

Ekstraksi Alginat dari Rumput Laut Coklat (*Phaeophyceae*) dan Pemanfaatannya Sebagai Pengemulsi (*Emulsifier*) pada Produk Pangan

Extraction of Alginate from Brown Seaweed (Phaeophyceae) and Its Utilization as an Emulsifier in Food Product

Farida Ariani*, Lina Yunita, Novianti Tysmala Dewi, Ni Made Wiasty Sukanty, Widani Darma Isasih
Program Studi Gizi, Fakultas Kesehatan, Universitas Bumigora, Mataram
(Email: farida_ariani@universitasbumigora.ac.id)

Abstrak

Alginat dapat digunakan sebagai pengemulsi (*emulsifier*) pada bahan pangan. Sifatnya yang tidak beracun, biokompatibel, *biodegradable*, dan hidrofilik, dianggap sebagai aspek yang sangat menjanjikan untuk penggunaannya dalam industri. Alginat yang digunakan pada industri dapat diperoleh dari rumput laut coklat karena kadar alginat dalam rumput laut coklat mencapai 40% dari berat keringnya. Proses ekstraksi alginat dapat dilakukan dalam tahap utama, yaitu 1) Proses ekstraksi menggunakan asam mineral, 2) proses penyaringan atau sentrifugasi, 3) perendaman kembali residu menggunakan larutan basa, 4) proses pengendapan, 5) pemurnian. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran (*overview*) tentang metode atau proses ekstraksi alginat dari rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) dan pemanfaatan alginat sebagai bahan pengemulsi (*emulsifier*) bahan pangan, menggunakan metode *Search Engine: Google, Google Scholar, dan ScienceDirect*. Penggunaan alginat sebagai pengemulsi dalam bahan pangan telah dilakukan oleh beberapa peneliti dan hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa substitusi alginat pada produk pangan memberikan hasil yang signifikan terhadap stabilitas emulsi, dimana stabilitas emulsi yang menggunakan alginat lebih tinggi dibandingkan dengan emulsi tanpa substitusi alginat. Selain itu, terdapat interaksi positif antara produk pangan tersubstitusi alginat dengan produk pangan tanpa substitusi alginat (kontrol) terhadap lama penyimpanan. Substitusi alginat dalam bahan pangan memberikan waktu penyimpanan yang lebih lama dibandingkan dengan tanpa substitusi alginat.

Kata Kunci: Alginat, Emulsifier, Rumput Laut Coklat, Ekstraksi.

Abstract

Alginate is used as an emulsifier in food production. Its non-toxic, biocompatible, biodegradable, and hydrophilic properties are very promising for industrial use. Alginate can be obtained from brown seaweed because the alginate content in brown seaweed reaches 40% of its dry weight. The alginate extraction process can be carried out in 5 main stages, 1) extraction process using mineral acids, 2) filtering or centrifugation process, 3) re-soaking of the residue using an alkaline solution, 4) precipitation process, and 5) purification. This research aims to provide an overview of the method or process of extracting alginate from brown seaweed (Phaeophyceae) and utilizing alginate as an emulsifier for food, using Search Engine: Google, Google Scholar, and ScienceDirect method. The use of alginate as an emulsifier in food has been carried out by several researchers. The results indicate that alginate substitution in food products has a significant effect on emulsion stability, where the stability of emulsions using alginate is higher than that of emulsions without alginate substitution. In addition, there was a positive interaction between alginate-substituted food products and food products without alginate substitution (control) on storage time. Alginate substitution in foodstuffs provides a longer storage time than without alginate substitution.

Keywords: Alginate, Emulsifier, Brown Seaweed, Extraction.

1. PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan salah satu komoditas sumberdaya laut yang memiliki nilai ekonomis tinggi dan mudah dibudidayakan. Hal ini memicu banyak masyarakat Indonesia yang melakukan budidaya rumput laut. Beberapa negara maju memanfaatkan rumput laut sebagai bahan baku produksinya, salah satunya sebagai bahan baku untuk kosmetik [1]. Rumput laut memiliki peran penting dalam perindustrian karena rumput laut mengandung karaginan, agar, dan alginat. Adanya kandungan tersebut menyebabkan rumput laut memiliki multi fungsi dalam berbagai industri, seperti industri makanan, kecantikan, farmasi, tekstil, dan pertanian. Salah satu jenis rumput laut yang mengandung alginat adalah rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) [2]. Kadar alginat pada rumput laut coklat bervariasi tergantung dari jenis rumput laut, kondisi lingkungan, musim saat panen, metode isolasi yang digunakan, serta dipengaruhi oleh bagian tanaman dari rumput laut coklat yang digunakan [3].

Alginat merupakan polimer rantai panjang yang terdiri dari monomer asam manuronat dan asam guluronat [4]. Alginat dapat dimanfaatkan sebagai pembentuk gel (gelling agent), penstabil (stabilizer), pengemulsi (emulsifier), dan pensuspensi (suspending agent) [5]. Alginat bersifat tidak beracun, biokompatibel, biodegradable, dan hidrofilik, yang dianggap sebagai aspek yang sangat menjanjikan untuk penggunaannya dalam industri [6]. Alginat yang digunakan pada industri dapat diperoleh dari rumput laut coklat karena kadar alginat dalam rumput laut coklat mencapai 40% dari berat keringnya [7].

Pengemulsi (emulsifier) merupakan senyawa aktif permukaan yang mampu menurunkan tegangan antar permukaan, antara permukaan udara-cairan dan cairan-cairan. Kemampuan ini merupakan akibat dari struktur molekul pengemulsi yang mengandung dua bagian yang jelas, satu bagian mempunyai sifat polar (hidrofilik) dan bagian yang lain bersifat non polar (hidrofobik) [8]. Emulsi umumnya terdiri dari dua cairan yang tidak bercampur (biasanya minyak dan air). Emulsi dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat cairan yang membentuk fase kontinyu dan ukuran tetesan [9].

Secara umum ekstraksi alginat dari rumput laut coklat dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode 1) Jalur asam, yang menggunakan asam klorida (HCl), asam sulfat (H₂SO₄) dan asam lainnya. 2) Jalur kalsium klorida, yang menggunakan kalsium klorida (CaCl₂) maupun garam klorida lainnya.

Kedua metode tersebut memiliki keunggulan, yaitu waktu ekstraksi yang relatif lebih singkat, bahan dan alat yang digunakan mudah didapatkan [10]. Hasil dan struktur kimia alginat yang diekstrak dari rumput laut coklat dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti pH, suhu, waktu, tekanan, dan rasio sampel terhadap pelarut yang digunakan selama ekstraksi [11].

Ekstraksi alginat dari rumput laut *Padina* sp. yang dilakukan oleh Septiani dkk (2017) menggunakan berbagai konsentrasi KOH memberikan hasil rendemen optimal sebesar 17,82% [12]. Selain itu, ekstraksi alginat pada beberapa spesies rumput laut coklat yang dilakukan oleh Silva dkk (2023) menunjukkan persentase yang cukup tinggi yaitu 61-65% untuk rumput laut jenis *Saccharina latissimi* dan *Laminaria digitata*, 34-41% pada *Sacchoriza polyschides* dan *Himanthalia* sp [13].

Penggunaan alginat sebagai pengemulsi dalam bahan pangan telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya seperti pada substitusi alginat pada pembuatan bakso ikan gabus, hasil terbaik diperoleh pada penambahan alginat 1% dengan kekerasan 1,37N dan kekenyalan 0,004 kg/mm². Sedangkan hasil uji organoleptik yaitu rasa 6,57; warna 6,8; tekstur 7,27 dan aroma 6,6 [14]. Selain itu, Prasetyawan dkk (2014) menggunakan alginat sebagai pengemulsi pada satsuma age ikan kurisi. Diperoleh konsentrasi terbaik substitusi alginat adalah 2,5% dengan tingkat kestabilan emulsi tersubstitusi alginat dan tanpa alginat memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap menurunnya nilai stabilitas emulsi satsuma age ikan kurisi selama penyimpanan suhu dingin. Berdasarkan hasil sensorik selama 21 hari, satsuma age dengan substitusi alginat dapat diterima sampai hari ke-14, dan satsuma age tanpa substitusi alginat dapat diterima sampai hari ke-7 [15].

Berdasarkan uraian di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan gambaran (overview) tentang metode atau proses ekstraksi alginat dari rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) dan pemanfaatan alginat sebagai bahan pengemulsi (emulsifier) bahan pangan dengan menggunakan database berupa artikel dalam bentuk jurnal-jurnal sebagai review literatur.

2. METODE

Metode penelitian yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode review literasi yang terkait dengan judul. Pencarian data dilakukan dengan menggunakan *Search Engine Google*, *google scholar*, dan *ScienceDirect* dengan kata kunci ekstraksi, alginat

pada rumput laut, dan alginat sebagai *emulsifier*. Referensi yang diperoleh kemudian ditetapkan dengan membandingkan jurnal yang satu dengan jurnal lainnya dalam artian mengintegrasikan hasil analisis terhadap jurnal-jurnal penelitian berdasarkan kesamaan dan perbedaan masing-masing kemudian memberikan simpulan baru.

3. HASIL

Hasil penelusuran literatur 10 tahun terakhir pada *database Google, Google Scholar, dan ScienceDirect* menggunakan kata kunci yang telah ditentukan, diperoleh 1.324 literatur yang sesuai dengan kata kunci tersebut. Selanjutnya, literatur diseleksi berdasarkan kriteria inklusi dan didapatkan 2 literatur nasional dan 1 literatur internasional yang sesuai. Rangkuman literatur yang telah dipilih dan direview dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Tinjauan Pustaka

No	Penulis	Judul	Metode Penelitian	Sampel Penelitian	Hasil Penelitian
1	Hefti Salis Yufidasaria, Happy Nursyama, dan Belinda Putri Ardiantia	Penggunaan Bahan Pengemulsi Alginat dan Substitusi Tepung Kentang Pada Pembuatan Bakso Ikan Gabus (<i>Channa striata</i>)	Metode eksperimen dengan rancangan percobaan 2 faktor	Bakso ikan Gabus	Penambahan alginat sebagai <i>emulsifier</i> memberikan hasil terbaik pada konsentrasi alginat 1%
2	Dhoni Prasetyawan, Putut Har Riyadi, dan Ima Wijayanti	Aplikasi Alginat Sebagai Emulsifier dalam Pembuatan Satsuma Age Ikan Kurisi (<i>Nemipterus Sp</i>) Pada Penyimpanan Suhu Dingin	Rancangan faktorial. Menggunakan dua faktor yaitu faktor penambahan emulsifier dan faktor penyimpanan suhu dingin	Satsuma Age Ikan Kurisi	Konsentrasi terbaik substitusi alginat adalah 2,5% dan penyimpanan dapat diterima sampai hari ke-21
3	Roya Abkakhajouei, Latifa Tounsi, Nasim Shahabi, Anil Kumar Patel, Slim Abdelkafi, and Philippe Michaud	Structures, Properties and Applications of Alginates	Literature review	-	Alginat dapat diekstraksi dari rumput laut. Penggunaan alginat banyak digunakan pada berbagai industri, terutama industri pangan

Sumber: Data Telaah Pustaka Penelitian

4. PEMBAHASAN

a. Rumput Laut Coklat (*Phaeophyceae*)

Rumput laut coklat merupakan alga yang berbentuk *thallus* silindris atau gepeng dengan warna *thallus* coklat, lonjong, percabangan yang rimbun, dan terdapat gelembung berisi udara (Gambar 1). Rumput laut coklat mudah didapat dan ketersediaannya melimpah pada pesisir pantai di seluruh Indonesia [16].

Komposisi rumput laut yang paling melimpah adalah karaginan dan alginat. Kedua zat tersebut tidak terdegradasi oleh enzim mamalia sehingga rumput laut dapat dianggap sebagai bahan pangan yang kaya serat [17]. Selain itu, rumput laut coklat juga mengandung nutrisi seperti protein, mineral, vitamin, antioksidan, asam lemak, dan polisakarida esensial, serta menjadi sumber senyawa bioaktif yang

baik [18][19]. Rumput laut juga memiliki aktivitas antioksidan dan antitumor, dan beberapa penelitian telah mengaitkan konsumsi rumput laut dengan penurunan risiko kanker usus dan payudara [20][21]. Adanya pigmen fukosantin dalam rumput laut coklat

memberikan warna coklat kehijauan [22]. Perbedaan komposisi nutrisi rumput laut coklat sangat berkaitan dengan spesies, tempat budidaya, kondisi atmosfer, masa panen, dan variasi musim[23].



Gambar 1. Rumput Laut Coklat

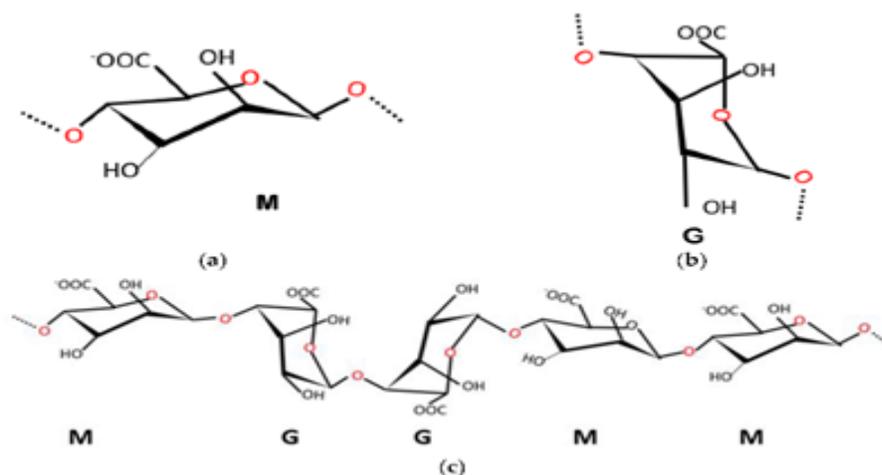
b. Alginat

Alginat merupakan salah satu polisakarida utama yang membentuk dinding sel ganggang coklat. Secara struktural, alginat terdiri dari blok kopolimer linier asam guluronat (G) dan asam manuronat (M) (Gambar 2). Kedua polimer tersebut sangat berperan penting terhadap sifat fisik alginat [13].

Rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) mengandung alginat hingga 40% (bahan kering) [7]. Produksi alginat di seluruh dunia sebagian besar berasal dari rumput laut coklat, seperti genera *Laminaria*, *Macrocystis* dan *Ascophyllum* [24].

Selain rumput laut, alginat juga dapat diekstrak dari spesies bakteri seperti *Azotobacter* spp. dan *Pseudomonas* spp. [25].

Di alam, alginat terdapat dalam bentuk garam dari asam alginat dengan berbagai kation logam dan memiliki sifat polisakarida anionik. Alginat komersial yang paling banyak digunakan adalah kalsium alginat dan natrium alginat [26]. Natrium alginat memiliki kelarutan yang sangat baik dalam air, sehingga memberikan sifat pengental, penstabil, dan pembentuk gel yang leih baik [27].



Gambar 2. Struktur Kimia (a) Asam Mannuronat, (b) Asam Guluronat, (c) Konformasi Blok M dan G dari Alginat.

Alginat juga dapat memberikan manfaat bagi kesehatan gastrointestinal. Konsumsi minuman yang mengandung 1,5 g natrium alginat dapat mengurangi lonjakan glukosa postprandial dibandingkan dengan minuman tanpa alginat (kontrol). Hal tersebut dapat menyebabkan laju pengosongan lambung lebih lambat, yang membuat alginat komponen yang menarik dalam ganggang coklat [28]. Alginat dapat dicerna secara kimia atau enzimatis, menghasilkan oligosakarida alginat (AOS), yang memiliki berat molekul lebih rendah dan viskositas lebih rendah [29].

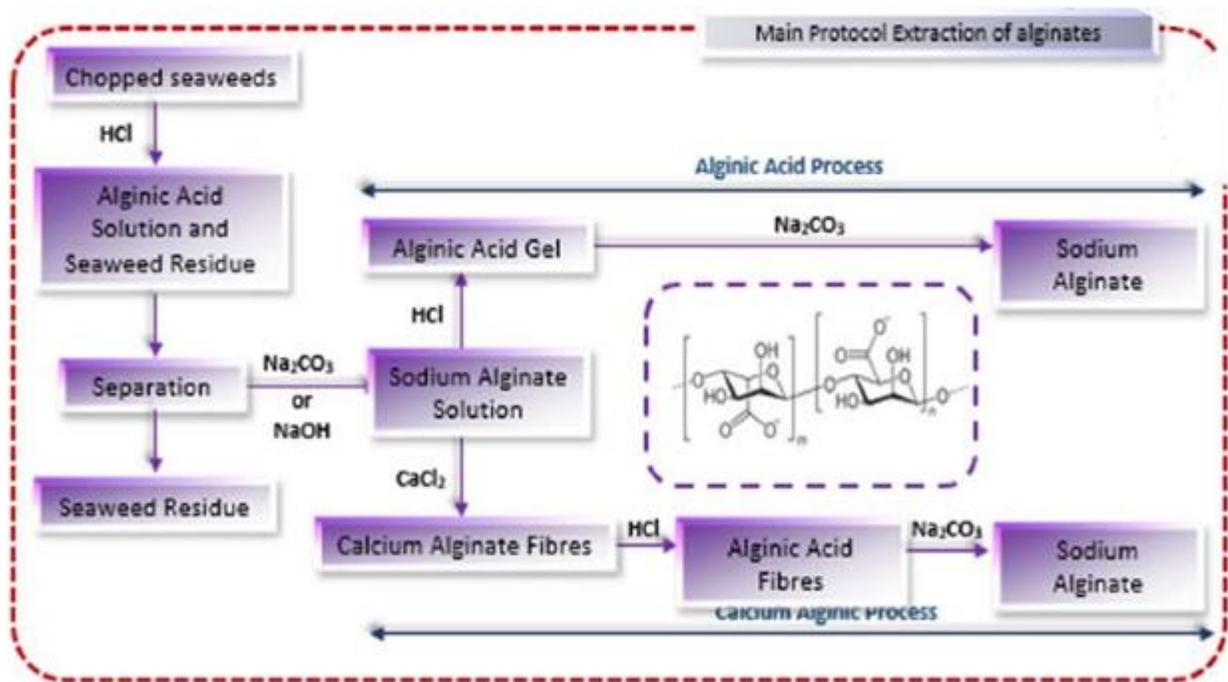
Sifat fisikokimia alginat dapat bervariasi tergantung pada sumber alami bahan baku ekstraksi, musim, dan lokasi geografis dari mana tanaman tersebut dipanen. Natrium alginat komersial memiliki berat molekul antara 32.000 dan 400.000. Studi menunjukkan bahwa viskositas (kekentalan) larutan alginat dipengaruhi oleh massa molekul dan pH massa reaksi. Peningkatan berat molekul alginat dapat meningkatkan laju pembentukan gel. Selain itu, viskositas juga dipengaruhi oleh suhu [30].

c. Ekstraksi Alginat

Hasil dan struktur kimia polisakarida yang diekstrak dari rumput laut coklat dapat dipengaruhi

oleh beberapa faktor seperti pH, suhu, waktu, tekanan, dan rasio sampel terhadap pelarut yang digunakan selama ekstraksi [31], tetapi alginat dari rumput laut coklat biasanya diekstraksi dengan metode konvensional ekstraksi berbasis air (berair), ekstraksi asam encer, dan ekstraksi berbasis kimia lainnya [32].

Proses ekstraksi alginat dapat diringkas dalam lima langkah (Gambar 3). 1) Rumput laut coklat yang telah dikeringkan dan dihaluskan, diekstraksi menggunakan asam klorida 0,1 M menghasilkan asam alginat. 2) Proses penyaringan atau sentrifugasi dilakukan untuk memisahkan asam alginat dari senyawa-senyawa lainnya. 3) Residu yang tidak larut kemudian direaksikan dengan larutan basa (menggunakan natrium karbonat, natrium hidroksida, atau aluminium hidroksida, dengan pH = 6,0) untuk mengubah asam alginat menjadi natrium alginat. 4) Setelah langkah pemisahan lainnya, natrium alginat yang larut diendapkan menggunakan kalsium klorida atau alkohol dingin. 5) Alginat kemudian dimurnikan menggunakan teknik seperti pengasaman, penambahan ion Ca^{2+} (pembentukan kalsium alginat) atau penambahan etanol (penstabil dielektrik) [33]. Di bawah ini merupakan gambaran proses ekstraksi alginat.



Gambar 3. Proses Ekstraksi Alginat

d. Alginat Sebagai Emulsifier

Emulsifier adalah bahan tambahan pangan untuk membantu terbentuknya campuran yang homogen dari dua atau lebih fase yang tidak tercampur seperti minyak dan air. Emulsifier berfungsi mengurangi tegangan antar muka antara minyak dan air, meminimalkan energi permukaan dari droplet yang terbentuk [34]. Emulsifier biasanya tersusun dari molekul amfifilik yang memiliki gugus hidrofobik dan hidrofilik pada molekul yang sama. Dalam beberapa aplikasi, emulsi dapat diformulasikan menggunakan satu jenis emulsifier. Namun dalam banyak aplikasi, pembentukan stabilitas dan atribut fungsional emulsi dapat ditingkatkan dengan menggunakan kombinasi pengemulsi [35].

Beberapa penelitian telah menggunakan alginat sebagai *emulsifier* dalam produk pangan, diantaranya adalah Prakoso dkk (2015) yang menggunakan alginat sebagai *emulsifier* pada produk kamaboko ikan kuwe. Pada penelitian tersebut, substitusi alginat dapat meningkatkan kestabilan emulsi kamaboko ikan kuwe (*C. malabaricus*) pada substitusi alginat 2,5% dan tepung tapioka 7,5%. Adapun nilai stabilitas emulsi kamaboko dengan substitusi alginat dari hari ke-0 sampai hari ke-21 selama penyimpanan suhu dingin lebih tinggi dibandingkan dengan kamaboko tanpa substitusi alginat. Terdapat interaksi positif antara kamaboko substitusi alginat dengan kamaboko tanpa substitusi alginat (kontrol) terhadap lama penyimpanan selama 21 hari pada uji stabilitas emulsi [8].

Penelitian Yufidsari dkk (2018), menggunakan alginat sebagai *emulsifier* pada pembuatan bakso ikan gabus. Perlakuan terbaik diperoleh pada penambahan alginat 1% dan tepung kentang 5%. Sedangkan Prasetyawan dkk (2014) memperoleh hasil terbaik pada substitusi alginat 2,5% dan 7,5% tepung sagu pada produk *Satsuma age* ikan Kurisi (*Nemipterus* Sp). Berdasarkan hasil sensorik selama 21 hari, *satsuma age* dengan substitusi alginat dapat diterima sampai hari ke-14, dan *satsuma age* tanpa substitusi alginat dapat diterima sampai hari ke-7. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penambahan alginat pada produk makanan dapat memberikan pengaruh positif yang signifikan.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan uraian diatas, dapat disimpulkan bahwa alginat dapat diekstraksi dari rumput laut coklat menggunakan metode ekstraksi. Alginat yang diperoleh dari rumput laut dapat digunakan sebagai

pengemulsi dan memberikan hasil yang signifikan terhadap stabilitas emulsi, dimana stabilitas emulsi menggunakan alginat lebih tinggi dibandingkan dengan emulsi tanpa substitusi alginat. Selain itu, terdapat interaksi positif antara produk pangan tersubstitusi alginat dengan produk pangan tanpa substitusi alginat (kontrol) terhadap lama penyimpanan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh tim yang telah membantu dalam proses penyusunan artikel ini.

7. REFERENSI

- [1] R. Yanuarti, N. Nurjanah, E. Anwar, and G. Pratama, "Kandungan Senyawa Penangkal Sinar Ultra Violet dari Ekstrak Rumput Laut *Euchemum cottonii* dan *Turbinaria conoides*," *Biosfera*, vol. 34, no. 2, pp. 51–58, 2017.
- [2] W. Safia, Budiyanti, and Musrif, "Kandungan Nutrisi dan Bioaktif Rumput Laut (*Euchemum cottonii*) dengan Metode Rakit Gantung pada Kedalaman Berbeda," *J. FPIK Unidayan*, vol. 8, no. 1, pp. 27–33, 2021.
- [3] G. Sanger, B. E. Kaseger, L. K. Rarung, and L. Damongilala, "Potensi Beberapa Jenis Rumput Laut Sebagai Bahan Pangan," *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 21, no. 2, pp. 208–217, 2018.
- [4] J. C. Tang, H. Taniguchi, H. Chu, Q. Zhou, and S. Nagata, "Isolation and characterization of alginate-degrading bacteria for disposal of seaweed wastes," *Lett. Appl. Microbiol.*, vol. 48, no. 1, pp. 38–43, 2009.
- [5] N. Rhein-Knudsen, M. T. Ale, F. Ajalloueiian, and A. S. Meyer, "Characterization of Alginates from Ghanaian Brown Seaweeds: *Sargassum* spp. and *Padina* spp.," *Food Hydrocoll.*, vol. 71, pp. 236–244, 2017.
- [6] M. Z. I. Mollah, H. M. Zahid, Z. Mahal, M. R. I. Faruque, and M. U. Khandaker, "The Usages and Potential Uses of Alginate for Healthcare Applications," *Front. Mol. Biosci.*, vol. 8, pp. 1–12, 2021.
- [7] H. Andriamanantoanina and M. Rinaudo, "Characterization of the Alginates from Mive madagascan Brown Algae," *Carbohydrat.*

- Polym.*, vol. 82, no. 3, pp. 555–560, 2010.
- [8] H. A. Prakoso, P. H. Riyadi, and I. Wijayanti, “Aplikasi Alginat Sebagai Emulsifier dalam Pembuatan Kamaboko Ikan Kuwe (*Carangoides malabaricus*) pada Penyimpanan Suhu Dingin,” *J. Pengolah. dan Bioteknol. Has. Perikan.*, vol. 4, no. 2, pp. 85–92, 2015.
- [9] F. Calvo, J. M. Gómez, L. Ricardez-Sandoval, and O. Alvarez, “Integrated Design of Emulsified Cosmetic Products: A Review,” *Chem. Eng. Res. Des.*, vol. 161, pp. 279–303, 2020.
- [10] I. M. Diharningrum and A. Husni, “Metode Ekstraksi Jalur Asam Dan Kalsium Alginat Berpengaruh,” *J. Pengolah. Has. Perikan. Indones.*, vol. 21, no. 3, pp. 532–542, 2018.
- [11] B. L. Tagliapietra, M. Teresa, and P. Silva, “Brown Algae and Their Multiple Applications as Functional Ingredient in Food Production,” *Food Res. Int.*, vol. 167, pp. 1–11, 2023.
- [12] E. Septiani, G. Pratama, and R. M. S. Putri, “Ekstraksi Na-Alginat dari Rumput Laut Padina sp. Menggunakan Konsentrasi Kalium Hidroksida yang Berbeda,” *Biosfera*, vol. 34, no. 3, pp. 110–116, 2017.
- [13] M. P. Silva, I. J. Badruddin, T. Tonon, S. Rahatekar, and L. D. Gomez, “Environmentally Benign Alginate Extraction and Fibres Spinning from Different European Brown Algae Species,” *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 226, pp. 434–442, 2023.
- [14] H. Salis Yufidasari, H. Nursyam, and B. Putri Ardianti, “Penggunaan Bahan Pengemulsi Alginat dan Substitusi Tepung Kentang Pada Pembuatan Bakso Ikan Gabus (*Channa striata*),” *JFMR-Journal Fish. Mar. Res.*, vol. 2, no. 3, pp. 178–185, 2018.
- [15] D. Prasetyawan, P. Har Riyadi, and I. Wijayanti, “Aplikasi Alginat sebagai Emulsifier dalam Pembuatan Satsuma Age Ikan Kurisi (*Nemipterus Sp*) pada Penyimpanan Suhu Dingin,” *J. Pengolah. dan Bioteknol. Has. Perikan.*, vol. 3, no. 1, pp. 137–146, 2014.
- [16] M. Hambakodu, E. Pangestu, and J. Achmadi, “Substitusi Rumput Gajah dengan Rumput Laut Coklat (*Sargassum polycystum*) Terhadap Produk Metabolisme Rumen dan Kecernaan Nutrien Secara In Vitro,” *J. Ilmu-Ilmu Peternak.*, vol. 29, no. 1, pp. 37–45, 2019.
- [17] K. Miyashita, N. Mikami, and M. Hosokawa, “Chemical and Nutritional Characteristics of Brown Seaweed Lipids: A Review,” *J. Funct. Foods*, vol. 5, pp. 1507–1517, 2013.
- [18] Y. F. Zhao, J. F. Wu, D. R. Shang, J. S. Ning, H. Y. Ding, and Y. X. Zhai, “Arsenic Species in Edible Seaweeds Using In Vitro Biomimetic Digestion Determined by High-Performance Liquid Chromatography Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry,” *Int. J. Food Sci.*, pp. 1–12, 2014.
- [19] M. L. Wells *et al.*, “Algae As Nutritional and Functional Food Sources: Revisiting Our Understanding,” *J. Appl. Phycol.*, vol. 29, no. 2, pp. 949–982, 2016.
- [20] J. J. Milledge, B. V. Nielsen, and D. Bailey, “High-Value Products from Macroalgae: The Potential Uses of The Invasive Brown Seaweed, *Sargassum Muticum*,” *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, vol. 15, no. 1, pp. 67–88, 2015.
- [21] E. J. Joung, W. G. Gwon, T. Shin, B. M. Jung, J. S. Choi, and H. R. Kim, “Anti - Inflammatory Action of The Ethanolic Extract from *Sargassum Serratifolium* on Lipopolysaccharide- Stimulated Mouse Peritoneal Macrophages and Identification of Active Components,” *J. Appl. Phycol.*, vol. 29, no. 1, pp. 563–573, 2017.
- [22] H. M. R. Abdel-Latif, M. A. O. Dawood, M. Alagawany, C. Faggio, J. Nowosad, and D. Kucharczyk, “Health Benefits and Potential Applications of Fucoidan (FCD) Extracted from Brown Seaweeds in Aquaculture: An Updated Review,” *Fish Shellfish Immunol.*, vol. 122, pp. 115–130, 2022.
- [23] R. Peñalver, J. M. Lorenzo, G. Ros, R. Amarowicz, M. Pateiro, and G. Nieto, “Seaweeds as a Functional Ingredient for a

- Healthy Diet,” *Mar. Drugs*, vol. 18, no. 6, pp. 1–27, 2020.
- [24] I. D. Hay, Z. U. Rehman, M. F. Moradali, Y. Wang, and B. H. A. Rehm, “Microbial Alginate Production, Modification and Its Applications,” *Microb. Biotechnol.*, vol. 6, no. 6, pp. 637–650, 2013.
- [25] M. E. Valentine *et al.*, “Generation of a Highly Attenuated Strain of *Pseudomonas aeruginosa* for Commercial Production of Alginate,” *Microb. Biotechnol.*, vol. 13, no. 1, pp. 162–175, 2020.
- [26] M. S. Hasnain, E. Jameel, B. Mohanta, A. K. Dhara, S. Alkahtani, and A. K. Nayak, “Alginates: Sources, Structure, and Properties,” in *Alginates in Drug Delivery*, INC, 2020, pp. 1–17.
- [27] A. Barbu, M. B. Neamtu, M. Zăhan, and V. Mireșan, “Trends in Alginate-based Films and Membranes for Wound Healing,” *Rom Biotechnol Lett*, vol. 25, no. 4, pp. 1683–1689, 2020.
- [28] J. R. Paxman, J. C. Richardson, P. W. Dettmar, and B. M. Corfe, “Alginate Reduces the Increased Uptake of Cholesterol and Glucose in Overweight Male Subjects: a Pilot Study,” *Nutr. Res.*, vol. 28, no. 8, pp. 501–505, 2008.
- [29] M. Wang, L. Chen, and Z. Zhang, “Potential Applications of Alginate Oligosaccharides for Biomedicine – A Mini Review,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 271, pp. 1–14, 2021.
- [30] G. Ewelina and G. Elzbieta, “Alginates - Structure, Properties, Applications,” *Ann. Univ. Mariae Curie-Sklodowska*, vol. 74, pp. 109–124, 2019.
- [31] M. Garcia-Vaquero, G. Rajauria, J. V. O’Doherty, and T. Sweeney, “Polysaccharides from Macroalgae: Recent Advances, Innovative Technologies and Challenges in Extraction and Purification,” *Food Res. Int.*, vol. 99, pp. 1011–1020, 2017.
- [32] C. L. Okolie, S. R. Subin, C. C. Udenigwe, A. N. A. Aryee, and B. Mason, “Prospects of Brown Seaweed Polysaccharides (BSP) as Prebiotics and Potential Immunomodulators,” *J. Food Biochem.*, vol. 41, no. 5, pp. 1–12, 2017.
- [33] R. Abka-khajouei, L. Tounsi, N. Shahabi, A. K. Patel, S. Abdelkafi, and P. Michaud, “Structures, Properties and Applications of Alginates,” *Mar. Drugs*, vol. 20, no. 6, pp. 1–20, 2022.
- [34] A. Santi, I. Syukroni, M. A. Arsyad, . Adilham, and R. Yunita, “Comparative Study of Emulsifier in Mellorine,” *Asian J. Fish. Aquat. Res.*, vol. 20, no. 4, pp. 12–20, 2022.
- [35] J. Mandei, “Formulasi Minuman Emulsi VCO Menggunakan Variasi Emulsifier (Gum Arab, Tween 80) dan Air,” *J. Ind. Has. Perkeb.*, vol. 14, no. 1, pp. 11–20, 2019.