida , serta diperlukan selama kehamilan dan laktasi untuk perkembangan sistem saraf pusat dan retina bayi. Lebih-lebih lagi, konsumsinya menunjukkan efek positif terhadap depresi pascapersalinan dan bipolar (Sirot *et al.*, 2012 ; Kris-Etherton *et al.*, 2009 ; Hibbeln *et al.*, 2006 ; Cornish *et al.*, 2017)

Ekstrak rumput laut merah juga berperan untuk melindungi saraf atau sebagai sumber alami agen neuroprotektif. Hal ini disebabkan karena adanya kandungan Enzim asetilkolinesterase (AChE) dan butyrylcholinesterase (BuChE), pada esktrak rumput laut merah yang berperan dalam mengendalikan penyakit Alzheimer dan Parkinson (Syad *et al.* 2016 ; Suganthy *et al.* 2010)

## DAFTAR PUSTAKA

- Ayala, F. J. and Kiger, J.A. 1984. Modern Genetics. 2nded. Menlo Park: The Benjamin/Cunning Publ.Co., Inc.
- Campbell NA, dkk. 2000. Biologi. Edisi Kelima. Jilid 1. Jakarta: Erlangga.
- Juwono., Juniarto, A.Z. 2003. Biologi Sel., EGC. Jakarta
- Abdel-Raouf N, Al-Enazi N. M., Al-Homaidan A. A, Ibraheem I. B.. M, AlOthman M. R., and Hatamleh A. A. 2015. Antibacterial  $\beta$ -Amyrin Isolated From *Laurencia microcladia*. Arabian J Chem, 8 : 32–7. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.09.033>
- Abdul Khalil, H. P. S., Lai, T. K, Tye, Y. Y., Rizal, S., Chong, E. W. N., Yap, S. W., Hamzah, A. A, Nurul Fazita, M. R., and Paridah, M. T. 2018. A Review of Extractions of Seaweed Hydrocolloids: Properties and Applications. Express Polym. Lett., 12, 296–317
- Afify, A. E. M. M. R., El-Beltagi, H. S., Aly, A. A, and El-Ansary, A. E 2012. Antioxidant Enzyme Activities and Lipid Peroxidation as Biomarker for Potato Tuber Stored by Two Essential Oils From Caraway and Clove and its Main Component Carvone and Eugenol. Asian Pac. J. Trop. Biomed., 2, S772–S780
- Ahn M. J., Yoon K.D., and Min S. Y. 2004. Inhibition of HIV-1 Reverse Transcriptase and Protease by phlorotannins from the Brown Alga *Ecklonia cava*. Biological & Pharmaceutical Bulletin, 27(4) : 544–547.,
- Alghazeer, R., Whida, F., Abduelrhman, E., Gammoudi, F., and Azwai, S. 2013, Screening of Antibacterial Activity in Marine Green, Red and Brown Macroalgae from the Western Coast of Libya. Nat. Sci., 5, 7–14
- Amlani, M. and Yetgin, S. 2022. Seaweeds: Bioactive Components and Properties, Potential Risk Factors, Uses, Extraction and Purification Methods. Mar. Sci. Technol. Bull., 11, 9–31
- Aryee, A. N., Agyei, D., and Akanbi, T. O. Recovery and utilization of Seaweed Pigments in Food Processing. Curr. Opin. Food Sci. 2018, 19, 113–119
- Aziz, A.T., Alshehri, M.A., Alanazi, N.A., Panneerselvam, C., Trivedi, S., Maggi, F., Sut, S., Dall'Acqua, S., 2020. Phytochemical analysis

- of *Rhazya stricta* extract and its use in fabrication of silver nanoparticles effective against mosquito vectors and microbial pathogens. *The Science of the Total Environment* 700, 134443. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134443>.
- Batista González, A. E., Charles, M. B., Mancini-Filho, J., and Vidal Novoa, A. 2009. Las Algas Marinas Como Fuentes de Fitofármacos Antioxidantes. *Rev. Cuba. Plantas Med.*, 14, 1–18.
- Baweja, P., Kumar, S., Sahoo, D., and Levine, I. 2016. Biology of seaweeds. In Fleurence, J., & Ira Levine, I. (Eds.), *Seaweed in Health and Disease Prevention* (pp. 41–106). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12- 802772-1.00003-8>
- Bilal, M., and Iqbal, H. M. N. 2020. Marine Seaweed Polysaccharides-Based Engineered Cues for The Modern Biomedical Sector. *Mar. Drugs* 18, 7
- Carlucci M., Ciancia M., Matulewicz M., Cerezo A., and Damonte E. 1999. Antiherpetic Activity and Mode of Action of Natural Carrageenans of Diverse Structural Types. *Antivir Res* 43:93–102. [https://doi.org/10.1016/s0166-3542\(99\)00038-8](https://doi.org/10.1016/s0166-3542(99)00038-8).
- Charoensiddhi S., Conlon M.A., Vuaran M.S., Franco C.M.M., Zhang W. 2017. Polysaccharide and Phlorotannin-Enriched Extracts of the Brown Seaweed *Ecklonia radiata* influence HUMAN GUT Microbiota and Fermentation *in Vitro*. *J. Appl. Phycol.* 29:2407–2416. doi: 10.1007/s10811-017-1146-y
- Chen, F., Tholl, D., Bohlmann, J., and Pichersky, E. 2011. The family of terpene synthases in plants: A mid-size family of genes for specialized metabolism that is highly diversified throughout the kingdom. *The Plant Journal: for Cell and Molecular Biology*, 66(1), 212–229. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2011.04520.x>
- Cherry, P., O'Hara, C., Magee, P. J./ Mcsorley, E. M., Allsopp, and P. J. Risks and Benefits of Consuming Edible Seaweeds. *Nutr. Rev.* 2019, 77, 307–329
- Cornish, M. L., Critchley, A. T., and Mouritsen, O. G. 2017. Consumption of Seaweeds and the Human Brain. *J. Appl. Phycol.* 29, 2377–2398.
- Costa, L. S., Fidelis, G. P., Cordeiro, S. L., Oliveira, R. M., Sabry, D. A., Ca'mara, R. B. G., Nobre, L. T. D. B., Costa, M. S. S. P., Almeida-Lima, J., Farias, E. H. C., Leite, E. L., and Rocha, H. A. O. 2010.

- Biological activities of sulfated polysaccharides from tropical seaweeds. *Biomed. Pharmacother.* 1, 21–28
- Cotas, J., Leandro, A., Monteiro, P., Pacheco, D., Figueirinha, A., Gonçalves, A. M. M., da Silva, G.J., and Pereira, L. 2020. Seaweed Phenolics: From Extraction to Applications. *Mar. Drugs*, 18, 384
- Cotas, J., Pacheco, D., Gonçalves, A. M., Silva, P., Carvalho, L. G., and Pereira, L. 2021. Seaweeds' nutraceutical and Biomedical Potential in Cancer Therapy: A Concise Review. *Journal of Cancer Metastasis and Treatment*, 7, 13. <https://doi.org/10.20517/2394-4722.2020.134>
- da Vaz, B.S., Moreira, J.B., De Moraes, M.G. and Costa, J.A.V. 2016. Microalgae as a New Source of Bioactive Compounds in Food Supplements. *Curr. Opin. Food Sci.*, 7, 73–77
- Daniel S., Cornelia S., and Fred Z 2004. UV-A sunscreen from Red Algae for Protection Against Premature Skin Aging. *Cosmet Toilet Manufact Worldw* 129:139–43
- Devillé, C., Gharbi, M., Dandrifosse, G., and Peulen, O. 2007. Study on The Effects of Laminarin, A Polysaccharide From Seaweed, on Gut Characteristics. *J. Sci. Food Agric.*, 87, 1717–1725.
- Echave, J., Otero, P., Garcia-Oliveira, P., Munekata, P. E., Pateiro, M., Lorenzo, J. M., and Prieto, M. A. 2022. Seaweed-derived proteins and peptides: Promising marine bioactives. *Antioxidants*, 11(1), 176. <https://doi.org/10.3390/antiox11010176>
- El-Beltagi, H. S., Mohamed, A. A., Mohamed, H. I., Ramadan, K. M., Barqawi, A. A., and Mansour, A. T. 2022. Phytochemical and Potential Properties of Seaweeds and Their Recent Applications: A review. *Mar. Drug.* , 20, 342
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., and Attia, H. 2011. Dietary Fibre and Fibre-Rich by-Products of Food Processing: Characterisation, Technological Functionality and Commercial Applications: A review. *Food Chem.* 124, 411–421
- Farvin, K. H. S., Jacobsen, C., Sabeena Farvin, K. H., and Jacobsen, C. 2013. Phenolic Compounds and Antioxidant Activities of Selected Species of Seaweeds from Danish Coast. *Food Chem.*, 138, 1670–1681
- Firdaus, M., 2011. Phlorotanin. Malang (ID): UB. Press.

- Fleurence, 2016. Seaweed Sustainability: Food And Nonfood Applications. 347–364. Eds Academic Press, London. Doi: 10.1016/b978-0-12-418697-2.00013-1
- Frikha, F., Kammoun, M., Hammami, N., Mchirgui, R.A., Belbahri, L., Gargouri, Y., Miled, N., and Ben-Rebah, F. 2011. Composición Química y algunas Actividades Biológicas de Algas Marinas Recolectadas en túnez. Ciencias Mar. 37, 113–124
- García-Poza, S., Leandro, A., Cotas, C., Cotas, J., Marques, J. C., Pereira, L., and Gonçalves, A. M. 2020. The evolution road of seaweed aquaculture: Cultivation technologies and the industry 4.0. International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(18), 6528. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186528>.
- Gómez-Guzmán, M., Rodríguez-Nogales, A., Algieri, F., and Gálvez, J. 2018. Potential role of seaweed polyphenols in cardiovascularassociated disorders.. Mar. Drugs, 16, 25
- Gullón, B., Gagaoua, M., Barba, F. J., Gullón, P., Zhang, W., and Lorenzo, J..M. 2020. Seaweeds as Promising Resource of Bioactive Compounds: Overview of Novel Extraction Strategies and Design of Tailored Meat Products. Trends Food Sci. Technol., 100, 1–18.
- Gupta, S., and Abu-Ghannam, N. 2011. Bioactive Potential and Possible Health Effects of Edible Brown Seaweeds. Trends Food Sci. Technol. 22, 315–326
- Hayes, M. 2015. Seaweeds: a nutraceutical and health food. In B. K Tiwari & D. J. Troy (Eds.), Seaweed sustainability: food and nonfood applications (pp. 365–387). Amsterdam: Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-418697-2.00014-3>
- Hentati F, Tounsi L, Djomdi D, Pierre G, Delattre C, Ursu AV, Fendri I, Abdelkafi S, and Michaud P. 2020. Bioactive Polysaccharides From Seaweeds. Molecules 25 (14): 3152. DOI: 10.3390/molecules25143152
- Hermund, D. B., Plaza, M., Turner, C., Jónsdóttir, R., Kristinsson, H. G., Jacobsen, C., and Nielsen, K. F. 2018. Structure Dependent Antioxidant Capacity of Phlorotannins from Icelandic *Fucus vesiculosus* by UHPLC-DAD-ECD-QTOFMS. Food Chem., 240, 904–909

- Hibbeln, J. R., Nieminen, L. R. G., Blasbalg, T. L., Riggs, J. A., and Lands, W. E. M. 2006. Healthy Intakes of n-3 and n-6 Fatty Acids: Estimations Considering Worldwide Diversity. *Am. J. Clin. Nutr.* 83, 1483S–1493S
- Holdt S. L and S. Kraan. 2011. Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol* 23: 543-597
- Hoseinifar S. H., Yousefi S., Capillo G., Paknejad H., Khalili M., and Tabarraei A. 2018. Mucosal Immune Parameters, Immune and Antioxidant Defence Related Genes Expression and Growth Performance of Zebrafish (*Danio rerio*) Fed on *Gracilaria gracilis* Powder. *Fish Shellfish Immunol* 83:232–7. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2018.09.046>
- Ji, C. F. and Ji, Y. B. 2014. Laminarin-Induced Apoptosis in Human Colon Cancer LoVo Cells. *Oncol. Lett.* 7, 1728–1732
- Jiao, G., Yu, G., Zhang, J., Ewart, H. S. 2011. Chemical Structures and Bioactivities of Sulfated Polysaccharides from Marine Algae. *Mar. Drugs* 9, 196–233
- Jiménez-Escríg, A., Jiménez-Jiménez, I., Pulido, R., and Saura-Calixto, F. Antioxidant Activity of Fresh and processed edible seaweeds. *J. Sci. Food Agric.* 2001, 81, 530–534
- Kalasariya H. S., Pereira L., and Patel N. B. 2022. Pioneering Role of Marine Macroalgae in Cosmeceuticals. *Phycologia*. 2 :1 72–203. doi: 10.3390/phycology2010010
- Kendel, M., Wielgosz-Collin, G., Bertrand, S., Roussakis, C., Bourgougnon, N., and Bedoux, G. 2015. Lipid composition, fatty acids and sterols in the seaweeds *Ulva armoricana*, and *Solieria chordalis* from Brittany (France): An analysis from nutritional, chemotaxonomic, and antiproliferative activity perspectives. *Marine Drugs*, 13(9), 5606–5628. <https://doi.org/10.3390/md13095606>
- Keyrouz, R., Abasq, M. L., Le Bourvellec, C., Blanc, N., Audibert, L., Argall, E., and Hauchard, D. 2011. Total Phenolic Contents, Radical Scavenging and Cyclic Voltammetry of Seaweeds from Brittany. *Food Chem.* 126, 831–836
- Khan, M.N.A.; Yoon, S.J.; Choi, J.S.; Park, N.G.; Lee, H.H.; Cho, J.Y.; Hong, Y.K. 2009. Anti-edema effects of brown seaweed (*Undaria*

- pinnatifida) extract on phorbol 12-myristate 13-acetate-induced mouse ear inflammation. Am. J. Chin. Med., 37, 373–381
- Kilinç B, Cirik S, Turan G H, and Koru, E. 2013. Seaweeds for food and industrial applications. Food Industry. In: Muzzalupo I (ed). InTech. Doi: <http://dx.doi.org/10.5772/53172>
- Kim, K, Nam, K, Kurihara, H, and Kim, S. 2008. Potent α-Glucosidase Inhibitors Purified from the Red Alga *Grateloupea elliptica*. Phytochemistry 69:2820–5. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2008.09.007>
- Klejdus, B., Lojková, L., Plaza, M., Šnóblová, and M., Šterbová, D. 2010. Hyphenated Technique for the Extraction and Determination of Isoflavones in Algae: Ultrasound-Assisted Supercritical Fluid Extraction Followed by Fast Chromatography with Tandem Mass Spectrometry. J. Chromatogr. A, 1217, 7956–7965
- Kolanjinathan, K, Ganesh, P. and Saranraj, P., 2014. Pharmacological Importance of Seaweeds: A Review. World Journal of Fish and Marine Sciences, 6(1), 1–15
- Koutsaviti, A, Ioannou, E, and Roussis, V. 2018. Bioactive Seaweed Substances. In Bioactive Seaweeds for Food Applications. Natural Ingredients for Healthy Diets; Qin, Y., Ed.; Academic Press: London, UK, pp. 25–52
- Kris-Etherton, P. M., Grieger, J. A, and Etherton, T. D. 2009. Dietary Reference Intakes for DHA and EPA. Prostaglandins Leukot. Essent. Fat. Acids 81, 99–104.
- Kwak, J. Y. 2014. Fucoidan as a Marine Anticancer Agent in Preclinical Development. Mar. Drugs, 12, 851–870
- Lahaye, M., and Robic, A. 2007. Structure and functional properties of ulvan, a polysaccharide from green seaweeds. Biomacromolecules, 8(6), 1765–1774. <https://doi.org/10.1021/bm061185q>
- Lee S. A, Moon S. M, Choi Y. H, Han S. H, Park B. R, Choi M. S, Kim J. S, Kim Y. H, Kim D. K, and Kim C. S. 2017. Aqueous Extract of Codium Fragile Suppressed Inflammatory Responses in Lipopolysaccharide-Stimulated RAW264.7 Cells and Carrageenaninduced rats. Biomed Pharmacother., 93 : 1055–64
- Liu, L, Heinrich, M., Myers, S., and Dworjanyn, S. A. 2012. Towards a

- Better Understanding of Medicinal Uses of The Brown Seaweed Sargassum in Traditional Chinese Medicine: A Phytochemical and Pharmacological Review. *J. Ethnopharmacol.* 142, 591–619
- Lüning, K and Pang, S.. 2003. Mass Cultivation of Seaweeds: Current Aspects and Approaches. *Journal of Applied Phycology.* 15(2) : 115 - 119. 10.1023/A:1023807503255.
- Maeda, H., Yamamoto, R., Hirao, K., and Tochikubo, O. 2005. Effects of Agar (Kanten) Diet on Obese Patients with Impaired Glucose Tolerance and Type 2 Diabetes. *Diabetes Obes Metabol* 7:40–6. <https://doi.org/10.1111/j.1463-1326.2004.00370.x>
- Mahadevan, K. 2015. Seaweeds: a sustainable food source. P. 347–364 in 'Seaweed Sustainability' by B.K. Tiwari and D.J. Troy (Eds). Published by Elsevier Inc. Seaweed sustainability – food and nonfood applications – ScienceDirect
- Makkar, F., and Chakraborty, K. 2017. Antidiabetic and Anti-Inflammatory Potential of Sulphated Polygalactans from Red Seaweeds *Kappaphycus alvarezii* and *Gracilaria opuntia*. *J Food Prop* 20:1326–37. <https://doi.org/10.1080/10942912.2016.1209216>
- Montero, L, del Pilar Sánchez-Camargo, A, Ibáñez, E, and Gilbert-López, B. 2017. Phenolic Compounds From Edible Algae: Bioactivity and Health Benefits. *Current Medicinal Chemistry*, 25(37), 4808–4826. <https://doi.org/10.2174/092986732466170523120101>
- Munro, M. H. G., Luibrand, R. T., and Blunt, J. W. 1987. The Search for Antiviral and Anticancer Compounds from Marine Organisms. In *Bioorganic Marine Chemistry*; Scheuer, P.J., Ed.; Springer-Verlag: Berlin, Germany, pp. 93–176. ISBN 978-3-642-72728-3
- Narayani, S. S., Saravanan, S., Ravindran, J., Ramasamy, M. S., and Chitra, J. 2019. In vitro Anticancer Activity of Fucoidan Extracted from *Sargassum cinereum* Against Caco-2 Cells. *Int. J. Biol. Macromol.* 138, 618–628
- Nešić, A., Cabrera-Barjas, G., Dimitrijević-Branković, S., Davidović, S., Radovanović, N., and Delattre, C. 2019. Prospect of polysaccharide-based materials as advanced food packaging. *Molecules*, 25(1), 135.
- Øverland M, Mydland L T, and Skrede A. 2019. Marine Macroalgae as

- Sources of Protein and Bioactive Compounds in Feed for Monogastric Animals. *J Sci Food Agric.* 99(1):13–24. . <https://doi.org/10.1002/jsfa.9143>
- Pal A, Kamthania M. C., and Kumar A. Bioactive Compounds and Properties of Seaweeds. A Review. *Open Access Libr J* 2014;1: 1–17. <https://doi.org/10.4236/oalib.1100752>
- Patel, S. 2012. Therapeutic importance of Sulfated Polysaccharides from Seaweeds: Updating the Recent Findings. *3 Biotech* 2, 171–185
- Pati, M. P., Sharma, S. D., Nayak, L., Panda, C. R. 2016. Uses of Seaweed and its Application to Human Welfare: A Review. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci.* 8, 12–20
- Pereira, A. G., Otero, P., Echave, J., Carreira-Casais, A., Chamorro, F., Collazo, N., and Prieto, M. A. 2021. Xanthophylls from the sea: Algae as source of bioactive carotenoids. *Marine Drugs*, 19(4), 188. <https://doi.org/10.3390/mdi19040188>.
- Philippus A.C , Zatelli G. A, and Wanke T,. Molecular Networking Prospection and Characterization of Terpenoids and C15-acetogenins in Brazilian Seaweed Extracts. *RSC Adv* 2018;8:29654–29661. doi: 10.1039/c8ra02802h
- Plaza, M., Cifuentes, A., and Ibáñez, E. 2008. In The Search of New Functional Food Ingredients from Algae. *Trends Food Sci Technol* 19: 31–9. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.07.012>
- Priya A, Anusha G, and Thanigaivel S. 2022. Removing Microplastics from Wastewater Using Leading-Edge Treatment Technologies: A Solution to Microplastic Pollution—A Review. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, pp. 1–13,
- Ramnani, P., Chitarrari, R., Tuohy, K., Grant, J., Hotchkiss, S., Philp, K., Campbell, R., Gill, C., and Rowland, I. 2012. In Vitro Fermentation and Prebiotic Potential of Novel Low Molecular Weight Olysaccharides Derived From Agar and Alginate Seaweeds. *Anaerobe* ,18, 1–6
- Ramos-Romero, S., Torrella, J. R., Pagès, T., Viscor, G., and Torres, J. L. 2021. Edible Microalgae and Their Bioactive Compounds in The Prevention and Treatment of Metabolic Alterations. *Nutrients*, 13, 563
- R. R. Remya, S. R. R. Rajasree, T. Y. Suman et al., "Laminarin based

- AgNPs using brown seaweed *Turbinaria ornata* and its induction of apoptosis in human retinoblastoma Y79 cancer cell lines," Materials Research Express, vol. 5, no. 3, p. 35403, 2018
- R. R. Remya, S. R. R. Rajasree, T. Y. Suman et al., "Laminarin based AgNPs using brown seaweed *Turbinaria ornata* and its induction of apoptosis in human retinoblastoma Y79 cancer cell lines," Materials Research Express, vol. 5, no. 3, p. 35403, 2018
- R. R. Remya, S. R. R. Rajasree, T. Y. Suman et al., "Laminarin based AgNPs using brown seaweed *Turbinaria ornata* and its induction of apoptosis in human retinoblastoma Y79 cancer cell lines," Materials Research Express, vol. 5, no. 3, p. 35403, 2018
- Reddy P., and Urban S. 2009. Meroditerpenoids from The Southern Australian Marine Brown Alga *Sargassum fallax*. *Phytochemistry*. 70 : 250–255. doi: 10.1016/j.phytochem.2008.12.007
- Remya R. R., Rajasree S. R. R., and Suman T. Y. 2018. Laminarinbased AgNPs using brown seaweed *Turbinaria ornata* and its induction of apoptosis in human retinoblastoma Y79 cancer cell lines. Materials Research Express, 5 (3), p. 35403,
- Rodrigo, R., Miranda, A., and Vergara, L. 2011. Modulation of Endogenous Antioxidant System by Wine Polyphenols in Human Disease. *Clin. Chim. Acta*, 412, 410–424
- Rupérez P. and Fulgencio S. C. 2001. Dietary fibre and physicochemical properties of 502 edible Spanish seaweeds. *Eur Food Res Technol* 212: 349–354
- Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J., and PaseiroLosada, P. 2004. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food Chemistry*, 85(3), 439–444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.001>
- Sari-Chmayssem, N., Taha, S., Mawlawi, H., Guégan, J. P., Jeftić, J., and Benvegnu, T. 2019. Extracted Ulvans from green seaweeds *Ulva linza* of Lebanese origin and amphiphilic derivatives: Evaluation of their physico-chemical and rheological properties. *Journal of Applied Phycology*, 31(3), 1931–1946. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1668-y>.
- Santos, S. A. O., Félix, R., Pais, A. C. S., Rocha, S. M., and Silvestre, A. J.

- D. 2019. The quest for phenolic compounds from macroalgae: A review of extraction and identification methodologies. *Biomolecules*, 9, 847
- Sánchez-Machado D., López-Hernández J., Paseiro-Losada P., and López-Cervantes J. 2004. An HPLC method for the quantification of sterols in edible seaweeds. *Biomed Chromatogr*, 18:183–90. <https://doi.org/10.1002/bmc.316>
- Schagen S. K., Zampeli V. A., Makrantonaki E., and Zouboulis C. C. 2012. Discovering the Link Between Nutrition and Skin Aging. *Derm Endocrinol* 4:298–307. <https://doi.org/10.4161/derm.22876>
- Sekar, S., and Chandramohan, M., 2008. Phycobiliproteins as a Commodity: Trends in Applied Research, Patents and Commercialization. *J Appl Phycol.* 20:113–136. doi: 10.1007/s10811-007-9188-1.
- Shelar, P. S., Reddy, V. K., Shelar, G. S., and Reddy, G. V. S 2012. Medicinal Value of Mangroves and its Antimicrobial Properties-a review. *Continental J. Fisheries and Aquatic Science*, 6(1), 26–37.
- Sirot, V., Dumas, C., Desquillet, L., Mariotti, F., Legrand, P., Catheline, D., Leblanc, J. C., and Margaritis, I. A Restricted Cubic Spline Approach to Assess the Association Between High Fat Fish Intake and Red Blood cell EPA + DHA Content. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.* 2012, 22, 318–326
- Sithranga Boopathy, N., and Kathiresan, K. 2010. Anticancer drugs from Marine Flora: An Overview. *J. Oncol.*
- Stagos, D., Amoutzias, G. D., Matakos, A., Spyrou, A., Tsatsakis, A. M., and Kouretas, D. 2012. Chemoprevention of Liver Cancer by Plant Polyphenols. *Food Chem. Toxicol.* 50, 2155–2170
- Suganthy ,N, Karutha, P. S., and Pandima, D. K 2010. NeuRoprotective Effect of Seaweeds Inhabiting South Indian Coastal Area (Hare Island, Gulf of Mannar Marine Biosphere Reserve): Cholinesterase Inhibitory Effect of *Hypnea valentiae* and *Ulva reticulata*. *Neurosci Lett* 468:216–219. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2009.11.001>
- Sun, L., Wang, C., Shi, Q., and Ma, C. 2009. Preparation of Different Molecular Weight Polysaccharides from Porphyridium cruentum and Their Antioxidant Activities. *Int. J. Biol.*

- Macromol. 45, 42–47.
- Syad, A. N., Rajamohamed, B. S., Shunmugaiah, K. P., Kasi, P. D. 2016. Neuroprotective Effect of the Marine Macroalga *Gelidiella acerosa*. Identification of Active Compounds Through Bioactivity-Guided Fractionation. Pharm Biol 54:2073–2081. <https://doi.org/10.3109/13880209.2016.1145700>
- Thiyagarasaiyar, K., Goh, B. H., Jeon, Y. J., and Yow, Y. Y. Algae Metabolites in Cosmeceutical: An overview of Current Applications and Challenges. Mar. Drugs 2020, 18, 323. <https://doi.org/10.3390/md18060323>
- Trinchero, J., Ponce, N. M. A., Córdoba, O. L., Flores, M. L., Pampuro, S., Stortz, C. A., Salomón, H., and Turk, G. 2009. Antiretroviral Activity of Fucoidans Extracted from the Brown Seaweed *Adenocystis Utricularis*. Phyther. Res. 23, 707–712.
- Ulaganathan, T., Boniecki, M. T., Foran, E., Buravenkov, V., Mizrahi, N., Banin, E., and Cygler, M. 2017. New ulvan-degrading polysaccharide lyase family: Structure and catalytic mechanism suggests convergent evolution of active site architecture. ACS Chemical Biology, 12(5), 1269–1280. <https://doi.org/10.1021/acschembio.7b00126>.
- Unnikrishnan, P. S., and Jayasri, M. A. 2018. Marine Algae As a Prospective Source for Antidiabetic Compounds—A Brief Review. Curr. Diabetes Rev. 14, 237–245
- Van Weelden, G., Bobi ´nski, M., Okta, K., Van Weelden, W. J., Romano, A., and Pijnenborg, J. M. A. 2019. Fucoidan Structure and Activity in Relation to Anti-Cancer Mechanisms. Mar. Drugs 17, 32
- Vermerris, W., and Nicholson, R. 2006. Phenolic Compound Biochemistry (Ed.). Belanda: Springer
- Wang, T., Jónsdóttir, R., and Ólafsdóttir, G. 2009. Total Phenolic Compounds, Radical Scavenging and Metal Chelation of extracts from Icelandic Seaweeds. Food Chem., 116, 240
- Wang H. M. D., Li X. C., Lee D. J., and Chang J. S. 2017. Potential Biomedical Applications of Marine Algae. Bioresour Technol, 244 : 1407–15. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.05.198>
- Wang L., Oh J. Y., Kim Y. S., Lee H. G., Lee J. S., and Jeon Y. J. 2020. Anti-Photoaging and Anti-Melanogenesis Effects of Fucoidan

- Isolated from *Hizikia Fusiforme* and its Underlying Mechanisms," *Marine Drugs*, vol. 18, (8) : 427
- Wijesekara, I., Kim, S. K., Li, Y., and Li, Y. X. 2011. Phlorotannins as Bioactive Agents from Brown Algae. *Process Biochem.* 46, 2219–2224
- Xu, T., Sutour, S., Casabianca, H., Tomi, F., Paoli, M., Garrido, M., Pasqualini, V., Aiello, A., Castola, V., and Bighelli, A. 2015. Rapid Screening of Chemical Compositions of *Gracilaria dura* and *Hypnea mucisformis* (*Rhodophyta*) from Corsican Lagoon. *Int. J. Phytocosmetics Nat. Ingred.*, 2, 8
- Zheng, J., Chen, Y., Yao, F., Chen, W., and Shi, G. 2012. Chemical Composition and Antioxidant/Antimicrobial Activities in supercritical Carbon Dioxide Fluid Extract of *Gloiopeltis Tenax*. *Marine Drugs*, 10(12), 2634–2647.  
<https://doi.org/10.3390/md1012263>

# BAB 9

# PERANAN RUMPUT LAUT DALAM FORMULASI PENGEMBANGAN PRODUK PANGAN FUNGSIONAL

Oleh I Ketut Budaraga

## 9.1 Pendahuluan

Perkembangan berbagai sektor di negara Indonesia, terutama disektor ekonomi telah menyebabkan terjadinya perubahan gaya hidup rakyat Indonesia. Perubahan gaya hidup tersebut turut mempengaruhi pola makan masyarakat yang cenderung memilih makanan cepat saji yang lebih banyak mengandung lemak dan karbohidrat. Pola makan yang demikian ternyata memberikan dampak buruk bagi kesehatan, yaitu timbulnya penyakit degenerative, seperti hiperkolesterol dan diabetes mellitus. Untuk itu disarankan pertunya mengkonsumsi makanan berkarbohidrat untuk menghambat atau mengurangi timbulnya penyakit tersebut. Salah satu bahan makanan yang mengandung karbohidrat adalah rumput laut.

Indonesia merupakan produsen rumput laut terbesar di dunia dengan memasok sekitar 50% kebutuhan dunia yang mencapai 1,9 juta ton/tahun rumput laut kering. Terdapat sekitar 782 jenis rumput laut yang tumbuh di perairan Indonesia, 56 jenis di antaranya bermanfaat dan memiliki nilai ekonomis penting (Dwiyatno, 2011). Rumput laut atau dikenal dengan makroalgae merupakan salah satu organisme perairan yang menjadi sumber daya hayati laut. Rumput laut terdiri dari berbagai jenis yaitu rumput laut 2 merah (Rhodophyta), rumput laut coklat (Phaeophyceae), rumput laut hijau (Chlorophyceae) dan rumput laut hijau-biru (Chyonophyceae). Pemanfaatan rumput laut secara ekonomis di Indonesia masih terbatas pada beberapa spesies tertentu, yakni Gracillaria sp. dan Euchema sp., sedangkan potensi pemanfaatan rumput laut di Indonesia sangat besar. Salah satu jenis

rumput laut yang jarang dimanfaatkan adalah *Caulerpa* sp (Merdekawati dan Susanto, 2009).

*Caulerpa lentilifera* (anggur laut) merupakan salah satu jenis rumput laut hijau (Chlorophyceae) yang dikenal sebagai anggur laut dan dapat dimakan sebagai lalapan serta sudah dibudidayakan di Indonesia (Takalar, Sulawesi Selatan) dan dieksport ke Jepang. Selain sebagai konsumsi, anggur laut tersebut digunakan sebagai imunostimulator, anti bakteri, anti mikroba, anti jamur dan anti tumor (Maeda\* et al., 2012; Roohinejad et al., 2017; Sharma & Rhyu, 2014). Aktivitas antioksidan dan kandungan fenolik yang tinggi juga terdapat pada *C. Lentilifera* (Shevchenko et al., 2009; Konishi et al., 2012). Kandungan metabolit sekunder dari *C. lentilifera* diantaranya klionasterol, 1,4- $\alpha$ -glukan dan 1,3- $\alpha$ -glukan (Maeda et al., 2012). Senyawa glukan ini salah satunya berperan penting sebagai imunomodulator. Produk pangan fungsional sebagai imunomodulator dari bahan laut khususnya dari rumput laut hijau belum banyak dikembangkan.

Indonesia sebagai negara maritim yang luas mempunyai keanekaragaman jenis rumput laut yang tinggi sehingga memberikan peluang yang besar untuk usaha eksplorasi senyawa bioaktif, di antaranya: pigmen dan antioksidan. Pigmen rumput laut selain berfungsi sebagai pewarna, juga mempunyai banyak manfaat bagi kesehatan. Komposisi senyawa bioaktif, teristimewa pigmen rumput laut yang sangat bervariasi memberikan keunikan tersendiri yang hingga saat ini belum banyak terungkap (Basir et al. 2017; Arifianti et al. 2017; Rehoran et al. 2017; Merdekawati dan Susanto 2009).

Jenis-jenis fotosintetik pigmen rumput laut terdiri dari klorofil (a, b, c), karotenoid (karoten dan xantofil) dan fikobilin (fikoeritrin dan fikosianin) (Nasir et al. 2015; Sanger et al. 2017). Alga laut dapat bermanfaat sebagai antioksidan (Fung et al. 2013; Yan et al. 2014), antibakteri (Renhoran et al. 2016; Basir et al. 2017), antihelmitik, antikolesterol, pengobatan gumpalan, pembengkakan, analgesik, antipiretik, antiperadangan, antidiabetes, antikanker dan lain-lain (Kim et al. 2008; Chew et al. 2008; Ganesan et al. 2008).

Antioksidan merupakan senyawa yang mampu menghambat oksidasi molekul lain. Mekanisme kerja antioksidan terdiri dari: menangkap radikal bebas, menghambat inisiasi rantai, menghambat

dekomposisi peroksida, mencegah berlanjutnya abstraksi hidrogen, daya reduksi dan pengikatan katalis ion logam transisi (Vinayak et al. 2010; Naidu et al. 2013). Tubuh manusia tidak mempunyai sistem pertahanan antioksidatif yang berlebihan, sehingga jika terpapar radikal bebas berlebihan tubuh membutuhkan antioksidan eksogen. Kekhawatiran terhadap efek samping antioksidan sintetik yaitu bersifat karsinogenik, berdasarkan uji toksikologi dapat memicu berkembangnya sel-sel kanker (Kumar et al. 2008), maka antioksidan alami menjadi alternatif terpilih. Antioksidan alami mampu melindungi tubuh terhadap kerusakan yang disebabkan spesies oksigen reaktif tanpa efek samping, mampu menghambat penyakit degeneratif serta mampu menghambat peroksidasi lipid (Ganesan et al. 2008).

Antioksidan dari rumput laut telah banyak dilaporkan di antaranya sumber nutraceutika dari *Sargassum aquifolium* (Firdaus 2013), ekstrak rumput laut *Turbinaria conoides* sebagai bahan baku kosmetik (Nurjanah et al. 2015; Yanuarti et al. 2017; Luthfiyana et al. 2017; Maharany et al. 2017; Dolorosa et al. 2017), serta sebagai sediaan garam rumput laut bagi pasien hipertensi (Diachanty et al. 2017; Nufus et al. 2017, Nurjanah et al. 2018).

Rumput laut tidak hanya mengandung molekul antioksidan labil (asam askorbat, glutathion) waktu segar, tetapi juga mengandung molekul antioksidan stabil (karotenoid, mikosporin-asam amino, serta beberapa polifenol seperti katekhin dan phlorotannin) (Indu 2013). Alga merah mengandung antioksidan *antheraxanthin* (karotenoid), phiikoeritrin (pigmen bikobilin), galaktan dan sulfat galaktan. Alga hijau *Halimeda* sp. Mengandung katekhin (polifenol) dan alga cokelat mengandung fukosantin, phlorotannin dan polisakarida sulfat. Alga cokelat *Sargassum* sp. mengandung asam askorbat dan senyawa aktif *S. fillipendula* merupakan karotenoid dan asam benzene dikarboksil (Pereira et al. 2012). Kebutuhan akan pangan fungsional saat ini semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan manfaatnya untuk kesehatan. Pangan dapat dikembangkan sebagai pangan fungsional salah satunya yang mengandung PUFA, serat dan antioksidan tinggi. Kecukupan diet yang direkomendasikan RDA (*Recommended Dietary Allowance*) untuk pemenuhan antioksidan tidak ada, namun untuk mencukupi kebutuhan antioksidan tubuh dianjurkan mengonsumsi setengah porsi buah dan

sayur dalam hidangan makanan utama (IFT 2011). Konsumsi vitamin C untuk mengurangi risiko penyakit jantung, stroke dan kanker pada individu sehat yang direkomendasikan RDA adalah sebesar 120 mg/hari (LPI 2016). Produk pigmen atau yang biasa disebut green food, dapat berfungsi sebagai pangan fungsional atau suplemen yang kaya akan nutrisi dan serat alami, maupun sebagai obat untuk kanker, detoksifikasi dan luka bakar (Merdekawati dan Susanto 2009).

Beberapa jenis pengolahan pangan memiliki sifat yang dapat meningkatkan kandungan bioaktif adalah penambahan cabai merah (*Capsicum annum L*) dalam pembuatan nugget wortel daging ayam probiotik halal dapat meningkatkan kualitas mutu makanan dengan senyawa antioksidan yang terdapat dalam cabai merah tersebut. Cabai merupakan sumber vitamin dan nutrisi yang sangat bermanfaat seperti senyawa capsaisin pigmen capsantin, carotenoid, protein, selulosa, pentosan, unsur-unsur mineral, alkaloid, atsiri, dan resin. Biji cabai mengandung solanin, solamidin, solamargin, solasodin, dan solasomin. Kandungan vitamin yang dilaporkan dalam buah cabai adalah vitamin C, A, B1 (thiamine), B2 (riboflavin), B3 (niacin), dan E. Kandungan vitamin C dalam cabai lebih tinggi dari jeruk yaitu 18 mg. Buah cabai ketika masak atau berwarna merah, vitamin C-nya akan hilang. Kandungan vitamin A pada cabai lebih tinggi dari wortel yaitu sebesar 470 SI (Hernani, 2006).

Peran komponen bioaktif pada pangan fungsional masih terus dikembangkan untuk mencegah penyakit. Akan tetapi, manfaat dari pangan fungsional dalam upaya meningkatkan sistem imun tubuh telah banyak terbukti, sehingga konsumsi pangan fungsional yang cukup sangat dianjurkan. Terlebih pada era pandemik saat ini, masyarakat akan lebih meningkatkan kepedulian dan konsumsi terhadap produk-produk yang memiliki fungsi peningkatan sistem kekebalan tubuh seperti olahan rumput laut, termasuk produk pangan fungsional yang mengandung bioaktif alami yang notabene lebih ramah terhadap tubuh dibandingkan dengan produk sintetik.

Pemanfaatan rumput laut secara ekonomis sudah dilakukan oleh beberapa negara. Tiongkok dan Jepang sudah dimulai sejak tahun 1670 sebagai bahan obat-obatan, makanan tambahan, kosmetika, pakan ternak, dan pupuk organik. Pemanfaatan rumput laut di Indonesia sampai saat ini terbatas sebagai bahan makanan

bagi penduduk yang tinggal di daerah pesisir dan belum banyak kalangan industri yang mau melirik potensi rumput laut ini. Di Indonesia rumput laut sudah lama dimanfaatkan penduduk pantai untuk sayur, lalapan, acar, kue, puding, dan manisan. Salah satu jenis rumput laut yang banyak ditemukan adalah dari genus *Gracilaria*. *Gracilaria* memiliki ciri sebagai berikut; thalli silindris, licin, warna coklat-hijau atau, menempel pada substrat dengan cakram kecil. *Gracilaria* dimanfaatkan sebagai bahan baku yang dipakai untuk pembuatan agar-agar bagi industri agar-agar dalam negeri. *Gracilaria* hampir bisa ditemui di perairan laut Indonesia, dan salah satunya di laut utara Jawa tepatnya di Jepara [8]. Di Jepara, *Gracilaria* biasanya dimanfaatkan masyarakat pesisir sebagai kudapan, atau lalapan. Hingga kini, masih sedikit rumput laut yang diketahui komposisi nutrisi dan potensi senyawa bioaktifnya.

## 9.2 Pengertian Pangan Fungsional

Saat ini pangan telah diandalkan untuk menjaga kesehatan dan kebugaran tubuh, bahkan bila dimungkinkan, pangan dapat dimanfaatkan untuk menyembuhkan atau menghilangkan efek negatif dari penyakit tertentu, kenyataan tersebut membuat manusia tidak sekedar mengkonsumsi bahan pangan untuk memenuhi kebutuhan dasar tubuh (yaitu bergizi dan lezat), tetapi juga dapat bersifat fungsional. Meski belum ada satu definisi yang baku, secara umum makanan fungsional diartikan sebagai makanan yang mampu memberikan efek menguntungkan bagi kesehatan disamping efek nutrisi yang secara prinsip memang dimiliki oleh makanan (Winarti, 2010). Sebagai perkembangan lebih lanjut, kini muncul produk pangan yang secara nutrisi telah dimodifikasi, dan secara terbuka (dalam labelnya) diklaim memiliki khasiat kesehatan tertentu. Produk pangan jenis ini dikenal sebagai makanan fungsional (functional food), yang antara lain mencakup makanan yang mengandung mineral (kalsium), vitamin dan serat terlarut (soluble fibre), termasuk cookies rendah kalori yang diperkaya dengan serat (dietary fibre), (Winarti, 2010). Makanan fungsional harus memenuhi kriteria yang berkaitan dengan dasar (ilmiah) klaim kesehatan, takaran dan keamanan konsumsi, serta bentuk penyajian yang tertentu saja, harus berbeda dengan

produk obat-obat. Dalam negara regulasi FDA (Food and Drug Administration) Amerika serikat, yang di introdusikan dua tahun yang lalu, telah diijinkan beberapa jenis klaim kesehatan untuk produk pangan. Pangan yang disetujui pelabelannya harus mengandung nutrien yang bila dikonsumsi dalam jumlah tertentu memiliki pengaruh positif terhadap resiko penyakit (misalnya : kalsium), atau nutrient yang dikhawatirkan (misalnya : lemak) dibawah kadar tertentu. Pangan fungsional dibedakan dari suplemen makanan atau obat berdasarkan penampakan dan pengaruhnya terhadap kesehatan. Kalau obat fungsinya terhadap penyakit bersifat kuratif, maka pangan fungsional hanya bersifat membantu pencegahan suatu penyakit (Badan POM, 2001).

Menurut Winarti (2010:3) istilah pangan fungsional dipilih dari sederet istilah yang pernah dipopulerkan sebelumnya seperti pharmafoods, disegner foods, nutraceutical food, healt food, therapeutic food, dan banyak lagi. Secara mudah dapat dikatakan bahwa pangan fungsional adalah pangan yang berpengaruh positif terhadap kesehatan seseorang, jadi dalam hal ini beberapa faktor plus bagi kesehatan yang diperoleh karena adanya komponen aktif pada bahan pangan tersebut adalah merupakan keharusan. Menurut Winarti (2010) komponen bioaktif yang terdapat pada makanan fungsional adalah serat pangan (*dietary fiber*), Probiotik, prebiotik, synbiotik, antioksidan, asam lemak omega-3,omega 6, omega 9, dan senyawa fitokimia. Makanan fungsional dibuat dengan cara-cara yang umum digunakan dalam pembuatan produk makanan pada umumnya. Hanya saja dalam formulasi dan pengolahannya perlu diperhatikan sifat-sifat kestabilan dari komponen yang ditambahkan agar fungsi fisiologisnya dapat dipertahankan. Makanan fungsional adalah salah satu produk makanan fungsional yang banyak di hasilkan industry pangan. Melalui makanan, komponen-komponen fungsional dapat dengan mudah diformulasikan serta dapat digunakan dengan cepat oleh tubuh setelah dikonsumsi. Meskipun demikian, hanya komponen-komponen yang dapat didispersikan secara merata yang dapat diformulasikan ke dalam makanan fungsional. Pangan fungsional yang diperkaya dengan beberapa komponen berkhasiat sekaligus, juga merupakan pilihan yang banyak dapat ditemukan. Seperti misalnya cookies tepung gapplek substitusi tepung bawang putih yang diperkaya

dengan protein, karbohidrat dan lemak. Komponen ini merupakan zat organik yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan tubuh manusia serta untuk kelangsungan hidupnya. Disamping itu, sebagian besar bawang mengandung zat-zat seperti : kalsium, besi serta unsur kimia lainnya : bahkan jenis bawang tertentu mengandung vitamin A dan serat (crude fibre). Selain itu Bawang putih digunakan sebagai obat dalam seperti : mengurangi kadar kolesterol dalam darah, mencegah serangan jantung, menstabilkan sistem pencernaan yang terganggu, meningkatkan daya tahan tubuh, mengobati nyeri sendi, menghambat penuaan sel otak, mengurangi gejala diabetes melitus, asma dan lain sebagainya. Sebagai obat luar digunakan untuk mengobati jerawat, bisul, sakit gigi, infeksi jamur pada kaki, infeksi telinga, mengobati panu, kadas, kurap dan lain sebagainya (Syamsiah dan Tajudin, 2003).

Makanan fungsional adalah makanan siap konsumsi yang digunakan sebagai makanan selingan yang secara alami maupun melalui proses, mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan kajian – kajian ilmiah di anggap mempunyai fungsi-fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan. Serta di konsumsi sebagaimana layaknya makanan, mempunyai karakteristik sensori berupa penampakan warna, tekstur dan citarasa yang dapat di terima oleh masyarakat (Winarti, 2010).

Belum ada pengertian secara pasti mengenai makanan fungsional. Istilah mengenai makanan fungsional pertama kali diperkenalkan di Jepang pada tahun 1980an, dan mengacu pada makanan olahan bernutrisi yang memberi manfaat secara spesifik pada fungsi tubuh (Subirade, 2007). British Nutrition Foundation (2009) menjelaskan bahwa makanan fungsional dapat berupa makanan ataupun minuman yang memberikan manfaat secara positif terhadap kesehatan sesuai dengan kandungan nutrisi, contoh makanan fungsional adalah minuman probiotik seperti yogurt, foodbar/ makanan diperkaya serat, sereal, dan keju. Makanan fungsional dianggap dapat memberikan gizi melebihi kebutuhan gizi standar, dan dapat mengurangi resiko penyakit tertentu dan menjaga kondisi kesehatan (IFIC 2007). Makanan fungsional hasil dari kolaborasi antara ilmu pengetahuan dan kebutuhan manusia terhadap makanan sehat (Martirosyan & Singh, 2015). Menurut Mankin (2006) dalam Rezai

et al. (2012) makanan fungsional dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok, yaitu 1) menambah kesehatan tubuh seperti meningkatkan fungsi pencernaan dengan minuman probiotik atau prebiotik. 2) Makanan fungsional dirancang untuk mengurangi resiko kesehatan seperti kolesterol tinggi atau tekanan darah tinggi. 3) Makanan fungsional membuat hidup konsumen lebih mudah dengan produk produk bebas laktosa dan produk bebas gluten. Makanan fungsional yang mengandung bahan-bahan bioaktif, vitamin, probiotik, dan anti oksidan telah banyak diteliti dan mendapat perhatian yang tinggi dari konsumen (Betoret et al. 2011). Kurang pastinya definisi makanan fungsional antar lembaga pemerintahan dengan lembaga kesehatan masyarakat ataupun dengan kelompok peneliti membuat beberapa klaim kesehatan dari makanan fungsional tidak diatur dengan tepat, sehingga muncul keraguan dari konsumen (Martirosyan & Singh, 2015). Para kelompok peneliti dan produsen makanan yang mengembangkan makanan fungsional untuk memenuhi kebutuhan nutrisi manusia dalam menjalankan aktivitas harus dapat didukung oleh pemerintah untuk menyakinkan konsumen mengenai manfaat makanan fungsional.

Pangan fungsional menurut konsensus pada *The First International Conference on East Wes Perspective on Functional Food* (1996) adalah pangan yang kandungan komponen aktifnya dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, di luar manfaat yang diberikan oleh zat-zat gizi konvensional yang terkandung di dalamnya. Pangan fungsional merupakan pangan yang memiliki kandungan komponen aktif yang dapat memberikan manfaat bagi kesehatan, selain manfaat yang diberikan oleh zat yang terkandung didalamnya (Astawan, 2011). Menurut BPOM pangan fungsional adalah pangan yang secara alami maupun melalui proses mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan kajian ilmiah dan memiliki fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Pangan fungsional memiliki karakteristik sensori berupa warna, terkstur, rasa, aroma serta daya penerimaan konsumen. Selain tidak memberikan kontra indikasi dan tidak memberi efek samping pada jumlah penggunaan yang dianjurkan terhadap metabolisme zat gizi lainnya. Para ilmuwan Jepang menekankan pada tiga fungsi dasar pangan fungsional sebagai berikut (Astawan, 2011): 1. Sensory (warna yang menarik dan

cita rasanya yang disukai), 2. Nutritional (memiliki nilai gizi tinggi) 3. Physiological (memberikan pengaruh fisiologis yang menguntungkan bagi tubuh). Pangan fungsional memiliki beberapa fungsi fisiologis seperti, Pencegahan dari timbulnya penyakit, Meningkatnya daya tahan tubuh, Regulasi kondisi ritme fisik tubuh, Memperlambat proses penuaan, dan Menyehatkan kembali (*recovery*). Pangan fungsional saat ini menjadi trend dalam perkembangan pangan di dunia dan dipandang sebagai revolusi perkembangan pangan. Pangan fungsional berupa makanan dan minuman namun bukan dalam bentuk obat. Menurut Winarno dan Kartawidjajaputra (2007), menyebutkan bahwa terdapat tiga faktor yang mempengaruhi pangan fungsional yaitu: 1. Produk tersebut haruslah suatu produk pangan (bukan kapsul, tablet, atau bubuk) yang berasal dari bahan / ingredient yang terdapat secara alami 2. Produk tersebut dapat danelayaknya dikonsumsi sebagai bagian dari diet atau menu sehari-hari. 3. Produk memiliki fungsi tertentu pada waktu dicerna, memberikan peran dalam proses tubuh tertentu, seperti memperkuat pertahanan tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu tubuh untuk mengendalikan kondisi tubuh setelah terserang penyakit, menjaga kondisi fisik dan mental, memperlambat proses penuaan dan sebagainya.

### 9.3 Persyaratan Pangan Fungsional

Mary K Schmild dalam salah satu paparannya menyampaikan ada satu hal utama yang membedakan pangan dengan obat. Obat bersifat treatment (perlakuan 27 penyembuhan), sedangkan pangan fungsional lebih bersifat mengurangi resiko. Pada obat, efek harus dirasakan segera, sedangkan pada pangan fungsional lebih pada keuntungan di masa mendatang. pemberian obat lebih ditujukan pada populasi tertentu (orang dengan penyakit tertentu). Sedang makanan fungsional berpeluang dimanfaatka oleh siapa saja dengan kemungkinan cakupan konsumen yang lebih luas. Dari segi keamanannya, pertimbangan penggunaan obat lebih didasarkan pada pertimbangan keuntungan lebih besar dari resiko, sedang pada pangan fungsional sisi keamanan harus menjadi pertimbangan utama.

Beberapa persyaratan yang harus dimiliki oleh suatu produk agar dapat dikatakan sebagai makanan fungsional menurut Winarti

(2010:5): a. Harus merupakan produk pangan (bukan berbentuk kapsul, tablet, atau bubuk) yang berasal dari bahan (ingredien) alami. b. Dapat dan layak dikonsumsi sebagai bagian dari diet atau menu sehari-hari. c. Mempunyai fungsi tertentu pada saat dicerna, serta dapat memberikan peran dalam proses tubuh tertentu, seperti: memperkuat mekanisme pertahanan tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu mengembalikan kondisi tubuh setelah sakit tertentu, menjaga kondisi fisik dan mental, serta memperlambat proses penuaan.

Kemudian, pangan fungsional adalah pangan yang memiliki manfaat tambahan bagi kesehatan tubuh selain sebagai sumber zat gizi. Untuk dapat dikategorikan sebagai pangan fungsional, ada beberapa persyaratan yang harus dipenuhi, antara lain:

1. Mengandung zat-zat bioaktif: Pangan fungsional harus mengandung zat-zat bioaktif seperti vitamin, mineral, serat pangan, asam lemak omega-3, antioksidan, probiotik, prebiotik, fitokimia, dan sebagainya. Zat-zat ini memiliki efek positif pada kesehatan tubuh.
2. Mampu memberikan manfaat kesehatan: Pangan fungsional harus memiliki manfaat kesehatan yang terbukti. Manfaat ini bisa berupa meningkatkan fungsi sistem tubuh, mencegah penyakit, mengurangi risiko penyakit, atau membantu pemulihan dari penyakit.
3. Tidak menimbulkan efek samping berbahaya: Pangan fungsional harus aman dikonsumsi dan tidak menimbulkan efek samping yang berbahaya bagi kesehatan. Pangan fungsional harus diproses dan disiapkan dengan cara-cara yang aman untuk menjaga kualitas dan keamanannya.
4. Memiliki dosis yang tepat: Pangan fungsional harus dikonsumsi dalam dosis yang tepat agar memberikan manfaat yang diharapkan. Konsumsi berlebihan bisa berpotensi menyebabkan efek samping. Oleh karena itu, penggunaan pangan fungsional harus sesuai dengan anjuran konsumsi yang disarankan.
5. Tersedia secara luas: Pangan fungsional harus tersedia secara luas bagi masyarakat agar dapat dinikmati oleh sebanyak mungkin orang. Pangan fungsional yang sulit diperoleh atau

harganya mahal mungkin tidak bisa memberikan manfaat pada masyarakat secara menyeluruh.

6. Memiliki label atau tanda yang jelas: Pangan fungsional yang dijual secara komersial harus memiliki label atau tanda yang jelas yang menunjukkan bahwa pangan tersebut adalah pangan fungsional dan mengandung zat-zat bioaktif tertentu. Hal ini penting agar konsumen dapat mengenali dan memilih pangan fungsional dengan mudah.

## 9.4 Perkembangan Pasar Pangan Fungsional

Pengembangan makanan fungsional merupakan suatu perhatian penting bagi konsumen, industri makanan, kelompok peneliti dan pemerintah (Betoret et al., 2011). Kesadaran konsumen terhadap makanan sehat membuat pasar makanan fungsional setiap tahun terus mengalami peningkatan. Laporan dari EEROMONITOR (2013) dalam Vicentini et al. (2016) menunjukan bahwa industri makanan fungsional seluruh dunia mendapatkan omset sebesar US \$ 252 miliar pada tahun 2013 dan akan terus tumbuh sebesar 7 % hingga tahun 2017. Pertumbuhan industri makanan fungsional sangat dipengaruhi oleh penerimaan konsumen, sehingga pengembangan pasar harus berorientasi pada konsumen (BUL, 2015). Pangsa pasar diperkirakan dapat terus bertambah dengan cara meningkatkan kepedulian konsumen terhadap makanan fungsional, dan menciptakan persepsi yang positif dalam diri konsumen terhadap makanan fungsional. Peningkatan status kesehatan di berbagai negara menjadi suatu momentum bagi kelompok peneliti dan industri makanan untuk terus mengembangkan makanan fungsional melebihi yang sudah ada dipasar saat ini (Martirosyan & Singh, 2015). Pasar makanan fungsional di Indonesia pada tahun 2009 mencatatkan pendapatan sebesar Rp. 4,09 triliun, dengan perkiraan pertumbuhan rata rata sebesar 7.7% hingga tahun 2013 (Korean International Trade Associated - KITA, 2013). Produk makanan fungsional yang banyak dikonsumsi konsumen Indonesia adalah weight loss / control product 13%, body shaper product 10%, free sugar - low calorie food 27%, dan high calcium nutrition food 50 % (Korean International Trade Associated - KITA, 2013). Produk makanan fungsional dengan trend

konsumsi tertinggi adalah produk olahan susu dengan peningkatan kandungan kalsium, vitamin, dan kandungan lemak yang rendah.

Pasar pangan fungsional mengalami perkembangan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir. Pasar ini berkembang seiring dengan meningkatnya kesadaran konsumen akan pentingnya makanan yang memiliki manfaat kesehatan dan nutrisi tambahan. Salah satu faktor utama yang mendorong pertumbuhan pasar pangan fungsional adalah peningkatan jumlah orang yang mengalami berbagai masalah kesehatan, seperti obesitas, diabetes, dan penyakit jantung. Konsumen semakin memahami bahwa makanan fungsional dapat membantu mengurangi risiko terkena penyakit tersebut.

Perubahan gaya hidup juga berkontribusi pada perkembangan pasar pangan fungsional. Semakin banyak orang yang mencari makanan yang mudah disiapkan, memiliki kandungan gizi yang tinggi, dan memiliki manfaat kesehatan tambahan. Makanan fungsional juga semakin populer di kalangan orang yang aktif berolahraga dan ingin memaksimalkan hasil latihan mereka.

Pemerintah juga berperan dalam perkembangan pasar pangan fungsional melalui regulasi dan kebijakan yang mendukung penggunaan bahan makanan fungsional. Misalnya, beberapa negara telah melarang penggunaan bahan tambahan makanan yang berpotensi berbahaya bagi kesehatan, atau mewajibkan penandaan yang jelas untuk makanan fungsional.

Perkembangan teknologi juga memberikan pengaruh yang signifikan. Inovasi dalam produksi, pengolahan, dan penyimpanan makanan fungsional semakin memudahkan produsen dalam menciptakan produk yang lebih inovatif dan menarik bagi konsumen.

Dalam beberapa tahun ke depan, perkembangan pasar pangan fungsional diperkirakan akan terus meningkat. Konsumen semakin sadar akan pentingnya kesehatan dan kualitas makanan yang mereka konsumsi, dengan demikian menciptakan permintaan yang tinggi untuk makanan fungsional. Produsen makanan juga diharapkan terus berinovasi dalam menciptakan produk-produk baru yang memiliki manfaat kesehatan tambahan.

## 9.5 Rumput Laut

Rumput laut atau makroalga menempati posisi penting dalam produksi perikanan Indonesia khususnya usaha perikanan non-ikan. Permintaan yang terus meningkat menjadikan rumput laut sebagai salah satu komoditas unggulan dalam sektor perikanan selain ikan dan udang (Kordi, 2020). Rumput laut merupakan jenis tanaman alga yang dapat hidup di perairan laut dan termasuk dalam golongan tanaman tingkat rendah yang susunan kerangkanya seperti akar, batang dan daun tidak memiliki perbedaan (Nurhayati, 2020). Rumput laut memiliki warna-warni menarik dan diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan pigmen utama yang dikandungnya yaitu rumput laut hijau (*Chlorophyta*), merah (*Rhodophyta*), dan cokelat (*Phaeophyta*). Golongan rumput laut merah diantaranya adalah Eucheuma, Glacilaria, Porphyra dan Gelidium; rumput laut hijau seperti Codium, Caulerpa dan Ulva; sedangkan rumput laut cokelat yaitu Padina, Turbinaria dan Sargassum. Rumput laut hijau banyak ditemukan di sekitar pantai sedangkan rumput laut merah dan cokelat banyak tumbuh di laut yang lebih dalam dengan cahaya matahari yang terbatas (Firdaus, 2019).

Menurut Ferrara (2020), rumput laut ditemukan pada kedalaman bervariasi tergantung pada radiasi yang gunakan untuk fotosintesis: rumput laut hijau hingga kedalaman 10 m; merah 15 m; dan cokelat lebih dari 20 m. Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat membuka peluang beragam pemanfaatan rumput laut. Pada umumnya, produk turunan rumput laut dapat dikelompokkan menjadi 5P, yaitu Pangan, Pakan, Pupuk, Produk Kosmetik, dan Produk Farmasi (KKP, 2016). Bahkan sejumlah penelitian juga menyebutkan bahwa rumput laut dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar dalam pembuatan bahan bakar atau biofuel (Wiratmaja et al., 2011).

*Sargassum polycystum* merupakan jenis alga cokelat (*Phaeophyta*) terbesar di laut tropis, mempunyai kelimpahan dan sebaran yang sangat tinggi, dan terdapat hampir di seluruh wilayah laut Indonesia. Secara umum *S. polycystum* belum dibudidayakan secara optimal serta belum banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan meskipun beberapa studi melaporkan kandungan nutrisinya

yang tinggi seperti protein dan mineral esensial (Thadani et al, 2019). Menurut Pakidi dan Suwono (2016), *S. polycystum* diklasifikasikan sebagai berikut: 5 Kingdom : *Plantae* Divisi : *Thallophyta* Kelas : *Phaeophyceae* Ordo : *Fucales* Famili : *Sargassaceae* Genus : *Sargassum* Spesies : *Sargassum polycystum*.



Gambar 9.1. *Sargassum polycystum* segar dan kering

*Sargassum* merupakan kelompok *Phaeophyceae* selain *Turbinaria* yang tersebar luas di perairan tropis termasuk Indonesia. *Sargassum* terdiri dari sekitar 400 spesies di dunia, dintaranya 12 spesies ditemukan di Indonesia yaitu *S. duplicatum*, *S. histrix*, *S. echinocarpum*, *S. gracilimun*, *S. obtusifolium*, *S. binderi*, *S. polycystum*, *S. crassifolium*, *S. microphyllum*, *S. aquofilum*, *S. vulgare* dan *S. polyceratium* (Pakidi dan Suwono, 2016) Jenis *S. polycystum* mempunyai tallus dengan panjang 20-200 cm. Tallus merupakan sebutan bagi organisme yang pembagian akar, batang, dan daunnya belum jelas. Selain itu, tallus juga tidak mempunyai jaringan pengangkut seperti xylem dan floem pada struktur tubuhnya.

Pada *Sargassum*, holdfast, stipe, dan blade berturut-turut merupakan analogi dari akar, batang, dan daun dari tanaman tingkat tinggi. Holdfast mempunyai fungsi untuk melekatkan badan *Sargassum* pada substrat yang keras seperti batu atau karang sehingga *Sargassum* tidak terbawa arus laut. Kerikil dan tanah merupakan substrat yang tidak cocok bagi *Sargassum* karena kedua substrat tersebut tidak cukup kuat untuk menahan *Sargassum* dari

arus laut. Stipe berfungsi untuk menegakkan badan Sargassum, sedangkan blade berfungsi sebagai organ fotosintesis(Luthfiawan et al., 2019)

## 9.6 Pemanfaatan Rumput Laut *Sargassum Polycystum*

Berdasarkan senyawa kimia yang dikandung, rumput laut dikenal sebagai penghasil karaginan, agar dan alginat (Fathmawati et al., 2014). *S. polycystum* termasuk kelompok rumput laut cokelat penghasil alginat namun belum diusahakan secara optimal dan pemanfaatannya masih sangat rendah. Alginat bisa dimanfaatkan baik dalam industri pangan maupun non pangan.

Pemanfaatan *Sargassum* terkini dilaporkan oleh Utami et al. (2021) yaitu sebagai bahan baku pembuatan nata. Pemanfaatan alginat pada industri pangan adalah sebagai berikut:

1. Tepung es krim Tepung es krim rumput laut merupakan campuran bahan-bahan es krim dengan menggunakan rumput laut sebagai penstabil, pengemulsi, dan pengentalnya. Bahan-bahan yang digunakan untuk formulasi es krim adalah susu full cream, susu skim, gula (sukrosa), gliserol mono stearat (GMS), dan penstabil kombinasi alginatgum. Formula tepung es krim yang diformulasi dengan menggunakan alginat (viskositas 540 cPs) sebanyak 0,8%.
2. Tablet effervescent Alginat dapat berperan sebagai bahan aktif yang mampu menurunkan gula darah yang dapat diproduksi dalam bentuk tablet effervescent. Tablet effervescent adalah tablet yang jika dimasukkan ke dalam air akan menghasilkan minuman bernuansa soda. Bahan yang digunakan untuk pembuatan tablet effervescent adalah alginat, sukrosa, natrium bikarbonat, asam tartarat, asam sitrat, magnesium stearat, aerosil, dan pewarna tartrazine. Sebagai pemanis dapat digunakan pemanis buatan atau alami. Penggunaan alginat 15-20% menghasilkan tablet effervescent yang baik dengan waktu hancur sekitar 3,95 menit.
3. Edible film alginat dapat digunakan sebagai bahan edible film komposit dengan komponen penyusun alginat, gluten, dan beeswax. Uji sensori terhadap edible film alginat dan karagenan

menunjukkan edible film dari alginat lebih disukai. Karakteristik fisik dari edible film alginat, yaitu kuat tarik film 355,6 kgf/cm<sup>2</sup>; elongasi 2,5%; dan laju transmisi uap air 284,4 g/m<sup>2</sup>/24 jam. Rumput laut penghasil alginat (*S. filipendula*) juga dapat digunakan untuk pembuatan penyalut lapis tipis (film coating). Komposisi bahan yang 7 digunakan terdiri dari alginat, plastikizer polietilen glikol (PEG) 6000. Film coating dapat digunakan untuk menyalut tablet vitamin A.

Selain itu, rumput laut *Sargassum polycystum* adalah jenis rumput laut yang banyak terdapat di perairan Indonesia. Rumput laut ini memiliki banyak manfaat yang dapat dimanfaatkan, antara lain: 1. Makanan: *Sargassum polycystum* dapat dimanfaatkan sebagai bahan makanan. Rumput laut ini kaya akan nutrisi seperti serat, vitamin A, vitamin C, vitamin E, zat besi, dan kalsium. Di beberapa daerah, *Sargassum polycystum* dimasak menjadi sayur atau diolah menjadi makanan ringan seperti keripik rumput laut. 2. Pembuatan produk kosmetik: Ekstrak rumput laut *Sargassum polycystum* sering digunakan dalam pembuatan produk kosmetik seperti krim, masker wajah, dan sabun. Kandungan alginat dalam rumput laut ini dapat membantu menghidrasi dan melembapkan kulit. 3. Pengolahan limbah: *Sargassum polycystum* dapat digunakan dalam pengolahan limbah. Rumput laut ini dapat menyerap logam berat seperti merkuri dan kadmium dari air. Dengan demikian, rumput laut ini dapat membantu mengurangi polusi logam berat di perairan. 4. Pemberanaman karbon: *Sargassum polycystum* merupakan rumput laut yang memiliki pertumbuhan yang cepat. Hal ini membuatnya menjadi kandidat yang baik dalam pemberanaman karbon. Ketika rumput laut ini mati dan tenggelam ke dasar laut, karbon yang ada di dalamnya dapat ikut terbenam, membantu mengurangi kadar karbon dioksida di atmosfer. 5. Pemulihan ekosistem terumbu karang: *Sargassum polycystum* dapat membantu dalam pemulihan ekosistem terumbu karang. Rumput laut ini dapat menjadi substrat yang baik bagi larva dan benih terumbu karang. Ia juga dapat membantu melindungi terumbu karang dari abrasi dan meningkatkan ketahanan ekosistem terumbu karang. 6. Pupuk organik: *Sargassum polycystum* dapat diolah menjadi pupuk organik. Ekstrak rumput laut ini mengandung

nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang dibutuhkan oleh tanaman. Pupuk organik ini dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman.

## 9.7 Kandungan Nutrisi *Sargassum Polycystum*

Sebagai bahan pangan, rumput laut mengandung gizi yang dibutuhkan oleh manusia. Komponen utama gizi rumput laut terdiri dari karbohidrat, protein, lemak, dan abu (didominasi oleh senyawa natrium dan kalium). Beberapa jenis rumput laut juga dilaporkan mengandung vitamin A, B1, B2, B6, B12, dan C, serta mineral seperti kalium (K), kalsium (Ca), natrium (Na), fosfor (P), zat besi (Fe), dan yodium (I) (Kordi, 2020).

Komposisi proksimat Komposisi proksimat *S. polycystum* dari berbagai sumber dapat dilihat pada Tabel 9.1.

**Tabel 9.1. Komposisi proksimat *S. polycystum***

Komposisi	% berat kering		
	a*	b**	c***
Air	17,69 ± 0,03	12,95 ± 0,4	13,46 ± 0,083
Abu	24,51 ± 0,13	27,74 ± 0,72	27,40 ± 0,109
Protein	3,65 ± 0,00	4,45 ± 0,43	8,32 ± 0,104
Lemak	0,50 ± 0,11	0,31 ± 0,02	0,49 ± 0,003
Serat Kasar	6,52 ± 0,65	6,93 ± 0,34	18,39 ± 0,173
Karbohidrat	53,66 ± 0,21	47,62 ± 0,22	-

\*(Manteu *et al.*, 2018)

\*\*(Sumandiarsa *et al.*, 2020)

\*\*\*(Masduqi *et al.*, 2014)

Berdasarkan penelitian Dewinta *et al.* (2020), kadar abu *S. crassifolium* yaitu 41,52% sedikit lebih tinggi dari *S. cristaefolium* 41,28%, diduga karena perbedaan substrat habitat rumput laut. Kadar abu tersebut relatif tidak jauh berbeda dengan penelitian Tapotubun (2018) yaitu kadar abu rumput laut berkisar 40,66 – 41,83%. Hal tersebut erat kaitannya dengan penyerapan unsur hara mineral dari lingkungan perairan yang mengandung berbagai mineral dalam konsentrasi tinggi. Penyerapan mineral rumput laut berlangsung selektif melalui seluruh permukaan tallus. Banyaknya mineral yang diserap berpengaruh terhadap kadar abu jaringan rumput laut sehingga kadar abu menjadi tinggi (Handayani *et al.*, 2004). Kadar abu yang tinggi terkait dengan kandungan mineral yang juga tinggi dipengaruhi oleh kondisi habitat tempat tumbuhnya. Kandungan

nutrisi rumput laut termasuk kadar abu dipengaruhi oleh berbagai faktor termasuk kondisi oseanografi perairan seperti suhu, intensitas cahaya, kedalaman, salinitas, pH, arus dan gelombang (Gazali et al., 2018).

Variasi kadar protein berbagai spesies rumput laut cokelat dipengaruhi oleh periode musim, letak geografis, spesies, dan kondisi lingkungan perairan tempat tumbuh rumput laut tersebut (Cherry et al., 2019). Secara umum Sargassum memiliki kandungan protein yang lebih rendah daripada rumput laut merah dan hijau (Husni et al., 2021). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang ditemukan oleh Handayani (2006) bahwa kandungan protein rumput laut cokelat terendah adalah 5-11% dari berat kering, namun masih sebanding dengan kandungan protein pada kacang-kacangan. Kandungan protein Sargassum dapat dipengaruhi oleh perbedaan spesies dan musim. Kadar protein tertinggi diperoleh saat musim dingin dan musim semi sedangkan kadar protein terendah tercatat selama musim panas (Dewinta et al., 2020).

Kadar lemak rumput laut sangat bervariasi tiap jenisnya dan umumnya kurang dari 4,5% (Burtin, 2003). Menurut Susanto et al. (2017) variasi kadar lemak pada rumput laut selalu dipengaruhi oleh jenis, musim, suhu, salinitas dan intensitas cahaya serta interaksi antar faktor-faktor tersebut. Berdasarkan hasil penelitian Dewinta et al. (2020), kandungan lemak *S. cristaefolium* dan *S. crassifolium* masing-masing 0,25 dan 0,30%. Sargassum mengandung asam lemak tak jenuh ganda (PUFA, C18:3 $\omega$ 3, C18:2 $\omega$ 6, dan C18:1 $\omega$ 9) yang merupakan asam lemak esensial bagi tubuh manusia sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pangan fungsional.

Pada kadar karbohidrat dan serat kasar, komponen utama rumput laut yang dapat digunakan sebagai bahan pangan adalah karbohidrat (Winarno, 1990) yang komponennya terdiri dari D dan Lgalaktosa, 3,6-anhidrogalaktosa, ester sulfat, gula alkohol dan inositol (Diharmi et al., 2011). Karbohidrat pada rumput laut umumnya merupakan vegetable gum, yakni banyak mengandung selulosa dan hamiselulosa, sehingga hanya sebagian kecil saja yang dapat diserap oleh enzim pada tubuh (Kordi, 2020). Berdasarkan hasil penelitian Sarlin et al. (2021) bahwa kandungan karbohidrat rumput laut berbeda-beda. Rumput laut dari Perairan Kecamatan Wangi-Wangi

Sulawesi Tenggara memiliki kadar karbohidrat 11,45% sedangkan dari Kecamatan Wangi-Wangi Selatan memiliki karbohidrat sebesar 22,05%. Dewinta et al. (2020) melaporkan bahwa kandungan serat kasar *S. crassifolium* dan *S. cristaefolium* masing-masing adalah 24,54 dan 22,09%. Hal tersebut sejalan dengan laporan Tapotubun (2018) bahwa kandungan serat kasar rumput laut berkisar antara 23-24%. Serat kasar merupakan komponen karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis oleh enzim pencernaan. Polisakarida yang tinggi dapat menyebabkan kandungan serat yang tinggi pada rumput laut. Sifat fisikokimia serat rumput laut sama dengan yang tersedia dalam makanan komersial yang juga kaya serat. Kandungan serat yang tinggi menunjukkan bahwa *Sargassum* dapat digunakan sebagai pangan fungsional yang dapat digunakan untuk diet. Hal ini didukung oleh pernyataan Radiena (2018) bahwa serat kasar merupakan serat pangan dan serat fungsional yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin. Tingginya serat berkorelasi dengan kadar karbohidrat yang tinggi.

Pada komposisi mineral, unsur ini termasuk zat gizi yang dibutuhkan oleh tubuh selain karbohidrat, protein, lemak dan vitamin. Pada rumput laut dapat ditemukan berbagai jenis mineral yang beragam (Tabarsa et al., 2012). Komposisi mineral *S. polycystum* dapat dilihat pada Tabel 9.2. Rumput laut menyerap unsur mineral dari laut dan dikenal sebagai sumber mineral yang sangat baik terutama kalium dan yodium (Leandro et al., 2020). Namun, generalisasi nutrisi tentang kandungan mineral rumput laut sulit dilakukan karena faktor musim, lokasi geografis, variasi taksonomi, dan manipulasi laboratorium (Wells et al., 2017). Menurut Matanjun et al. (2009) *S. polycystum* memiliki kadar abu mencapai 42% berat kering dan merupakan salah satu jenis rumput laut tinggi kadar mineral yang bahkan melampaui mineral tanaman darat seperti kentang (6,08%) (USDA, 2019) dan aloe vera (6,7-7,8%) (Zhang et al., 2018).

**Tabel 9.2. Komposisi mineral *S. polycystum***

Mineral	mg/g	
	a*	b**
P	-	-
Ca	18,06 ± 0,04	18,7 ± 1,4
K	32,71 ± 0,24	17,5 ± 1,4
Na	22,69 ± 0,35	9,7 ± 1,4
Mg	8,89 ± 0,02	5,7 ± 0,7
Cu	-	0,002 ± 0,001
Mn	-	-
Zn	-	0,004 ± 0,001
Fe	0,50 ± 0,00	0,277 ± 0,214

\*(Manteu et al., 2018)

\*\*(Santoso, et al., 2006)

Data pada Tabel 9.2 menunjukkan bahwa kalium (K) dan kalsium (Ca) terakumulasi sebagai mineral dominan dalam rumput laut *S. polycystum* dari Perairan Gorontalo dan Jakarta. Kalium berfungsi membantu kontraksi otot serta membantu transmisi impuls-impuls saraf sedangkan Ca berperan dalam menjaga kesehatan tulang dan menjaga tekanan darah. Selain mengandung mineral makro, rumput laut juga mengandung mineral mikro yang memiliki kontribusi sangat penting bagi tubuh manusia meskipun dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit. mineral mikro rumput laut umumnya didominasi oleh zat besi (Fe) dan mangan (Mn) sebagaimana yang terkandung pada *S. polycystum* yang tumbuh di Perairan Port Dickson, Malaysia (Nazarudin et al., 2021). Fe penting untuk fungsi sel yaitu sebagai transpor oksigen dan elektron, mengatasi gangguan defisiensi zat besi pada penderita anemia, serta sintesis DNA sedangkan Mn membantu pembentukan tulang, pengatur gula darah serta terlibat aktif dalam metabolisme lemak dan karbohidrat (Ye et al., 2017). Menurut Garcia et al. (2016), konsentrasi unsur mikro bervariasi menurut spesies yang dapat disebabkan oleh afinitas morfologis dan fisiologis untuk logam yang berbeda.

Pada komposisi asam amino, unsur ini merupakan senyawa organik penyusun protein yang memiliki dua buah gugus fungsional primer yang saling terikat melalui ikatan kovalen pada atom karbon primer. Protein rumput laut mengandung semua jenis asam amino esensial (Dawczynski et al., 2007). Asam amino dibagi dalam dua kelompok yaitu asam amino esensial dan asam amino non esensial. Asam amino esensial tidak dapat disintesis oleh tubuh sehingga harus

diperoleh dari makanan yang dikonsumsi, sedangkan asam amino non esensial dapat disintesis oleh tubuh (Oktavianti, 2021). Asam amino memiliki 2 konfigurasi yaitu D (dextro) dan L (levo) dan semua protein hewan dan tumbuhan umumnya terdiri dari asam amino levo. Komposisi asam amino rumput laut dapat dilihat pada Tabel 9.3.

**Tabel 9.3.** Komposisi asam amino *S. cinctum* (Ishakani *et al.*, 2017)

Asam Amino	mg/100mg berat kering
Treonin	0,00
Metionin	0,56
Valin	0,69
Fenilalanin	0,97
Isoleusin	0,57
Leusin	0,60
Histidin	0,62
Lisin	0,29
<b>ΣAAE</b>	<b>4,3</b>
Arginin	0,57
Sistein	0,51
Serin	0,00
Asam Aspartat	0,99
Asam Glutamat	1,08
Glisin	0,88
Alanin	0,66
Prolin	0,78
<b>ΣAAnE</b>	<b>5,47</b>
<b>ΣAA</b>	<b>9,77</b>

Data pada Tabel 9.3 menggambarkan bahwa *S. polycystum* yang berasal dari Perairan India memiliki asam amino lengkap kecuali triptofan karena diasumsikan akan rusak selama proses hidrolisis (Nazarudin *et al.*, 2021). Protein rumput laut mengandung sejumlah besar asam amino esensial terhitung hampir 50% dari total asam amino yang didominasi oleh leusin, valin dan fenilalanin (Vieira *et al.*, 2018). Leusin dibutuhkan dalam proses pembentukan otot dan sebagai suplemen yang dapat menurunkan asupan makanan melalui efek kenyang dan valin membantu pertumbuhan dan regenerasi otot dan terlibat dalam produksi energi (Kholil, 2020). Hampir seluruh rumput laut baik Chlorophyta, Phaeophyta dan Rhodophyta mengandung asam glutamat dan asam aspartat sebagai asam amino non esensial yang dominan dalam komposisi total asam amino (Alwaleed, 2019). Kedua asam amino tersebut popular pada rumput laut karena memberikan cita rasa yang khas umami (Astorga-Espana *et al.*, 2016). Selain itu, asam glutamat bermanfaat untuk mempercepat penyembuhan luka

pada usus sedangkan asam aspartat merupakan komponen yang berperan dalam biosintesis urea (Adiyatma, 2015).

Pada komposisi asam lemak, unsur ini merupakan ester asam lemak dan gliserol sehingga apabila lemak melewati proses pemecahan secara sempurna maka akan dihasilkan gliserol dan asam-asam lemak sebagai penentu kualitas lemak. Kandungan lemak rumput laut umumnya dicirikan oleh asam lemak jenuh (*Saturated Fatty Acid/SFA*) yang relatif rendah dan asam lemak tak jenuh ganda (*Polyunsaturated Fatty Acid/PUFA*) yang bermanfaat bagi kesehatan manusia (Hamed et al., 2015). Rumput laut cokelat mengandung lemak yang relatif lebih rendah yaitu sekitar kurang dari 5% berat kering. Analisis kuantitatif mengungkapkan bahwa kandungan lemak total rumput laut famili Sargassaceae lebih tinggi di zona subarktik (sekitar 5% berat kering) daripada zona tropis (0,9-1,8% berat kering). Meskipun kandungan lemak totalnya rendah namun rumput laut cokelat merupakan sumber yang kaya akan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) (van Ginneken et al., 2011). Data komposisi asam lemak rumput laut *S. cinctum* dapat dilihat pada Tabel 4.

Konsentrasi asam lemak total bervariasi diantara jenis rumput laut yaitu pada rentang 1-8% berat kering. Perbedaan profil asam lemak dipengaruhi oleh kondisi waktu dan suhu penyimpanan, serta pelarut yang digunakan untuk ekstraksi (Torres et al., 2019). *Sargassum* kaya akan asam lemak dengan 20 atom karbon, seperti asam eikosapentaenoat (EPA, C20:5n-3), dan asam arakidonat (AA, C20:4n-6). Asam lemak jenuh ganda atau PUFA umumnya mengandung omega-3 dan omega-6 dalam jumlah tinggi. Makanan laut adalah sumber utama PUFA rantai panjang (Lordan et al., 2011) dan manusia harus mendapatkannya dari makanan karena manusia tidak mampu mensistesis PUFA seperti asam eikosapentanoat (EPA, C20:5n-3) dan asam arakidonat (AA, C20:4n-6). EPA dan AA banyak ditemukan dalam makanan laut dan memiliki manfaat kesehatan seperti pengaturan pembekuan darah, tekanan darah, dan mengembangkan fungsi otak dan sistem saraf, mengurangi risiko penyakit kronis dan mengatur respon inflamasi dengan memproduksi mediator inflamasi yaitu eikosanoid (Lordan et al., 2011; Hamed et al., 2015). Penelitian yang dilaporkan Magdugo (2020) menunjukkan bahwa peradangan berkurang dengan meningkatnya rasio asam lemak omega-3 dan

omega-6 dalam makanan. Eikosanoid dari omega-6 seperti AA memiliki fungsi sebagai imunoaktif, sebaliknya eikosanoid dari omega-3 PUFA (EPA dan DHA) memiliki sifat antiinflamasi (Bare et al., 2019).

**Tabel 9.4. Komposisi asam lemak *S. cinctum* (Ishakani et al., 2017)**

Asam Lemak	µg/g FAME
Hexanoic acid	1,09
Octanoic acid	0,43
Deconoic acid	0,34
Undeconoic acid	0,07
Dodecanoic	0,72
Tridecanoic acid	0,14
Pentadecanoic acid	0,63
Palmitic acid	21,35
Heptadecanoic acid	0,1
Docosanoic acid	0,35
<b>ΣSFA</b>	<b>25,22</b>
Oleic acid	0,28
Elaidic acid	3,76
Eicosenoic acid	2,22
Erucic acid	0,01
Nervonic acid	0,15
<b>ΣMUFA</b>	<b>6,42</b>
Linolenic acid	0,41
Eicosapentanoic acid (EPA)	28,32
Eicosatrienoic acid (ETE)	0,37
Docosahexaenoic acid (DHA)	7,36
Linoleic acid	9,66
Arachidonic acid (AA)	0,33
Ecosadienoic acid	2,58
<b>ΣPUFA</b>	<b>49,03</b>
<b>ΣTFA</b>	<b>80,67</b>

Ket: FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*)

Rumput laut warna hijau, merah, dan cokelat memiliki kemampuan untuk memproduksi PUFA rantai panjang (Kumari et al., 2013). Asam lemak tak jenuh omega-3 tidak dapat disintesis oleh manusia dan dengan demikian diperoleh hanya melalui sumber makanan (Torres et al., 2019). Gerasimenko and Logvinov (2016) melaporkan bahwa *S. pallidum* kaya akan omega-3 dengan kadar lebih dari 50% dari total PUFA. Peran terapeutik terutama EPA dan asam lemak tak jenuh lainnya selama kehamilan sangat penting untuk transportasi plasenta dan produksi prostaglandin (Ganesan et al., 2020). EPA juga terbukti mengurangi kolesterol darah dan pelindung terhadap penyakit kardiovaskular atau jantung konorer, sifat anti-inflamasi, antitrombotik dan anti-aritmia (Kumari et al., 2010; Torres et al., 2019). DHA tinggi akan meningkatkan ketajaman visual, perkembangan mental, dan keterampilan psikomotor janin (Ganesan et al., 2020).

## 9.8 Rumput Laut *Sargassum Polycystum* Sebagai Pangan Fungsional

Produksi rumput laut yang sangat besar di Indonesia akan memberikan potensi dari segi ekonomi dan kesehatan jika dilakukan pengelolaan dengan baik. Realisasi pemanfaatan rumput laut, baik yang dipanen liar maupun budidaya masih jauh dari potensi rumput laut yang ada, dan masih jauh berada dibawah negara-negara tetangga yang kondisi dan potensi rumput lautnya lebih kecil dari Indonesia. Terutama pemanfaatan sebagai produk olahan pangan bagi masyarakat. Padahal jika ditinjau dari kandungan komponen bioaktif, rumput laut khususnya *S. polycystum* sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai produk pangan fungsional yang dapat meningkatkan kesehatan masyarakat (Erniati et al, 2016).

Suatu produk pangan dikatakan berfungsi sebagai pangan fungsional jika dikonsumsi akan memberikan manfaat lebih bagi kesehatan selain kandungan gizi yang dimilikinya (Zakaria, 2015). Rumput laut telah diteliti mengandung sejumlah komponen bioaktif yang berfungsi untuk meningkatkan kesehatan, baik sebagai antioksidan, antimikroba, anti obesitas, anti kanker, anti inflamasi dan manfaat kesehatan lainnya.

Rumput laut dapat menjadi suatu produk pangan fungsional, jika dilakukan pengolahan yang tepat sehingga menghasilkan produk pangan dengan sensori yang dapat diterima, akan tetapi teknologi pengolahan yang diberikan tidak merusak komponen bioaktif yang terkandung dalam rumput laut tersebut. Ini menjadi tantangan tersendiri khususnya bagi pelaku pangan dalam menghasilkan produk pangan fungsional bagi masyarakat.

Ketersediaan produk olahan rumput laut di Indonesia masih terbatas, demikian pula dengan ketersediaan produk pangan fungsional. Pengolahan rumput laut menjadi produk makanan atau minuman masih terbatas dilakukan oleh industri rumah tangga. Selain itu rendahnya kualitas rumput laut Indonesia disebabkan oleh belum adanya standar khusus yang diterapkan pada tingkat pembudidaya, mulai dari proses penanaman sampai penanganan pasca panen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arifianti AE, Anwar E, Nurjanah N. 2017. Penghambat tyrosinase dan aktifitas antioxidant bubuk rumput laut segar dan kering Sargasum plagyophyllum. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 2(3): 488-493.
- Astawan M. 2011. Pangan Fungsional untuk Kesehatan yang Optimal. Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor.
- Baratawidjaja, K.G. & Rengganis, I. (2010). Imunologi Dasar, Edisi IX, hal 418, Balai Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia, Yogyakarta
- Basir A, Tarman K, Desniar D. 2017. Aktifitas antioksidan dan antibakteri alga hijau Halimeda gracilis dari Kepulauan Seribu. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 20 (2): 211-118.
- Betoret, E et al. (2011). Functional foods development: Trends and technologies. Trends in Food Science and Technology, 22(9), 498–508.
- British Nutrition Foundation. (2009). Functional foods. British Nutrition Foundation.
- Burton P. 2003. Nutritional value of seaweeds electron. Journal Environmental Agricultural and Food chemistry. 2: 498-503.
- Chandini SK, Ganeshan P, Bhaskar N. 2008. In vitro antioxidant activities of three selected brown seaweeds of India. Food Chemistry .107: 707-713.
- Chakraborty K, Praveen NK, Vijayan KK, Rao GS. 2013. Evaluation of phenolic contents and antioxidant activities of brown seaweeds belonging to *Turbinaria* spp. (Phaeophyta. Sargassaceae ) collected from Gulf of Mannar Asian Pacific. Journal of Tropical Biomedicine. 3(1): 8-16.
- Chew YL, Lima YY, Omara M, Khoob KS. 2008. Antioxidant activity of three edible seaweeds from two areas in South East Asia. Science Direct . 41: 1067-1072.
- Chinnadurai SG, Karthik P, Chermapandi A, Hemalatha G, Karthik P, Chermapandi A, Hemalatha. 2013. Estimation of major pigment content in seaweeds collected from Pondiherry Coast. The

- Experiment. International Journal of Science and Technology. 9(1): 522-525.
- Cox S, Abu-Ghannam N, Gupta S. 2010. An assessment of the antioxidant and antimicrobial activity of six species of edible Irish seaweeds. International Food Journal. 17(1): 205-220.
- Devi KP, Suganthy N, Kesika P, Pandian SK. 2008. Bioprotective properties of seaweeds: in vitro evaluation of antioxidant activity and antimicrobial activity against food borne bacteria in JPHPI 2018, Volume 21 Nomor 2
- Diachanty S, Nurjanah, Abdullah A. 2017. Aktivitas antioksidan berbagai jenis rumput laut cokelat dari Perairan Kepulauan Seribu. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 20(2): 305-318.
- Dolorosa TM, Nurjanah, Purwaningsih S, Effionora A, Hidayat T. 2017. Kandungan senyawa bioaktif bubur rumput laut *Sargassum plagyophyllum* dan *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku krim pencerah kulit. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia 20(3): 633-644.
- Dwiyatno. ( 2011). Rumput Laut sebagai Sumber Serat Panagan Potensial. Squalen, 6 (1), 9-17  
<http://nasional.kompas.com/read/2017/09/29/19390011/optimisme-indonesiaatasi-stunting-pada-anak> diakses 1 Desember 2017
- Firdaus M. 2013. Indeks aktivitas antioksidan ekstrak rumput laut cokelat (*Sargassum aquifolium* ) Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia . 16(10): 42-47.
- Ganesan P, Chandini S, Kumar N, Bhaskar. 2008. Antioxidant properties of methanol extract and its solvent fractions obtained from selected Indian red seaweeds. Bioresource Technology. 99: 2717-2723.
- Grunert, K G. (2010). European consumers' acceptance of functional foods. Annals of the New York Academy of Sciences, 1190, 166-173.
- Hardoko, Febriani A, Siratantri T. 2015. Aktivitas antidiabet secara invitro agar-agar, agarosa dan agaropektin dari rumput laut *Gracilaria Gigas*. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 18(2): 128-139.

- Kim MS, Kim JYW, Choi H, Lee SS. 2008. Effects of seaweed supplementation on blood glucose concentration lipid profile and antioxidant enzyme activities in patients with type 2 diabetes mellitus. *Nutrition Practice*. Summer. 2(2): 62–67.
- Konishi, T., Nakata, I., Miyagi, Y., Tako, M. (2012). Extraction of D-1,3Xylan from Green Seaweed, *Caulerpalentillifera*. *J. Appl. Glycosci.*: Advance Publication.
- Lau et al. (2012). Functional food: A growing trend among the health conscious. *Asian Social Science*, 9(1), 198–208. Markovina et al. (2011). Young consumers' perception of functional foods in Croatia. *British Food Journal*, 113(1), 7–16.
- Luthfiyana N, Nurjanah, Mala N, Effionora A, Hidayat T. 2017. Karakterisasi sediaan krim tabir surya dari bubur rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum* sp. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(3): 183–195.
- Maharany P, Nurjanah, Ruddy S, Effionora A, Hidayat T. 2017. Kandungan senyawa bioaktif rumput laut *Padina australis* dan *Eucheuma cottonii* sebagai bahan baku krim tabir surya. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 20(1): 10–17.
- Martirosyan, D. M., & Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*, Methankornkulnan et al. (2013). Consumer Market for Functional Foods in Thailand. The Asian Conference on Psychology & the Behavior Science.
- Matanjun P, Mohamed S, Stapha NM, Muhammad K, Ming C.H. 2008. Antioxidant activities and phenolics content of eight species of seaweeds from North Borneo. *Journal Applied Phycology*. 20: 367–373.
- Merdekawati, W dan Susanto, A.B. (2009). Kandungan dan Komposisi Pigmen Rumput Laut serta Potensinya untuk Kesehatan. *Squalen*, 4, 2.
- Nasir KM, Mobin M, Abbas ZK. 2015. Variation in photosynthetic pigments antioxidant enzymes and osmolyte accumulation in seaweeds of red sea. *International Journal Plant Biology*. 3(1): 1028.
- Niva, M. (2007). "All foods affect health": Understandings of functional foods and healthy eating among health-oriented Finns.

- Appetite, 48(3), 384–393. Nutrition, S. (n.d.). Pengalaman Nutrifood Dalam Pengembangan Pangan Fungsional The Beginning.
- Nufus C, Nurjanah, Abdullah A. 2017. Karakteristik rumput laut hijau dari Perairan Kepulauan Seribu dan Sekotong Nusa Tenggara Barat sebagai antioksidan. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 20(3): 620–630.
- Nurjanah, Nurilmala M, Hidayat T, Sudirjo F. 2015. Characteristics of seaweed as raw materials for cosmetics. Aquatic Procedia. 7: 177–180.
- Renhoran M, Noviendri D, Setyaningsih I, Uju. 2017. Ekstraksi dan purifikasi fukosantin dari *Sargassum* sp. sebagai anti-acne. Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia. 20 (2): 370–379.
- Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F.J., Saljoughian, S., Amid, M., Greiner, R. (2017). Application of seaweeds to develop new food products with enhanced shelf-life, quality and health-related beneficial properties. Food Research International, 99, 1066–1083.
- Saeidnia S, Gohari AR, Shahverdi AR, Permeh P, Nasiri M, Mollazadeh K, Farahani F. 2009. Biological activity of two red algae, *Gracilaria salicornia* and *Hypnea flagelliformis* from Persian Gulf. Journal Pharmacognosy Research. 1(6): 428–430.
- Sanger G, Widjanarko SB, Kusnadi J, Berhimpon S. 2013 Antioxidant activity of methanol extract of seaweeds obtained from North Sulawesi. Food Science and Quality Management . 19 (1): 63–70.
- Sanger G, Rarung LK, Kaseger BE, Timbowo S. 2017. Composition of pigments and antioxidant activity in edible seaweed *Halimenia durvillae* obtained from North Sulawesi. International Journal of Chemical Technology Research . 10(15):255–262.
- Shevchenko, N.M., Burtseva, Y.V., Zvyagintseva, T.N., Makar'eva, T.N., Sergeeva, O.S., Zakharenko, A.M., Isakov, V.V., ThiLinh, N., XuanHoa, N., Ly, B.M., Huyen, P.V. (2009). Polysaccharides and sterols from green algae *Caulerpa lentillifera* and *C. sertularioides*. Chemistry of Natural Compounds, 45, 1, 1–5.
- Sudhakar MP, Ananthalaksmi JS, Nasir B. 2013. Extraction and purification and study on antioxidant properties of fucoxanthin

- from brown seaweeds. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research.* 5(7): 169-75.
- Vella et al. (2014). Functional food awareness and perceptions in relation to information sources in older adults. *Nutrition Journal,* 13(1), 44.
- Vicentini et al. (2016). Functional Foods: Trends and Development. *Italian Journal of Food Science,* 28, 338-352.
- Yulia. (2015). Makanan Fungsional. *FoodTech - BINUS,* 8.
- Vinayak RC, Sabu AS, Chatterji A. 2010 Bio-prospecting of a few brown seaweeds for their cytotoxic and antioxidant activity. *Complementary and Alternative Medicine.* 2011:1-9.
- Yan X, Chuda Y, Suzuki M, Nagata T. 2014. Fucoxanthin as the Major Antioxidant in *Hijikia fusiformis*, a common edible seaweed. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry.* 63(3): 605-607.
- Yanuarti R, Nurjanah N, Anwar E, Hidayat T. 2017. Profil fenolik dan aktivitas antioksidan dari ekstrak rumput laut *Turbinaria conoides* dan *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia.* 20(2): 230-237.
- Zakaria NA, Ibrahim D, Sulaiman SF, Supardy NA. 2011 Assessment of antioxidant activity total phenolic content and invitro toxicity of Malaysian red seaweed *Acanthophora spicifera*. *Journal Chemical Pharmacology.* 3(3): 182-191



# BAB 10

## POTENSI RUMPUT LAUT SEBAGAI SUMBER PREBIOTIK

Oleh Fadly Irmawan

### 10.1 Prebiotik, Probiotik, Sinbiotik dan Postbiotik

#### 1. Prebiotik

Prebiotik adalah senyawa alami dalam makanan yang tidak dapat dicerna usus, berfungsi sebagai suplemen untuk mendorong pertumbuhan mikroorganisme baik dalam sistem pencernaan. Prebiotik bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan pencernaan dan berpotensi meningkatkan penyerapan kalsium. Zat yang termasuk prebiotik adalah fruktoligosakaarida seperti inulin dan galaktooligosakarida. Sumber prebiotik ada di sekitar kita, yaitu: Bawang-bawangan (bawang merah, bawang putih, bawang bombai dan daun bawang), sayuran hijau, asparagus, artichoke, kedelai, gandum, akar sawi putih, buah-buahan (terutama pisang, apel, tomat dan buah beri), minyak ikan, kacang/polong-polongan, chia seeds, biji rami, oatmeal, madu, susu sapi dan rumput laut.

Sederhananya, prebiotik adalah serat pangan sebagai bahan makanan untuk dimakan oleh mikrobiota baik dalam tubuh kita. Semua serat bukanlah prebiotik, dan semua prebiotik bukanlah serat, tetapi kesamaan serat dan prebiotik adalah keduanya tidak dapat dicerna oleh enzim manusia. Sebaliknya, mereka difermentasi dan dicerna oleh mikrobiota usus.

Prebiotik adalah jenis serat yang tidak dapat dicerna oleh tubuh manusia. Mereka berfungsi sebagai makanan bagi probiotik, yang merupakan mikroorganisme hidup kecil, termasuk bakteri dan ragi. Baik prebiotik dan probiotik dapat mendukung bakteri baik dan organisme lain yang bermanfaat di usus.

Syarat prebiotik yang ideal haruslah:

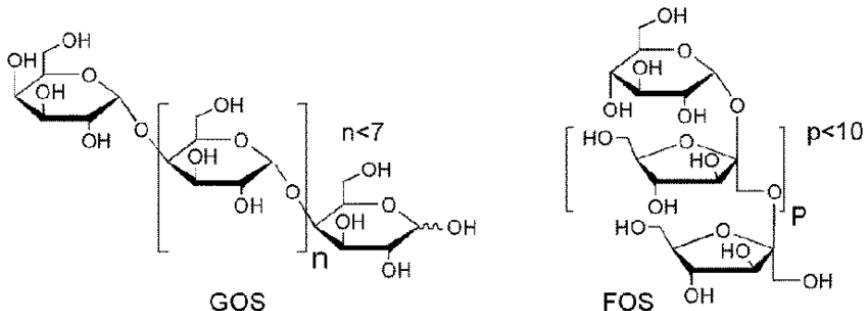
- a. Tahan terhadap aksi asam di lambung, garam empedu dan enzim hidrolisis lainnya di usus.
- b. Tidak boleh diserap di saluran pencernaan bagian atas.
- c. Mudah difermentasi oleh mikroflora usus yang bermanfaat.

Senyawa yang dimakan dan setelah dicerna terutama di ujung usus kecil dan usus besar, diubah menjadi nutrisi seperti inulin atau oligofruktosa yang tidak dibutuhkan manusia tetapi bakteri yang berada di dalamnya dan membantu pencernaan membutuhkannya.

Prebiotik adalah jenis serat larut khusus yang sebagian besar digunakan oleh bakteri baik bermanfaat sebagai bahan bakar. Bakteri baik ini, pada saat tertentu akan menghasilkan zat tertentu yang mengasamkan usus besar (hal yang sangat baik) dan berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi sel-sel usus besar itu sendiri.

Inulin, oligofruktosa, galaktooligosakarida dan laktulosa memenuhi semua kriteria prebiotik . Mikroorganisme target untuk prebiotik terutama adalah bifidobacteria .Prebiotik atau serat makanan ini mengandung sumber energi dan makanan utama bagi mikroorganisme di usus kita, yang disebut inulin. Ada dua kelompok utama senyawa prebiotik. Golongan pertama adalah inulin & Fruktoologosakarida (FOS), dan golongan kedua adalah galaktooligosakarida (GOS).

Inulin dan FOS meningkatkan konsentrasi dua kelompok utama bakteri usus yang sehat, Lactobacillus dan Bifidobacteria. Sayangnya, inulin dan FOS memiliki dua kewajiban utama. Pertama, mereka juga memakan bakteri jahat penyebab penyakit seperti Klebsiella, Clostridia (pikiran C. diff), dan E. coli. Kedua, inulin dan FOS menghasilkan gas sebagai produk sampingan. Prebiotik berbasis GOS tidak mempunyai tanggung jawab yang sama. Arabinogalactan, misalnya, memberi makan bakteri baik, dan tidak memberi makan bakteri jahat, juga tidak menyebabkan gas. Berdasarkan beberapa penelitian, telah terbukti mengurangi jumlah bakteri jahat.



**Gambar 10.1.** Struktur kimia GOS dan FOS

#### 4. Probiotik

Probiotik adalah mikroorganisme hidup atau bakteri baik yang secara alami ada di dalam usus. Fungsinya untuk kesehatan secara keseluruhan, kebaikan pencernaan dan meningkatkan sistem imun. Probiotik digunakan untuk membantu mengatasi sindrom iritasi usus besar. Beberapa strain probiotik dapat membantu mencegah gejala alergi tertentu, mengurangi gejala intoleransi laktosa dan banyak lagi. Istilah Probiotik diperkenalkan kepada masyarakat umum melalui industri suplemen makanan dan minuman, padahal sebenarnya kita sudah memperoleh bakteri baik tersebut semenjak kita dilahirkan. Probiotik adalah makanan yang secara alami mengandung mikrobiota atau suplemen yang mengandung bakteri aktif dan hidup. Probiotik dapat membantu menyeimbangkan mikrobiota usus. Makanan yang mengandung bakteri probiotik harus disimpan dalam suhu yang sesuai, karena bakteri harus dikondisikan tetap hidup.

Probiotik dapat ditemui pada produk makanan, seperti yoghurt, dadih, Buttermilk, Paneer, Acar, Idli, Dosa, Appam, Uthappa, Dhokla, tempe, kefir, acar, kombucha, keju cheddar, kimchi, asinan kubis, dan miso, sauerkraut, serta beberapa suplemen dalam bentuk minuman, kapsul, bubuk atau tablet kunyah. Makanan tersebut telah melalui proses fermentasi yang melibatkan beberapa jenis bakteri, di antaranya adalah *Lactobacillus* sp., *Streptococcus* sp., *Lactococcus* sp., *Bifidobacterium* sp., *Enterococcus* sp., serta *Bacillus* sp., sehingga

dapat menghasilkan mikrobiota baik yang bermanfaat untuk memelihara kesehatan sistem pencernaan.

Probiotik secara umum diasumsikan bahwa kelompok bakteri yang berpotensi meningkatkan kesehatan terutama mencakup bifidobacteria, lactobacilli, eubacteria, dan bacteroides, yang merupakan, dan mungkin harus tetap menjadi, genera terpenting pada manusia. Kultur ini biasanya ditambahkan pada produk susu fermentasi (terutama bifidobacteria dan *Lactobacillus casei*), keju (bifidobacteria, lactobacilli, bakteri propionik), produk daging fermentasi (berbagai bakteri susu), tetapi juga pada isian biskuit dan wafer (*Enterococcus faecium*). Bakteri pencernaan yang sehat terutama termasuk dalam kelompok yang disebut bakteri asam laktat .



Gambar 10.2. Contoh makanan mengandung probiotik

## 5. Sinbiotik

Sinbiotik adalah produk kombinasi dari prebiotik dan probiotik. Saat hendak mengonsumsi probiotik atau prebiotik, sebaiknya pilihlah produk yang kandungan prebiotik dan kadar seratnya tinggi, karena produk ini baik untuk kesehatan usus. Selain dengan mengonsumsi probiotik atau prebiotik, lengkapi juga pola makan sehat dengan mengonsumsi makanan bergizi seimbang. Hindari asupan makanan tinggi gula dan tinggi lemak, karena dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri merugikan yang berpotensi menimbulkan penyakit. Ada kombinasi probiotik dan prebiotik, dan diharapkan efek sinergis dari kedua komponen ini. Contoh pangan sinbiotik adalah produk susu asam (yogurt) yang

mengandung bifidobacteria dan oligofruktosa serta beberapa susu formula yang diciptakan sebagai sinbiotik.



Gambar 10.3. Contoh makanan mengandung sinbiotik

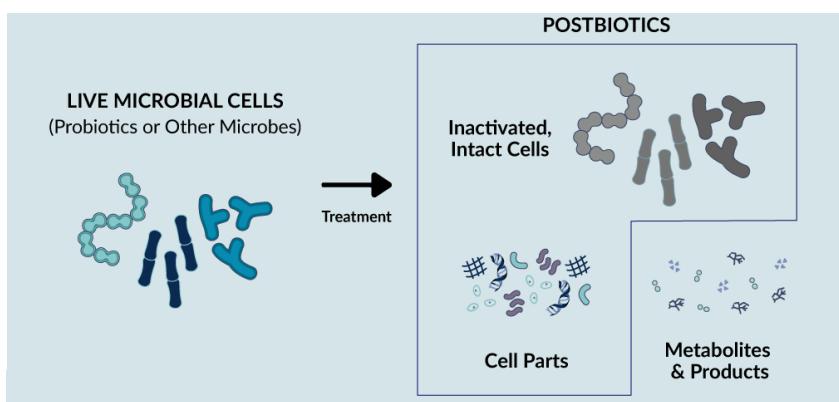
## 6. Postbiotik

Postbiotik dapat didefinisikan sebagai produk bakteri *non-viable* atau produk samping metabolismik dari mikroorganisme probiotik yang memiliki aktivitas biologis pada inangnya. Secara umum, postbiotik mencakup produk samping metabolisme bakteri seperti bakteriosin, asam organik, etanol, diacetyl, asetaldehida, dan hidrogen peroksida, namun juga ditemukan bahwa probiotik tertentu yang dimatiakan dengan panas juga dapat mempertahankan struktur bakteri penting yang dapat mengerahkan aktivitas biologis pada inangnya. Sederhananya, prebiotik memberi makan probiotik yang pada akhirnya menghasilkan postbiotik.

Postbiotik dapat dikatakan sebagai produk sampingan dari proses fermentasi yang dilakukan oleh probiotik di usus. Dengan kata lain, saat probiotik memakan prebiotik, maka postbiotik akan diproduksi. Mereka pada dasarnya adalah produk limbah probiotik. Produk limbah sepertinya tidak banyak berguna

bagi kita. Tapi di sini, mereka bertanggung jawab atas berbagai fungsi penting yang meningkatkan kesehatan di usus kita. Beberapa contoh postbiotik termasuk asam organik, bakteriosin, zat karbonat dan enzim.

Postbiotik adalah produk sampingan dari bakteri probiotik setelah mereka memfermentasi serat prebiotik. Produk sampingan ini termasuk asam lemak rantai pendek, vitamin, enzim, dan metabolit lain yang dapat memberikan efek menguntungkan bagi kesehatan Anda. Postbiotik juga dapat diproduksi di laboratorium dan ditambahkan ke suplemen atau makanan fungsional.



**Gambar 10.4.** Postbiotik sebagai produk dari probiotik

Sebuah analogi yang bermanfaat adalah menganggap usus sebagai sebuah taman. Prebiotik adalah tanah dan pupuk, probiotik adalah benih yang tumbuh menjadi tanaman, dan postbiotik adalah buah-buahan yang dimakan manusia. Meskipun ketiganya berkontribusi terhadap kesehatan, yang paling penting adalah yang penting sejauh ini adalah prebiotik yang baik.

## 10.2 Manfaat Prebiotik dan Probiotik

Pada dasarnya, manfaat probiotik dan prebiotik adalah untuk menjaga kesehatan sistem pencernaan. Walaupun demikian, terdapat perbedaan cara kerja antara probiotik dengan prebiotik dalam menjaga kesehatan sistem pencernaan.

Tujuan utama prebiotik adalah untuk merangsang pertumbuhan dan aktivitas bakteri menguntungkan di saluran pencernaan, yang memberikan manfaat kesehatan pada inangnya dengan cara memfermentasi serat ini sehingga menghasilkan asam lemak rantai pendek yaitu asam butirat dan dapat berpartisipasi dalam penghambatan perkembangan patogen. Keuntungan prebiotik tersebut, dapat juga untuk penurunan kadar LDL (*low-density lipoprotein*) darah, stimulasi sistem imunologi, peningkatan daya serap kalsium, pemeliharaan nilai pH usus yang benar, anti-inflamatori pada usus besar, dan pengurangan gejala tukak lambung dan mikosis vagina bahkan penurunan indeks karsinogenesis secara signifikan.

Prebiotik akan bekerja sebagai sumber makanan bagi mikroflora atau probiotik di dalam sistem pencernaan. Dengan begitu, senyawa ini dapat membantu menjaga pertumbuhan bakteri baik yang berfungsi untuk menjaga kesehatan sistem pencernaan. Selain itu, sejumlah manfaat yang bisa diperoleh dengan mengonsumsi makanan yang mengandung prebiotik adalah sebagai berikut:

1. Merangsang produksi hormon leptin yang berfungsi untuk mengendalikan nafsu makan.
2. Membantu proses penyerapan mineral, seperti kalsium dan fosfor untuk menjaga kesehatan dan kepadatan tulang.
3. Membantu mengendalikan pergerakan usus.
4. Meminimalkan risiko gangguan pencernaan, misalnya seperti diare dan sembelit.
5. Membantu menjaga kesehatan saluran kemih dan area kewanitaan.
6. Meningkatkan sistem imun tubuh.
7. Menurunkan berat badan dan kadar lemak serta merangsang produksi hormon penurun nafsu makan
8. Menurunkan kadar gula darah termasuk HbA1c. Prebiotik bahkan dapat menurunkan kadar kolesterol dan trigliserida. Oleh karena itu, penderita prediabetes maupun diabetes tipe 2 direkomendasikan untuk mengonsumsi prebiotik.
9. Mencegah tulang keropos. Interaksi antara prebiotik dengan bakteri di usus besar dapat meningkatkan penyerapan kalsium.

- Mineral ini merupakan komponen utama untuk menjaga kesehatan tulang.
- 10. Mendukung pertumbuhan probiotik bakteri usus, berpotensi meningkatkan pencernaan dan metabolism
  - 11. Meningkatkan Kesehatan Usus: Prebiotik memberi nutrisi dan mendukung pertumbuhan dan aktivitas bakteri usus yang bermanfaat (probiotik), meningkatkan mikrobioma usus yang sehat.
  - 12. Peningkatan Pencernaan: Mereka membantu pergerakan usus secara teratur, meredakan sembelit, dan mendukung saluran pencernaan yang sehat.
  - 13. Peningkatan Penyerapan Mineral: Prebiotik dapat meningkatkan penyerapan mineral tertentu, seperti kalsium dan magnesium, di usus besar.
  - 14. Sumber pemberat, zat yang tidak dapat dicerna dan tidak dapat dimetabolisme.
  - 15. Mengatur kekentalan pencernaan.
  - 16. Mengurangi kemungkinan寄生虫.
  - 17. Mengikat sementara komponen makanan (lipid, gula, asam empedu, kation, racun).
  - 18. Meningkatkan rasa kenyang.
  - 19. Mengurangi kurva glikasi (pengurangan dan pencegahan hiperglikemia dan hiperinsulinemia, yaitu diabetes tipe II).

Cara mengolah maupun menambahkan makanan yang mengandung prebiotik ke dalam menu harian dalam jumlah wajar. Jangan mengonsumsinya sekaligus dalam jumlah yang banyak. Terlalu banyak mengonsumsi prebiotik dapat menyebabkan perut kembung akibat peningkatan produksi gas.

Selain manfaat prebiotic, perlu diketahui pula manfaat probiotik. Probiotik adalah bakteri baik yang berfungsi untuk membantu melancarkan sistem pencernaan, meningkatkan daya tahan tubuh, serta mengoptimalkan proses penyerapan nutrisi dan obat-obatan. Selain itu, beberapa jenis probiotik juga berfungsi untuk membantu membentuk asam lemak rantai pendek yang berperan penting dalam memperkuat lapisan dinding usus besar.

Manfaat lainnya dari probiotik antara lain:

1. Membantu mengatasi gangguan pencernaan, seperti diare dan sembelit.
2. Mengurangi gejala radang usus.
3. Mencegah diare terkait pemakaian antibiotik.
4. Menjaga kesehatan saluran cerna.
5. Membantu mengatasi penyakit kulit, seperti eksim.
6. Menjaga kesehatan saluran kemih dan area kewanitaan.
7. Mencegah alergi, pilek, dan infeksi saluran napas atas.
8. Menjaga kesehatan mulut.
9. Stimulasi aktivitas GALT (misalnya, peningkatan respons IgA, produksi sitokin, dll.).
10. Pengurangan durasi episode infeksi rotavirus.
11. Perubahan komposisi flora tinja untuk mencapai/mempertahankan komposisi di mana bifidobacteria dan/atau laktobasilus menjadi dominan jumlahnya, suatu situasi yang dianggap optimal.
12. Peningkatan massa tinja (penggemburan tinja) dan frekuensi buang air besar.
13. Peningkatan bioavailabilitas kalsium melalui penyerapan kolon (misalnya inulin).
14. Pengendalian alergi.
15. Memberikan efek imunostimulator.
16. Pencegahan kanker kolorektal dan sembelit.
17. Pencegahan serta perawatan suportif penyakit radang usus dan diare.
18. Peningkatan Kesehatan Usus: Probiotik membantu menjaga keseimbangan mikroflora usus yang sehat dengan mendorong pertumbuhan bakteri menguntungkan dan menghambat pertumbuhan bakteri berbahaya.
19. Peningkatan Pencernaan: Probiotik membantu pencernaan dan penyerapan nutrisi, terutama laktosa (dalam kasus individu yang tidak toleran laktosa) dan serat.
20. Peningkatan Sistem Kekebalan Tubuh: Usus yang sehat, didukung oleh probiotik, dapat berdampak positif pada respons kekebalan, membantu tubuh bertahan melawan infeksi dan penyakit.

Hasil studi klinis mengkonfirmasi efek positif probiotik pada penyakit gastrointestinal (misalnya, sindrom iritasi usus besar, gangguan pencernaan, penyakit radang usus, diare) dan penyakit alergi (misalnya, dermatitis atopik). Banyak studi klinis telah membuktikan efektivitas probiotik untuk pengobatan penyakit seperti obesitas, sindrom resistensi insulin, diabetes tipe 2, dan penyakit hati berlemak non-alkohol. Selanjutnya, efek positif probiotik terhadap kesehatan manusia telah ditunjukkan dengan meningkatkan kekebalan tubuh. Saat akan memilih produk makanan sumber probiotik, pastikan bahwa produk tersebut adalah produk non-pasteurisasi, karena proses pemanasan dengan suhu tinggi, akan membunuh bakteri ini.

Probiotik merupakan mikroorganisme hidup yang berperan dalam membantu pencernaan, meningkatkan proses absorbsi nutrisi, meningkatkan pertumbuhan, dan membantu dalam kekebalan sistem tubuh ikan. Probiotik bekerja menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Beberapa probiotik juga bermanfaat menjaga kualitas air. Tipe Probiotik antara lain: *Bacillus sp.*, *Lactic acid bacteria*, Nitrifying, dan Yeast.

Serat dikenal sebagai nutrisi yang bermanfaat bagi sistem pencernaan. Namun, ada satu jenis serat khusus yang tak hanya melancarkan pencernaan, tetapi juga penting untuk meningkatkan pertumbuhan bakteri baik di dalam usus. Serat khusus ini disebut sebagai prebiotik. Singkatnya, prebiotik adalah makanan bagi bakteri baik di usus (probiotik). Kekurangan prebiotik bahkan bisa menyebabkan probiotik berkurang.

Postbiotik adalah senyawa yang dihasilkan bakteri sebagai bagian dari siklus hidup dan metabolismenya. Misalnya, bakteri dan strain ragi yang digunakan dalam fermentasi menghasilkan senyawa postbiotik. Ini termasuk asam lemak rantai pendek, protein fungsional dan bahan buangan dari mikroorganisme itu sendiri, termasuk komponen dinding sel. Postbiotik juga mencakup nutrisi seperti vitamin B dan K, asam amino dan zat yang disebut peptida antimikroba yang membantu memperlambat pertumbuhan bakteri berbahaya.

Postbiotik dapat membantu mengurangi gejala sakit pencernaan, mengoptimalkan flora usus dan meningkatkan respons

kekebalan lapisan usus besar dengan meningkatkan fungsi penghalang usus. Para peneliti juga mengamati aktivitas anti-inflamasi, antiobesogenik, antihipertensi, hipokolesterolemia, antiproliferatif, dan antioksidan.

Fermentasi prebiotik oleh probiotik di usus besar menghasilkan asam asetat, asam butirat, asam propionat, dll. Hal ini menurunkan pH dan menekan pertumbuhan bakteri patogen dan pembusuk, mendukung pembentukan mukosa usus (lendir). Menurut beberapa penelitian, hal ini merangsang sistem kekebalan tubuh terhadap tumor.

Adapun manfaat lainnya dari postbiotik antara lain:

1. Membantu menurunkan kadar gula darah
2. Mencegah obesitas
3. Mendukung probiotik
4. Memperbaiki gejala terkait usus
5. Mendukung sistem kekebalan tubuh
6. Mengurangi peradangan

Meskipun ketiga probiotik, prebiotik, dan postbiotik dapat berkontribusi terhadap kesehatan usus, ketiganya belum tentu semuanya diperlukan untuk hasil yang optimal. Singkatnya, meskipun setiap komponen memainkan peran unik dalam mendukung kesehatan usus, ketiganya tidak selalu perlu digunakan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Pilihan untuk menggunakan satu atau lebih bergantung pada kebutuhan kesehatan individu, kebiasaan makan, dan preferensi. Berkonsultasi dengan profesional kesehatan dan gizi dapat membantu menentukan pendekatan terbaik

### 10.3 Potensi Rumput Laut sebagai Sumber Prebiotik

Mikrobiota usus manusia berperan penting dalam beberapa proses metabolisme dan penyakit manusia. Berbagai faktor makanan, termasuk karbohidrat kompleks, seperti polisakarida, menyediakan nutrisi dan substrat yang melimpah untuk metabolisme mikroba di usus, sehingga mempengaruhi anggota dan fungsinya. Saat ini, sumber utama karbohidrat kompleks yang diperuntukkan bagi konsumsi manusia adalah tumbuhan terrestrial atau tumbuhan yang

tumbuh di daratan. Namun, dikarenakan air bersih merupakan komoditas yang semakin langka dan produktivitas pertanian dunia terus menurun, sehingga memerlukan eksplorasi sumber karbohidrat kompleks lainnya. Pilihan alternatif yang menarik adalah rumput laut karena menunjukkan pertumbuhan yang cepat dan tidak memerlukan lahan subur, air tawar atau pupuk (Lopez-Santamarina *et. al.*, 2020).

Selain itu rumput laut juga memiliki kandungan gizi yang lengkap dan kompleks. Beberapa manfaat dari mengkonsumsi rumput laut antara lain menurunkan insiden kanker, menurunkan tekanan darah dan gula darah, serta aktivitas antivirus, antiinflamasi, imunomodulator, atau pelindung saraf (Cian *et. al.*, 2015 & Gurpilhares *et. al.*, 2019). Beberapa penyakit dapat di cegah dengan cara mengkonsumsi rumput laut karena rumput laut mengandung beragam senyawa bioaktif yang meningkatkan kesehatan, termasuk polisakarida sulfat, polifenol, pigmen (klorofil, fucoxanthins, phycobilins), karotenoid, asam lemak omega-3 atau asam amino mirip mikosporin (Cian *et. al.*, 2015; Brown *et. al.*, 2014 & Barba, 2017). Bahkan banyak senyawa bioaktif yang hanya terkandung di dalam rumput laut dan tidak ditemukan dalam tumbuhan terrestrial.

Negara-negara Asia mendominasi produksi rumput laut di dunia, yaitu sebesar 99% dari total produksi, sementara sebagian besar negara maritim lainnya menghasilkan sedikit atau tidak sama sekali (Tiwari dan Troy, 2015). Polisakarida menyumbang sebagian besar biomassa rumput laut (hingga 76% berat kering pada beberapa spesies dan bersama-sama dengan oligosakarida telah menjadi fokus utama dari banyak penelitian senyawa turunan rumput laut. Senyawa fenolik dan protein dari rumput laut juga menarik perhatian. menarik sebagai bahan fungsional potensial (Charoensiddhi *et. al.*, 2017). Selain dikonsumsi sebagai makanan utuh, rumput laut atau polisakaridanya dianggap sebagai bahan tambahan yang berharga dalam industri makanan karena sifat reologinya sebagai bahan pembentuk gel dan pengental (Gurpilhares *et. al.*, 2019), formulasi pakan ternak (Makkar *et. al.*, 2016), serta formulasi kosmetik, obat-obatan dan pupuk (Chen *et. al.*, 2018).

Konsumsi rumput laut memiliki manfaat khusus pada kesehatan manusia, karena rumput laut telah terbukti memberikan efek pencegahan terhadap beberapa penyakit tidak menular seperti

penyakit kardiovaskular (Cardoso *et. al.*, 2015 dan Kumar *et. al.*, 2015), antihipertensi (Seca dan Pinto, 2018), efek anti-obesitas (Wan-Loy dan Siew-Moi, 2016) dan efek anti-diabetes (Yang *et. al.*, 2019 dan Zao *et. al.*, 2018), aktivitas anti kanker (Wang *et. al.*, 2017 dan Xue *et. al.*, 2018) atau antioksidan (Shin *et. al.*, 2014). Terkait penyakit kardiovaskular, oligosakarida fungsional (prebiotik) yang terkandung di dalam rumput laut mempengaruhi berbagai proses biologis yang terkait dengan aktivitas hipoglikemik dan hipolipidemik, meskipun mekanisme konkritnya belum dipelajari dengan baik (Yang *et. al.*, 2019). Sehubungan dengan hipertensi, berbagai senyawa dari rumput laut, seperti peptida bioaktif yang diturunkan dari protein dan phlorotannin, dapat mencegah hipertensi dengan menghambat aktivitas enzim pengonversi angiotensin-I (Seca dan Pinto, 2018). Terkait aktivitas anti-obesitas rumput laut yang penting adalah penghambatan ekspresi reseptor teraktivasi prolifator peroksism  $\gamma$  (PPAR $\gamma$ ) dan aktivasi fosforilasi protein kinase teraktivasi adenosin monofosfat (AMPK) (Seca dan Pinto, 2018). Mekanisme anti-obesitas rumput laut penting lainnya terkait dengan penghambatan lipase, terutama lipase pankreas, yang merupakan salah satu target terapi utama obat anti-obesitas (Wan-Loy dan Siew-Moi, 2016) dan baru-baru ini ditunjukkan pada berbagai spesies rumput laut (Chater *et. al.*, 2016). Rumput laut juga dapat mencegah obesitas melalui modifikasi jumlah relatif filum mikrobiota usus (GM), dan polisakarida dari rumput laut juga dapat mengurangi obesitas dengan memperbaiki penghalang usus dan mengurangi peradangan (You *et. al.*, 2019). Selain itu, rumput laut secara signifikan meningkatkan kelimpahan dan keanekaragaman mikrobiota usus pada model hewan dan menunjukkan kemampuan untuk meningkatkan populasi mikrobiota bermanfaat dan mempertahankan homeostasis GM (Yang *et. al.*, 2019 dan Yan *et. al.*, 2019).

Sehubungan dengan aktivitas antioksidan rumput laut, efek perlindungan ini terutama bergantung pada phlorotannin, metabolit sekunder yang mengerahkan aktivitas antioksidan besar melalui pemulangan spesies oksigen reaktif (Shin *et. al.*, 2014). Metabolit sekunder rumput laut juga bertanggung jawab atas aktivitas antikanker, yang mencakup mekanisme berbeda seperti memperbaiki penghalang usus dengan mengintensifkan ekspresi protein

sambungan ketat melalui peningkatan fosforilasi gen MAPK dan ERKT/2 (Xue *et. al.*, 2018), dan mengaktifkan kaskade caspase. Mekanisme potensial lainnya adalah mengurangi ekspresi kinase yang bergantung pada siklin dan keluarga matriks metalloprotease (Wang *et. al.*, 2017) dan menginduksi penurunan tingkat sinyal metabolismik pro-apoptosis (Shin *et. al.*, 2014).

Terdapat banyak serat rumput laut merupakan polimer dengan berat molekul tinggi yang perlu diubah menjadi oligosakarida untuk meningkatkan kemampuan fermentasinya oleh GM (Gurpilhares *et. al.*, 2019). Berdasarkan pada klasifikasi taksonomi alga (rumput laut), komposisi polisakarida dapat sangat bervariasi. Rumput laut memiliki jaringan biopolimer yang terintegrasi di dinding selnya, terutama dibentuk oleh polisakarida yang terkait dengan senyawa lain, seperti protein, proteoglikan, polifenol, dan beberapa elemen mineral, seperti kalsium dan kalium (Charoensiddhi *et. al.*, 2017). Karena kompleksitas inilah sebagian besar polisakarida rumput laut, struktur, konstituen, dan kimianya tidak sepenuhnya diketahui (Collins *et. al.*, 2016). Tergantung pada taksa alga, polisakarida struktural dan penyimpanan dapat bervariasi. Polisakarida struktural adalah yang paling melimpah, dan komposisinya dapat dipengaruhi oleh spesies rumput laut (Collins *et. al.*, 2016), serta faktor lingkungan, seperti salinitas, suhu air, dan intensitas sinar matahari (Torres *et. al.*, 2019). Beberapa polisakarida struktural bersifat karboksilat atau tersulfasi, yang dapat mempengaruhi kemampuan fermentasinya (Gurpilhares *et. al.*, 2019).

Rumput laut hijau sebagian besar mengandung polisakarida struktural sulfat, seperti ulvan (yang paling melimpah, mewakili 8–29% berat kering) dan galaktan sulfat, xilan, dan mannan. Polimer ini terutama terdiri dari rhamnosa, xilosa, glukosa, asam gluuronat dan sulfat, dengan jumlah yang lebih kecil dari manosa, arabinosa dan galaktosa (Wells *et. al.*, 2017 dan Cherry *et. al.*, 2019). Polisakarida ini tidak sepenuhnya difermentasi oleh GM manusia (O'Sullivan *et. al.*, 2010 dan Jiao *et. al.*, 2011). Sebaliknya karbohidrat utama dalam penyimpanan adalah pati. Sebaliknya, rumput laut coklat terutama mengandung selulosa, asam alginat, fukoidan, dan sargassan sebagai polisakarida struktural, sedangkan polisakarida penyimpannya adalah alginat (Li *et. al.*, 2016) (yang paling banyak terdapat pada 17–45% berat kering), fukoidan, dan laminarin (Gurpilhares *et. al.*, 2019;

Charoensiddhi *et. al.*, 2017; dan Vera *et. al.*, 2011). Terakhir, rumput laut merah mengandung agar, karagenan, xilan, galaktan sulfat, dan porfirin sebagai polisakarida struktural utama, sedangkan polisakarida penyimpan utama adalah pati (You *et. al.*, 2019 dan Usov, 2011).

Selain polisakarida, rumput laut juga mengandung senyawa bioaktif lain yang disebut metabolit sekunder yang sebagian besar memiliki aktivitas antioksidan (Gomez *et. al.*, 2019). Diantaranya, polioletida (seperti phlorotannin), isoprenoid (seperti terpen, karotenoid dan steroid), alkaloid dan shkimate (seperti flavonoid) adalah kelompok utama metabolit sekunder yang ditemukan dalam alga (Okolie *et. al.*, 2017). Dibandingkan dengan makroalga lainnya, rumput laut merah merupakan sumber yang lebih kaya akan metabolit sekunder ini (Freitas *et. al.*, 2015). Manfaat kesehatan manusia yang diberikan oleh senyawa bioaktif ini meliputi aktivitas antiinflamasi, antioksidan, antikoagulan, antivirus, antimikroba, antidiabetes, antitumor, antihipertensi, antialergi, dan imunomodulator (Gomez *et. al.*, 2019; Okolie *et. al.*, 2017; Freitas *et. al.*, 2015 dan Rosa *et. al.*, 2019).

Senyawa dengan aktivitas prebiotik seperti oligosakarida, laktulosa, frukto-oligosakarida (FOS), inulin, galakto-oligosakarida (GOS) dan arabinoxylano-sakarida (XOS) digunakan sebagai bahan fungsional dalam industri makanan (Chen *et. al.*, 2018). Meskipun sebagian besar senyawa di atas kini berasal dari tumbuhan darat, beberapa penelitian menunjukkan bahwa polisakarida dan oligosakarida yang berasal dari alga laut juga dapat memodulasi metabolisme usus, termasuk fermentasi, menghambat adhesi dan invasi patogen, dan mengobati penyakit radang usus (Lean *et. al.*, 2015 & Kuda *et. al.*, 2015 ). Selain itu, senyawa ini telah menunjukkan aktivitas antikoagulan, antioksidan, imunomodulator, antitumor dan antivirus (Chen *et. al.*, 2018).

Genom manusia mengkodekan sejumlah hidrolase terbatas yang mampu menghidrolisis ikatan glikosidik polisakarida dalam serat makanan (secara kolektif disebut sebagai CAZymes). Akibatnya, banyak polisakarida, seperti pati resisten, inulin, lignin, pektin, selulosa dan FOS, mencapai usus besar tanpa tercerna. Sebaliknya, GMB (*gut microbiome*) mengkodekan puluhan ribu CAZymes. Dengan

adanya bakteri yang menyimpan enzim kunci yang terlibat dalam metabolisme karbohidrat, polisakarida kompleks ini dapat terdegradasi dan dimetabolisme secara *in vivo* (Clemente *et. al.*, 2015). Bakteri yang mampu mendegradasi polisakarida kompleks ini disebut pengurai primer dan mencakup anggota genera *Bacteroides* spp., *Bifidobacterium* spp., *Ruminococcus* spp., *Roseburia* spp., *Facealibacterium* spp., *Anaerostides* spp. dan *Coprococcus* spp. Kelimpahan relatif dari genera tersebut pada GM (*gut microbiota*), dapat disimpulkan bahwa selama kekurangan pangan, bakteri ini dapat berganti-ganti sumber energi dengan menggunakan sensor dan mekanisme pengaturan yang mengontrol ekspresi gen (You *et. al.*, 2019 & Zmora *et. al.*, 2019).

Hidrolase diperoleh dari hasil ekspresi gen. Hidrolase bekerja pada polisakarida untuk menghasilkan oligosakarida dan monosakarida. Fermentasi sekunder senyawa-senyawa ini oleh GM menghasilkan SCFA (*short chain fatty acid*), khususnya asam asetat, propionat, butirat, laktat, dan suksinat, yang memulai jaringan metabolisme kompleks (Zmora *et. al.*, 2019). Singkatnya, secara genetik di dalam tubuh manusia tidak dapat memproduksi enzim alamiah pengurai polisakarida terutama yang merupakan prebiotik, oleh karena itu prebiotik atau serat tersebut dimanfaatkan oleh probiotik di dalam tubuh untuk kesehatan tubuh terutama sistem pencernaan. Tanpa adanya bakteri pengurai primer, maka prebiotik tak dapat diolah dan diserap oleh tubuh manusia, sehingga dibuang akan tetapi dapat bermanfaat dalam membersihkan saluran pencernaan.

Berdasarkan penelitian Teng *et. al.* (2013) menyatakan bahwa GM pada populasi manusia yang berprofesi sebagai pemburu-pengumpul, tinggal di pedesaan dan bekerja di bidang pertanian biasanya memiliki bakteri yang lebih beragam dibandingkan masyarakat perkotaan modern, sehingga memerlukan repertoar fungsional yang lebih besar untuk memaksimalkan asupan energi mereka dari serat makanan. Sebaliknya, konsumsi makanan yang sebagian besar terdiri dari produk hewani menyebabkan pengayaan GM genera bakteri toleran empedu, seperti *Alistipes* sp., *Bilophila* sp. dan *Bacteroides* sp., dan hampir keseluruhan total bakteri yang

memetabolisme polisakarida, seperti *Roseburia* sp., subkelompok *Eubacterium rectale* dan *Ruminococcus bromii* (Zmora *et. al.*, 2019).

Meskipun sifat prebiotik dan imunomodulasi alga coklat telah dipelajari baik pada model hewan maupun *in vitro*, telah dilakukan pula penelitian mengenai intervensi manusia yang diperlukan untuk menilai apakah ada hubungan langsung antara penggunaan alga dan GM manusia, namun saat ini masih terbatas karena masalah etika (Roca *et. al.*, 2018). Hasil paling relevan yang diperoleh dari kajian dampak rumput laut coklat terhadap GM antara lain tentang efek prebiotik spesies rumput laut coklat dari genus *Ecklonia*, *Sargassum*, *Laminaria*, *Ascophyllum*, *Fucus*, *Undaria*, *Saccorhiza* atau *Porphyra*. Pemberian polisakarida rumput laut coklat utuh atau polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut coklat menghasilkan peningkatan produksi SCFA (*short chain fatty acid*), menstimulasi pertumbuhan bakteri menguntungkan seperti *Lactobacillus* sp., *Bifidobacterium* sp. atau *Faecalibacterium* sp. Dalam beberapa kasus, polisakarida yang diekstraksi dari rumput laut coklat atau rumput laut coklat juga menghambat pertumbuhan bakteri yang berpotensi menjadi patogen atau bakteri yang merugikan. Dalam beberapa kasus, dilaporkan efek menguntungkan lainnya yang tidak terkait erat dengan tindakan pada GM, seperti mengurangi penanda inflamasi serum, mengurangi kadar protein pengikat lipopolisakarida dalam serum, meningkatkan CAZymes, mengurangi aktivitas tinja, aktivitas hidrolase garam empedu, atau mengurangi ekspresi atau gen terkait diabetes.

Singkatnya, rumput laut coklat mengandung berbagai polisakarida berdasarkan beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan. Adapun polisakarida yang terkandung dalam rumput laut coklat yang merupakan prebiotik antara lain laminin, laminarin, fukoidan, alginat,  $\beta$ -glukan, dan prebiotik umum seperti inulin, FOS dan GOS.

Berdasarkan hasil penelitian ditemukan adanya prebiotik pada berbagai spesies rumput laut merah seperti dari genus *Acanthopora*, *Gracilaria*, *Kappaphycus*, *Euchema*, *Grateloupia*, *Chondrus*, *Gelidium*, atau *Osmundea*. Pemberian rumput laut merah atau polisakarida yang diekstraksi rumput laut menghasilkan peningkatan produksi SCFA (*short chain fatty acid*), menstimulasi pertumbuhan bakteri menguntungkan seperti *Lactobacillus* sp. atau *Bifidobacterium* sp.,

sedangkan menghambat pertumbuhan bakteri merugikan, misalnya pertumbuhan bakteri yang berpotensi patogen. Aktivitas rumput laut merah juga dilaporkan dapat mencegah kerusakan gastrointestinal akibat naproxen (Silva *et. al.*, 2012).

Singkatnya, rumput laut merah mengandung berbagai polisakarida berdasarkan beberapa hasil penelitian yang pernah dilakukan. Adapun polisakarida yang terkandung dalam rumput laut merah yang merupakan prebiotik antara lain agarosa, karagenan (D-galaktosa), dan prebiotik umum seperti inulin, FOS dan GOS.

Rumput laut hijau tidak seperti rumput laut coklat dan rumput laut merah, yakni bukti terkini mengenai kapasitas fermentasi ganggang hijau dan polisakaridanya masih sangat langka, sebagian karena fermentasinya memerlukan aktivitas spesifik dari senyawa  $\alpha$ -L-rhamnosidase di saluran pencernaan, yang jarang terjadi (Munoz *et. al.*, 2017). Hasil paling relevan yang diperoleh dari hasil penelitian terhadap pengaruh rumput laut hijau terhadap rekayasa genetika antara lain tentang efek prebiotik spesies rumput laut hijau dari genus Enteromorpha dan Ulva. Pemberian rumput laut hijau atau polisakarida yang diekstraksi rumput laut juga menghasilkan peningkatan produksi SCFA (*short chain fatty acid*), menstimulasi pertumbuhan bakteri menguntungkan seperti *Lactobacillus* sp., *Bifidobacterium* sp., *Akkermansia* sp. sedangkan berpotensi menghambat pertumbuhan bakteri patogen. Manfaat lainnya berdasarkan hasil penelitian seperti penurunan protein pengikat lipopolisakarida pada tikus betina, berkurangnya lesi histopatologis dari infiltrasi inflamasi di usus bagian distal, atau memodulasi ekspresi gen terkait diabetes pada tikus diabetes (Yan *et. al.*, 2019 dan Shang *et. al.*, 2018).

Ringkasnya, rumput laut hijau mengandung berbagai prebiotik antara lain ulvan, xilosa, xylan, xylo-oligosakarida (XOS), dan kandungan penyusun prebiotik umum lainnya. Kandungan prebiotik dalam rumput laut hijau masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Sistem *in vitro* mereplikasi lebih mirip mikrobiota usus manusia, tetapi sistemnya kurang dinamis dibandingkan lingkungan kolon manusia yang sebenarnya, yang lebih kompleks. Selain itu, faktor-faktor lain harus dipertimbangkan, seperti kemungkinan pengaruh senyawa sekunder lain yang terkandung dalam rumput laut

terhadap komposisi GM (*gut microbiota*), atau potensi transfer gen dari bakteri laut ke bakteri GM manusia yang mengkode enzim yang dapat mendegradasi polisakarida rumput laut. Oleh karena itu, tidak semua orang akan memberikan respons yang sama setelah mengonsumsi rumput laut terutama rumput laut yang mengandung berbagai prebiotik atau bahkan mengandung prebiotik khusus.

Berkurangnya lahan pertanian dan penggunaan air bersih kemungkinan akan meningkatkan konsumsi rumput laut oleh manusia dalam waktu dekat. Sementara itu, terdapat kebutuhan besar untuk melakukan penelitian lebih mendalam terhadap potensi efek prebiotik rumput laut dan polisakarida turunannya terhadap GM manusia. Berdasarkan pembahasan itu semua maka dapat disimpulkan bahwa rumput laut memiliki potensi yang sangat besar sebagai sumber prebiotik selain tumbuhan terestrial.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barba F.J. 2017. Microalgae and seaweeds for food applications: Challenges and perspectives. *Food Res. Int.*; 99:969–970. doi: 10.1016/j.foodres.2016.12.022.
- Brown E.M., Allsopp P.J., Magee P.J., Gill C.I., Nitecki S., Strain C.R., McSorley E.M. 2014. Seaweed and human health. *Nutr. Rev.*, 72:205–216. doi: 10.1111/nure.12091.
- Canada Health. 2019. Klaim kesehatan pada label pangan / Klaim Prebiotik, Klaim Probiotik. Diakses 9 Des 2021 dari Klaim kesehatan pada label makanan – Persyaratan label makanan – Badan Inspeksi Makanan Kanada (canada.ca)
- Cardoso S.M., Pereira O.R., Seca A.M.L., Pinto D.C.G.A., Silva A.M.S. 2015. Seaweeds as preventive agents for cardiovascular diseases: From nutrients to functional foods. *Mar. Drugs*;13:6838–6865. doi: 10.3390/ md13116838.
- Charoensiddhi S., Conlon M.A., Franco C.M., dan Zhang W. 2017. The development of seaweed-derived bioactive compounds for use as prebiotics and nutraceuticals using enzyme technologies. *Trends Food Sci. Technol.*; 70:20–33. doi: 10.1016/j.tifs.2017.10.002.
- Chater P.I., Wilcox M., Cherry P., Herford A., Mustar S., Wheater H., Brownlee I., Seal C., Pearson J. 2016. Inhibitory activity of extracts of Hebridean brown seaweeds on lipase activity. *J. Appl. Phycol.*; 28:1303–1313. doi: 10.1007/s10811-015-0619-0.
- Chen X., Sun Y., Hu L., Liu S., Yu H., Li R., Wang X., Li P. 2018. In vitro prebiotic effects of seaweed polysaccharides. *J. Oceanol. Limnol.*;36:926–932. doi: 10.1007/s00343-018-6330-7.
- Cherry P., Yadav S., Strain C.R., Allsopp P.J., McSorley E.M., Ross R.P., Stanton C. 2019. Prebiotics from seaweeds: An ocean of opportunity? *Mar. Drugs*;17:327. doi: 10.3390/ md17060327.
- Cian R.E., Drago S.R., De Medina F.S., Martínez-Augustin O. 2015. Proteins and carbohydrates from red seaweeds: Evidence for beneficial effects on gut function and microbiota. *Mar. Drugs*, 13:5358–5383. doi: 10.3390/ md13085358.

- Clemente J.C., Pehrsson E.C., Blaser M.J., Sandhu K., Gao Z., Wang B., Magris M., Hidalgo G., Contreras M., Noya-Alarcón Ó. 2015. The microbiome of uncontacted Amerindians. *Sci. Adv.*;1:e1500183. doi: 10.1126/sciadv.1500183.
- Collins K.G., Fitzgerald G.F., Stanton C., Ross R.P. 2016. Looking beyond the terrestrial: The potential of seaweed derived bioactives to treat non-communicable diseases. *Mar. Drugs*;14:60. doi: 10.3390/md14030060.
- Floch, M., 2014. Probiotics and Prebiotics. [online] Gastroenterology & Hepatology The Independent Peer-Reviewed Journal. Available at: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4988227/>>.
- Freitas A.C., Pereira L., Rodrigues D., Carvalho A.P., Panteleitchouk T., Gomes A.M., Duarte A.C. 2015. Springer Handbook of Marine Biotechnology. Springer; Heidelberg, Germany: *Marine functional foods*, pp. 969–994.
- Golen, T., Riccotti H. 2021. Apa itu postbiotik? Penerbitan Kesehatan Harvard. Diakses 9 Desember 2021 dari <https://www.health.harvard.edu/nutrition/what-are-postbiotics>
- Gomez Zavaglia A., Prieto Lage M.A., Jimenez-Lopez C., Mejuto J.C., Simal-Gandara J. 2019. The potential of seaweeds as a source of functional ingredients of prebiotic and antioxidant value. *Antioxidants*; 8:406. doi: 10.3390/antiox8090406.
- Gurpilhares D.B., Cinelli L.P., Simas N.K., Pessoa A., Jr., Sette LD. 2019. Marine prebiotics: Polysaccharides and oligosaccharides obtained by using microbial enzymes. *Food Chem*; 280:175–186. doi: 10.1016/j.foodchem.2018.12.023.
- Hermann, M. 2020. Temukan Dunia Postbiotik, Ahli Diet Hari Ini Vol. 22 (6):20.
- Jiao G., Yu G., Zhang J., Ewart H.S. 2011. Chemical structures and bioactivities of sulfated polysaccharides from marine algae. *Mar. Drugs*;9:196–223. doi: 10.3390/md9020196.
- Kuda T., Kosaka M., Hirano S., Kawahara M., Sato M., Kaneshima T., Nishizawa M., Takahashi H., Kimura B. 2015. Effect of sodium-alginate and laminaran on *Salmonella Typhimurium* infection in human enterocyte-like HT-29-Luc cells and BALB/c mice. *Carbohydr. Polym.*;125:113–119. doi: 10.1016/j.carbpol.2015.01.078.

- Kumar S.A, Magnusson M, Ward LC, Paul N.A, Brown L 2015. Seaweed supplements normalize metabolic, cardiovascular and liver responses in high-carbohydrate, high-fat fed rats. *Mar. Drugs.*;13:788–805. doi: 10.3390/md13020788.
- Lean Q.Y., Eri R.D., Fitton J.H., Patel R.P., Gueven N. 2015. Fucoidan extracts ameliorate acute colitis. *PLoS ONE*;10:e0128453. doi: 10.1371/journal.pone.0128453.
- Li M, Li G, Shang Q, Chen X, Liu W, Zhu L, Yin Y, Yu G, Wang X. 2016. In vitro fermentation of alginate and its derivatives by human gut microbiota. *Anaerobe*;39:19–25. doi: 10.1016/j.anaerobe.2016.02.003
- Lopez-Santamarina A, Miranda JM, Mondragon ADC, Lamas A, Cardelle-Cobas A, Franco CM, dan Cepeda A. 2020. Potential Use of Marine Seaweeds as Prebiotics: A Review. *Molecules*. 2020 Feb 24;25(4):1004. doi: 10.3390/molecules 25041004. PMID: 32102343; PMCID: PMC7070434.
- Makkar H.P., Tran G, Heuzé V., Giger-Reverdin S, Lessire M, Lebas F, dan Ankars P. 2016. Seaweeds for livestock diets: A review. *Anim Feed Sci Technol.*; 212:1–17. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2015.09.018.
- Markowiak, P. and Slizewska, K, 2017. Effects of Probiotics, Prebiotics, and Synbiotics on Human Health. [online] Nutrients MDPI. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5622781>
- Munoz J., Cartmell A, Terrapon N, Henrissat B, Gilbert H.J. 2017. Unusual active site location and catalytic apparatus in a glycoside hydrolase family. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*;114:4936–4941. doi: 10.1073/pnas.1701130114.
- O'Sullivan L, Murphy B, McLoughlin P, Duggan P, Lawlor P.G., Hughes H, Gardiner G.E. 2010. Prebiotics from marine macroalgae for human and animal health applications. *Mar. Drugs.*;8:2038–2064. doi: 10.3390/md8072038.
- Okolie C.L, CK Rajendran S.R., Udenigwe C.C., Aryee A.N, Mason B. 2017. Prospects of brown seaweed polysaccharides (BSP) as prebiotics and potential immunomodulators. *J. Food Biochem*; 41:e12392. doi: 10.1111/jfbc.12392.
- Oktariani Putri, n.d. Probiotik dan Prebiotik. [online] Available

- at:<https://apki.or.id/probiotik-dan-prebiotik/pentingnya-probiotik-dan-prebiotik-untuk-kesehatan>.
- Pandey KR, Naik SR, Vakil BV. 2015. Probiotics, prebiotics and synbiotics- a review. *J Food Sci Technol.* Dec; 52(12):7577-87.
- Roca Saavedra P., Mendez-Vilabrille V., Miranda J.M., Nebot C., Cardelle-Cobas A, Franco C.M., Cepeda A. 2018. Food additives, contaminants and other minor components: Effects on human gut microbiota—A review. *J. Physiol. Biochem* ;74:69–83. doi: 10.1007/s13105-017-0564-2.
- Rosa G.P., Tavares W.R., Sousa P.M.C., Pagès A.K., Seca A.M.L., Pinto D.C.G.A. 2019. Seaweed secondary metabolites with beneficial health effects: An overview of successes in in vivo studies and clinical trials. *Mar. Drugs*;18:8. doi: 10.3390/md18010008.
- Salminen, S., dkk. 2021. Pernyataan konsensus Asosiasi Ilmiah Internasional Probiotik dan Prebiotik (ISAPP) tentang definisi dan ruang lingkup postbiotik. Ulasan alam. *Gastroenterologi & hepatologi*, 18 (9), 649–667. Diakses 9 Desember 2021. doi.org/10.1038/s41575-021-00440-6
- Seca A.M.L. dan Pinto D.C.G.A. 2018. Overview of the antihypertensive and anti-obesity effects of secondary metabolites from seaweeds. *Mar. Drugs*;16:237. doi: 10.3390/md16070237.
- Shang Q, Wang Y, Pan L, Niu Q, Li C, Jiang H, Cai C, Hao J, Li G, Yu G. 2018. Dietary polysaccharide from Enteromorpha Clathrata modulates gut microbiota and promotes the growth of Akkermansia muciniphila, Bifidobacterium spp. and Lactobacillus spp. *Mar. Drugs*;16:167. doi: 10.3390/md16050167.
- Shin T, Ahn M, Hyun J.W, Kim S.H, Moon C. 2014. Antioxidant marine algae phlorotannins and radioprotection: A review of experimental evidence. *Acta Histochem*;116:669–674. doi: 10.1016/j.acthis.2014.03.008.
- Silva R, Santana A, Carvalho N, Bezerra T, Oliveira C, Damasceno S, Chaves L, Freitas A, Soares P, Souza M. 2012. A sulfated-polysaccharide fraction from seaweed *Gracilaria birdiae* prevents naproxen-induced gastrointestinal damage in rats. *Mar. Drugs*;10:2618–2633. doi: 10.3390/md10122618.
- Teng Z, Qian L, Zhou Y. 2013. Hypolipidemic activity of the polysaccharides from *Enteromorpha prolifera*. *Int. J. Biol.*

- Macromol.*; 62:254–256. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2013.09.010.
- Tiwari B.K, dan Troy D.J. 2015. Seaweed Sustainability. *Elsevier*, Oxford, UK: Seaweed sustainability-food and nonfood applications; pp. 1–6.
- Torres M.D., Flórez-Fernández N, Domínguez H. 2019. Integral utilization of red seaweed for bioactive production. *Mar. Drugs.*; 17:314. doi: 10.3390/mdl7060314.
- Tsai YL, Lin TL, Chang CJ, Wu TR, Lai WF, Lu CC, Lai HC. 2019. Probiotics, prebiotics and amelioration of diseases. *J Biomed Sci.* Jan 4;26(1):3.
- Usov A.I. 2011. Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry. Volume 65. Elsevier; San Diego, CA, USA: Polysaccharides of the red algae; pp. 115–217.
- Vera J., Castro J., Gonzalez A, Moenne A. 2011. Seaweed polysaccharides and derived oligosaccharides stimulate defense responses and protection against pathogens in plants. *Mar. Drugs.*;9:2514–2525. doi: 10.3390/mdl9122514.
- Wang H.M.D., Li X.C., Lee D.J., Chang J.S. 2017. Potential biomedical applications of marine algae. *Bioresour. Technol.*;244:1407–1415. doi: 10.1016/j.biortech.2017. 05.198
- Wan-Loy C. dan Siew-Moi P. 2016. Marine algae as a potential source for anti-obesity agents. *Mar. Drugs.*;14:222. doi: 10.3390/mdl14120222
- Wells M.L, Potin P., Craigie J.S., Raven J.A, Merchant S.S., Helliwell KE, Smith A.G., Camire M.E, Brawley S.H. 2017. Algae as nutritional and functional food sources: Revisiting our understanding. *J. Appl. Phycol.*;29:949–982. doi: 10.1007/s10811-016-0974-5.
- Wijaya, d., 2020. Probiotik dan Prebiotik Berbeda, Ini Penjelasannya!. [online] Available at: <https://www.lemonilo.com/amp/blog;https://itjen.kemdikbud.go.id/covid19/2021/10/25/lebih-penting-probiotik-atau-prebiotik/probiotik-dan-prebiotik-berbeda-ini-penjelasannya>.
- Xue M., Ji X., Liang H., Liu Y., Wang B., Sun L., Li W. 2018. The effect of fucoidan on intestinal flora and intestinal barrier function in rats with breast cancer. *Food Funct.*;9:1214–1223. doi: 10.1039/C7FO01677H.

- Yan X, Yang C., Chen Y., Miao S., Liu B., Zhao C. 2019. Antidiabetic potential of green seaweed Enteromorpha prolifera flavonoids regulating insulin signaling pathway and gut microbiota in type 2 diabetic mice. *J. Food Sci.*; 84:165–173. doi: 10.1111/1750-3841.14415.
- Yang C.F., Lai S.S., Chen Y.H., Liu D., Liu B., Ai C., Wan W.Z., Gao L.Y., Chen X.H., Zhao C. 2019. Anti-diabetic effect of oligosaccharides from seaweed *Sargassum confusum* via JNK-IRS1/PI3K signaling pathways and regulation of gut microbiota. *Food Chem. Toxicol.*;131:110562. doi: 10.1016/j.fct.2019.110562.
- You L, Gong Y., Li L., Hu X., Brennan C., Kulikouskaya V. 2019. Beneficial effects of three brown seaweed polysaccharides on gut microbiota and their structural characteristics: An overview. *Int. J. Food Sci. Technol.* doi: 10.1111/ijfs.14408.
- Zao C., Yang C., Liu B., Lin L., Sarker S.D., Nahar L., Yu H., Cao H., Xiao J. 2018. Bioactive compounds from marine macroalgae and their hypoglycemic benefits. *Trends Food Sci. Technol.*; 72:1–12. doi: 10.1016/j.tifs.2017.12.001.
- Zmora N, Suez J., Elinav E. 2019. You are what you eat: Diet, health and the gut microbiota. *Nat. Rev. Gastroenterol. Hepatol.*,16:35–56. doi: 10.1038/s41575-018-0061-2.



## BIODATA PENULIS



**Ari Kristiningsih**

Dosen Program Studi Pengembangan Produk Agroindustri  
Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian  
Politeknik Negeri Cilacap

Penulis lahir di Boyolali tanggal 11 Januari 1986. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Pengembangan Produk Agroindustri Jurusan Rekayasa Mesin dan Industri Pertanian Politeknik Negeri Cilacap. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro pada tahun 2008 dan melanjutkan S2 pada jurusan yang sama tahun 2012. Penulis tertarik pada bidang pengolahan pangan yang berasal dari sector perikanan dan juga kelautan.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: ari.kristiningsih@gmail.com

## BIODATA PENULIS



**Dr. Sawarni Hasibuan, M.T., IPU.**  
Dosen Program Studi Magister Teknik Industri  
Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana, Jakarta

**Sawarni Hasibuan**, saat ini adalah Ass. Professor di Departemen Teknik Industri Universitas Mercu Buana, Jakarta. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknologi Industri Pertanian di Institut Pertanian Bogor (1989), Magister Teknik Industri di Institut Teknologi Bandung (1995), dan memperoleh Doktor Teknologi Industri Pertanian di Institut Pertanian Bogor (2012). Sejak tahun 2017 sebagai Chief in Editor Jurnal Terakreditasi Sinta 3, *Operations Excellence: Journal of Applied Industrial Engineering*. Penulis telah banyak melakukan penelitian di bidang manajemen industri, *risk management*, *green manufacturing*, *renewable energy*, *circular economy*, dan *sustainable supply chain*. Penulis telah beberapa kali memperoleh hibah penelitian dari Kemendikbud yang membahas energi terbarukan seperti biodiesel, bioethanol, biomassa, dan terbaru adalah biojet. Penulis juga telah mempublikasikan hasil-hasil risetnya di berbagai jurnal nasional dan internasional, dengan H-indeks Scopus 8 pada Tahun 2023.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [sawarni02@gmail.com](mailto:sawarni02@gmail.com)

## BIODATA PENULIS



**Dr.Ir. Hermawan**

Dosen Program Studi Ilmu Komputer  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Pakuan- Bogor

Penulis lahir di Balikpapan pada 16 April 1965. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan Bogor. Menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) pada Jurusan Teknologi Industri Pertanian IPB, dan akselerasi pendidikan doktoral (S3) juga pada Jurusan yang sama di IPB, tanpa menyelesaikan strata magister (S2). Dasawarsa awal karir penulis dibangun sebagai praktisi pada sejumlah Agroindustry mulai dari supervisor hingga Factory Manager. Periode selanjutnya penulis mengelola perusahaan konsultan dan beberapa lembaga sertifikasi di bidang industri hingga saat ini. Penelitian dan publikasi yang telah dihasilkan sebagian besar adalah bidang pembangunan agroindustry. Dalam lima tahun terakhir penulis banyak mencerahkan perhatiannya pada pengembangan Agroindustri 4.0. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [hermawan.taher@unpak.ac.id](mailto:hermawan.taher@unpak.ac.id)

## BIODATA PENULIS



**Samsu Adi Rahman**

**Samsu Adi Rahman**, Lahir di Desa Tanjung Kiaok, Kecamatan Sapeken Kabupaten Sumenep Propinsi Jawa Timur, adalah seorang petualang, pelaku bisnis dalam usaha ikan hias laut, praktisi, peneliti, pencinta lingkungan, pembicara dalam berbagai pelatihan, seminar, simposium, aktif dipemberdayaan masyarakat pesisir dan aktif diberbagai kegiatan lingkungan dan sosial. Dosen Perikanan di Fakultas Perikanan Universitas Muhammadiyah Luwuk. Lulus S1 tahun 2005, pada Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Tahun 2008 melanjutkan pendidikan ke Program Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin dan meraih gelar Magister Sains (M.Si) tahun 2010 dibidang Ilmu Perikanan. Tahun 2015 melanjutkan program Doktor di Institut Pertanian Bogor (IPB) dengan keilmuan bidang Ilmu Akuakultur, dan lulus tahun 2019.

Harapannya, buku ini dapat menjadi panduan yang inspiratif dan mudah dimengerti bagi pembaca agar dapat memahami dan mendukung pemanfaatan rumput laut secara berkelanjutan..

## BIODATA PENULIS



**Nurhayati, S.Tp.,M.Si**  
Dosen Food Business Technology  
Fakultas STEM Terapan Universitas Prasetya Mulya

Nurhayati berkontribusi di dunia industri dalam bidang keamanan pangan, jaminan halal dan *quality management system* sebelum bergabung sebagai faculty member Food Business Technology Universitas Prasetya Mulya. Kontribusi dengan dunia Industri masih terus berlanjut dalam bentuk support audit sertifikasi halal terutama untuk industri kecil dan menengah dan *training kompetensi ServSafe Food Protection for Manager* yang terakreditasi dari *The American National Standards Institute (ANSI)*. Beliau mendapatkan sertifikasi kompetensi sebagai Lead Auditor FSSC 22000 dari IRCA, Lead Auditor Food Safety BRCGS dari BRC-UK, Lead Auditor Halal dari BNSP-RI, *ServSafe Registered Instructor and Proctor* dari *National Restaurant Association (NRA)-USA*, serta Level 3 Award HACCP dari CIEH-UK. Beliau juga mendapat kesempatan sebagai *visiting scientist* dengan *Project Leaf no Waste*, ESHI-TU Dublin, Ireland serta mendapatkan penghargaan dari *European Consortium Universities* melalui *European Institute of Innovation and Technology (EIT) Food Division* serta menghantarkan beliau mendapatkan penghargaan sebagai juara tiga pada program EIT FOOD *Global Food Venture Program Stage II*, juara dua EIT Food -*Inspire Sustainable Aquaculture Summer School Program*, juara satu EIT

*Food-Pathway Impact to PhD* Email: [nurhayati.anhar81@gmail.com](mailto:nurhayati.anhar81@gmail.com)  
dan Hp. 081310938905

## BIODATA PENULIS



**Dr. Adrianus Orias Willem Kaya, S.Pi, M.Si**  
Dosen Tetap Program Studi Teknologi Hasil Perikanan  
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura Ambon

Penulis dilahirkan di Ambon,pada tanggal 28 Maret 1969 dan merupakan dosen tetap pada Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura Ambon, Jurusan/Program Studi Teknologi Hasil Perikanan. Riwayat pendidikan : S1 pada Program Studi Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan Universitas Pattimura Ambon, S2 Program Studi Teknologi Hasil Perairan Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dan Studi S3 Program Studi Teknologi Industri Pertanian pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Penulis menekuni bidang minat Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan dengan mata kuliah yang diampuh adalah : Dasar-dasar Teknologi Hasil Perikanan, Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan Modern, Diversifikasi dan Pengembangan Produk Hasil Perikanan, Pengetahuan Bahan Baku Hasil Perikanan. Beberapa artikel sudah dihasilkan penulis dan sudah diterbitkan pada beberapa jurnal Nasional maupun Internasional. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: adrianuskaya\_belso@yahoo.com

## BIODATA PENULIS



**Dr. Dheasy Herawati, S.Si., M.Si**

Dosen Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis  
Fakultas Ilmu Kesehatan  
Universitas Maarif Hasyim Latif

Penulis lahir di Sidoarjo tanggal 15 Desember 1977. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi D3 Teknologi Laboratorium Medis Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Maarif Hasyim Latif (UMAHA) Sidoarjo. Menyelesaikan pendidikan S1, S2 dan S3 pada Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga Surabaya. Penulis menekuni rumput laut sejak Tahun 2019 terkait dengan metode ekstraksi dan bioaktivitasnya. Tema Rumput laut ini juga menjadi judul dalam disertasi dan beberapa jurnal internasional terindeks scopus. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [dheasy\\_herawati@dosen.umaha.ac.id](mailto:dheasy_herawati@dosen.umaha.ac.id)

## BIODATA PENULIS



**Dr. Salnida Yuniarti Lumbessy, S.Pi., M.Si**  
Dosen Program Studi Budidaya Perairan  
Fakultas Pertanian, Universitas Mataram

Penulis lahir di Ambon, Maluku tanggal 22 Juni 1977. Penulis adalah dosen tetap pada Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Jurusan Pengolahan Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan, Universitas Pattimura dan melanjutkan S2 pada Jurusan Teknologi Pasca Panen, Institut Pertanian Bogor (IPB). Selanjutnya menyelesaikan program Doktor(S3) pada Program Studi Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Penulis telah mempublikasikan beberapa artikel ilmiah serta mengikuti kegiatan seminar nasional dan internasional, memberikan pelatihan kepada masyarakat terkait bidang ilmu yang dimiliki. Beberapa diantaranya melalui pendanaan DIKTI seperti, Hibah Strategis, MP3EI dan Hibah Bersaing.

Penulis dapat dihubungi melalui e-mail: [salnidayuniarti@unram.ac.id](mailto:salnidayuniarti@unram.ac.id)

## BIODATA PENULIS



**Prof.Dr.Ir. I Ketut Budaraga,M.Si.CIRR**

Dosen Program Studi Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian  
Universitas EkaSakti.

Prof. Dr. Ir. I Ketut Budaraga, M.Si. CIRR lahir di Desa Bulian Kecamatan Kubutambahan Kabupaten Buleleng Provinsi Bali pada tanggal 22 Juli 1968. Menamatkan SD No.1 Bulian tahun 1982, SMP 1 Singaraja tahun 1984. SMA Lab Unud Singaraja tahun 1987. Melanjutkan ke Fakultas Pertanian Universitas Mataram tahun 1987 dan tamat 1992. Melanjutkan pendidikan S2 tahun 1995 Ke Pasca sarjana program studi Teknik Pasca Panen IPB tamat 1998. Diberikan kesempatan lanjut ke S3 Ilmu pertanian tamat tahun 2016. Diangkat sebagai Dosen PNSD di Kopertis Wilayah X Padang di tempatkan di Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti pada Program Studi Teknologi Hasil Pertanian. Pernah menjabat mulai wakil Wakil dekan III Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, Wakil Dekan 1 Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, Dekan Fakultas Pertanian Universitas EkaSakti, sekarang diberikan kepercayaan sebagai Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas EkaSakti. Terhitung mulai tanggal 1 Agustus 2023 diberikan kepercayaan oleh pemerintah menjadi guru besar bidang ilmu Teknologi Pengolahan. Punya semboyan hidup kembali ke alam (*back to nature*), banyak kajian-kajian yang sudah dipublikasi dijurnal Internasional terindeks scopus, jurnal nasional terindeks sinta seperti pemanfaatan hasil samping kelapa menjadi produk yang memiliki nilai tambah, penggunaan

pengawet alami asap cair pada pengolahan pangan, serta pengolahan pangan yang lain seperti pengolahan pisang, pembuatan keju cottage dengan penggumpal alami. Selama ini sudah pernah memperoleh paten sederhana pada tahun 2010 tentang kompor briket tahan panas, Pada tahun 2022 memperoleh paten sederhana berjudul Keju Cottage Dari Susu Sapi Dengan Penambahan Belimbing Wuluh. Informasi lebih lanjut bisa menghubungi email [iketutbudaraga@unespadang.ac.id](mailto:iketutbudaraga@unespadang.ac.id).

## BIODATA PENULIS



**Fadly Irmawan, S.Si., M.Si.**  
Dosen Program Studi Budidaya Perikanan  
Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan  
Politeknik Negeri Pontianak

Penulis lahir di Pontianak pada tanggal 15 Juli 1987. Penulis saat ini adalah dosen tetap di Program Studi Budidaya Perikanan Jurusan Ilmu Kelautan dan Perikanan Politeknik Negeri Pontianak. Penulis bertempat tinggal di Jalan Adi Sucipto Gang Tiga Saudara Kabupaten Kubu Raya Kalimantan Barat. Penulis menyelesaikan pendidikan sarjana (S1) di Program Studi Sarjana Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Tanjungpura (Untan) dan pendidikan magister (S2) di Program Studi Magister Bioteknologi Sekolah Ilmu Teknologi Hayati (SITH) Institut Teknologi Bandung (ITB).

Penulis pernah mengampu beberapa mata kuliah, antara lain: Biologi Dasar, Biologi Perikanan, Genetika dan Pemuliaan Ikan, Nutrisi dan Teknologi Pakan Ikan, Bioteknologi Pertanian, Rekayasa Genetika, Biokimia, Aplikasi Komputer, Sistematika Hewan, dan masih banyak lagi. Hal ini sesuai dengan bidang kepakaran penulis yakni Biologi, Bioteknologi dan Genetika Molekuler serta Bioinformatika.

Beberapa judul buku yang pernah penulis tulis bersama penulis lainnya antara lain: Nutrisi dan teknologi pakan ikan (ISBN: 978-623-95593-9-7), Nutrisi dan teknologi pakan ikan [sumber elektronis] (ISBN: 978-623-93813-3-2 (PDF), Modul praktik teknologi

produksi pakan ikan (ISBN: 978-623-95725-4-9), Buku referensi *Book Chapter*: Pengantar Ilmu Kelautan dan Perikanan (ISBN: 978-623-09-8737-3), Buku Ajar: Biokimia Dasar (ISBN: 978-623-10-1136-7) serta beberapa *book chapter* lainnya yang pernah turut serta sebagai penulis di dalamnya. Penulis juga memiliki penciptaan dengan hak cipta nomor EC00202109486 dan EC00202154167.

Penulis dapat dihubungi melalui

Email : fadlyirmawan911@gmail.com  
ORCID / Scopus ID : 0009-0005-8080-4336  
Google Scholar : cYxxCnwAAAAJ