

BAB 1. PENDAHULUAN UMUM

1.1. Latar Belakang

Menjaga dan mempertahankan kondisi tubuh yang sehat, diperlukan asupan makanan atau minuman bergizi sebagai upaya pencegahan penyakit, baik yang disebabkan oleh virus (Venter *et al.*, 2020), bakteri ataupun penyakit degeneratif (Lange, 2021; Vitale *et al.*, 2023). Kesadaran masyarakat akan pentingnya mengonsumsi makanan dan minuman dengan kandungan gizi yang seimbang semakin meningkat (Amaliah *et al.*, 2019; Caporgno dan Mathys, 2018), trend ini didorong oleh berbagai faktor, termasuk penyakit terkait gaya hidup (da Costa, 2017), perubahan demografis, penuaan populasi di sebagian besar negara maju (Giacalone *et al.*, 2016) serta biaya pemeliharaan kesehatan yang besar (Suter, 2013). Selain itu, ada kecenderungan untuk menggunakan obat-obatan alternatif karena meningkatnya kesadaran akan risiko toksisitas pengobatan non herbal (Suharti *et al.*, 2021; Nusraningrum *et al.*, 2021). Peningkatan permintaan industri pangan terkait produk kesehatan alami juga diperkuat oleh pemahaman masyarakat tentang hubungan antara nutrisi dan manfaat kesehatan (Mulyati, 2021). Otoritas kesehatan juga turut mendorong penelitian tentang manfaat kesehatan dari makanan melalui peningkatan kajian mengenai pangan fungsional. Sementara itu, industri pangan berlomba-lomba untuk menghasilkan produk pangan fungsional yang dapat memenuhi kebutuhan dan preferensi konsumen (Lafarga *et al.*, 2020).

Konsep pangan fungsional pertama kali dikembangkan di Jepang pada tahun 1984 dan dikenal dengan konsep "*Foods for Specified Health Uses*" (FOSHU) (Arai *et al.*, 2008). Program FOSHU di Jepang menjurus kepada pengembangan dan pemasaran makanan yang memiliki manfaat kesehatan tertentu, seperti menurunkan kolesterol atau memperbaiki fungsi pencernaan, kemudian konsep pangan fungsional menyebar ke negara-negara lain, termasuk Amerika dan Eropa (Makoto Ono dan Akinori Ono, 2015). Sejak saat itu, pengembangan pangan fungsional semakin meningkat dan merupakan peluang untuk mendapatkan produk inovatif untuk memenuhi permintaan konsumen.

Terkait definisi, pangan fungsional mempunyai beragam definisi, bahkan pada setiap negara, sehingga menimbulkan kebingungan di kalangan para ahli dan non-ahli hingga saat ini, dan belum ada definisi baku atau bahkan kategori jenis yang fungsional (Martirosyan *et al.*, 2022). Tetapi dapat disimpulkan menurut *Functional Food Center* (FFC) dan Badan Pengawas Obat (BPOM) Indonesia, pangan fungsional merupakan makanan alami yang mengandung senyawa biologis aktif dalam jumlah tidak beracun, memberikan manfaat kesehatan yang terbukti didokumentasi dengan menggunakan *biomarker* tertentu untuk memberikan manfaat optimal dan mengurangi risiko penyakit kronis dan



mengelola gejala-gejalanya. Hasil penelitian dari Martirosyan *et al.* (2022) menyebutkan bahwa definisi dari FFC tersebut merupakan definisi dasar klasifikasi pangan fungsional, apabila klaim produk merupakan pangan fungsional namun tidak memenuhi parameter tersebut, maka tidak dapat digolongkan sebagai pangan fungsional.

Bahan pangan dapat dianggap fungsional apabila mengandung zat gizi dan senyawa bioaktif yang memegang peran penting bagi kesehatan (Kaur dan Das, 2011). Contoh zat gizi tersebut meliputi serat pangan, asam amino, asam lemak, dan vitamin (Larsen *et al.*, 2011) serta mengandung senyawa bioaktif (Vicentini *et al.*, 2016). Kandungan gizi dan senyawa bioaktif ini dapat diperoleh dari bahan baku pangan yang berasal dari hewan maupun tumbuhan, baik yang hidup di darat maupun di perairan (Nuraeni dan Anggraeni, 2020; Zang *et al.*, 2020) ataupun tumbuhan (Rodrigues *et al.*, 2015; Lafarga *et al.*, 2020) baik yang hidup di darat maupun di dalam perairan (Kusumayanti *et al.*, 2018).

Pemanfaatan pangan dari darat telah lama dimanfaatkan sebagai bahan baku pangan (Winarti dan Nurdjanah, 2005) misalnya penggunaan beras merah, kacang merah, kelor (Utama dan Yunita, 2019), teh melati (Jocom *et al.*, 2015; Batubara dan Pratiwi, 2019), kayu secang (Zega, 2010), dan sebagainya. Namun faktor teknis dan nonteknis ditengarai telah menjadi kendala dimasa ini dan kemungkinan masa mendatang, seperti menurunnya kapasitas dan kualitas infrastruktur, konversi lahan yang beralih fungsi menjadi perumahan, pertokoan dan taman (Suratha, 2013), degradasi lahan dan air, perubahan iklim, kurang menariknya kegiatan pertanian bagi generasi muda (Mulyani *et al.*, 2016), dan juga dipandang dari kenaikan jumlah penduduk yang terus meningkat menyebabkan peningkatan konsumsi bahan pangan dari darat (Sulistiyono, 2012).

Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk mencari sumber bahan baku pangan alternatif yang tidak memerlukan lahan luas dalam proses budidayanya, tidak membutuhkan air tawar dalam pertumbuhannya, dan dapat tumbuh dengan subur tanpa perawatan yang sulit. Salah satu alternatif yang memenuhi kriteria tersebut adalah bahan baku pangan dari laut. Keanekaragaman hayati tumbuhan laut yang melimpah menawarkan nutrisi alami, beberapa di antaranya sulit diperoleh dari tanaman darat (Pandey *et al.*, 2020) menjadikannya potensi yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional (Lobine *et al.*, 2021). Rumput laut (makro alga), sebagai salah satu tumbuhan laut, dianggap sebagai alternatif sumber pangan potensial (Mendis dan Kim, 2011; Wells *et al.*, 2017), karena memiliki nutrisi



aktif yang berfungsi menjaga kesehatan tubuh, menurunkan risiko diabetes (Yan *et al.*, 2019; Pandey *et al.*, 2020), hipertensi (Negreanu *et al.*, 2018).

Sampai saat ini telah lama memanfaatkan rumput laut sebagai sumber pangan secara langsung maupun setelah melalui proses pengolahan. Rumput laut ini sangat mudah dibudidayakan, memerlukan modal yang rendah,

efisien dalam pemanfaatan waktu, memiliki siklus budidaya singkat, dapat dilakukan oleh siapa saja, namun memerlukan lahan budidaya yang cukup luas (WWF-Indonesia, 2014; Nurwidodo *et al.*, 2017). Beberapa jenis rumput laut telah mendapatkan perhatian intensif dari pemerintah dan dikembangkan melalui proses budidaya secara massal, namun sebagian besar spesies belum tersentuh dan cenderung terabaikan (Moreira *et al.*, 2022), spesies tertentu digunakan sebagai bahan mentah untuk industri dan hanya diekspor dalam bentuk kering, beberapa spesies dimanfaatkan sebagai bahan makanan dan obat oleh masyarakat, namun secara keseluruhan tingkat konsumsi rumput laut masih rendah karena belum adanya *database* mengenai gizi dan senyawa non-gizi dari jenis-jenis rumput laut yang ada di Indonesia (Santoso *et al.*, 2004a).

Salah satu kelompok rumput laut yang belum maksimal pemanfaatannya adalah dari genus *Sargassum*. Genus *Sargassum* merupakan golongan rumput laut cokelat (Phaeophyceae) yang dapat dijumpai dalam jumlah biomassa yang tinggi di beberapa lokasi di Indonesia, salah satunya di perairan Sulawesi (Puspita *et al.*, 2020). Beberapa hasil kajian mengenai komponen gizi genus *Sargassum* dari perairan di Sulawesi Selatan yaitu kandungan antioksidan dan proksimat *Sargassum polycystum* dari Pulau Dutungan (Sami *et al.*, 2019), kandungan antioksidan *Sargassum* spp. dari perairan Pangkep (Pangkajene dan Kepulauan) dan Selayar (Arma *et al.*, 2009), potensi anti mikroba dari *Sargassum* sp. dari perairan pulau Laelae (Sartika, 2014), komponen bioaktif *Sargassum* sp. dari perairan Pangkep (Rusli *et al.*, 2016), serta beberapa kajian mengenai *Sargassum* yang telah dimanfaatkan sebagai bahan pangan fungsional yaitu yoghurt *Sargassum* (Husni *et al.*, 2015b), minuman instan *Sargassum* (Husni *et al.*, 2015a), teh *Sargassum* (Lim *et al.*, 2017), *ice cream Sargassum* (Holinesti *et al.*, 2019), kopi *Sargassum* (Kumar *et al.*, 2019), sebagai alternatif *nata de coco* yaitu *nata de sargassum* (Utami *et al.*, 2021) dan kukis *Sargassum* (Rehena dan Ivakdalam, 2019).

Potensi *Sargassum* yang sangat luas mendorong dilakukan penelitian mengenai manfaatnya sebagai sumber alternatif bahan pangan dan masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut terkait kandungan gizi, dan komponen bioaktif sehingga penelitian ini akan mengkaji *Sargassum* yang tumbuh liar di pulau sekitar perairan Makassar, Sulawesi Selatan, khususnya yang dijumpai di pulau terdekat dari kota Makassar yaitu pulau Gusung Tallang dan pulau Khayangan. Namun untuk memperkuat jenis *Sargassum* yang akan diteliti, maka dilakukan studi literatur terlebih dahulu untuk memastikan jenis *Sargassum* apa saja yang hidup di perairan Spermonde.

Berdasarkan penelitian terdahulu ditemukan spesies *Sargassum* spp. yang hidup di perairan Spermonde, yaitu *Sargassum Polycystum* (Alwiah, 2022) dan *Sargassum* sp. (Prud`homme Van Reine, 1993; Alwiah, 2022), *Sargassum polycystum*, *Sargassum pallidum*, *Sargassum siliquosum*, *Sargassum hemiphyllum* dan *Sargassum* spp. lainnya (Verheij dan Prud`homme van Reine,



Setelah studi literatur dilakukan, dilanjutkan observasi langsung di Pulau Gusung Tallang dan Pulau Kayangan, kota Makassar. Berdasarkan observasi tersebut, setidaknya ditemukan dua jenis *Sargassum* (*S. polycystum* dan *S. ilicifolium*) yang tumbuh di sekitar perairan intertidal dengan kedalaman antara 1 hingga 2 meter. Kunci identifikasi rumput laut genus *Sargassum* adalah dengan melihat adanya penampakan *vesicles* (struktur mirip buah) yang tumbuh menggantikan *ramuli* (daun) serta perbedaan morfologi dari bentuk *filoid* dan perbedaan bentuk *bladder* yang berbentuk bulat atau sedikit bersayap.

Berdasarkan observasi pendahuluan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi pemanfaatan dan peningkatan nilai tambah dari *S. polycystum* dan *S. ilicifolium* yang ditemukan di pulau Gusung Tallang dan pulau Kayangan sebagai alternatif bahan pangan. Fokus kajian terlebih dahulu melihat kandungan nutrisi, asam lemak, asam amino, dan komponen bioaktif khususnya antioksidan dari kedua *Sargassum* tersebut. Salah satu jenis *Sargassum* dengan hasil terbaik akan dipilih untuk dikembangkan menjadi produk akhir berupa biskuit fungsional yang mempunyai nilai gizi dan kandungan antioksidan yang baik.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian pendahuluan maka dapat dirumuskan beberapa masalah dalam penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimanakah kandungan gizi rumput laut *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium*?
2. Bagaimanakah komponen bioaktif dan kandungan antioksidan dari *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium*?
3. Bagaimanakah hasil formulasi pangan fungsional yang dibuat dari salah satu jenis *Sargassum* tersebut?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dalam penelitian ini, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk:

1. Menganalisis kandungan gizi rumput laut *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium*
2. Menganalisis komponen bioaktif rumput laut dan kandungan antioksidan dari *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium*
3. Menghasilkan formulasi pangan fungsional dari salah satu jenis *Sargassum* yang memiliki hasil terbaik dari produk.



Dari penelitian ini dapat memberikan manfaat berupa:

1. Mengetahui kandungan gizi spesies *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium* yang dapat memberikan wawasan lebih luas tentang potensi rumput laut ini sebagai sumber pangan fungsional. Memahami

komposisi nutrisinya dapat membantu menentukan kesesuaian untuk dikonsumsi dan kontribusi potensialnya terhadap diet yang seimbang.

2. Hasil penelitian tentang kandungan antioksidan pada spesies *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium* dapat berkontribusi sebagai tambahan data sumber antioksidan alami yang dapat bermanfaat bagi kesehatan manusia.
3. Mengembangkan formulasi produk pangan fungsional menggunakan salah satu spesies *Sargassum* sp. dengan hasil terbaik memungkinkan penciptaan produk pangan inovatif.

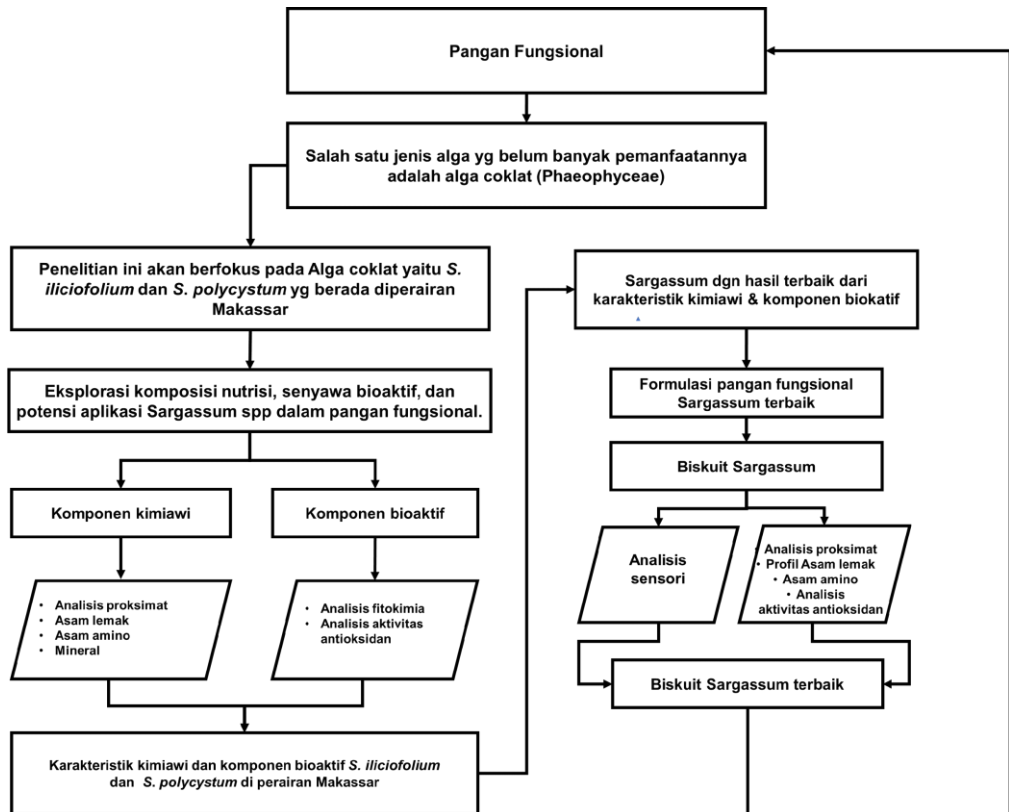
1.4. Kerangka Konsep Penelitian

Penelitian ini akan mengkaji *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium* (Gambar 1.1) yang tumbuh alami di pulau sekitar perairan Makassar, Sulawesi Selatan. Kajian akan melihat potensi pemanfaatan rumput laut jenis ini dan peningkatan nilai tambah sebagai alternatif bahan pangan. Fokus kajian diawali dengan melihat kandungan nutrisi dan komponen bioaktif dari *S. polycystum* dan *S. ilicifolium* dengan kajian akhir berupa produk pangan fungsional berupa biskuit yang mempunyai nilai gizi dan kandungan antioksidan yang baik.

1.5. Kebaruan penelitian

Secara keseluruhan, penelitian ini bertujuan untuk mengungkap potensi spesies *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium* sebagai sumber makanan dengan menganalisis kandungan gizi, mengkarakterisasi senyawa antioksidan, dan mengembangkan produk pangan fungsional, penelitian ini berkontribusi pada eksplorasi sumber makanan baru dan pengembangan formulasi produk pangan fungsional yang inovatif.





Gambar 1.1. Analisis nutrisi dan aktivitas antioksidan *Sargassum polycystum* dan *Sargassum ilicifolium* dari perairan Makassar serta aplikasinya sebagai alternatif pangan fungsional.



BAB 2. SENYAWA BIOAKTIF PADA RUMPUT LAUT DAN APLIKASINYA TERHADAP PANGAN FUNGSIONAL

2.1. Abstrak

SANTIA GARDENIA WIDYASWARI. **Senyawa Bioaktif pada Rumput Laut dan Aplikasinya Terhadap Pangan Fungsional** (dibimbing oleh Metusalach, Kasmianti, dan Nursinah Amir).

Latar Belakang: Minat terhadap pangan fungsional meningkat, terutama selama pandemi COVID-19, karena masyarakat mencari makanan bernutrisi untuk meningkatkan imunitas. Rumput laut muncul sebagai kandidat potensial karena kandungan nutrisi dan senyawa bioaktifnya yang mendukung kesehatan. Meski Indonesia kaya sumber daya rumput laut, pemanfaatannya masih terbatas pada ekspor bahan mentah, sehingga perlu inovasi pengolahan menjadi produk bernilai tambah. **Tujuan:** Kajian ini bertujuan menganalisis potensi rumput laut sebagai pangan fungsional, menyoroti manfaat nutrisi, komponen bioaktif, serta peluang pengembangan produk olahan untuk meningkatkan nilai ekonomi dan kesehatan masyarakat. **Metode:** Penelitian ini menggunakan metode studi literatur dengan mengumpulkan dan menganalisis publikasi ilmiah terbitan maksimal 10 tahun terakhir. Data difokuskan pada karakteristik, nutrisi, senyawa bioaktif, serta aplikasi rumput laut dalam produk pangan fungsional. **Hasil:** Rumput laut (Rhodophyceae, Chlorophyceae, Phaeophyceae) kaya protein, serat, polisakarida (agar, karagenan), serta senyawa bioaktif seperti antioksidan, anti mikroba, dan anti inflamasi. Komponen ini bervariasi berdasarkan spesies, lingkungan, dan metode pengolahan. Produk olahan seperti biskuit, yoghurt, dan minuman fungsional menunjukkan peningkatan nilai gizi, meski beberapa memiliki rasa pahit. Penambahan ekstrak alami (jahe, lemon) berhasil mengurangi rasa amis tanpa bahan kimia. **Kesimpulan:** Rumput laut berpotensi besar sebagai bahan pangan fungsional berkat profil nutrisi dan bioaktifnya. Pengolahan yang tepat dapat meningkatkan nilai tambah dan mengurangi ketergantungan pada ekspor bahan mentah. Inovasi produk berbasis rumput laut diharapkan menjawab kebutuhan konsumen akan makanan sehat sekaligus mendukung industri lokal. Studi lebih lanjut diperlukan untuk optimasi rasa dan diversifikasi produk.

Kata kunci : antioksidan, produk olahan, makro alga, nutrisi, senyawa bioaktif



2.2. Pendahuluan

Harapan terhadap pangan fungsional yang memberikan manfaat kesehatan terus meningkat setiap tahun (Vicentini *et al.*, 2016), terutama di tengah pandemi COVID-19 yang melanda seluruh dunia, mendorong masyarakat untuk semakin mengutamakan konsumsi makanan bernutrisi (Muscogiuri *et al.*, 2020). Pangan fungsional memiliki peran penting dalam menyediakan nutrisi untuk tubuh dan menjaga sistem imun tetap optimal. Pangan fungsional atau yang dikenal sebagai nutrasetikal dapat mengurangi risiko penyakit, memperbaiki kondisi tubuh, dan bahkan memiliki potensi penyembuhan (Siro *et al.*, 2008). Makanan tidak hanya sekadar pemenuhan kebutuhan saat lapar, tetapi juga dapat meningkatkan kesehatan dan mengurangi risiko beberapa penyakit degeneratif (Roberfroid, 1999). Perlu dicatat bahwa suplemen atau obat tidak termasuk dalam kategori pangan fungsional (Bigliardi dan Galati, 2013; Vicentini *et al.*, 2016).

Perbedaan antara pangan fungsional dengan suplemen atau obat adalah pada bentuk, penggunaan, dan tujuannya (Susanto *et al.*, 2019). Suplemen atau obat umumnya hadir dalam bentuk kapsul, tablet atau cairan yang dirancang untuk memberikan konsentrasi vitamin, mineral atau bahan kimia tertentu yang lebih tinggi daripada yang dapat diperoleh dari makanan sehari-hari dengan tujuan memberikan manfaat kesehatan atau mengobati kondisi medis tertentu. Sedangkan pangan fungsional merupakan makanan atau bahan makanan yang alami atau diproses secara khusus untuk memberikan manfaat tambahan bagi kesehatan, selain nutrisi dasar yang terkandung di dalamnya. Pangan fungsional dapat dikonsumsi dalam bentuk makanan sehari-hari dan tidak memerlukan resep atau pengawasan medis seperti suplemen atau obat.

Salah satu bahan pangan yang dapat dijadikan sebagai produk pangan fungsional adalah rumput laut. Rumput laut muncul sebagai bahan utama dalam pemenuhan pangan fungsional karena sifatnya yang dapat meningkatkan kesehatan (Suleria *et al.*, 2015). Rumput laut mengandung hampir semua jenis asam amino esensial yang dibutuhkan oleh tubuh (Salman dan Hasan, 2017) dan senyawa bioaktif yang berpotensi melawan radikal bebas, mencegah penuaan, serta mencegah dan mengobati penyakit degeneratif (Bedoux *et al.*, 2014; Rioux *et al.*, 2017; Caporgno dan Mathys, 2018). Negara-negara Asia seperti China, Jepang, Korea, Malaysia, Filipina, dan Thailand telah lama memanfaatkan rumput laut untuk berbagai keperluan, termasuk sebagai bahan makanan, pakan ternak, pupuk organik, kosmetika, obat-obatan, dan bahan makanan tambahan (Suparmi dan Hasan, 2017). Di negara-negara barat, rumput laut juga digunakan sebagai sayuran laut, salad, atau dimasak (Chapman *et al.*, 1980; Salehi *et al.*, 2018). Indonesia sendiri telah lama menggunakan rumput laut sebagai bahan makanan sehari-hari (Suparmi dan Sahri, 2009; Ulfah *et al.*, 2018) dan untuk berbagai keperluan lainnya (Salehi *et al.*, 1992).



Salah satu penerapan rumput laut sebagai bahan pangan fungsional adalah nori, mie rumput laut, *nugget* rumput laut, dodol rumput laut, kerupuk rumput laut, permen jeli rumput laut, agar, biskuit dan es krim rumput laut (Rizkaprilisa *et al.*, 2023). Meskipun Indonesia telah lama memanfaatkan rumput laut, potensinya dalam industri masih sebagian besar diekspor dalam bentuk kering, sedangkan produk olahan (agar, karagenan, alginate) hanya menyumbang sekitar 20% (Simanjuntak *et al.*, 2017). Pemanfaatan sumber daya rumput laut melalui pengolahan yang tepat memiliki potensi besar untuk menghasilkan produk pangan fungsional yang bermanfaat bagi Masyarakat (Erniati *et al.*, 2016). Oleh karena itu, review ini bertujuan untuk memberikan informasi tentang manfaat rumput laut sebagai pangan fungsional, dengan harapan dapat meningkatkan nilai tambah produk rumput laut dan memberikan kontribusi positif tidak hanya sebagai makanan harian tetapi juga sebagai produk kesehatan dengan nilai jual yang lebih tinggi.

2.3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan studi literatur dimana metode yang digunakan melibatkan observasi terhadap literatur-literatur yang telah dipublikasikan melalui platform Google Scholar, ScienceDirect, dan Scopus. Dalam penelitian ini, batasan terhadap tahun penerbitan literatur telah ditetapkan hingga maksimal 10 tahun terakhir.

2.4. Hasil dan Pembahasan

2.4.1. Karakteristik Rumput Laut

Secara taksonomi, rumput laut diklasifikasikan ke dalam tiga kelas, yaitu Rhodophyceae (alga merah), Chlorophyceae (alga hijau), dan Phaeophyceae (alga coklat) (Guiry, 2012). Karakteristik yang terdapat pada rumput laut juga dapat digunakan untuk mengklasifikasikan rumput laut. Klasifikasi yang paling umum digunakan adalah berdasarkan adanya pigmen khusus selain klorofil yang dapat mengidentifikasi rumput laut sebagai salah satu divisi alga (Bocanegra *et al.*, 2009). Suhu yang optimal untuk pertumbuhan rumput laut berkisar antara 20-30°C. Rumput laut membutuhkan intensitas cahaya yang cukup untuk melakukan fotosintesis, namun tingkat kecerahan yang dibutuhkan oleh setiap jenis rumput laut berbeda (Bocanegra *et al.*, 2009). Rhodophyceae dan Phaeophyceae umumnya dapat hidup pada sinar matahari yang terbatas, sedangkan Chlorophyceae umumnya mampu menyerap cahaya dalam jumlah banyak dan berlimpah di perairan pantai.



Seluruh jenis rumput laut mempunyai kandungan pigmen klorofil a, klorofil b dan karotenoid yang dapat berperan sebagai sumber komponen bioaktif. Klorofil a adalah pigmen utama yang bertanggungjawab terhadap proses fotosintesis (Benitez, 1955; Pareek *et al.*, 2017), pigmen ini sangat penting untuk kehidupan rumput laut. Klorofil tidak hanya penting bagi pertumbuhan rumput laut, tetapi juga berpotensi sebagai bahan pewarna alami pada industri pangan (Simanjuntak *et al.*, 2017) dan minuman (Yasuda dan Tabata, 2021), bidang

kesehatan (Al-Tameemi *et al.*, 2022) dan bidang pertanian (Genesio *et al.*, 2021). Selain klorofil terdapat juga pigmen karotenoid yang berfungsi menangkap energi cahaya pada panjang gelombang yang tidak dapat ditangkap oleh klorofil untuk ditransfer dan digunakan dalam proses fotosintesa.

Berdasarkan basis data alga dunia (lihat di www.algaebase.org) *Rhodophyceae* merupakan kelompok rumput laut dengan jumlah spesies paling banyak. *Rhodophyceae* mempunyai kenampakan warna thalus yang bervariasi, ini disebabkan adanya komposisi pigmen yang terdiri dari karotenoid α dan β -carotene, beberapa xanthophylls dan phycoerythrin. Phycoerythrin merupakan pigmen dominan pada *Rhodophyceae* yang memberikan kenampakan warna merah. *Rhodophyceae* mempunyai kemampuan adaptasi terhadap penyesuaian warna thalus berdasarkan kualitas pencahayaan yang diterima.

Chlorophyceae umumnya mengandung lutein beberapa kandungan xanthophylls dan karoten yang dapat berfungsi sebagai antioxidant (Bedoux *et al.*, 2014). Karoten mampu melindungi organisme dan sel dari kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh radikal bebas (Álvarez-Gomez *et al.*, 2016). Karoten mampu menghambat aktivitas radikal bebas (Álvarez-Gomez *et al.*, 2016; Kumar *et al.*, 2011). Penghambatan radikal bebas oleh karoten dilakukan oleh β -carotenes. β -carotenes bereaksi dengan radikal peroksil, sehingga terbentuk radikal ROO-Carotene dan terjadi delokalisasi elektron (Bedoux *et al.*, 2014). Sama halnya dengan rumput laut lainnya, komponen bioaktif dari *Chlorophyceae* bervariasi sesuai letak geografis, waktu panen, musim, dan jenis spesies rumput laut (Wells *et al.*, 2017).

Tabel 2.1. Karakteristik rumput laut berdasarkan penelitian sebelumnya (Sánchez-Machado *et al.*, 2004; Bocanegra *et al.*, 2009).

Divisi	Pigmen	Storage Product	Struktural cell wall	Intercellular mucilage	Flagella
Rhodo- phyceae	Chlorophylls a, b, phycocyanins, phycoerythrin, α - and β -carotenes, several Xanthophylls	Floridean starch	Cellulose, xylans, mannans	Sulfated polysaccharides	Not present
Chloro- phyceae	Chlorophylls a,b, β -carotenes, lutein, several Xanthophylls	Starch	Cellulosa, xylans, mannans cellulose, chitin	Sulfated polysaccharides	Present
Phaeo- phyceae	Chlorophylls a,b, β -carotenes, fucoxanthins, Xanthophylls	Starch	Cellulose, xylans, mannans	Sulfated polysaccharides	Present



ja memiliki klorofil a, b, β -carotenes, dan pigmen fucoxanthins
arna coklat kehijauan. Fucoxanthin mempunyai aktivitas biologi
gai antioksidan, anti-kanker, anti-inflamasi, anti obesitas, dan
et al., 2019). Selain itu, phaeophyceae menghasilkan berbagai

komponen aktif, metabolit sekunder yaitu phlorothannis yang menunjukkan aktivitas biologi secara spesifik (Afonso et al., 2019; Piovetti et al., 1991). Antioksidan dalam phlorothannis memiliki aktivitas antioksidan lebih tinggi dari vitamin E (Shibata et al., 2007). Kandungan polifenol pada rumput laut bervariasi sesuai letak geografis, waktu panen, musim, dan jenis spesies rumput laut (Wells et al., 2017).

2.4.2. Nutrisi Rumput Laut

Rumput laut adalah sumber nutrisi yang sangat baik dan beragam, nutrisi dalam rumput laut dapat bervariasi tergantung pada jenis dan spesiesnya, tetapi secara umum, rumput laut kaya akan berbagai zat gizi esensial yaitu karbohidrat, protein, dan serat. Kandungan nutrisi rumput laut dapat terlihat pada tabel 2.2. Rumput laut mengandung karbohidrat, salah satunya polisakarida, yang dapat berperan sebagai sumber energi yang baik. Polisakarida rumput laut berbeda pada tanaman darat (Suresh Kumar et al., 2015), beberapa jenis rumput laut mengandung polisakarida seperti agar, karagenan dan alginat yang memiliki struktur kimia yang berbeda dengan selulosa dan amilosa yang umum ditemukan pada tanaman darat. Selulosa dan amilosa umumnya memiliki struktur serat yang kuat dan kaku, yang memberikan dukungan struktural pada dinding sel tanaman.

Kandungan polisakarida dalam rumput laut tidak hanya memberikan manfaat kesehatan seperti menurunkan kadar kolesterol dan lipid dalam darah, serta memperlancar sistem pencernaan, tetapi juga menunjukkan sejumlah aktivitas biologis yang penting. Selain sifat-sifat tersebut, polisakarida pada rumput laut juga dikenal memiliki aktivitas antikoagulan, yang membantu mencegah pembekuan darah yang tidak diinginkan. Selain itu, aktivitas antibakteri dari polisakarida dapat membantu melawan infeksi bakteri (Ulfah et al., 2018), sedangkan aktivitas antivirusnya (Wells et al., 2017) dapat melawan infeksi virus yang merugikan bagi tubuh manusia. Sementara itu, sifat antikanker dari polisakarida menunjukkan potensi dalam mencegah dan melawan pertumbuhan sel kanker (Nagappan dan Vairappan, 2014), selain itu, polisakarida juga memiliki sifat antitrombotik, yang membantu mencegah pembentukan gumpalan darah berbahaya dalam pembuluh darah, serta sifat antiinflamatori yang membantu mengurangi peradangan dalam tubuh yang dapat menyebabkan berbagai penyakit.



Tabel 2.2. Komposisi kimia (protein, protein, lemak, abu, dan serat) beberapa jenis rumput laut.

Rumput laut	Komposisi Kimia					Referensi
	Karbohidrat	Protein	Lemak	Abu	Serat	
Rhodophyceae						
<i>Gracilaria gracilis</i>	9.52	20.2	3.58	-	24.8	(Rodrigues <i>et al.</i> , 2015) (Mohamed <i>et al.</i> , 2011)
<i>Gracilaria changii</i>	41.52	12.57	0.3	29.44	40.3	(Chan dan Matanjun, 2016)
<i>Gelidiella acerosa</i>	68.67	10.05	3	-	13	((Jamshidi <i>et al.</i> , 2018)
<i>Gelidium pusillum</i>	40.64	11.31	2.16	21.15	24.7	(Siddique <i>et al.</i> , 2013)
<i>Gelidium pristoides</i>	43.1	11.8	0.9	14	0	(Foster dan Hodgson, 1998)
<i>Hypnea pannosa</i>	22.89	16.31	1.6	40.59	46	(Barot <i>et al.</i> , 2019)
<i>Hypnea musciformis</i>	20.6	18.64	1.27	37.92	21.6	(Barot <i>et al.</i> , 2019)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	57.3	19.25	2.06	14.52	39.9	(Abirami dan Kowsalya, 2011)
<i>Palmaria palmata</i>	11.2	12.3	1.39	45.3	42.2	(Mæhre <i>et al.</i> , 2014)
<i>Euclidean cottoni</i>	26.49	9.76	1.1	46.19	5.91	(Matanjun <i>et al.</i> , 2009)
Chlorophyceae						
<i>Caulerpa racemosa</i>	52.81	17.36	2.21	3.11	23.8	(Nagappan dan Vairappan, 2014)
<i>Caulerpa lentillifera</i>	59.27	12.49	0.86	24.21	3.17	(Chirapart dan Ratana-Arporn, 2014)
<i>Enteromorpha compressa</i>	44.08	17.48	3.54	31.21	2.93	(Ganesan <i>et al.</i> , 2014)
<i>Enteromorpha linza</i>	50.01	12.5	4.1	28.33	7.14	(Ganesan <i>et al.</i> , 2014)
<i>Enteromorpha tubulosa</i>	51.05	19.09	5.56	17.01	6.82	(Ganesan <i>et al.</i> , 2014)
<i>Halimeda opuntia</i>	0.22	1.47	0.7	39.67	5.84	(Nurhayati <i>et al.</i> , 2017)
<i>Ulva reticulata</i>	17.28	21.06	0.75	17.58	4.84	(Chirapart dan Ratana-Arporn, 2014)
Phaeophyceae						
	76	8.22	0.85	-	31.6	(Mæhre <i>et al.</i> , 2014)
	-	8.1	1.14	-	32	(Mæhre <i>et al.</i> , 2014)
	37.39	3.99	0,47	27.58	5.7	(Matanjun <i>et al.</i> , 2009)
	38.37	3.64	0.23	31.52	4.8	(Matanjun <i>et al.</i> , 2009; Felix dan Brindo, 2014)

Optimized using

Rumput laut	Komposisi Kimia					Referensi
	Karbohidrat	Protein	Lemak	Abu	Serat	
<i>Sargasum turbinaria</i>	37.39	6.9	0.47	27.58	5.7	(Matanjan et al., 2009; Felix dan Brindo, 2014)
<i>Sargasum duplicatum</i>	44.94	10.6	1.14	27	24	(Matanjan et al., 2009; Felix dan Brindo, 2014)
<i>Padina minor</i>	25.98	4.17	0.36	45.13	2.06	Matanjan et al. 2009
<i>Undaria pinnatifida</i>	33.5	16.7	1.08	29.6	2.7	(Ito dan Hori, 1989)

Rumput laut memiliki kandungan serat yang tinggi, dan rendah akan kadar lemak serta kalori, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan utama pada minuman fungsional. Serat berfungsi menjaga kesehatan dan keseimbangan fungsi system cerna. Serat pangan atau *dietary fiber* merupakan bagian dari tumbuhan yang dapat dikonsumsi dan tersusun dari karbohidrat yang resistan terhadap proses pencernaan dan penyerapan di usus halus serta mengalami fermentasi di usus besar (Erniati et al., 2016). Nilai total serat pada tiap rumput laut sangat bervariasi tergantung geografis, musim dan waktu panen (Wells et al., 2017). Rumput laut yang dipanen pada tahap pertumbuhan berbeda atau pada waktu yang berbeda dalam siklus hidupnya memiliki kandungan serat yang berbeda-beda. Rumput laut yang dipanen pada tahap pertumbuhan lebih muda, memiliki kandungan serat yang lebih rendah daripada yang dipanen pada tahap pertumbuhan yang lebih matang.

Kadar protein yang tinggi merupakan salah satu faktor penentu dalam pemanfaatan makroalga sebagai pangan fungsional. Pada umumnya kadar protein *phaeophyceae* lebih rendah bila dibandingkan dengan kadar protein *rhodophyceae* dan *chlorophyceae* (Salehi et al., 2019). Rumput laut mempunyai kandungan protein yang cukup tinggi dibandingkan dengan sayuran seperti kacang panjang, bayam dan wortel (Handayani, 2006). Hal ini menunjukkan bahwa rumput laut baik untuk dimanfaatkan sebagai sumber makanan yang tinggi kadar protein. Kadar protein makroalga tergantung pada jenis dan periode musim (Fleurence et al., 2018). Kadar protein tertinggi adalah diperoleh pada musim dingin dan musim semi sedangkan kadar protein terendah yaitu selama musim panas (Fleurence, 1999).

Lipid dan asam lemak merupakan nutrisi rumput laut dalam jumlah yang kecil. Kandungan lipid dari berat kering dan komposisi asam lemak omega 3 dan 6 hanya 1-10% (Felix et al., 2014; Mæhre et al., 2009). Asam lemak omega 3 dan omega 6 berperan mencegah berbagai penyakit. Kandungan lipid dari jenis *rhodophyceae* dan *Phaeophyceae* tergolong rendah (Table 2.). Kandungan lipid pada tiap jenis rumput laut bervariasi. Hal ini berdasarkan dari musim pengambilan sampel dan kondisi lingkungan perairan (Mæhre et al., 2009).



Kandungan lipid tanaman laut berbeda dengan tanaman darat, rumput laut memiliki proporsi asam lemak jenuh dan tak jenuh yang lebih tinggi (Barot *et al.*, 2019). Secara umum *Chlorophyceae* banyak mengandung omega 3, sedangkan pada *Phaeophyceae* dan *Rhodophyceae* banyak mengandung asam arakidonat dan asam eikosapentanoan yaitu asam lemak dengan 20 atom karbon (Fleurence *et al.*, 2018; Salehi *et al.*, 2019). Selain asam lemak, rumput laut juga mengandung sterol, terpenoid, tokoferol (Pioveti *et al.*, 1991). Ekstrak lipid dari beberapa rumput laut komersial yang dapat dimakan menunjukkan aktivitas antioksidan dan efek sinergis (Barot *et al.*, 2019).

2.4.3. Komponen bioaktif rumput laut

Bahan baku untuk pangan fungsional telah berkembang pesat, tidak hanya berasal dari hewan dan tanaman darat, tetapi juga dari sumber daya laut (Barot *et al.*, 2019). Berdasarkan kandungan senyawa bioaktif, rumput laut dapat menjadi salah satu bahan baku pembuatan pangan fungsional. Senyawa fenolik, termasuk di antaranya catechin, asam fenolat, phlorotannins, flavonoid dan flavon, telah teridentifikasi dalam berbagai jenis rumput laut pada golongan *Rhodophyceae*, *Phaeophyceae*, dan *Chlorophyceae* (Michalak dan Chojnacka, 2015; Negreanu *et al.*, 2018) (Kumar *et al.*, 2019; Yan *et al.*, 2019). Senyawa-senyawa ini memiliki potensi sebagai komponen bioaktif yang menonjol, dengan sifat antioksidan, anti radang, antibakteri, dan perlindungan anti-UV (Tabel. 2.3), dengan demikian, rumput laut bukan hanya menjadi sumber gizi yang kaya, tetapi juga menjadi sumber potensial untuk pengembangan pangan fungsional yang dapat memberikan manfaat kesehatan tambahan bagi konsumen.

Berbagai jenis rumput laut dari kelompok *Rhodophyceae*, *Chlorophyceae*, dan *Phaeophyceae* mengandung sejumlah komponen bioaktif yang beragam (Tabel 2.3). Dari penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa berbagai spesies rumput laut memiliki potensi penghasil senyawa dengan aktivitas biologis yang bervariasi. Terlihat pada tabel 2.3 *Gracilaria gracilis*, *Gracilaria changii*, dan *Gelidiella acerosa* mengandung senyawa antioksidan yang dapat melindungi sel-sel tubuh dari kerusakan oksidatif. Selain itu, *Gelidium pusillum*, *Hypnea pannosa*, dan *Caulerpa racemosa* juga memiliki potensi sebagai agen antimikroba yang dapat melawan pertumbuhan mikroorganisme patogen.

Beberapa spesies rumput laut yang berbeda juga dapat memiliki komponen bioaktif yang serupa (Hamed *et al.*, 2015). Contohnya, *Gelidium pristoides* dan *Hypnea musciformis* keduanya memiliki aktivitas anti mikroba, meskipun mereka berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun spesiesnya berbeda, pertumbuhan dan faktor-faktor genetik tertentu dapat menghasilkan senyawa-senyawa yang serupa atau bahkan identik dalam suatu spesies (Patarra *et al.*, 2011; Winarni *et al.*, 2021).



Tabel 2.3. Komponen bioaktif yang ditemukan pada berbagai jenis rumput laut

Rumput laut	Komponen Bioaktif	Referensi
Rhodophyceae		
<i>Gracilaria gracilis</i>	Antioksidan	(Heffernan <i>et al.</i> , 2014)
<i>Gracilaria changii</i>	Anti inflamasi, anti ulkus, antioksidan	(Torres <i>et al.</i> , 2019)(Andriani <i>et al.</i> , 2016)
<i>Gelidiella acerosa</i>	Antioksidan, antibakteri, memperkuat sistem kekebalan tubuh	(Syad <i>et al.</i> , 2016; Ulfah <i>et al.</i> , 2018)
<i>Gelidium pusillum</i>	Anti mikroba, antioksidan	(Siddique <i>et al.</i> , 2013; Álvarez-Gómez <i>et al.</i> , 2016)
<i>Gelidium pristoides</i>	Anti mikroba	(Saravanakumar, 2006)
<i>Hypnea pannosa</i>	Anti mikroba	(Siddique, 2013)
<i>Hypnea musciformis</i>	Antibakteri, antifouling	(Selvin dan Lipton, 2004; Pangestuti <i>et al.</i> , 2019)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Anti hiperglikemik, anti proliferasi, serat pangan, anti diabetes	(Holdt dan Kraan, 2011; Raman dan Doble, 2014; Ying Lau <i>et al.</i> , 2014; Cyriac dan Eswaran, 2016)
<i>Palmaria palmata</i>	Anti UV	(Yuan <i>et al.</i> , 2009)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Serat makanan, anti diabetes	(Ito dan Hori, 1989; Holdt dan Kraan, 2011)
Chlorophyceae		
<i>Caulerpa racemose</i>	Antibakteri, anti inflamasi	(Nagappan dan Vairappan, 2014)
<i>Caulerpa lentilifera</i>	Antibakteri, anti inflamasi	(Nagappan dan Vairappan, 2014)
<i>Enteromorpha compressa</i>	Anti depresi, anti kanker	
<i>Enteromorpha linza</i>	Antibakteri, antioksidan	(Zhang <i>et al.</i> , 2010; Patra <i>et al.</i> , 2015; Suresh Kumar <i>et al.</i> , 2015; Patra dan Baek, 2016)
<i>Enteromorpha tubulosa</i>	Antioksidan	(Suresh Kumar <i>et al.</i> , 2015)
<i>Halimeda opuntia</i>	Anti mikroba, anti plasmodium	(Selim, 2012)
<i>Ulva reticulata</i>	Anti mikroba, antioksidan	(Dhanya <i>et al.</i> , 2016; Yu-Qing <i>et al.</i> , 2016)
Phaeophyceae		
<i>Laminaria digitata</i>	Antioksidan, anti inflamasi	(Qiao, 2010; Heffernan <i>et al.</i> , 2014)
	Antioksidan	(Michalak dan Chojnacka, 2015)
	Antioksidan, antibakteri, anti jamur, anti kanker	(Chattopadhyay <i>et al.</i> , 2010; Vijayabaskar dan Shiyamala, 2011; Begum M. <i>et al.</i> , 2016; Ponnann <i>et al.</i> , 2017)



Rumput laut	Komponen Bioaktif	Referensi
<i>Sargasum polycystum</i>	Antioksidan	(Chan <i>et al.</i> , 2011; Manteu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Sargasum turbinaria</i>	Antioksidan	(Diachanty <i>et al.</i> , 2017)
<i>Sargasum duplicatum</i>	Antioksidan	(Pakidi dan Suwono, 2016)
<i>Padina minor</i>	Anti cancer, Antioksidan	(Subong dan Primavera, 2012; Manteu <i>et al.</i> , 2018)
<i>Undaria pinnatifida</i>	Anti alergi, antioksidan	(Arunkumar <i>et al.</i> , 2010)

Pengaruh variasi genetik menyebabkan perbedaan dalam ekspresi gen yang mengatur produksi senyawa-senyawa tertentu yang terkandung dalam rumput laut (Hamed *et al.*, 2015). Variasi genetik dalam rumput laut dapat memengaruhi produksi senyawa bioaktif melalui beberapa mekanisme yang terkait dengan regulasi genetik dan jalur biosintesis. Variasi genetik dapat mempengaruhi ekspresi gen yang terlibat dalam jalur biosintesis senyawa bioaktif. Gen-gen ini mengkodekan enzim-enzim inti yang bertanggung jawab atas langkah-langkah dalam produksi senyawa-senyawa tersebut. Variasi genetik juga dapat memengaruhi aktivitas enzim, misalnya, mutasi pada gen yang mengkodekan enzim dapat mengubah aktivitas katalitiknya, yang dapat mempengaruhi laju reaksi dalam jalur biosintesis.

Selain itu, lingkungan pertumbuhan termasuk suhu air (Gomez-Zavaglia *et al.*, 2019), tingkat Cahaya (Handayani, 2017), dan salinitas, dapat mempengaruhi biosintesis senyawa-senyawa tertentu pada rumput laut (Dwimayasanti, 2018). Suhu air mempengaruhi aktivitas enzim-enzim yang terlibat dalam jalur biosintesis senyawa bioaktif pada rumput laut. Setiap enzim memiliki suhu optimum dimana mereka berkinerja paling baik, yaitu pada suhu 37°C hingga 40°C. Perubahan suhu di luar kisaran optimal dapat mengganggu aktivitas enzim dan akibatnya menghambat produksi senyawa bioaktif tersebut, selain mengganggu aktivitas enzim, suhu air yang berbeda juga mempengaruhi laju metabolisme dalam sel rumput laut. Laju metabolisme yang lebih tinggi pada suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan produksi prekursor atau intermediat dalam jalur biosintesis, yang kemudian dapat mengarah pada peningkatan produksi senyawa bioaktif tertentu. Terutama pada suhu ekstrem, dapat menyebabkan stres oksidatif pada rumput laut. Stres ini dapat menginduksi produksi senyawa-senyawa antioksidan sebagai respons pertahanan dari organisme untuk melindungi diri dari kerusakan sel.



Selanjutnya, tingkat cahaya juga dapat mempengaruhi laju fotosintesis pada rumput laut. Cahaya merupakan sumber energi untuk fotosintesis dan intensitas cahaya dapat meningkatkan laju fotosintesis. Proses fotosintesis memerlukan prekursor metabolit yang diperlukan dalam biosintesis senyawa bioaktif seperti terpenoid, fenolat dan polifenol. Paparan sinar UV (Thiyagarasaiyan *et al.*, 2017) dan keberadaan predator menyebabkan spesies tersebut memproduksi senyawa-senyawa bioaktif sebagai bentuk mekanisme pertahanan.

hidup (Pohnert, 2004; Paul *et al.*, 2007). Secara keseluruhan, keberagaman nutrisi dan komponen bioaktif dalam rumput laut mencerminkan kompleksitas interaksi antara genetika, lingkungan, dan respon adaptif terhadap kondisi sekitar.

2.4.4. Rumput laut sebagai pangan fungsional

Keberagaman nutrisi yang terkandung dalam rumput laut, termasuk protein, serat, vitamin, dan mineral (Camacho *et al.*, 2019), membuatnya menjadi sumber yang potensial untuk memenuhi kebutuhan gizi manusia. Senyawa bioaktif yang ditemukan dalam rumput laut juga memberikan potensi kesehatan tambahan, termasuk sifat antioksidan (Batubara dan Pratiwi, 2019), anti inflamatori (Anindya Aryatikta *et al.*, 2022), dan anti mikroba (Sartika, 2014). Dengan kemampuannya untuk meningkatkan kesehatan sembari memberi rasa yang unik, rumput laut menjadi pilihan yang menarik dalam pengembangan pangan fungsional. Penggunaan rumput laut sebagai pangan fungsional tidak hanya mencakup keberagaman nutrisi dan senyawa bioaktifnya, tetapi juga melibatkan berbagai metode pengolahan. Proses pengolahan ini tidak hanya menambah nilai gizi, tetapi juga menciptakan beragam produk makanan fungsional dengan cita rasa dan tekstur yang menarik.

Dalam industri makanan, rumput laut telah diterapkan dalam berbagai produk, seperti selai, susu, dan es krim, menunjukkan fleksibilitasnya sebagai bahan baku. Melalui berbagai metode pengolahan, seperti ekstraksi *supercritical fluid* dan penggunaan teknologi *microwave*, potensi manfaat kesehatan dan keberagaman rasa dari rumput laut dapat dioptimalkan. Dengan terus meningkatnya pemahaman terhadap nilai pangan fungsional dan inovasi dalam teknologi pengolahan, rumput laut menjadi pilihan yang menarik untuk menciptakan produk makanan yang tidak hanya lezat tetapi juga memberikan manfaat kesehatan tambahan.

Berdasarkan Lampiran 2.1, berbagai macam metode yang digunakan pada proses pengolahan pangan fungsional tersebut. Beberapa produk ada yang dikeringkan, melalui proses fermentasi, minuman dalam bentuk serbuk, yoghurt dan minuman dengan pencampuran bahan yang mengandung komponen bioaktif yang tinggi. Pada umumnya, hasil produk yang didapatkan masih memiliki rasa pahit *after test* yang dilakukan. Hasil kajian tersebut, menunjukkan hasil minuman yoghurt *E. cottoni* dengan penambahan *L. plantarium* menghasilkan yoghurt dengan rasa yang sedikit pahit. Hasil yang sama, terjadi pada minuman kombucha dengan penambahan rumput laut, mengalami rasa yang sedikit pahit. Sesuai dengan penelitian terdahulu bahwa fermentasi dengan rumput laut memberikan pengaruh r dan nilai gizinya (Neves *et al.*, 2005).



ini disimpulkan bahwa dari beberapa penelitian mengenai pangan fungsional, khususnya dalam konteks pembuatan biskuit dengan rumput laut, telah berhasil menghasilkan produk yang tidak memiliki rasa yang sama tetapi bahkan melebihi kadar serat pada biskuit. Hal ini menandakan perkembangan positif dalam menciptakan

opsi makanan yang tidak hanya lezat tetapi juga kaya akan serat, memberikan dampak positif pada aspek gizi dan kesehatan konsumen.

2.5. Kesimpulan

Pemanfaatan rumput laut masih terbatas pada jenis komersial. Indonesia, dengan sumber daya rumput laut yang melimpah di perairannya, memiliki potensi besar untuk menggunakan jenis rumput laut liar yang hidup di pantai lepas sebagai alternatif. Kandungan nutrisi dan komponen bioaktif yang cukup tinggi dapat menjadikan rumput laut sebagai bahan potensial untuk pangan fungsional. Hasil penelitian menunjukkan tingginya kandungan antioksidan pada minuman fungsional dapat memberikan manfaat kesehatan, mengurangi konsumsi gaya hidup instan, serta mengatasi beberapa masalah kardiovaskular.

Penambahan ekstrak alami seperti *L. bacillus*, lemon, dan jahe tidak hanya meningkatkan kualitas produk dengan mengurangi rasa amis, tetapi juga mengurangi penggunaan bahan kimia berbahaya sebagai pengganti penghilang bau amis. Proses pengolahan rumput laut menjadi pangan fungsional dapat meningkatkan nilai gizi dan komponen bioaktif. Keberadaan nutrisi penting dan senyawa bioaktif dalam produk ini dapat berdampak positif pada kesehatan manusia. Studi tentang penggunaan rumput laut sebagai bahan minuman fungsional diharapkan dapat membuka peluang lebih luas bagi industri makanan atau minuman untuk menghadirkan produk inovatif yang memenuhi harapan konsumen generasi milenial saat ini.

2.6. Daftar Pustaka

- Abirami, R.G. and Kowsalya, S., 2011. Nutrient and nutraceutical potentials of seaweed biomass *Ulva lactuca* and *Kappaphycus alvarezii*. *Agric. Sci. Technol.*, 5 (1), 1–7.
- Afonso, N.C., Catarino, M.D., Silva, A.M.S. and Cardoso, S.M., 2019. Brown Macroalgae as Valuable Food Ingredients. *Antioxidants*, 8 (9), 365. doi:10.3390/antiox8090365
- Al-Tameemi, K., Nassour, R. and Hamad, A., 2022. The Medical Importance Chlorophyll and Their Derivatives. *World J. Pharm. Med. Res.*, 8 (10), 04–08.
- Álvarez-Gomez, F., Korbee, N. and Figueroa, F.L., 2016. Analysis of antioxidant capacity and bioactive compounds in marine macroalgal and lichenic extracts using different solvents and evaluation methods. *Ciencias Mar.*, 42 (4), 271–288. doi:10.7773/cm.v42i4.2677



Amir, D.F., Yee, T.C., Harisson, F.S., Herng, G.M., Abdullah, S.A., Ali, A.M., Latip, J., Kikuzaki, H. and Mohamad, H., 2016. Activities of isolated compounds from three edible Malaysian red algal species: *Gracilaria changii*, *G. manilaensis* and *Gracilaria* sp. *Nat. Prod. Res.*, 30 (8), 1117–1120. doi:10.1177/1934578x1601100822

Winarni, S., Nugroho Widyo Pramono, S., Soedarto, J., Undip and Resmi, L., 2022. Review of *Sargassum* sp. Potential as a

- Nutraceutical. Food Sci. J. Food Sci. Technol., 2 (2), 139–159. doi:10.33830/fsj.v2i1.3083.2022
- Arunkumar, K., Sivakumar, S. and Rengasamy, R., 2010. Review on Bioactive Potential in Seaweeds (Marine Macroalgae): A Special Emphasis on Bioactivity of Seaweeds Against Plant Pathogens. Asian J. Plant Sci., 9 (5), 227–240. doi:10.3923/ajps.2010.227.240
- Atmadja, W.S., 1992. Seaweeds as Medicine. Oseana, XVII (1), 1–8.
- Baiq, D., Wandansari, A.L.N.A., Mulyani, N.S. and Kimia, J., 2013. Fermentasi Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Oleh *Lactobacillus plantarum*. Chem Info, 1 (1), 64–69.
- Barot, M., Nirmal Kumar, J.I. and Kumar, R.N., 2019. An Evaluation of the Nutritional Composition of Seaweeds as Potential Source of Food and Feed. Natl. Acad. Sci. Lett., 42 (6), 459–464. doi:10.1007/s40009-019-0783-x
- Batubara, S.C. and Pratiwi, N.A., 2019. Pengembangan Minuman Berbasis Teh Dan Rempah Sebagai Minuman Fungsional. J. Ind. Kreat. dan Kewirausahaan, 1 (2), 27–41. doi:10.36441/kewirausahaan.v1i2.129
- Bedoux, G., Hardouin, K., Burlot, A.S. and Bourgougnon, N., 2014. Chapter Twelve - Bioactive Components from Seaweeds: Cosmetic Applications and Future Development. In: Bourgougnon, N. (Ed), Advances in Botanical Research. Vol.71 Elsevier, Amsterdam, pp. 345–378.
- Begum M., A.J., Selvaraju, P. and Vijayakumar, A., 2016. Evaluation of antifungal activity of seaweed extract (*Turbinaria conoides*) against *Fusarium oxysporum*. J. Appl. Nat. Sci., 8 (1), 60–62. doi:10.31018/jans.v8i1.747
- Bigliardi, B. and Galati, F., 2013. Innovation trends in the food industry: The case of functional foods. Trends Food Sci. Technol., 31 (2), 118–129. doi:10.1016/j.tifs.2013.03.006
- Bocanegra, A., Bastida, S., Benedí, J., Ródenas, S. and Sánchez-Muniz, F.J., 2009. Characteristics and nutritional and cardiovascular-health properties of seaweeds. J. Med. Food, 12 (2), 236–258. doi:10.1089/jmf.2008.0151
- Camacho, F., Macedo, A. and Malcata, F., 2019. Potential industrial applications and commercialization of microalgae in the functional food and feed industries: A short review. Mar. Drugs, 17 (6). doi:10.3390/md17060312
- Caporgno, M.P. and Mathys, A., 2018. Trends in Microalgae Incorporation Into Innovative Food Products With Potential Health Benefits. Front. Nutr., 5 (July), 1–10. doi:10.3389/fnut.2018.00058
- Chen, B.T. and Motanjan, P., 2016. Chemical composition and physicochemical tropical red seaweed, *Gracilaria changii*. Food Chem. Foodchem.2016.10.066
- H. and Cheah, S.H., 2011. Inhibitory effects of *Sargassum* tyrosinase activity and melanin formation in B16F10 murine cells. J. Ethnopharmacol., 137 (3), 1183–1188. p.2011.07.050



- Chapman, V.J., Chapman, D.J., Chapman, V.J. and Chapman, D.J., 1980. Sea Vegetables (Algae as Food for Man). Seaweeds their Uses, 62–97. doi:10.1007/978-94-009-5806-7_3
- Chattopadhyay, N., Ghosh, T., Sinha, S., Chattopadhyay, K., Karmakar, P. and Ray, B., 2010. Polysaccharides from *Turbinaria conoides*: Structural Features and Antioxidant Capacity. Food Chem., 118 (3), 823–829. doi:10.1016/j.foodchem.2009.05.069
- Chirapart, A. and Ratana-Arporn, P., 2014. Nutritional Evaluation of Tropical Green Seaweeds *Caulerpa lentillifera* and *Ulva reticulata*. Kasetsart J (Nat. Sci), 40 (January 2006), 75–83.
- Cyriac, B. and Eswaran, K., 2016. Anti- hyperglycemic effect of aqueous extract of *kappaphycus alvarezii* (Doty) doty ex. p. silva in alloxan-induced diabetic rats. J. Appl. Phycol., 28 (4), 2507–2513. doi:10.1007/s10811-015-0762-7
- Dhanya, K.I., Swati, V.I., Vanka, K.S. and Osborne, W.J., 2016. Antimicrobial activity of *Ulva reticulata* and its endophytes. J. Ocean Univ. China, 15 (2), 363–369. doi:10.1007/s11802-016-2803-7
- Diachanty, S., Nurjanah and Abdullah, A., 2017. Aktivitas antioksidan berbagai jenis rumput laut coklat dari perairan Kepulauan Seribu. J. Pengolah. Has. Ikan Indones., 20 (2), 305–318.
- Dwimayasanti, R., 2018. Rumput Laut: Antioksidan Alami Penangkal Radikal Bebas. Oseana, 43 (2), 13–23. doi:10.14203/oseana.2018.vol.43no.2.17
- Erniati, E., Zakaria, F.R., Prangdimurti, E. and Adawiyah, D.R., 2016. Potensi Rumput Laut: Kajian Komponen Bioaktif dan Pemanfaatannya Sebagai Pangan Fungsional. Acta Aquat. Aquat. Sci. J., 3 (1), 12. doi:10.29103/aa.v3i1.332
- Felix, N. and Brindo, R.A., 2014. Effects of raw and fermented seaweed, *Padina tetrastrum* on the growth and food conversion of giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii*. Int. J. Fish. Aquat. Stud., 1 (4), 108–113.
- Fleurence, J., 1999. Seaweed Proteins: Biochemical, Nutritional Aspects and Potential Uses. Proteins Food Process. Second Ed., 10, 25–28. doi:10.1016/B978-0-08-100722-8.00010-3
- Fleurence, J., Morancais, M. and Dumay, J., 2018. Seaweed proteins. In: Yada, R. Y. (Ed), Proteins in Food Processing. Vol.10 Woodhead Publishing, Cambridge, USA, pp. 245–262.
- Foster, G.G. and Hodgson, A.N., 1998. Consumption and apparent dry matter digestibility of six intertidal macroalgae by *Turbo sarmaticus* (Mollusca: Turbinidae). Aquaculture, 167 (3–4), 211–227. doi:10.1016/S0044-8486(98)00315-9
- h Kumar, K., Subba Rao, P. V., Tsukui, Y., Bhaskar, N., and Miyashita, K., 2014. Studies on chemical composition of *Enteromorpha*. Biomed. Prev. Nutr., 4 (3), 365–369. doi:10.1016/j.bionut.2014.04.001



- Genesio, L., Bassi, R. and Miglietta, F., 2021. Plants with less chlorophyll: A global change perspective. *Glob. Chang. Biol.*, 27 (5), 959–967. doi:10.1111/gcb.15470
- Ginting, R.F.B. and Husni, A., 2020. Karakteristik Flakes dengan Fortifikasi Tepung *Sargassum hystrix* sebagai Pangan Fungsional. *Ind. J. Teknol. dan Manaj. Agroindustri*, 9 (3), 241–261. doi:10.21776/ub.industria.2020.009.03.8
- Gomez-Zavaglia, A., Prieto Lage, M.A., Jimenez-Lopez, C., Mejuto, J.C. and Simal-Gandara, J., 2019. The Potential of Seaweeds as a Source of Functional Ingredients of Prebiotic and Antioxidant Value. *Antioxidants*, 8 (9), 406. doi:10.3390/antiox8090406
- Guiry, M.D., 2012. How many species of algae are there? *J. Phycol.*, 48 (5), 1057–1063. doi:10.1111/j.1529-8817.2012.01222.x
- Hamed, I., Özogul, F., Özogul, Y. and Regenstein, J.M., 2015. Marine Bioactive Compounds and Their Health Benefits: A Review. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 14 (4), 446–465. doi:10.1111/1541-4337.12136
- Handayani, R. and Aminah, S., 2011. Variasi Substitusi Rumput Laut terhadap Kadar Serat dan Mutu Organoleptik Cake Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*). *J. Pangan dan Gizi*, 02 (03), 67–74.
- Handayani, T., 2006. Protein Pada Rumput Laut. *Oseana*, XXXI (4), 23–30.
- Handayani, T., 2017. Karakteristik Dan Dampak Makroalga Introduksi. *Oseana*, 42 (4), 70–80. doi:10.14203/oseana.2017.vol.42no.4.75
- Heffernan, N., Smyth, T.J., Soler-Villa, A., Fitzgerald, R.J. and Brunton, N.P., 2014. Phenolic content and antioxidant activity of fractions obtained from selected Irish macroalgae species (*Laminaria digitata*, *Fucus serratus*, *Gracilaria gracilis* and *Codium fragile*). *J. Appl. Phycol.*, 27 (1), 519–530. doi:10.1007/s10811-014-0291-9
- Holdt, S.L. and Kraan, S., 2011. Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *J. Appl. Phycol.*, 23 (3), 543–597. doi:10.1007/s10811-010-9632-5
- Husni, A., Ariani, D. and Budhiyanti, S.A., 2015. Aktivitas Antioksidan dan Tingkat Penerimaan Konsumen Pada Minuman Instan Yang Diperkaya Dengan Ekstrak *Sargassum polycystum* (Antioxidant Activity and Consumer Preference of Instant Drink Enriched with *Sargassum polycystum* Extract). *J. Agritech*, 35 (04), 368. doi:10.22146/agritech.9320
- Ito, K. and Hori, K., 1989. Seaweed: Chemical Composition and Potential Food Uses. *Food Rev. Int.*, 5 (1), 101–144. doi:10.1080/87559128909540845



at, J., Hamdami, N. and Farhadian, O., 2018. Optimization of on from *Gelidiella acerosa* by carbohydrases using response lology. *Phycol. Res.*, 66 (3), 231–237. doi:10.1111/pre.12226

A.C. and Muniroh, L., 2015. Pengaruh substitusi rumput laut (tonii) dan jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) terhadap daya dungan serat pada biskuit. *Media Gizi Indones.*, 10 (2), 146–

- Kumar, M., Gupta, V., Kumari, P., Reddy, C.R.K. and Jha, B., 2011. Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of Caulerpaceae seaweeds. *J. Food Compos. Anal.*, 24 (2), 270–278. doi:10.1016/j.jfca.2010.07.007
- Kumar, Y., Tarafdar, A., Kumar, D. and Badgujar, P.C., 2019. Effect of Indian brown seaweed *Sargassum wightii* as a functional ingredient on the phytochemical content and antioxidant activity of coffee beverage. *J. Food Sci. Technol.*, 56 (10), 4516–4525. doi:10.1007/s13197-019-03943-y
- Lim, S.J., Mustapha, W.A.W. and Maskat, M.Y., 2017. Seaweed Tea: Fucoidan-Rich functional food product development from Malaysian brown seaweed, *Sargassum binderi*. *Sains Malaysiana*, 46 (9), 1573–1579. doi:10.17576/jsm-2017-4609-28
- Mæhre, H.K., Malde, M.K., Eilertsen, K.E. and Elvevoll, E.O., 2014. Characterization of protein, lipid and mineral contents in common Norwegian seaweeds and evaluation of their potential as food and feed. *J. Sci. Food Agric.*, 94 (15), 3281–3290. doi:10.1002/jsfa.6681
- Manteu, S.H., Nurjanah and Nurhayati, T., 2018. Karakteristik Rumput Laut Cokelat (*Sargassum polycystum* dan *Padina minor*) dari Perairan Pohuwato Provinsi Gorontalo. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, 21 (3), 396–405.
- Marasabessy, I., Sudirjo, F., Hamid, S.K. and Irmawaty, Y., 2018. Produksi Enbal (Singkong) Crispy yang Difortifikasi Serat Rumput Laut. *J. ABDIMAS*, 11 (3), 205–212. doi:https://doi.org/10.36412/abdimas.v11i3.894.g813
- Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N.M. and Muhammad, K., 2009. Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *J. Appl. Phycol.*, 21 (1), 75–80. doi:10.1007/s10811-008-9326-4
- Michalak, I. and Chojnacka, K., 2015. Algae as production systems of bioactive compounds. *Eng. Life Sci.*, 15 (2), 160–176. doi:10.1002/elsc.201400191
- Mohamed, S., Matanjun, P., Hashim, S.N., Rahman, H.A. and Mustapha, N.M., 2011. Edible seaweeds: A functional food with organ protective and other therapeutic applications. In: Pomin, V. H. (Ed), *Seaweed: Ecology, Nutrient Composition and Medicinal Uses*. Nova Science Pub Inc; UK ed. edition, New York, pp. 107–115.
- Muhtar, N.I., Asnani and Rejeki, S., 2019. Analisis Sensori, Antioksidan, dan Kandungan Serat Minuman Fungsional Rumput Laut *Eucheuma spinosum* dengan Penambahan Rumput Laut *Sargassum* sp. *J. Fish Protech*, 2 (2), 274–279. doi:http://dx.doi.org/10.33772/jfp.v2i2.9481
- Muscozzieri, C., Porrea, L., Savastano, S. and Colao, A., 2020. Nutritional options for CoVID-19 quarantine. *Eur. J. Clin. Nutr.*, 74 (6), 850–858/s41430-020-0635-2
- Nishiyama Yukimoto, 2003. Preparation and functional properties of food from sea algae. *Food Chem.*, 81 (3), 327–332.



- Nagappan, T. and Vairappan, C.S., 2014. Nutritional and bioactive properties of three edible species of green algae, genus *Caulerpa* (Caulerpaceae). *J. Appl. Phycol.*, 26 (2), 1019–1027. doi:10.1007/s10811-013-0147-8
- Negreanu, P.T., Marioara, M., Monica, V. and Emin, C., 2018. Antioxidant Capacity Of Some Marine Green Macroalgae Species Fluid Extracts. *Sect. Adv. Biotechnol.*, 63. doi:10.5593/sgem2018/6.2
- Neves, A.R., Pool, W.A., Kok, J., Kuipers, O.P. and Santos, H., 2005. Overview on sugar metabolism and its control in – The input from in vivo NMR. *FEMS Microbiol. Rev.*, 29 (3), 531–554. doi:10.1016/j.femsre.2005.04.005
- Nurhayati, Apriani, S.N.K., Nurbayasari, R. and Murdinah, 2017. Komposisi Nutrisi Rumput Laut Calcareous Halimeda opuntia Pada Lingkungan Perairan Indonesia. *JPB Kelaut. dan Perikan.*, 12 (1), 13–22. doi:http://dx.doi.org/10.15578/jpbkp.v12i1.291
- Nurwanti and Hasdar, M., 2021. Sifat Organoleptik Kue Brownies Dengan Penambahan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*). *J. Food Technol. Agroindustry*, 3 (2), 1–7.
- O'Sullivan, A.M., O'Grady, M.N., O'Callaghan, Y.C., Smyth, T.J., O'Brien, N.M. and Kerry, J.P., 2016. Seaweed extracts as potential functional ingredients in yogurt. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, 37 (PB), 293–299. doi:10.1016/j.ifset.2016.07.031
- Pakaya, N., Harmain, R.M. and Dali, F.A., 2014. Karakteristik Produk Kue Tradisional Ongol – ongol yang Disubstitusi dengan Rumput Laut. *J. Ilm. Perikan. dan Kelaut.*, 2 (September), 120–125.
- Pakidi, C.S. and Suwono, H. suryanto, 2016. Potensi dan Pemanfaatan Bahan Aktif Alga Cokelat *Sargassum Sp. Octopus*, 5 (2), 488–498.
- Pangestuti, R., Getachew, A.T., Siahaan, E.A. and Chun, B.-S., 2019. Characterization of functional materials derived from tropical red seaweed *Hypnea musciformis* produced by subcritical water extraction systems. *J. Appl. Phycol.*, 31 (4), 2517–2528. doi:10.1007/s10811-019-1754-9
- Pareek, S., Sagar, N.A., Sharma, S., Kumar, V., Agarwal, T., González-Aguilar, G.A. and Yahia, E.M., 2017. Chlorophylls: Chemistry and biological functions. *Fruit Veg. Phytochem. Chem. Hum. Heal. Second Ed.*, 1, 269–284. doi:10.1002/9781119158042.ch14
- Patarra, R.F., Paiva, L., Neto, A.I., Lima, E. and Baptista, J., 2011. Nutritional value of selected macroalgae. *J. Appl. Phycol.*, 23 (2), 205–208. doi:10.1007/s10811-010-9556-0



C.-H., 2016. Antibacterial Activity and Action Mechanism of the from *Enteromorpha linza* L. against Foodborne Pathogenic Bacteria. *J. Food Biochem.*, 21 (3), 388. doi:10.3390/molecules21030388

H. and Baek, K.-H., 2015. Antioxidant and Free Radical Scavenging Potential of Essential Oil from *Enteromorpha linza* L. Prepared by Simultaneous Hydrodistillation. *J. Food Biochem.*, 39 (1), 80–90. doi:10.1080/00220139.2015.1012110

- Paul, J., Arthur, E., Drive, S. and Pierce, F., 2007. Defenses : From to Communities. 213 (3), 226–251.
- Pioveti, L., Deffo, P., Valls, R. and Peiffer, G., 1991. Determination of sterols and diterpenoids from brown algae (Cystoseiraceae). J. Chromatogr. A, 588 (1–2), 99–105. doi:10.1016/0021-9673(91)85011-4
- Pohnert, G., 2004. Chemical Defense Strategies of Marine Organisms. In: Schulz, S. (Ed), The Chemistry of Pheromones and Other Semiochemicals I. Springer Berlin, Heidelberg, pp. 179–219.
- Ponnan, A., Ramu, K., Marudhamuthu, M., Marimuthu, R., Siva, K. and Kadarkarai, M., 2017. Antibacterial, antioxidant and anticancer properties of *Turbinaria conoides* (J. Agardh) Kuetz. Clin. Phytoscience, 3 (1), 5. doi:10.1186/s40816-017-0042-y
- Poveda-Castillo, G., Rodrigo, D., Martínez, A. and Pina-Pérez, M., 2018. Bioactivity of Fucoidan as an Antimicrobial Agent in a New Functional Beverage. Beverages, 4 (3), 64. doi:10.3390/beverages4030064
- Prachyakij, P., Charernjiratrakul, W. and Kantachote, D., 2008. Improvement in the quality of a fermented seaweed beverage using an antiyeast starter of *Lactobacillus plantarum* DW3 and partial sterilization. World J. Microbiol. Biotechnol., 24 (9), 1713–1720. doi:10.1007/s11274-008-9662-1
- Pratiwi, A., Elfita and Aryawati, R., 2011. Pengaruh Waktu Fermentasi Terhadap Sifat Fisik dan Kimia pada Pembuatan Minuman Kombucha dari Rumput Laut *Sargassum* sp. Maspari J., 04 (1), 131–136.
- Qiao, J., 2010. Antibacterial Effect of Extracts from Two Icelandic Algae (*Ascophyllum nodosum* and *Laminaria digitata*). Final Project. Reykjavik.
- Raman, M. and Doble, M., 2014. Physicochemical and structural characterisation of marine algae *Kappaphycus alvarezii* and the ability of its dietary fibres to bind mutagenic amines. J. Appl. Phycol., 26 (5), 2183–2191. doi:10.1007/s10811-014-0241-6
- Rehena, Z. and Ivakdalam, L.M., 2019. Pengaruh Substitusi Rumput Laut terhadap Kandungan Serat Cookies Sagu. Agrikan J. Agribisnis Perikan., 12 (1), 157. doi:10.29239/j.agrikan.12.1.157-161
- Rioux, L.E., Beaulieu, L. and Turgeon, S.L., 2017. Seaweeds: A traditional ingredients for new gastronomic sensation. Food Hydrocoll., 68, 255–265. doi:10.1016/j.foodhyd.2017.02.005
- Rizkaprilisa, W., Griselda, A., Hapsari, M.W. and Paramastuti, R., 2023. Pemanfaatan Rumput Laut Sebagai Pangan Fungsional: Systematic Review. Manag. J., 3 (182), 28–33.



9. What is beneficial for health? The concept of functional food. Toxicol., 37 (9–10), 1039–1041. doi:10.1016/S0278-1039(92)90000-0

s, A.C., Pereira, L., Rocha-Santos, T.A.P., Vasconcelos, M.W., Trigueiro-Alcalá, L.M., Gomes, A.M.P. and Duarte, A.C., 2015. Composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay

- in Central West Coast of Portugal. Food Chem., 183, 197–207. doi:10.1016/j.foodchem.2015.03.057
- Salehi, B., Sharifi-Rad, J., Seca, A.M.L., Pinto, D.C.G.A., Michalak, I., Trincone, A., Mishra, A.P., Nigam, M., Zam, W. and Martins, N., 2019. Current Trends on Seaweeds: Looking at Chemical Composition, Phytopharmacology, and Cosmetic Applications. Molecules, 24 (22), 4182. doi:10.3390/molecules24224182
- Salman, M.A. and Hasan, M.M., 2017. Algae As Nutrition, Medicine and Cosmetic: the Forgotten History, Present Status and Future Trends. World J. Pharm. Pharm. Sci., 6 (6), 1934–1959. doi:10.20959/wjpps20176-9447
- Sánchez-Machado, D.I., López-Cervantes, J., López-Hernández, J. and Paseiro-Losada, P., 2004. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. Food Chem., 85 (3), 439–444. doi:10.1016/j.foodchem.2003.08.001
- Sanger, G., Kaseger, B.E., Rarung, L.K. and Damongilala, L., 2018. Potensi beberapa Jenis Rumput Laut sebagai Bahan Pangan Fungsional, Sumber Pigmen dan Antioksidan Alami. J. Pengolah. Has. Perikan. Indones., 21 (2), 208. doi:10.17844/jphpi.v21i2.22841
- Saravanakumar, D., 2006. Antimycobacterial activity of the red algae *Gelidium pristoides*, *Plocamium corallorhiza* and *Polysiphonia virgata*. University of Cape Town.
- Sartika, 2014. Potensi Antimikroba Protein Bioaktif dari Bakteri Simbion Alga Coklat *Sargassum* sp. Asal Perairan Pulau Lae-Lae. Universitas Hasanuddin.
- Selim, S.A., 2012. Antimicrobial, Antiplasmid and Cytotoxicity Potentials of Marine Algae *Halimeda opuntia* and *Sarconema filiforme* Collected from Red Sea Coast. Int. J. Mar. Environ. Sci., 6 (1), 24–29. doi:10.5281/zenodo.1072925
- Selvin, J. and Lipton, A.P., 2004. Biopotentials of *Ulva Fasciata* and *Hypnea Musciformis* Collected from the Peninsular Coast of India. J. Mar. Sci. Technol., 12 (1), 1–6. doi:10.51400/2709-6998.2214
- Shibata, T., Ishimaru, K., Kawaguchi, S., Yoshikawa, H. and Hama, Y., 2007. Antioxidant activities of phlorotannins isolated from Japanese Laminariaceae. In: Borowitzka, M. A., Critchley, A. T., Kraan, S., Peters, A., Sjøtun, K., & Notoya, M. (Eds), Nineteenth International Seaweed Symposium. Developments in Applied Phycology, vol 2. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 255–261.
- Siddique, M.A.M., 2013. Proximate Chemical Composition and Amino Acid Profile of Two Red Seaweeds (*Hypnea pannosa* and *Hypnea musciformis*) Collected from St. Martin's Island, Bangladesh. J. Fish. Sci., (March 2013), 178–186. doi:10.1186/2254-1801-2013018
- Shah, M.S.K. and Bhuiyan, M.K.A., 2013. Nutritional composition and amino acid profile of a sub-tropical red seaweed *Gelidium pusillum* from St. Martin's Island, Bangladesh. Int. Food Res. J., 20 (5), 2287–



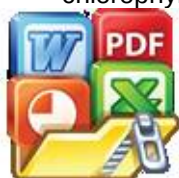
- Simanjuntak, P.T.H., Arifin, Z. and Mawardi, M.K., 2017. Rupiah Terhadap Volume Ekspor Rumput Laut Indonesia. *J. Bus. Adm.*, 50 (3), 163–171.
- Siro, I., Kapolna, E., Kapolna, B. and Lugasi, A., 2008. Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance — A review. *Appetite*, 51, 456–467. doi:10.1016/j.appet.2008.05.060
- Smith, J.H.C. and Benitez, A., 1955. Chlorophylls: Analysis in Plant Materials. In: Paech, K. & Tracey, M. V. (Eds), *Modern Methods of Plant Analysis / Moderne Methoden der Pflanzenanalyse*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, pp. 142–196.
- Subong, B.J.J. and Primavera, K.H., 2012. Antitumor Potential, Anticancer Property and Phytochemical Screening of *Padina Minor Yamada* Extracts. *Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res.*, 13 (1), 34–37.
- Suleria, H.A.R., Osborne, S., Masci, P. and Gobe, G., 2015. Marine-based nutraceuticals: An innovative trend in the food and supplement industries. *Mar. Drugs*, 13 (10), 6336–6351. doi:10.3390/md13106336
- Suparmi and Sahri, A., 2009. Mengenal Potensi Rumput Laut : Kajian Pemanfaatan Sumber Daya Rumput Laut Dari Aspek Industri Dan Kesehatan. *Maj. Ilm. Sultan Agung*, 44 (118), 95–116.
- Suresh Kumar, K., Ganesan, K. and Subba Rao, P. V., 2015. Seasonal variation in nutritional composition of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty—an edible seaweed. *J. Food Sci. Technol.*, 52 (5), 2751–2760. doi:10.1007/s13197-014-1372-0
- Surgya, P.I., Sirait, J. and Sipahutar, Y.H., 2022. Pengolahan Biskuit Rumput Laut (*Gracilaria* sp.) di CV Khansa Gaza, Kota Makassar. *J. Penyul. Perikan. dan Kelaut.*, 16 (2), 185–203. doi:10.33378/jppik.v16i2.342
- Susanto, D.A., Setyoko, A.T., Harjanto, S. and Prasetyo, A.E., 2019. Pengembangan Standar Nasional Indonesia (SNI) Pangan Fungsional untuk Membantu Mengurangi Resiko Obesitas. *J. Stand.*, 21 (1), 31–44. doi:10.31153/js.v21i1.734
- Syad, A.N., Rajamohamed, B.S., Shunmugaiah, K.P. and Kasi, P.D., 2016. Neuroprotective effect of the marine macroalga *Gelidiella acerosa*: identification of active compounds through bioactivity-guided fractionation. *Pharm. Biol.*, 54 (10), 2073–2081. doi:10.3109/13880209.2016.1145700
- Syarfaini, Damayati, D.S., Susilawaty, A., Alam, S. and Humaerah, A.M., 2019. Analisis Kandungan Zat Gizi Roti Rumput Laut Lawi- Lawi (*Ceulerp racemosa*) Substitusi Tempe sebagai Alternatif Perbaikan Gizi Masyarakat. *Public Heal Sci. J.*, 11 (1), 94–106. doi:https://doi.org/10.24252/as.v11i1.9437



Mahendra, C.K., Goh, B.-H., Gew, L.T. and Yow, Y.-Y., 2021. Protective Effect of Brown Alga *Padina australis*: A Potential Application of Malaysian Seaweed. *Cosmetics*, 8 (3), 58. doi:10.3390/cosmetics8030058

P., Chow, F. and dos Santos, D.Y.A.C., 2019. A comprehensive review of the traditional uses, bioactivity potential, and chemical diversity of the

- genus *Gracilaria* (Gracilariales, Rhodophyta). *Algal Res.*, 37 (July 2018), 288–306. doi:10.1016/j.algal.2018.12.009
- Trilaksani, W. and Setyaningsih, I., 2015. Formulasi Jelly Drink Berbasis Rumput Laut Merah dan *Spirulina Platensis*. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, 18 (1), 74–82. doi:10.17844/jphpi.2015.18.1.74
- Ulfah, M., Kasanah, N. and Handayani, N.S.N., 2018. Bioactivity and Genetic Screening of Marine Actinobacteria Associated With Red Algae *Gelidiella acerosa*. *Indones. J. Biotechnol.*, 22 (1), 13. doi:10.22146/ijbiotech.25920
- Utami, D., Kasmianti, K. and Metusalach, M., 2021. Effect of Concentration of *Sargassum polycystum* and Fermentation Time on thickness and Yield of Nata de *Sargassum*. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.*, 6 (5), 163–167. doi:10.22161/ijeab.65.21
- Valentine, G., Sumardianto and Wijayanti, I., 2020. Karakteristik Nori dari Campuran Rumput Laut *Ulva lactuca* dan *Gelidium* sp. *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, 23 (2), 295–302. doi:10.17844/jphpi.v23i2.32340
- Vicentini, A., Liberatore, L. and Mastrocola, D., 2016. Functional Foods: Trends and Development of The Global Market. *Ital. J. Food Sci.*, 28 (2), 338–352. doi:10.14674/1120-1770/ijfs.v211
- Vijayabaskar, P. and Shiyamala, V., 2011. Antibacterial Activities of Brown Marine Algae (*Sargassum wightii* and *Turbinaria ornata*) from the Gulf of Mannar Biosphere Reserve. *Adv. Biol. Res. (Rennes)*, 5 (2), 99–102.
- Wells, M.L., Potin, P., Craigie, J.S., Raven, J.A., Merchant, S.S., Helliwell, K.E., Smith, A.G., Camire, M.E. and Brawley, S.H., 2017. Algae as nutritional and functional food sources: revisiting our understanding. *J. Appl. Phycol.*, 29 (2), 949–982. doi:10.1007/s10811-016-0974-5
- Wibowo, L. and Fitriyani, E., 2012. Pengolahan Rumput Laut (*Eucheuma cottoni*) Menjadi Serbuk Minuman Instan. *Vokasi*, 8 (2), 101–109.
- Winarni, S., Zainuri, M., Endrawati, H., Arifan, F., Setyawan, A. and Wangi, A.P., 2021. Analysis proximate of *Sargassum seaweed* sp. *J. Phys. Conf. Ser.*, 1943 (1), 012173. doi:10.1088/1742-6596/1943/1/012173
- Yan, X., Yang, C., Lin, G., Chen, Y., Miao, S., Liu, B. and 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 (1), 165–173. doi:10.1111/1750-3841.14415
- Yasuda, M. and Tabata, M., 2021. Effect of emulsifiers on the discoloration of chlorophyll and their potential for use in green beverages. *J. Food Sci.*, 86 (7), 15782. doi:10.1111/1750-3841.15782



Vittal, D., Sze Yii Chew, C. and Thau Lym Yong, W., 2014. Potential of Extracts from *Kappaphycus* Seaweeds on HeLa cells. *Sains Malaysiana*, 43 (12), 1895–1900.

Yadav, K., Shehzadi, R. and Ashraf, M.F., 2016. *Ulva lactuca* and its derivatives: Food and Biomedical Aspects. *J. Biol. Agric. Healthc.*, 6 (1), 1–10.

- Yuan, Y. V., Westcott, N.D., Hu, C. and Kitts, D.D., 2009. Mycosporine-like amino acid composition of the edible red alga, *Palmaria palmata* (dulse) harvested from the west and east coasts of Grand Manan Island, New Brunswick. *Food Chem.*, 112 (2), 321–328. doi:10.1016/j.foodchem.2008.05.066
- Zhang, Z., Wang, F., Wang, X., Liu, X., Hou, Y. and Zhang, Q., 2010. Extraction of the polysaccharides from five algae and their potential antioxidant activity in vitro. *Carbohydr. Polym.*, 82 (1), 118–121. doi:10.1016/j.carbpol.2010.04.031



2.7. Lampiran

Lampiran 2.1. Berbagai jenis pangan fungsional terbuat dari rumput laut

Makroalga	Pangan Fungsional	Bahan tambahan	Hasil	Sumber
Rhodophyceae				
<i>Eucheuma cottonii</i>	Yoghurt	Penambahan glukosa 5% & 5% inokulum dari <i>L.plantarum</i>	Yoghurt mempunyai bau asam, rasa asam dan sedikit pahit	(Baiq et al., 2013)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Minuman Jelly	Penambahan culture-based <i>Spirulina platensis</i> dan komersial <i>spirulina</i>	Jenis spirulina komersial & budaya tidak berpengaruh nyata terhadap uji hedonik & aktivitas antioksidan tetapi berpengaruh nyata terhadap kandungan protein	(Trilaksani dan Setyaningsih, 2015)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Minuman bubuk	<i>E. cottonii</i> dengan penambahan glukosa dan essens	perlakuan terbaik adalah formula tanpa penambahan glukosa	(Wibowo dan Fitriyani, 2012)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Minuman	<i>E. cottonii</i> dengan penambahan dosis gula yang berbeda	Tinggi kandungan fosfor	(Sanger et al., 2018)
<i>Eucheuma spinosum</i>	Minuman Jelly	<i>E.spinolum</i> dengan penambahan <i>Sargassum</i> sp	Hasil uji hedonik tertinggi bahwa jelly drink mempunyai penampakan cerah dan bersih, berwarna ungu cerah, sedikit terasa dan berbau rumput laut	(Muhtar et al., 2019)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Biskuit	<i>E. cottonii</i> by dengan penambahan jamur oyster	Kandungan serat biskuit lebih tinggi dibandingkan rumput laut komersial	(Kesuma et al., 2015)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Cake rumput laut	Subtitusi <i>E. cottonii</i> untuk cake	Menghasilkan cake dengan serat yang tinggi	(Handayani dan Aminah, 2011)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Cake brownies	Subtitusi <i>E. cottonii</i> untuk brownies	Tekstur brownies lebih padat dan mempengaruhi warna asli brownies	(Nurwanti dan Hasdar, 2021)
<i>Eucheuma cottonii</i>	Cake bal	Fortifikasi serat <i>E.cottonii</i> dgn sagu	Rasa lebih gurih dan crispy	(Marasabes sy et al., 2018)



Makroalga	Pangan Fungsional	Bahan tambahan	Hasil	Sumber
<i>Gracillaria fisheri</i>	Minuman fermentasi	Fermentasi <i>G.fisheri</i> dalam empat proses fermentasi yang berbeda	Organoleptic secara keseluruhan terasa sedikit manis dengan rasa asam dan sedikit bau rumput laut	(Prachyakij et al., 2008)
<i>Gracillaria sp</i>	biskuit	Serbuk <i>Gracillaria sp</i>	Produk akhir dari biskuit sesuai dengan SNI biskuit no. 2973:201 Hasil akhir produk biskuit telah memenuhi persyaratan SNI 2973:201 biskuit dengan menggunakan uji organoleptik dan kimia.	(Surgya et al., 2022)
<i>Caulerpa racemose</i>	Roti rumput laut	<i>C. racemose</i> dgn substitusi tempe	Cukup memenuhi kebutuhan zat gizi makro dan mikro	(Syarfaini et al., 2019)
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Kue ongol ongol	Berbahan dasar tepung sagu dengan substitusi <i>K. alvarezii</i>	Mempengaruhi kekenyalan kue ongol-ongol	(Pakaya et al., 2014)
Chlorophyceae				
<i>Ulva pertusa</i>	Tea	Ekstrak kering <i>U.pertusa</i>	Tinggi aktivitas antioksidan	(Nagai dan Takakiyo Yukimoto, 2003)
<i>Ulva lactuca</i>	Nori	<i>U. lactuca pulp</i>	Ciri-ciri nori hampir menyerupai nori komersial	(Valentine et al., 2020)
Phaeophyceae				
<i>Fucus vesiculosus</i>	Yoghurt	<i>F. vesiculosus</i> 60% EtOH	Tidak berpengaruh pada karakteristik kimia dan mikrobiologi Stabilitas lipid yoghurt uji organoleptic dan karakteristik umur simpan secara keseluruhan memburuk	(O'Sullivan et al., 2016)
	Minuman fungsional	<i>F.vesiculosus</i> ekstrak	Mengandung antimikroba dan serat	(Poveda-Castillo et al., 2018)



Makroalga	Pangan Fungsional	Bahan tambahan	Hasil	Sumber
<i>Ascophyllum nodosum</i>	Yoghurts	<i>A.nodosum</i> extract	Tidak ada pengaruh terhadap karakteristik kimia. Yoghurt memiliki aktivitas antioksidan	(O'Sullivan <i>et al.</i> , 2016)
<i>Sargasum polycystum</i>	Minuman Instan	Serbuk <i>S.polycystum</i> dengan penambahan jahe dan gula	Semakin banyak penambahan ekstrak <i>S. polycystum</i> , semakin menurunkan tingkat preferensi konsumen	(Husni <i>et al.</i> , 2015a)
<i>Sargassum</i> sp	Kombucha	Fermentasi <i>Sargassum</i> dengan perbedaan waktu fermentasi	Lama fermentasi berpengaruh terhadap sifat fisik (warna dan berat nata/selulosa) dan sifat kimia (kandungan vitamin C, keasaman total, kadar gula total, pH dan kadar alkohol).	(Pratiwi <i>et al.</i> , 2011)
<i>Sargasum binderi</i>	Teh Seaweed	<i>S.binderi</i> dengan penambahan lemon essence	Teh rumput laut berpotensi untuk dikomersialkan sehingga konsumen dapat memperoleh manfaat kesehatan dari fukoidan	(Lim <i>et al.</i> , 2017)
<i>Sargasum crassifolium</i>	Sagu cookies	Serbuk kering <i>S. crassifolium</i>	Peningkatan serat pada biskuit sagu	(Rehena dan Ivakdalam, 2019)
<i>Undaria pinnatifida</i>	Teh <i>U.pinnatifida</i>	Ektrak kering <i>U.pinnatifida</i>	Tinggi aktivitas antioksidan	(Nagai dan Takakiyo Yukimoto, 2003)
<i>Ecklonia cava</i>	Teh rumput laut	Ektrak kering <i>Ecklonia cava</i>	Tinggi aktivitas antioksidan	(Nagai dan Takakiyo Yukimoto, 2003)
<i>Hizikia fusiformis</i>	Teh seaweed	Serbuk kering <i>Hizikia fusiformis</i>	Tinggi aktivitas antioksidan	(Nagai dan Takakiyo Yukimoto, 2003)
	nata de sargassum	Nata de sargassum	Waktu fermentasi lebih lama, menghasilkan rendemen nata de	(Utami <i>et al.</i> , 2021)



Makroalga	Pangan Fungsional	Bahan tambahan	Hasil	Sumber
<i>Sargassum hystrix</i>	Flakes	Serbuk kering <i>S. hystrix</i>	<i>Sargassum</i> yang lebih kental Peningkatan kadar antioksidan pada flakes <i>S. hystrix</i>	(Ginting dan Husni, 2020)

