



Karakteristik Fisikokimia Karaginan Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Berdasarkan Umur Panen yang Berbeda dari Perairan Kota Tarakan

Muhammad Syahrin, Andi Noor Asikin*, Irman Irawan, Ita Zuraida, Seftylya Diachanty

Universitas Mulawarman, Samarinda, Indonesia

*Corresponding Author: asikin63@yahoo.com

Article Information

DOI

10.33830/fsj.v5i1.9670.2025

Kata Kunci:

Fisikokimia, *Kappaphycus alvarezii*, Karaginan, Karakteristik, Umur Panen

Abstrak

Kappaphycus alvarezii merupakan produk hasil perikanan yang semakin penting di dunia perdagangan karena mengandung karaginan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik fisikokimia karaginan rumput laut *K. alvarezii* pada umur panen yang berbeda asal wilayah perairan Kota Tarakan. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 perlakuan umur panen yaitu 30 hari (P1), 40 hari (P2), 50 hari (P3), 60 hari (P4) dan setiap perlakuan diulang 3 kali. Parameter uji terdiri dari rendemen, viskositas, kekuatan gel, kadar air, kadar abu, kadar sulfat dan derajat putih. Data dianalisis menggunakan ANOVA dengan uji lanjut DMRT. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen karaginan dari perairan Kota Tarakan berkisar antara 39,17-44,17%, viskositas 46,67-56,67 cP, kekuatan gel 405,45-500,29 g/cm², kadar air 10,62-15,12%, abu 47,87-50,75%, derajat putih 70,07-71,83%, dan kadar sulfat 50,28-57,72%. Pada hasil penelitian ditemukan umur panen rumput laut *K. alvarezii* P4 (60 hari) menghasilkan karaginan terbaik sesuai standar mutu berdasarkan parameter nilai rendemen (44,17%), viskositas (56,67%), kadar air (10,62%), dan kekuatan gel (500,29 g/cm²).

Keywords:

Carrageenan, characteristics,
harvest time, *Kappaphycus*
alvarezii, physicochemical

Abstract

Kappaphycus alvarezii is an increasingly popular marine product in global trade due to its high economic value, primarily attributed to its carrageenan content. This research aims to determine the physicochemical characteristics of *K. alvarezii* seaweed carrageenan at different harvest ages from the Tarakan City area, to find out the best characteristics based on gel strength at different harvest ages of seaweed (*K. alvarezii*). This research used a completely randomized design (CRD) with four harvest age treatments of 30 days (P1), 40 days (P2), 50 days (P3), and 60 days (P4). The results showed that the yield of carrageenan from Tarakan City waters ranged between 39.17 and 44.17%, viscosity (46.67-56.67 cP), gel strength (405.45-500.29 g/cm²), water content (10.62-15.12%), ash (47.87-50.75%), white degree (70.07-71.83%), and sulfate content (50.28-57.72%). *K. alvarezii* seaweed harvested at 60 days produced the best carrageenan according to quality standards, with a yield of 44.17%, viscosity of 56.67%, water content of 10.62%, and gel strength of 500.29 g/cm².

This journal is licensed under a Creative Commons
Attribution-ShareAlike 4.0 International License.



PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan komoditas penting di Indonesia dengan produksi mencapai 9,6 juta ton pada tahun 2022, meskipun terjadi penurunan dari 9,12 juta ton di tahun 2021 (KKP, 2022). Permintaan rumput laut terus meningkat, baik di pasar domestik maupun internasional, yang memungkinkan masyarakat Provinsi Kalimantan Utara mengembangkan usaha budidaya rumput laut terutama jenis *Kappaphycus alvarezii* dengan sentra produksi di Kabupaten Nunukan dan Kota Tarakan. Kota Tarakan sebagian besar wilayahnya dikelilingi oleh pesisir yang sangat potensial sebagai penghasil rumput laut kering, dimana pada tahun 2021, menghasilkan 211.649 ton rumput laut, meningkat dari 185.491 ton pada tahun sebelumnya (BPS, 2022). Secara umum masyarakat pembudidaya rumput laut di Kota Tarakan melakukan panen *K. alvarezii* secara kondisional, tergantung kondisi perairan dan harga jual rumput laut kering. Pembudidaya di Kota Tarakan umumnya memanen *K.alvarezii* dari umur 30 hingga 60 hari, dengan 5 taraf umur 30, 37, 45, 52, 60 hari (Masthora & Abdiani, 2016).

Jenis *K. alvarezii* menjadi semakin populer di pasar global karena kandungan nutrisinya yang dapat digunakan dalam berbagai bidang (Masthora & Abdiani, 2016). Karagenan merupakan polisakarida bernilai tinggi yang diekstrak dari *K. alvarezii* yang digunakan secara luas sebagai agen pembentuk gel dan stabilisator pada industri makanan, farmasi, bahan kosmetik dan produk perawatan lainnya (Ortiz & Aguilera, 2004; Prasetyowati & Agustawan, 2008).

Berdasarkan beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa umur panen sangat menentukan karakteristik fisikokimia karaginan yang dihasilkan (Asikin & Kusumaningrum, 2019; Wenno *et al.*, 2012). Hasil penelitian Wenno *et al.* (2012), memperoleh karakteristik karaginan terbaik pada umur panen *K. alvarezii* 50 hari diantara umur panen 40, 45, dan 55 hari, yang dibudidayakan di Dusun Wael Kabupaten Seram Bagian Barat Provinsi Maluku dengan nilai 10,86%, kadar abu 22,76%, kadar abu tidak larut asam 88%, kadar sulfat 27,43%, kekuatan gel 330 g/ cm² , viskositas 30,73 cP, titik jendal 33,20° C, titik leleh 43,50° C, dan derajat putih 38,36%. Asikin & Kusumaningrum (2019), menemukan bahwa karakteristik karaginan terbaik terdapat pada umur panen *K. alvarezii* 40 hari dengan kekuatan gel tertinggi (60,14 g/cm²) diantara umur panen 30, 35, 45, 50, 55, 60 hari, hasil dibudidaya dari perairan Kota Bontang Kalimantan Timur. Namun, informasi mengenai karakteristik karaginan dari *K. alvarezii* pada berbagai umur khususnya dari

wilayah perairan Kota Tarakan masih sangat terbatas, sehingga perlu dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik karaginan *K. alvarezii* pada umur panen berbeda yang dibudidayakan di wilayah perairan Kota Tarakan. Karakteristik karagenan yang dihasilkan pada berbagai umur panen penting diketahui sehingga bisa memberikan informasi kepada masyarakat pembudidaya mengenai umur panen yang tepat untuk menghasilkan karakteristik karagenan yang memenuhi standar perdagangan.

METODE

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yang digunakan adalah rumput laut *K. alvarezii* kering yang terdiri dari empat taraf umur panen yaitu : 30 hari (P1), 40 hari (P2), 50 hari (P3) dan 60 hari (P4). Rumput laut diperoleh dari pembudidaya di perairan Pantai Amal, Kota Tarakan, Kalimantan Utara. Bahan pendukung lain yang di gunakan yaitu KOH (Kalium Hidroksida; teknis), KCl (Kalium klorida; teknis), IPA (*Isopropyl Alcohol*), dan akuades. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *dehydrator* (Wirastar/20 L), oven (Mimmert), timbangan analitik (Adventure/0,0001 g), furnace (Thermolyne/48000), *Viscotester* (Rion/VT 04), pH meter (Lutron/PH 201), kompor (Rinnai), thermometer, panci *stainless* pengaduk, nampan, kain saring dan peralatan gelas.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 4 bulan. *K. alvarezii* kering diperoleh dari pembudidaya di Pantai Amal Kota Tarakan Kalimantan Utara. Ekstraksi karaginan, analisis rendemen, viskositas, kadar air dan kadar abu dilakukan di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Mulawarman. Pengujian warna dilaksanakan di Laboratorium Peternakan Fakultas Pertanian Universitas Mulawarman, sedangkan pengujian kekuatan gel dan kadar sulfat dilakukan di Laboratorium Chemix Pratama Jogjakarta. Penelitian ini terdiri dari 2 tahap, yaitu tahap pertama adalah ekstraksi karaginan dan tahap kedua yaitu karakterisasi karaginan yang meliputi analisis rendemen, viskositas, kekuatan gel, kadar air, abu, sulfat, dan warna.

Ekstraksi Karaginan

Ekstraksi karaginan mengacu metode Asikin & Kusumaningrum (2019). *K. alvarezii* kering ditimbang sebanyak 40 gram, setelah itu dicuci berulang-ulang sampai bersih dari butiran garam yang menempel, dan direndam dengan air bersih dengan rasio 1:10 (b/v) selama $\pm$ 3 jam, kemudian dipotong-potong (ukuran $\pm$ 2 cm) (Asikin *et al.*, 2015). Ekstraksi karagenan dilakukan menggunakan KOH 7% (b/v) dengan rasio 1:25 (b/v) dari berat *K. alvarezii* selama 30 menit pada suhu 70 °C. *K. alvarezii* selanjutnya ditiriskan dan dicuci sebanyak 4 kali dengan menggunakan air bersih untuk menghilangkan sisa KOH yang masih menempel pada *K. alvarezii*, selanjutnya dilakukan penghalusan menggunakan *blender* dan diekstrak kembali menggunakan akuades sebanyak 2000 mL pada rasio 1:40 (b/v) pada suhu 70 °C selama 3 jam. Penyaringan dilakukan dalam kondisi panas menggunakan kain saring, dan diperoleh filtrat *K. alvarezii*. Filtrat kemudian ditambahkan KCl 2% dan diukur pH hingga mencapai pH 8, kemudian ditambahkan Isopropyl Alcohol 250 mL dengan ratio 4:1 (v/v) dan didiamkan selama $\pm$ 12 jam pada suhu ruang ($\pm$ 27 °C). Penambahan Isopropyl Alcohol pada filtrat menyebabkan terbentuknya serat-serat koagulan. Campuran tersebut difiltrasi kembali dengan kain saring. Substrat dituang ke dalam nampan untuk dikeringkan menggunakan oven selama $\pm$ 24 jam pada suhu 60 °C. Karaginan kering yang

dihasilkan berbentuk lembaran dihaluskan menggunakan blender dan diperoleh tepung karaginan.

Rendemen

Rendemen yang dihasilkan dari ekstraksi *K. alvarezii* berupa *crude carrageenan*. Menurut Distantina *et al.* (2010), rendemen dihitung dengan cara membagi hasil pengeringan (*crude carrageenan*) dengan berat awal rumput laut (kering) kemudian dikali 100%. Rumus perhitungan rendemen yang digunakan :

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat crude carrageenan}}{\text{Berat rumput laut kering}} \times 100 \quad (1)$$

Viskositas

Pengujian viskositas mengacu pada metode H. *et al.* (2005) menggunakan alat *Viscotester Rion* seri VT 04. Karaginan dimasukkan ke dalam wadah dan dipasang pada *portable Viscotester*. Uji ini dilakukan setelah sampel disimpan selama 2 menit pada suhu sekitar 25 °C dan dilakukan pencatatan setiap 30 detik. Nilai viskositas sampel diketahui dengan mengamati gerak jarum penunjuk viskositas.

Kekuatan Gel

Pengujian kekuatan gel mengacu pada metode yang digunakan oleh FMC (1977), yaitu larutan karaginan 1,6% dipanaskan dalam bak air mendidih dengan pengadukan secara teratur sampai suhu 80 °C. Volume larutan dibuat sekitar 50 mL. Larutan panas dimasukkan ke dalam cetakan berdiameter kira-kira 4 cm, ketebalan sekitar 1 cm dan dibiarkan pada suhu 10 °C selama 2 jam. Gel dalam cetakan dimasukkan ke dalam alat ukur (*curd tension meter*) sehingga *plunger* yang akan bersentuhan dengan gel berada ditengahnya. *Plunger* diaktifkan dan dilakukan pengamatan, pembacaan dilakukan pada saat pegas kembali. Perhitungan kekuatan gel adalah sebagai berikut:

$$\text{Kekuatan gel (dyne/cm)} = \frac{F}{S} \times 980 \text{ dyne/cm}^2 \quad (2)$$

Keterangan:

F : Tinggi Kurva (*curd tension meter*)

S : Luas permukaan *sensing rod* (cm²)

Kadar Air

Pengujian kadar air mengacu pada metode SNI-01-2354.2-2006 (BSN, 2006b) yaitu pengukuran kadar air menggunakan metode oven. Prinsipnya adalah menguapkan molekul air bebas yang ada dalam sampel. Prosedur analisis kadar air dimulai dari oven dikondisikan pada suhu yang akan digunakan hingga mencapai kondisi stabil. Cawan kosong dimasukkan ke dalam oven minimal 2 jam. Cawan kosong dipindahkan ke dalam desikator sekitar 30 menit sampai mencapai suhu ruang dan menimbang bobot kosong (A) g. Sampel yang telah dihaluskan sebanyak ±2 g ditimbang ke dalam cawan (B) g. Cawan yang telah diisi dengan sampel dimasukkan ke dalam oven vakum pada suhu 95 °C– 100 °C dengan tekanan udara tidak lebih dari 100 mmHg selama 5 jam atau dimasukkan ke dalam oven tidak vakum pada suhu 105 °C selama 16 jam-24 jam. Cawan dipindahkan dengan menggunakan alat penjepit ke dalam desikator selama 30 menit, kemudian

ditimbang (C) g. Pengujian ini dilakukan *duplo* (dua kali). Perhitungan kadar air dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\text{Kadar air (\%)} = \{(B - (C - A)) : (C - A)\} \times 100 \quad (3)$$

Keterangan :

A = Berat Cawan Kosong

B = Berat Cawan + Sampel Basah

C = Berat Cawan + Sampel Kering

Kadar Abu

Pengujian kadar abu mengacu pada SNI 2354.1:2006 (BSN, 2006a), yaitu cawan yang akan digunakan disterilkan dengan menggunakan oven terlebih dahulu selama 30 menit pada suhu $100 \pm 5^\circ\text{C}$, kemudian didinginkan dalam desikator untuk menghilangkan uap air selama 30 menit dan menimbang untuk menentukan berat cawan kosong. Sampel ditimbang sebanyak 5 gram dalam cawan masukan kedalam oven dengan suhu 110°C selama 24 jam, kemudian pindahkan ke dalam tanur dengan suhu $550 \pm 5^\circ\text{C}$ selama 8 jam sampai berubah menjadi abu berwarna putih dan timbang diperoleh bobot tetap, pindahkan cawan ke dalam desikator sehingga suhunya sama dengan suhu ruang sehingga mendapatkan berat tetap. Kadar abu dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{B - AW}{\text{Berat contoh}} \times 100 \quad (4)$$

Keterangan :

W = bobot sampel sebelum diabukan, dalam gram

A = bobot sampel + cawan sesudah diabukan, dalam gram

B = bobot cawan kosong, dalam gram

Warna (Derajat Putih)

Pengujian warna mengacu pada Kaemba *et al.* (2017), yaitu menggunakan alat HunterLab ColorFlex EZ spectrophotometer. Sampel diletakan pada *beaker glass* ± 50 g. Uji warna karaginan dilakukan dengan sistem warna Hunter L* (warna putih), a* (warna merah), b* (warna kuning). Hasil analisis yang dihasilkan berupa nilai L* (*lightness*), a* (*redness*), dan b* (*yellowness*). Nilai derajat putih atau *whiteness* dihitung dengan rumus dalam penelitian Mawarni & Widjanarko (2015):

$$\text{Derajat putih atau whiteness (\%)} = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{0,5} \quad (5)$$

Kadar Sulfat

Pengujian kadar sulfat mengacu pada metode Rahmasari (2008). Tepung karaginan sebanyak 1 g dimasukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian ditambahkan 50 mL HCl 0,2 N. Erlenmeyer tersebut dipasang pada penangas tegak dan dipanaskan sampai mendidih, kemudian direfluks selama 1 jam. Setelah itu, larutan ditambahkan dengan 20 mL larutan H_2O_2 10% dan refluks dilanjutkan selama 2 jam sampai larutan benar-benar jernih. Larutan kemudian dipindahkan ke dalam gelas piala 600 ml, dipanaskan sampai mendidih sambil terus diaduk. 10 mL BaCl_2 10% ditambahkan ke dalam larutan kemudian endapan yang terbentuk, disaring dengan menggunakan kertas Whatman 41, lalu dicuci dengan aquades mendidih. Kertas saring dikeringkan dalam oven, kemudian diabukan pada suhu 600°C selama 6 jam dalam tanur. Abu yang diperoleh didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Prinsip dari pengukuran kadar sulfat adalah ion sulfat yang

bereaksi dengan barium klorida dalam suasana asam akan membentuk suspensi barium sulfat, dengan reaksi:



$$\text{Kadar sulfat (\%)} = \frac{\text{Berat endapan BaSO}_4 \text{ (g)} \times \text{berat kertas saring}}{\text{Berat sampel}} \times 100 \quad (6)$$

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 (empat) perlakuan umur panen yaitu (P1) 30; (P2) 40; (P3) 50; dan (P4) 60 hari dengan 3 (tiga) ulangan. Data yang diperoleh dari hasil penelitian ini berupa rendemen, kadar air, kadar abu, kadar sulfat, kekuatan gel, viskositas, dan warna (derajat putih) dianalisis menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) untuk mengetahui pengaruh perlakuan dengan uji lanjut menggunakan *Duncan Multiple Range* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen

Rendemen merupakan parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas dan mutu terhadap proses pengolahan rumput laut menjadi karaginan (Saputra *et al.*, 2021). Berdasarkan uji ANOVA, perlakuan umur panen yang berbeda berpengaruh nyata terhadap rendemen karaginan, sehingga dilanjutkan uji DMRT, yang menunjukkan perlakuan P4 berbeda nyata terhadap P1 dan P2, namun tidak berbeda nyata dengan P3. Rendemen karaginan *K.alvarezii* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rendemen karaginan *K. alvarezii* pada umur panen berbeda

Perlakuan	Rendemen (%)	Standar Mutu (FAO)
P1	39,17 ± 1,44 ^b	>25%
P2	40,00 ± 2,50 ^b	
P3	41,67 ± 1,44 ^{ab}	
P4	44,17 ± 1,44 ^a	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT. P1 (umur panen 30 hari), P2 (umur panen 40 hari), P3 (umur panen 50 hari), P4 (umur panen 60 hari).

Rendemen yang diperoleh dari penelitian ini berkisar antara 39,17-44,17%. Semakin lama umur panen *K. alvarezii*, maka semakin tinggi rendemen karaginan yang diperoleh. Pada penelitian ini, umur panen 40 hari memperoleh rendemen sebesar 40,00%, lebih rendah dari umur panen yang lebih lama P3 (41,67%) dan P4 (44,17%) tetapi lebih tinggi dari P1 (39,17). Lama budidaya 40 hari (P2) merupakan umur panen rumput laut yang umum dilakukan oleh pembudidaya di perairan Amal Kota Tarakan dan pembudidaya lainnya di Indonesia. Tinggi rendahnya nilai rendemen karaginan dipengaruhi oleh umur panen rumput laut, dimana senyawa polisakarida yang terkandung di dalamnya berbeda di setiap umur panennya (Asikin & Kusumaningrum, 2019; Bunga *et al.*, 2013; Harun *et al.*, 2013). Umur panen rumput laut 60 hari diduga masih memiliki kandungan selulosa yang tinggi, sehingga saat ekstraksi masih banyak bagian yang larut dan mempengaruhi jumlah rendemen, sehingga semakin lama umur panen, maka kandungan polisakarida dan karaginan akan semakin tinggi (Marasabessy & Marasabessy, 2014; Masthora &

Abdiani, 2016; Syamsuar *et al.*, 2006). Rendemen dalam produksi karagenan sangat dipengaruhi oleh komposisi kimianya, terutama oleh pembentukan 3,6-anhidrogalaktosa (3,6-AG), yang merupakan komponen struktural utama yang menentukan kekuatan gel dari karagenan. Semakin tinggi kandungan 3,6-anhidrogalaktosa, biasanya semakin baik kualitas dan kekuatan gel dari karagenan, yang berimplikasi positif pada rendemen atau hasil akhir produk (Fateha *et al.*, 2021).

Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu sifat yang penting pada suatu bahan pangan. Hal ini disebabkan karena kelembaban dalam suatu bahan dapat mempengaruhi penampakan dan tekstur (Diharmi *et al.*, 2020). Kadar air karaginan *K. alvarezii* pada berbagai umur panen hasil penelitian ini berkisar 10,62 – 15,12%. Kadar air karaginan *K.alvarezii* dengan umur panen yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kadar air karaginan *K. alvarezii* pada umur panen berbeda

Perlakuan	Kadar Air (%)	(FAO)	Standar Mutu (FCC)	(EEC)
P1	15,12 ± 0,18 ^a			
P2	12,20 ± 1,29 ^b			
P3	13,02 ± 0,14 ^b	≤ 12%	≤ 12%	≤12%
P4	10,62 ± 0,21 ^c			

Keterangan: Angka yang diikuti oleh superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT. P1 (umur panen 30 hari), P2 (umur panen 40 hari), P3 (umur panen 50 hari), P4 (umur panen 60 hari).

Berdasarkan hasil uji ANOVA, perbedaan umur panen *K. alvarezii* berpengaruh nyata terhadap kadar air karaginan, sehingga dilanjutkan uji DMRT, yang menunjukkan perlakuan P2 tidak berbeda nyata dengan P3, namun berbeda nyata dengan P1 dan P4. P1 mempunyai kadar air tertinggi 15,12% dan terendah pada P4 10,62%. Semakin tua umur panen rumput laut, maka semakin rendah kadar air karaginan yang dihasilkan. 3,6-anhidrogalaktosa terbentuk selama proses konversi galaktosa dalam struktur karagenan melalui reaksi dehidrasi. Struktur 3,6-AG ini berperan dalam mengatur kekuatan dan elastisitas gel, yang mempengaruhi daya tahan karagenan terhadap pemotongan dan deformasi (Hung & Thi Huong, 2020). Dengan demikian, parameter produksi yang meningkatkan pembentukan 3,6-anhidrogalaktosa juga dapat meningkatkan rendemen karagenan, karena lebih banyak bahan karbohidrat yang diubah menjadi struktur gel yang aktif dan stabil (Darmawan *et al.*, 2019). Hal ini disebabkan rumput laut dengan umur panen semakin tua, maka kandungan air bebasnya akan lebih banyak, sehingga ketika proses penguapan (penjemuran) akan lebih besar dan kandungan airnya akan semakin sedikit (Bunga *et al.*, 2013; Sukri, 2006). Selain itu, umur panen yang lebih tua cenderung menghasilkan kadar polisakarida yang lebih tinggi (termasuk 3,6-anhidrogalaktosa) dalam karaginan. Hal ini disebabkan oleh proses metabolisme dan akumulasi senyawa di dalam rumput laut yang berlangsung seiring lamanya pertumbuhan (Saputra *et al.*, 2021; Wilda Purnama Sari *et al.*, 2024). Berdasarkan Masthora & Abdiani (2016), kadar air yang tinggi dapat menyebabkan menurunnya kualitas karaginan yang dihasilkan. Kadar air karaginan *K. alvarezii* dengan umur panen 60 hari, memenuhi standar mutu FAO ($\leq 12\%$). Kadar air pada karaginan adalah komponen penting karena air dapat menjadi pemicu aktivitas mikrobiologi yang dapat mempengaruhi umur simpan karaginan tersebut (Saputra *et al.*, 2021).

Kadar Abu

Menurut Bunga *et al.* (2013), kandungan abu menunjukkan besarnya kandungan mineral pada karaginan yang tidak terbakar selama proses pengabuan. Kadar abu karaginan *K. alvarezii* pada umur panen yang berbeda diperoleh berkisar 47,87 – 50,75% (Tabel 3). Perlakuan P1 dan P2 menghasilkan nilai kadar abu tertinggi yaitu berturut-turut 50,75% dan 50,59% dan perlakuan P3 dan P4 mengandung kadar abu lebih rendah 47,96% dan 47,87%.

Tabel 3. Kadar abu karaginan *K.alvarezii* pada umur panen berbeda

Perlakuan	Kadar Abu (%)	FAO	Standar Mutu FCC	EEC
P1	50,75 ± 0,96 ^a	15-40%	≤ 35%	15-40%
P2	50,59 ± 0,86 ^a			
P3	47,96 ± 0,06 ^b			
P4	47,87 ± 0,27 ^b			

Keterangan: Angka yang diikuti oleh superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasar uji DMRT. P1 (umur panen 30 hari), P2 (umur panen 40 hari), P3 (umur panen 50 hari), P4 (umur panen 60 hari).

Perbedaan kadar abu pada rumput laut dengan umur panen yang berbeda dapat disebabkan oleh adanya variasi dalam proses akumulasi mineral selama fase pertumbuhan (Diharmi *et al.*, 2020). Semakin lama umur panen, semakin banyak mineral yang terakumulasi dalam jaringan rumput laut, yang berkontribusi pada peningkatan kadar abu. Mineral seperti kalsium, magnesium, kalium, dan natrium terakumulasi melalui proses osmosis dari lingkungan perairan, sehingga konsentrasi mineral dan kadar abu biasanya meningkat seiring bertambahnya waktu panen (Circuncisão *et al.*, 2018). Diperkuat oleh Setyorini & Puspitasari (2021) bahwa faktor lingkungan seperti salinitas, suhu, dan nutrisi juga mempengaruhi kadar abu pada umur panen berbeda, karena faktor ini dapat mengubah komposisi dan penyerapan mineral oleh rumput laut.

Menurut Firdaus *et al.* (2021), *K. alvarezii* merupakan rumput laut penghasil karaginan yang mengandung mineral yang cukup tinggi, hal ini disebabkan kemampuannya dalam menyerap garam mineral dari lingkungannya. Perairan dengan salinitas yang tinggi menyebabkan rumput laut mengandung beberapa mineral makro (Na, Ca, K, Cl, Mg, P, S) dan mikro (I, Mn, Cu, Fe) (Kumayanjati & Dwimayasanti, 2018; Wenno *et al.*, 2012). Seiring bertambahnya umur panen, *K.alvarezii* menyerap lebih banyak mineral dari lingkungan sekitarnya (Harun *et al.*, 2013; Hasan *et al.*, 2018; Wilda Purnama Sari *et al.*, 2024). Kadar abu, merupakan salah satu indikator dari kandungan mineral yang cenderung meningkat seiring dengan masa pertumbuhan. Semakin lama rumput laut berada di perairan, maka semakin banyak mineral yang diserap, sehingga semakin lama umur panen, maka kadar abu yang dimiliki semakin tinggi. Selain itu, pada umur panen yang lebih muda, rumput laut cenderung memiliki kandungan air yang lebih tinggi dan lebih sedikit akumulasi mineral. Kadar abu karaginan *K. alvarezii* pada penelitian ini belum sesuai standar FAO, FCC dan EEC (> 40%). Hasil penelitian ini lebih tinggi dari hasil penelitian Irawan (2021) yang memperoleh kadar abu karagenan sekitar 32,49-33,80% yang diekstraksi dari rumput laut *Kappaphycus alvarezii*.

Kadar Sulfat

Kadar sulfat merupakan parameter yang digunakan untuk berbagai jenis polisakarida pada alga merah (Wenno *et al.*, 2012). Hasil uji kadar sulfat pada karaginan rumput laut *K. alvarezii* berkisar

antara 50,28% – 57,72%. Nilai kadar sulfat tertinggi terdapat pada umur panen 60 hari (P4), yaitu 57,72% dan terendah pada umur panen 30 hari (P1) yaitu 50,28%. Kadar sulfat karaginan *K. alvarezii* dengan umur panen yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kadar sulfat karaginan *K.alvarezii* pada umur panen berbeda

Perlakuan	Kadar Abu (%)	FAO	Standar Mutu FCC	EEC
P1	50,28 ± 0,02 ^d			
P2	53,89 ± 0,01 ^c			
P3	55,75 ± 0,13 ^b	15-40%	18-40%	15-40%
P4	57,72 ± 0,22 ^a			

Keterangan : Angka yang diikuti oleh superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT. P1 (umur panen 30 hari), P2 (umur panen 40 hari), P3 (umur panen 50 hari), P4 (umur panen 60 hari).

Hasil uji ANOVA menunjukkan perbedaan umur panen *K. alvarezii* berpengaruh nyata terhadap kadar sulfat karaginan yang dihasilkan, sehingga dilakukan uji lanjut DMRT, yang menunjukkan perbedaan yang nyata dari tiap perlakuan yang diberikan. Semakin lama umur panen *K. alvarezii*, maka semakin meningkat kadar sulfat karaginan. Hermanto (2021) menyatakan, kadar sulfat yang terkandung pada karaginan menggambarkan kualitas karaginan dalam membentuk gel. Semakin tinggi kandungan sulfat, maka semakin rendah daya gelasnya. Kadar sulfat pada penelitian ini tidak memenuhi standar FAO yaitu berkisar 15-40%. Tingginya kandungan sulfat pada karaginan diduga disebabkan oleh kandungan mineral di lingkungan perairannya, sedangkan rendahnya kandungan sulfat dapat menyebabkan kekentalan (viskositas) karaginan menjadi menurun (Firdaus *et al.*, 2021).

Keberadaan dan tingginya kadar sulfat karaginan diduga terjadinya penempelan mineral pada bagian getah patahan talus. Dimana mineral tersebut merupakan substrat pertumbuhan biota perairan termasuk rumput laut. Saat talus rumput laut patah, luas permukaan talus akan semakin luas untuk berinteraksi dengan mineral tersebut. Getah talus yang patah diduga dapat juga tertempel mineral yang terlarut di dalam perairan, sehingga meningkatkan kadar sulfat pada rumput laut. Dugaan terjadinya patah talus selama periode budidaya sangat memungkinkan karena dapat disebabkan oleh arus dan gelombang yang kuat di lokasi budidaya yang berhadapan dengan laut lepas (Firdaus *et al.*, 2023).

Pada fase awal, mu-karagenan mendominasi dalam rumput laut. Seiring bertambahnya umur panen, enzim alami dan faktor lingkungan mendorong konversi mu-karagenan menjadi kappa-karagenan (Noor *et al.*, 2021). Hal ini meningkatkan densitas struktur gel yang dibentuk oleh kappa-karagenan, sehingga menghasilkan rendemen karagenan yang lebih tinggi (Tarman *et al.*, 2020). Faktor lingkungan seperti salinitas dan suhu perairan juga dapat mempengaruhi proses ini, tetapi umur panen memainkan peran utama dalam peningkatan kadar kappa-karagenan (Manuhara *et al.*, 2016). Umur panen dan jumlah rendemen karagenan yang dihasilkan berkaitan erat dengan transformasi struktur kimia karagenan dalam rumput laut seiring waktu (Dhewang *et al.*, 2023).

Pada umur panen yang lebih lama, kandungan mu-karagenan (prekursor) dalam *Kappaphycus alvarezii* atau *Eucheuma cottonii* berangsur-angsur diubah menjadi kappa-karagenan melalui proses pembentukan ikatan 3,6-anhidroglaktosa (Diharmi *et al.*, 2020). Proses ini meningkatkan

struktur gel pada kappa-karagenan yang lebih stabil dan menghasilkan rendemen karagenan yang lebih tinggi dibandingkan pada umur panen lebih muda (Noor *et al.*, 2021).

Kekuatan Gel

Kekuatan gel merupakan parameter utama dan salah satu sifat fisik yang penting dari karaginan. Parameter ini menunjukkan kemampuannya untuk membentuk gel, dimana mampu mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol ke gel yang bersifat *reversible*. Kemampuan tersebut yang menyebabkan karaginan dapat diaplikasikan secara luas (Firdaus *et al.*, 2021; Wenno *et al.*, 2012). Nilai kekuatan gel tertinggi dan terendah berturut-turut pada umur panen 60 hari (500,29 g/cm²) dan 40 hari (405,45 g/cm²). Kekuatan gel karaginan *K. alvarezii* dengan berbagai umur panen pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Kekuatan gel karaginan *K. alvarezii* pada umur panen berbeda

Perlakuan	Kekuatan Gel (g/cm ²)	Standar Mutu (FAO, 1992)
P1	416,81 ± 11,15 ^b	>500 g/cm ²
P2	405,45 ± 1,28 ^b	
P3	440,33 ± 53,61 ^b	
P4	500,29 ± 0,00 ^a	

Keterangan: Angka yang diikuti oleh superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT. P1 (umur panen 30 hari), P2 (umur panen 40 hari), P3 (umur panen 50 hari), P4 (umur panen 60 hari).

Berdasarkan uji ANOVA, perbedaan umur panen *K. alvarezii* memberikan pengaruh yang nyata terhadap kekuatan gel karaginan yang dihasilkan, sehingga dilanjutkan uji DMRT, yang mana perlakuan perbedaan umur panen P4 memberikan perbedaan yang nyata terhadap P1, P2, dan P3. Namun, tidak memberikan perbedaan yang nyata terhadap P3, P2, dan P1. Semakin lama umur panen, maka semakin meningkat nilai kekuatan gel. Seperti yang dikemukakan oleh Harun, Harun *et al.* (2013) bahwa kekuatan gel suatu karaginan meningkat seiring bertambahnya umur panen dari rumput laut. Ditambahkan oleh Noor *et al.* (2021) bahwa lamanya usia panen dari rumput laut akan mempercepat terbentuknya gel, dikarenakan bertambahnya 3,6 anhidrogalaktosa yang akan mempercepat pembentukan pilinan rangkap- Karagenan ketika dilarutkan dalam air panas, akan membentuk solusi viskos. Pada suhu tinggi, rantai polisakarida karagenan terurai menjadi bentuk yang lebih mudah larut. Rantai karagenan ini akan membentuk struktur heliks (*helical*) ketika didinginkan. Proses ini disebut pemanasan denaturasi, di mana struktur sekunder karagenan mengalami perubahan bentuk, memungkinkan rantai untuk terdispersi secara merata dalam larutan. Saat larutan karagenan didinginkan, rantai-rantai karagenan mulai berinteraksi satu sama lain. Interaksi ini termasuk ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik yang menyebabkan rantai-rantai tersebut saling berikatan dan membentuk jaringan tiga dimensi (Cardoso & Sabadini, 2010; Şen & Erboz, 2010). Penelitian Tecante & Nez Santiago (2012) juga menunjukkan bahwa pada karagenan kappa, misalnya, ion kalsium dapat berfungsi sebagai pengikat, membentuk ikatan silang yang meningkatkan kekuatan gel. Gel yang terbentuk dari karagenan kappa memiliki kekuatan tinggi karena kemampuan rantai karagenan untuk membentuk ikatan silang yang kuat saat berinteraksi dengan ion. Tinggi rendahnya nilai dari kekuatan gel tidak hanya disebabkan oleh umur panen dan lama waktu ekstraksi, namun ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi nilai kekuatan gel seperti konsentrasi alkali dan suhu (Harun *et al.*, 2013; Hudi, 2017; Kumayanjati & Dwimayasanti, 2018; Supriyantini *et al.*, 2017).

Viskositas

Viskositas merupakan salah satu karakteristik fisik yang sangat penting pada karaginan. Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan karaginan sebagai larutan pada konsentrasi dan suhu tertentu (Diharmi *et al.*, 2020; Hermanto, 2021). Viskositas karaginan *K. alvarezii* pada berbagai umur panen dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Viskositas karaginan *K. alvarezii* pada umur panen berbeda

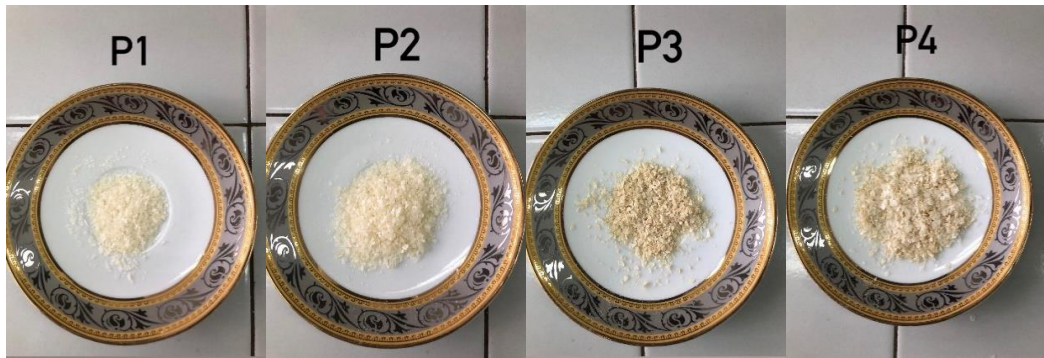
Perlakuan	Viskositas (cP)	Standar Mutu (FAO, 1992)
P1	50,00 ± 10,0	5-800 cP
P2	53,33 ± 5,77	
P3	46,67 ± 15,27	
P4	56,67 ± 5,77	

Keterangan: P1 (umur panen 30 hari), P2 (umur panen 40 hari), P3 (umur panen 50 hari), P4 (umur panen 60 hari).

Hasil uji ANOVA menunjukkan, perbedaan umur panen *K. alvarezii* tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap viskositas karaginan. Viskositas karaginan *K. alvarezii* pada penelitian ini memenuhi standar FAO (5-800 cP). Menurut Saputra *et al.* (2021), semakin rendah kadar air, maka semakin besar viskositas karaginan yang dihasilkan. Viskositas tidak selalu berkorelasi langsung dengan kekuatan gel, terutama pada karagenan, karena viskositas lebih dipengaruhi oleh panjang dan tingkat kekeruhan rantai molekul, bukan hanya kandungan sulfat atau ikatan struktural yang meningkatkan kekuatan gel. Seperti halnya 3,6-anhidrogalaktosa tidak selalu berkorelasi langsung dengan kekuatan gel, terutama pada karagenan, karena viskositas lebih dipengaruhi oleh panjang dan tingkat kekeruhan rantai molekul, bukan hanya kandungan sulfat atau ikatan struktural yang meningkatkan kekuatan gel (Geonzon *et al.*, 2020). Penelitian Şen & Erboz (2010) juga menunjukkan bahwa semakin rendah kandungan sulfat, maka nilai viskositasnya semakin rendah, tetapi kekuatan gel semakin meningkat. Keberadaan garam yang terlarut di dalam karaginan, mengurangi ikatan rantai polimer karaginan. Perubahan muatan ion menyebabkan adanya penurunan gaya tolak menolak antar gugus sulfat yang bermuatan negatif di sepanjang rantai polimernya, sehingga sifat hidrofilik karaginan menjadi lemah.

Warna (Derajat Putih)

Kadar sulfat berpengaruh langsung terhadap warna karagenan yang dihasilkan. Semakin tinggi kandungan sulfat, semakin intens warna yang cenderung kekuningan atau kecoklatan pada karagenan. Adanya gugus sulfat dapat bereaksi dengan senyawa-senyawa pengotor atau komponen minor lainnya selama proses ekstraksi, yang menghasilkan warna yang lebih gelap. Sulfat yang berlebih juga cenderung mengikat lebih banyak ion logam dari air laut atau media ekstraksi, yang bisa mempengaruhi warna akhir produk (Diharmi *et al.*, 2020; Noor *et al.*, 2021). Warna fisik karaginan yang dihasilkan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tepung karaginan *K. alvarezii* umur panen berbeda. P1 (umur panen 30 hari), P2 (umur panen 40 hari), P3 (umur panen 50 hari), P4 (umur panen 60 hari)

Derajat putih merupakan karakteristik secara umum dari warna karaginan. Derajat putih karaginan diharapkan dapat mendekati 100%. Karaginan dengan kualitas yang baik umumnya memiliki warna putih atau terang (Marasabessy & Marasabessy, 2014). Nilai warna dinyatakan dalam satuan warna L^* (putih-hitam), a^* (hijau-merah), b^* (biru-kuning) (Asikin *et al.*, 2024). Nilai warna karaginan *K. alvarezii* dengan umur panen yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Warna karaginan *K. alvarezii* pada umur panen berbeda

Perlakuan	Warna			
	L^*	a^*	b^*	Derajat Putih (%)
P1	$78,08 \pm 0,16^b$	$2,57 \pm 0,03^{bc}$	$18,41 \pm 0,34$	$71,26 \pm 0,16^a$
P2	$79,08 \pm 0,54^a$	$2,81 \pm 0,05^a$	$18,65 \pm 0,19$	$71,83 \pm 0,49^a$
P3	$77,03 \pm 0,31^c$	$2,50 \pm 0,13^c$	$18,88 \pm 0,08$	$70,16 \pm 0,20^b$
P4	$76,99 \pm 0,78^c$	$2,75 \pm 0,18^{ab}$	$18,94 \pm 0,68$	$70,07 \pm 0,79^b$

Keterangan: Angka yang diikuti oleh superskrip huruf yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan berbeda nyata ($p < 0,05$) berdasarkan uji DMRT. P1 (umur panen 30 hari), P2 (umur panen 40 hari), P3 (umur panen 50 hari), P4 (umur panen 60 hari).

Berdasarkan hasil uji ANOVA, perbedaan umur panen *K.alvarezii* berpengaruh nyata terhadap nilai kecerahan (L^*) dan derajat putih. Hasil uji DMRT menunjukkan terdapat perbedaan yang nyata dari tiap perlakuan yang diberikan terhadap nilai L^* , namun pada nilai derajat putih, umur panen 30 hari (P1) dan 40 hari (P2), tidak menunjukkan adanya perbedaan yg nyata, sedangkan menunjukkan perbedaan yang nyata dengan P3 dan P4. Nilai kecerahan (L^*) karaginan *K. alvarezii* terendah dan tertinggi berturut-turut yaitu 76,99 (P4) dan 79,08 (P2), sedangkan nilai derajat putih 70,07% (P4) dan 71,83% (P2).

Semakin lama umur panen, kecerahan karagenan dari terang (P1) berubah menjadi agak gelap (P4) dan cenderung menjadi warna cokelat. Hal ini sejalan dengan nilai derajat putih (Tabel 7) yang menunjukkan bahwa semakin lama umur panen *K. alvarezii*, maka derajat putih karaginan yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini diduga, dengan pertambahan umur panen akan meningkatkan kandungan selulosa, yang merupakan komponen yang dapat mempengaruhi warna karaginan. Kandungan selulosa pada karaginan dalam jumlah yang tinggi tidak diharapkan karena dapat menyebabkan warna karaginan menjadi keruh (Bixler & Jhondro, 2000). Kumayanjati & Dwimayasanti (2018) menambahkan, pada umumnya, *kappa-carrageenan* bubuk memiliki kenampakan putih atau kuning terang hingga kecokelatan. Warna kecokelatan pada karaginan dapat disebabkan masih terdapat kandungan selulosa dan pigmen alami rumput laut.

Selulosa merupakan serat panjang yang bersamaan dengan hemiselulosa, pektin, dan protein membentuk struktur jaringan untuk memperkuat dinding sel.

Hasil uji ANOVA (Tabel 7), perbedaan umur panen *K. alvarezii* memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai a^* , namun tidak berpengaruh nyata pada nilai b^* . Hasil uji lanjut DMRT menunjukkan, umur panen 40 hari (P2) berbeda nyata dengan P1 dan P3, namun tidak berbeda nyata dengan P4, sedangkan P1 tidak berbeda nyata dengan P3 dan P4, namun berbeda nyata dengan P2, P3 berbeda nyata dengan P2 dan P4, namun tidak berbeda nyata dengan P1 terhadap nilai a^* karaginan. Lumbessy *et al.* (2018), alga merah memiliki komposisi pigmen yang terdiri dari klorofil *a*, klorofil *d*, dan fikobiliprotein (R-fikosianin, allofikosianin, dan fikoeritrin). Fikoeritrin merupakan pigmen yang dominan terdapat pada alga merah dibandingkan pigmen lainnya. Pigmen fikoeritrin dapat menutupi pigmen wijau yang berasal dari klorofil dan pigmen biru yang berasal dari fikosianin, sehingga menyebabkan warna merah pada kelompok rumput laut merah seperti *K. alvarezii*.

SIMPULAN

Karaginan *K. alvarezii* dengan umur panen yang berbeda memiliki karakteristik fisikokimia, meliputi rendemen (39,17 - 44,17%), kadar air (10,62 - 15,12%), abu (47,87 - 50,75%), sulfat (50,28 - 57,72%), kekuatan gel (405,45 - 500,29 g/cm²), viskositas (46,67 - 56,67cP), warna L^* (76,99 - 79,08%), a^* (2,50 - 2,75%), b^* (18,41 - 18,94%), dan derajat putih (70,07 - 71,83%). Rendemen karagenan pada semua perlakuan memenuhi standar FAO, kadar air hanya perlakuan P4 yang memenuhi standar FAO, FCC, ECC. Kadar abu karagenan semua perlakuan tidak memenuhi standar FAO, FCC, ECC, kadar sulfat karagenan semua perlakuan tidak memenuhi standar FAO, kekuatan gel karagenan pada perlakuan P4 memenuhi standar FAO, viskositas karagenan semua perlakuan memenuhi standar FAO. Warna karagenan, L^* (76,99 - 79,08%), a^* (2,50 - 2,75%), b^* (18,41 - 18,94%), dan derajat putih (70,07 - 71,83%). Umur panen *K. alvarezii* 60 hari menghasilkan karaginan terbaik sesuai standar mutu pada parameter rendemen dengan nilai 44,17%, viskositas 56,67% kadar air 10,62%, dan kekuatan gel sebesar 500,29g/cm².

DAFTAR PUSTAKA

- Arltoft, D., Madsen, F., & Ipsen, R. (2007). Screening of probes for specific localisation of polysaccharides. *Food Hydrocolloids*, 21(7), 1062–1071. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.07.020>
- Asikin, A. N., Diachanty, S., & Rusdin, I. (2024). Karakteristik fisikokimia kerupuk produk UKM Kabupaten Kutai Kartanegara. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(5), 362–376. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i5.50429>
- Asikin, A. N., & Kusumaningrum, I. (2019). Physicochemical Characteristics of Carrageenan Based on Different Harvesting Times From Bontang Coastal, East Kalimantan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 22(1), 136. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v22i1.25890>
- Asikin, A. N., Kusumaningrum, I., & Sutono, D. (2015). Ekstraksi dan Karakteristik Sifat Fungsional Karaginan Kappaphycus alvarezii Asal Pesisir Kabupaten Kutai Timur. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1). <https://doi.org/10.29244/jitkt.v7i1.9772>
- Bixler, H., & Jhondro, K. (2000). Philippine Natural Grade or Semi Refined Carrageenan. In G. Philips & P. Williams (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids* (pp. 425–441). Wood Head Publishing.
- BPS. (2022). Kota Tarakan dalam Angka. <https://www.bps.go.id/id>

- BSN. (2006a). *Cara Uji Kimia-Bagian 1 : Penentuan Kadar Abu pada Produk Perikanan SNI 01-2354.1-2006*.
- BSN. (2006b). *Cara Uji Kimia-Bagian 2: Penentuan Kadar Air pada Produk Perikanan. SNI 01-2354.2-2006*.
- Bunga, S. M., Montolalu, R. I., Harikedua, J., Montolalu, L. A., Watung, A. H., & Taher, N. (2013). Karakteristik Sifat Fisika Kimia Karaginan Rumput Laut Kappaphycus alvarezii pada Berbagai Umur Panen yang Diambil dari Daerah Perairan Desa Arakan Kabupaten Minahasa Selatan. *MEDIA TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN*, 1(2). <https://doi.org/10.35800/mthp.1.2.2013.767>
- Cardoso, M. V. C., & Sabadini, E. (2010). The gelling of κ -carrageenan in light and heavy water. *Carbohydrate Research*, 345(16), 2368–2373. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2010.08.015>
- Circuncisão, A. R., Catarino, M. D., Cardoso, S. M., & Silva, A. M. S. (2018). Minerals from Macroalgae Origin: Health Benefits and Risks for Consumers. *Marine Drugs*, 16(11), 400. <https://doi.org/10.3390/md16110400>
- Darmawan, D., Sulmartiwi, L., & Abdillah, A. A. (2019). The effect of kappa-carrageenan fortification on the physicochemical and organoleptic properties of milkfish galantin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 236, 012116. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/236/1/012116>
- Desiana, E., & Hendrawati, T. Y. (2015). Pembuatan Karagenan dari Eucheuma cottonii dengan Ekstraksi KOH menggunakan Variabel Waktu Ekstraksi. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi*, 1–7.
- Dhewang, I. B., Yudiati, E., Subagiyo, S., & Alghazeer, R. (2023). Supplementation of Carrageenan (Kappaphycus alvarezii) for Shrimp Diet to Improve Immune Response and Gene Expression of White Shrimp (Litopenaeus vannamei). *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 28(2), 161–172.
- Diharmi, A., Rusnawati, & Irasari, N. (2020). Characteristic of carrageenan Eucheuma cottonii collected from the coast of Tanjung Medang Village and Jaga Island, Riau. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 404(1), 012049. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/404/1/012049>
- Distantina, S., Fadilah, F., Rochmadi, R., Fahrurrozi, Moh., & Wiratni, W. (2010). Proses Ekstraksi Karagenan dari Eucheuma cottonii. *Seminar Rekayasa Kimia Dan Proses*, 1–6.
- Fateha, Ulya, N., Asmanah, & Agusman. (2021). Comparison of Gel Preparation Methods on Gel Strength Measurement of Carrageenan. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 715(1), 012055. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/715/1/012055>
- Firdaus, M., Nurdiani, R., Awaludin Prihanto, A., Puji Lestari, E., Suyono, & Amam, F. (2021). Carrageenan characteristics of Kappaphycus alvarezii from various harvest ages. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 860(1), 012067. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/860/1/012067>
- Firdaus, M., Setijawati, D., Lestari, E. P., Suyono, S., & Amam, F. (2023). Keutuhan Talus Kappaphycus alvarezii saat Panen Memengaruhi Karakteristik Karaginan. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 18(1), 33. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v18i1.910>
- FMC, C. (1977). *Carrageenan Marine Colloid Monograph Number One*.
- Geonzon, L. C., Zhuang, X., Santoya, A. M., Bacabac, R. G., Xie, J., & Matsukawa, S. (2020). Gelation mechanism and network structure of mixed kappa carrageenan/lambda carrageenan gels studied by macroscopic and microscopic observation methods. *Food Hydrocolloids*, 105, 105759. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.105759>

- H., D. M., Purwanti, T., & Soeratri, W. (2005). Korelasi Kadar Propilenglikol dalam Basis dan Pelepasan Dietilammonium Diklofenak dari Basis Gel Carbopol ETD 2020. *Majalah Farmasi Airlangga (Airlangga Journal of Pharmacy)*, 5(1), 1.
- Harun, M., Montolalu, R. I., & Suwetja, I. K. (2013). Karakteristik Fisika Kimia Karaginan Rumput Laut Jenis *Kappaphycus alvarezii* Pada Umur Panen Yang Berbeda di Perairan Desa Tihengo Kabupaten Gorontalo Utara. *MEDIA TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN*, 1(1). <https://doi.org/10.35800/mthp.1.1.2013.4139>
- Hasan, B., Firman, F., K., H. N., & H., A. R. (2018). Ekstraksi Karaginan dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* dengan Bantuan Gelombang Ultrasonik. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Dan Pengabdian Kepada Masyarakat (SNP2M)*, 126–131.
- Hermanto, K. P. (2021). Pengaruh Perbedaan Konsentrasi Larutan Alkali $\text{Ca}(\text{OH})_2$ terhadap Mutu Tepung Karagenan yang Dihasilkan *Eucheuma cottonii*. *Jurnal Akuatek*, 2(1), 51–57.
- Hudi, L. (2017). Karakteristik Karagenan dari Berbagai Jenis Rumput Laut yang Diproses dengan Berbagai Bahan Ekstraksi. *Jurnal Rekapangan*, 11(1), 36–42.
- Hung, L. D., & Thi Huong, D. (2020). Characterization of kappa-carageenan from the red alga *Kappaphycus striatum*. *Vietnam Journal of Biotechnology*, 18(2), 321–329. <https://doi.org/10.15625/1811-4989/18/2/15196>
- Irawan, I. (2021). Karakteristik Karaginan *Kappaphycus alvarezii* yang Berasal dari Lokasi yang Berbeda. *Berkala Perikanan Terubuk*, 49(2), 902–908.
- Kaemba, A., Suryanto, E., & Mamujaja, C. (2017). Aktivitas Antioksidan Beras Analog dari Sagu Baruk (*Arenga microcarpha*) dan Ubi Jalar Ungu (*Ipomea batatas* L. Poiré). *CHEMISTRY PROGRESS*, 10(2), 62–68.
- KKP. (2022). *Pusat Data Statistik dan Informasi Kementerian Kelautan dan Perikanan*.
- Kumayanjati, B., & Dwimayasanti, R. (2018). Kualitas Karaginan dari Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* pada Lokasi Berbeda di Perairan Maluku Tenggara. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 13(1), 21. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v13i1.490>
- Lumbessy, S. Y., Andayani, S., Nursyam, H., & Firdaus, M. (2018). Concentration of Liquid Pes Media on the Growth and Photosynthetic Pigments of Seaweeds *Cottonii* Propagule (*Kappaphycus alvarezii* Doty) through Tissue Culture. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*, 75(3), 133–144. <https://doi.org/10.18551/rjoas.2018-03.15>
- Lumbessy, S. Y., Setyowati, D. N., Mukhlis, A., Lestari, D. P., & Azhar, F. (2020). Komposisi Nutrisi dan Kandungan Pigmen Fotosintesis Tiga Spesies Alga Merah (*Rhodophyta* sp.) Hasil Budidaya. *Journal of Marine Research*, 9(4), 431–438. <https://doi.org/10.14710/jmr.v9i4.28688>
- Manuhara, G. J., Praseptianga, D., Muhammad, D. R. A., & Maimuni, B. H. (2016). Preparation and characterization of semi-refined kappa carrageenan-based edible film for nano coating application on minimally processed food. *AIP Conference Proceeding*, 030043. <https://doi.org/10.1063/1.4941509>
- Marasabessy, S. A., & Marasabessy, R. S. (2014). Pengaruh Umur Panen Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* terhadap Kualitas Semi Refined Carrageenan asal Kepulauan Kei. *Prosiding Seminar Nasional Penguatan Pembangunan Berbasis Riset Perguruan Tinggi (SNPP-RPT) I*, 221–227.
- Masthara, S., & Abdiani, I. M. (2016). Studi Kandungan Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus* sp. pada Umur Panen yang Berbeda. *Jurnal Harpodon Borneo*, 9(1), 78–85.
- Mawarni, R. T., & Widjanarko, S. B. (2015). Penggilingan Metode Ball Mill dengan Pemurnian Kimia terhadap Penurunan Oksalat Tepung Porang. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*, 3(2), 571–581.

- Noor, H. M., Alamsjah, M. A., & Andriyono, S. (2021). Characterization of semi-refined kappa-carrageenan from *Kappaphycus alvarezii* with different solvents in Tanjung Sumenep. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 679(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/679/1/012043>
- Ortiz, J., & Aguilera, J. M. (2004). Effect of Kappa-Carrageenan on the Gelation of Horse Mackerel (T. Murphy) Raw Paste Surimi-Type. *Food Science and Technology International*, 10(4), 223–232. <https://doi.org/10.1177/1082013204045884>
- Prasetyowati, J. C., & Agustawan, D. (2008). Pembuatan Tepung Karaginan dari Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengendapan. *Jurnal Teknik Kimia*, 2(15), 27–33.
- Rahmasari, V. (2008). *Pemanfaatan Air Abu Sabut Kelapa dalam Pembuatan Agar-agar Kertas dari Rumput Laut Gracilaria sp.* [Undergraduate Thesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Saputra, S. A., Yulian, M., & Nisah, K. (2021). Karakteristik dan Kualitas Mutu Karaginan Rumput Laut di Indonesia. *Lantanida Journal*, 9(1), 25. <https://doi.org/10.22373/lj.v9i1.9189>
- Şen, M., & Erboz, E. N. (2010). Determination of critical gelation conditions of κ -carrageenan by viscosimetric and FT-IR analyses. *Food Research International*, 43(5), 1361–1364. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.03.021>
- Setyorini, H. B., & Puspitasari, A. (2021). Fat, water and ash content in Chlorophyceae, Rhodophyceae and Phaeophyceae macroalgae at Sepanjang Beach, Yogyakarta, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 744(1), 012073. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/744/1/012073>
- Sukri, N. (2006). *Karakteristik Alkali Treated Cottonii (ATC) dan karaginan dari rumput laut Eucheuma cottonii pada umur panen yang berbeda* [Undergraduate Thesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Supriyantini, E., Santosa, G. W., & Dermawan, A. (2017). Kualitas Ekstrak Karaginan Dari Rumput Laut “*Kappaphycus alvarezii*” Hasil Budidaya Di Perairan Pantai Kartini Dan Pulau Kemojan Karimunjawa Kabupaten Jepara. *BULETIN OSEANOGRAFI MARINA*, 6(2), 88. <https://doi.org/10.14710/buloma.v6i2.16556>
- Syamsuar, S., Baskoro, M. S., & Santoso, J. (2006). *Karakteristik karaginan rumput laut Eucheuma cottonii pada berbagai umur panen, konsentrasi koh dan lama ekstraksi* [Master Thesis]. Institut Pertanian Bogor.
- Tarman, K., Sadi, U., Santoso, J., & Hardjito, L. (2020). Carrageenan and its Enzymatic Extraction. In *Encyclopedia of Marine Biotechnology* (pp. 147–159). John Wiley & Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119143802.ch7>
- Tecante, A., & Nez Santiago, M. del C. (2012). Solution Properties of κ -Carrageenan and Its Interaction with Other Polysaccharides in Aqueous Media. In *Rheology*. InTech. <https://doi.org/10.5772/36619>
- Wenno, M. R., Thenu, J. L., & Cristina Lopulalan, C. G. (2012). Karakteristik Kappa Karaginan dari *Kappaphycus alvarezii* Pada Berbagai Umur Panen. *Jurnal Pascapanen Dan Bioteknologi Kelautan Dan Perikanan*, 7(1), 61. <https://doi.org/10.15578/jpbkp.v7i1.69>
- Wilda Purnama Sari, Asnani, A., & Kasim, M. (2024). Ekstraksi dan Karakterisasi Karagenan *Kappaphycus Alvarezii* dari Perairan Teluk Dalam Pantai Wantopi yang Dipanen pada Umur yang Berbeda. *Jurnal Fish Protech*, 7(1), 33–42.
- Winarno, F. G. (1996). *Teknologi pengolahan rumput laut*. Pustaka Sinar Harapan.