

KARAKTERISTIK KARAGENAN DARI RUMPUT LAUT *E. Spinosum* DENGAN PERLAKUAN KONSENTRASI NaOH DAN LAMA WAKTU EKSTRAKSI YANG BERBEDA

*Characteristic of Carrageenan From Seaweed *E. Spinosum* With Different NaOH Concentration Treatments And Length of Extraction Time*

Krisman Umbu Henggu^{1*}, Nur Azizah Nasution², Yudianto Nggaba Hamba Banju¹

¹Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Kristen Wira Wacana Sumba, ²Fakultas Teknik Kelautan dan Perikanan. Universitas Nahdlatul Ulama Cirebon

Jl. R. Suprpto No.35, Prailiu. Kota Waingapu

*Korespondensi email : krisman@unkriswina.ac.id

(Received 11 Februari 2024; Accepted 29 Februari 2024)

ABSTRAK

Karaginan memiliki manfaat dibidang pangan, kosmetik hingga obat-obatan. Ekstraksi karaginan umumnya menggunakan bahan kimia sebagai katalis, misalnya kalium hidroksida (KOH). Namun, disisi lain terdapat senyawa alkali lainnya seperti natirum hidroksida (NaOH) yang berpotensi untuk dimanfaatkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui optimasi NaOH dalam ekstraksi karagenan. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok Faktorial yakni faktor A ialah konsentrasi NaOH : a_1 4%, a_2 6%, a_3 8% dan Faktor B yakni b_1 1 jam, b_2 2 jam, b_3 3 jam. Hasil penelitian menunjukkan karakteristik karagenan yang dihasilkan dari rumput laut *E. Spinosum* yakni rendemen berkisar antara 22,49%-37,58%, kadar air 09,33%-14,32% dan viskositas 38,23 cPs-51,33 cPs. Karakteristik karagenan tersebut ini secara umum telah memenuhi standar komersial karagenan. Perlakuan konsentrasi NaOH dan lama waktu ekstraksi memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen, kadar air dan viskositas karagenan yang dihasilkan.

Kata kunci : Ekstraksi, *E. Spinosum*, Karagenan, NaOH, Viskositas

ABSTRACT

*Carrageenan has benefits in the fields of food, cosmetics, and medicine. Carrageenan extraction generally uses chemicals as a catalyst, such as potassium hydroxide (KOH). However, there are other alkaline compounds that have the potential to be utilized, such as sodium hydroxide (NaOH). This research aims to determine the optimization of NaOH in carrageenan extraction. The research method used a factorial randomized block design, with factor A being NaOH concentration: a_1 4%, a_2 6%, a_3 8%, and factor B being extraction time: b_1 1 hour, b_2 2 hours, b_3 3 hours. The research results show the characteristics of carrageenan produced from *E. Spinosum* seaweed, such as the yield ranging from 22.49% to 37.58%, water content from 09.33% to 14.32%, and viscosity from 38.23 cPs to 51.33 cPs. The characteristics of this carrageenan generally meet the commercial standards for carrageenan. The treatment*

of NaOH concentration and extraction time had a significant effect on the yield, water content, and viscosity of the resulting carrageenan.

Key words: Carrageenan, *E.Spinosum*, Extraction, NaOH, Viscosity.

PENDAHULUAN

Rumput *E. spinosum* merupakan salah satu jenis rumput laut merah penghasil karagenan yang keberadaannya cukup melimpah dipesisir Indonesia. Saat ini diketahui jumlah rumput laut merah di pesisir diperkirakan mencapai 452 jenis dan sangat mendominasi dibandingkan rumput laut hijau dan cokelat (Anggadiredja, 2011). Berdasarkan strukturnya, karagenan merupakan polisakarida liner tersulfasi yang terdiri atas gugus galaktosa 3,6-anhidrogalaktosa yang secara berulang. Secara umum terdapat tiga jenis utama karagenan yakni *kappa* (κ), *iota* (ι), dan *lambda* (λ). Karagenan telah banyak diaplikasikan pada industri makanan sebagai pengental, pembentuk gel dan penstabil. Dalam industri makanan, kebutuhan karagenan dapat mencapai 10.355 ton/tahun atau setara UU\$300 juta/tahun (Zhang *et al.*, 2023). Selain itu, karagenan juga digunakan dalam industri farmasi dan kosmetik misalnya sebagai bahan penstabil pada pasta gigi, pengental pada *body lotion* dan *shampoo* (Imeson 2000), sebagai eksipien obat-obatan tablet maupun topikal (Bhardwaj *et al.*, 2000). Beberapa penelitian melaporkan bahwa karagenan berpotensi sebagai antitumor dan imunomodulator (Zhou *et al.*, 2004), antihiperlipidemik (Panlasigui *et al.*, 2003), antikoagulan (Caceres *et al.*, 2000), antivirus, menghambat replikasi virus herpes dan hepatitis A (Campo *et al.*, 2009).

Kandungan dan kualitas karagenan dari rumput laut dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti teknik budidaya (Hayashi *et al.*, 2007; Hurtodo *et al.*, 2008), musim panen (Hung *et al.*, 2008; Wakibia *et al.*, 2008); penanganan pasca panen (Hilliou *et al.*, 2011), kondisi kesehatan rumput laut selama budidaya (Mendoza *et al.*, 2002) dan teknik ekstraksi (Hilliou *et al.*, 2006). Karagenan yang berkualitas baik harus memiliki kekuatan gel dan kandungan 3,6-anhidro-*d*-galaktosa (3,6-AG) yang tinggi serta rendah kandungan sulfat. Ekstraksi karagenan umumnya secara kimia dengan menggunakan senyawa alkali sebagai katalis (Pereira & van de Velde, 2011). Perlakuan alkali dapat mengkonversi ikatan 1,4-*linked* α -D-*galacturonic acid* menjadi 3,6-*anhydrogalactose* dan berdampak terhadap tingginya kekuatan gel (Rees, 1972). Dalam pengolahan rumput laut secara industri, kalium hidroksida (KOH) merupakan salah satu bahan kimia yang sering digunakan sebagai pelarut alkali dalam ekstraksi karagenan. Hal ini karena kemampuan ion K^+ yang dapat memengaruhi sifat reologi, pembentukan gel, berat molekul hingga morfologi *kappa* (κ) karagenan (Al-Nahdi *et al.*, 2019). Namun, disisi lain masih terdapat beberapa senyawa kimia alkali seperti kalsium hidroksida (Ca(OH)) dan natrium hidroksida (NaOH) yang dapat dimanfaatkan sebagai salah katalis dalam ekstraksi karagenan. Oleh sebab itu, penelitian ini difokuskan pada penggunaan konsentrasi NaOH dan lama waktu ekstraksi yang berbeda terhadap karaktersitik dan mutu karagenan dari rumput laut *E. Spinosum*. Tujuan penelitian ini ialah memperoleh informasi dasar karakteristik karagenan yang dihasilkan dan menjadi salah satu acuan untuk mengembangkan metode ekstraksi karagenan dengan senyawa alkali alternatif.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan Januari 2023 bertempat di Laboratorium Terpadu FST. Universitas Kristen Wira Wacana Sumba. Lokasi pengambilan rumput laut *E.Spinosum* di perairan pesisir Hanggaroru, Desa Kaliuda Kecamatan Pahunga Lodu.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni *magnetic stirrer*, batang pengaduk, *blender*, cawan porselin, gelas ukur, gelas *beaker*, oven elektrik, termometer batang, timbangan analitik. Sedangkan bahan penelitian meliputi natrium hidroksida (NaOH) (Merk 99,9%), kapur tohor, akuades dan rumput laut *E. Spinosum*.

Prosedur Penelitian

Rumput laut *E. Spinosum* segar yang diperoleh dari masyarakat pembudidaya di Perairan Hanggaroru dicuci bersih lalu dikeringkan. Selanjutnya, dilakukan *pre treatment* menggunakan kapur tohor 5% dengan rasio sampel dan pelarut 1:5 (b/v) selama 24 jam (Firdaus *et al.*,2015). Rumput laut yang telah *bleaching* dicuci menggunakan air mengalir hingga pH netral dan dilanjutkan dengan ekstraksi karagenan. Tahap ekstraksi karagenan menggunakan perlakuan NaOH 5%, 6%, 8% dan lama waktu ekstraksi yakni 1 jam, 2 jam, 3 jam. Ekstraksi tersebut dilakukan dengan teknik hidrotermal pada suhu 70 °C selama 3 jam. Setelah melewati proses ekstraksi, rumput laut selanjutnya dicuci dengan akuades hingga pH mencapai netral (pH 6-8,5) dan diperoleh karagenin. Tahap akhir ialah pengeringan bantuan sinar matahari dan dilanjutkan dengan analisis rendemen, kadar air dan viskositas.



Gambar 1 Alur ekstraksi karagenan

Prosedur Analisis

Analisis Kadar Air (AOAC 2005)

Prosedur analisis kadar air diawali dengan mengeringkan cawan porselin selama 1 jam pada suhu 105°C menggunakan oven, hingga diperoleh berat konstan. Selanjutnya, 5 gr karagenan dimasukkan kedalam cawan porselin dan dipanaskan pada suhu 105°C selama 5 jam menggunakan oven. Sampel yang telah dipanaskan, dikeluarkan dari oven dan didinginkan pada desikator. Perhitungan analisis kadar air sebagai berikut :

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

Keterangan :

A : Berat porselin awal (gr)

B : Berat porselin berisikan sampel sebelum dipanaskan (gr)

C : Berat porselin berisikan sampel setelah dipanaskan (gr)

Analisis Rendemen (Henggu, 2021)

Rendemen merupakan hasil efisiensi proses ekstraksi yang diperoleh. Perhitungan rendemen dilakukan dengan membandingkan berat akhir karagenan dengan berat awal rumput laut sebelum diekstraksi. Model perhitungan rendemen yakni sebagai berikut :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat karagenan (gr)}}{\text{Berat awal rumput laut (gr)}} \times 100$$

Analisis Viskositas (Kartika *et al.*, 2023)

Viskositas karagenan diukur menggunakan viscometer bola jatuh (*Gilmont*). Tabung viskometer dicuci menggunakan akuades dan dikeringkan. Hidrogel disiapkan dengan melarutkan karagenan menggunakan akuades dengan rasio karagenan:pelarut 1:5 (b/v), kemudian dipanaskan pada suhu 75°C selama 1,5 jam. Hidrogel karagenan yang telah disiapkan kemudian dimasukkan kedalam tabung *viscometer* dan dibiarkan suhu menurun hingga 40°C. Tahap selanjutnya pengukuran viskositas karagenan dengan cara membiarkan bola jatuh hingga ke dasar tabung viskositas dan dicatat waktu tempuh bola. Viskositas karagenan dinyatakan dalam satuan *poise* (η_s) dan diperoleh dengan persamaan berikut :

$$\eta_s = \frac{k(\rho_b - \rho_s)}{V} \times 100$$

Keterangan :

- k : konstanta viskometer yaitu $6,39 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{s}^2$
- ρ_s : densitas karagenan teoritis (g/cm^3)
- ρ_b : densitas bola besi yaitu $7,96 \text{ g}/\text{cm}^3$
- v : densitas bola besi jatuh (cm/s)

Rancangan Percobaan dan Analisis Data (Steel & Torrie 1995)

Model rancangan percobaan mengikuti teladan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial yang diulang 4 kali. Terdapat dua faktor utama yang diujikan yakni faktor A yang meliputi perbedaan konsentrasi NaOH : a_1 4%, a_2 6%, a_3 8% dan Faktor B yakni lama waktu ekstraksi : b_1 1 jam, b_2 2 jam, b_3 3 jam. Data masing-masing variabel yang diperoleh dari hasil pengujian, selanjutnya di uji asumsi seperti normalitas dan homogenitas. Jika data memenuhi uji asumsi, maka dilanjutkan uji hipotesis menggunakan ANOVA dua arah dan uji perbandingan berganda *Duncan* apabila terdapat pengaruh signifikan α 0,05 (skala kepercayaan 95%).

HASIL

Rendemen Karagenan

Rendemen merupakan hasil akhir ekstraksi yang diperoleh untuk memperkirakan efisiensi proses ekstraksi yang dilakukan. Semakin tinggi rendemen karagenan, maka proses ekstraksi efektif dilakukan.

Tabel 1 Rendemen karagenan yang diekstraksi dari rumput laut *E. Spinosum*

Sampel	Perlakuan		Rendemen (%)	Standar mutu rendemen karagenan (%)			
	Konsentrasi NaOH (%)	Lama waktu ekstraksi (jam)		FAO	FCC	EEC	SNI 8391-1:2017
a_1b_1	4	1	32,12±0,31 ^{ab}				
a_1b_2	4	2	37,58±1,55 ^c				
a_1b_3	4	3	33,13±0,10 ^{bc}				
a_2b_1	6	1	36,92±0,74 ^{bc}				
a_2b_2	6	2	34,44±0,91 ^{bc}	≥ 25	-	-	-
a_2b_3	6	3	35,51±0,71 ^{bc}				
a_3b_1	8	1	25,31±1,07 ^a				
a_3b_2	8	2	22,49±0,99 ^a				
a_3b_3	8	3	28,04±0,24 ^{ab}				

Keterangan: *Superscript* huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata (taraf signifikan α 0,05). FAO (*Food and Agriculture Organization*); FCC (*Food Chemicals Codex*); EEC (*European Economic Community*); SNI (Standar Nasional Indonesia). (-) belum diatur dalam regulasi standar.

Rendemen karagenan tertinggi (Tabel 1) secara keseluruhan terdapat pada perlakuan a_1b_2 yakni 37,58%, sebaliknya terendah pada perlakuan a_3b_2 yang hanya mencapai 22,49%. Selanjutnya, berdasarkan perlakuan NaOH yang berbeda diperoleh rerata rendemen karagenan berturut-turut yakni 35,65% (NaOH 6%), 34,28% (NaOH 4%) dan 25,28% (NaOH 8%). Hasil analisis statistik menunjukkan konsentrasi NaOH yang berbeda memberikan pengaruh nyata ($P < 0,05$) terhadap masing-masing rendemen yang dihasilkan. Akan tetapi, tidak memberikan perbedaan signifikan ($P > 0,05$) terhadap lama waktu ekstraksi (1 jam, 2 jam, 3 jam) pada perlakuan NaOH 6%. Berdasarkan rendemen yang diperoleh (Tabel 1) dari rumput laut *E. Spinosum* dengan perlakuan konsentrasi NaOH dan lama waktu ekstraksi yang berbeda telah memenuhi standar rendemen karagenan menurut *Food and Agriculture Organization* (FAO) yakni $\geq 25\%$.

Kadar Air Karagenan

Kadar air merupakan sejumlah molekul air yang terkandung dalam karagenan. Kadar air yang terkandung dalam karagenan dapat menentukan kualitas, mutu dan lama penyimpanan. Oleh sebab itu, kadar air menjadi salah satu standar yang diperlukan untuk komersialisasi karagenan.

Tabel 2 Kadar air karagenan yang diekstraksi dari rumput laut *E. Spinosum*

Sampel	Perlakuan		Kadar air (%)	Standar mutu kadar air karagenan (%)			
	Konsentrasi NaOH (%)	Lama waktu ekstraksi (jam)		FAO	FCC	EEC	SNI 8391-1:2017
a_1b_1	4	1	11,03±1,10 ^{ab}				
a_1b_2	4	2	14,32±0,94 ^c				
a_1b_3	4	3	13,42±0,55 ^{bc}				
a_2b_1	6	1	12,93±1,17 ^b				
a_2b_2	6	2	09,33±0,23 ^a	≤ 12	≤ 12	≤ 12	Maks 12
a_2b_3	6	3	10,42±1,65 ^{ab}				
a_3b_1	8	1	12,85±2,41 ^b				
a_3b_2	8	2	11,94±0,83 ^{ab}				
a_3b_3	8	3	09,85±1,53 ^a				

Keterangan: *Superscript* huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata (taraf signifikan α 0,05). FAO (*Food and Agriculture Organization*); FCC (*Food Chemicals Codex*); EEC (*European Economic Community*); SNI (Standar Nasional Indonesia).

Rerata kadar air karagenan yang diekstraksi dari rumput laut *E. Spinosum* dengan perlakuan NaOH dan lama waktu ekstraksi yang berbeda, menunjukkan kadar air tertinggi diperoleh pada perlakuan a_1b_2 yakni 14,32%, sebaliknya kadar air terendah pada perlakuan a_2b_2 yang hanya mencapai 09,33%. Namun, berdasarkan perlakuan NaOH yang berbeda diperoleh rerata kadar air secara berturut-turut yakni 12,92% (NaOH 4%), 11,55% (NaOH 8%) dan 10,89% (NaOH 6%). Hasil analisis statistik, konsentrasi NaOH dan lama waktu ekstraksi yang berbeda menunjukkan terdapat pengaruh nyata dan perbedaan signifikan ($P < 0,05$) pada

masing-masing perlakuan. Rerata kadar air karagenan pada Tabel 2 secara umum memenuhi standar FAO, FCC, EEC dan SNI karagenan. Namun, masih terdapat perlakuan a₁b₂ dan a₁b₃ yang jumlah kadar air tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan yakni ≤ 12%.

Viskositas Karagenan

Viskositas merupakan salah satu indikator penting untuk mengkaji kekentalan karagenan. Viskotas karagenan sangat diperlukan untuk kebutuhan industri pangan, kosmetik dan farmasi. Semakin tinggi konsentrasi karagenan memiliki korelasi positif terhadap tingginya viskositas. Terdapat beberapa faktor yang memengaruhi viskositas karagenan diantaranya jenis karagenan, berat molekul, kemurnian dan umur panen rumput laut.

Tabel 3 Viskositas karagenan yang diekstraksi dari rumput laut *E. Spinosum*

Sampel	Perlakuan		Viskositas (cPs)	Standar mutu viskositas karagenan (cPs)			
	Konsentrasi NaOH (%)	Lama waktu ekstraksi (jam)		FAO	FCC	EEC	SNI 8391-1:2017
a ₁ b ₁	4	1	38,23±0,12 ^a				
a ₁ b ₂	4	2	41,39±0,67 ^{ab}				
a ₁ b ₃	4	3	44,94±1,35 ^b				
a ₂ b ₁	6	1	43,95±0,85 ^{ab}				
a ₂ b ₂	6	2	42,88±0,19 ^{ab}	≥ 5	Min 5	-	Min 5
a ₂ b ₃	6	3	45,55±0,70 ^b				
a ₃ b ₁	8	1	47,29±1,49 ^{bc}				
a ₃ b ₂	8	2	49,82±0,39 ^c				
a ₃ b ₃	8	3	51,33±0,77 ^d				

Keterangan: *Superscript* huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan nyata (taraf signifikan α 0,05). FAO (*Food and Agriculture Organization*); FCC (*Food Chemicals Codex*); EEC (*European Economic Community*); SNI (Standar Nasional Indonesia). (-) belum diatur dalam regulasi standar.

Rerata viskositas karagenan yang diekstraksi dari rumput laut *E. Spinosum* dengan perlakuan NaOH dan lama waktu ekstraksi yang berbeda, menunjukkan viskositas tertinggi diperoleh pada perlakuan a₃b₂ yakni 51,33 cPs, sebaliknya viskositas terendah pada perlakuan a₁b₂ yang hanya mencapai 38,23 cPs. Akan tetapi, berdasarkan perlakuan NaOH yang berbeda diperoleh rerata viskositas berturut-turut yakni 49,48 cPs (NaOH 8%), 44,02 cPs (NaOH 6%) dan 41,52 cPs (NaOH 4%). Hasil analisis statistik, konsentrasi NaOH dan lama waktu ekstraksi yang berbeda menunjukkan terdapat pengaruh nyata dan perbedaan signifikan (P<0,05) pada masing-masing perlakuan. Rerata viskositas karagenan pada Tabel 3 telah memenuhi standar FAO, FCC, EEC dan SNI karagenan yang mensyaratkan viskositas karagenan ≥ 5 cPs.

PEMBAHASAN

Proses perubahan struktur rumput laut selama ekstraksi berlangsung diawali dengan demineralisasi, deproteinasi hingga penghilangan gugus sulfat melalui agregasi dan pengendapan (Azevedo *et al.*, 2015). Proses agregasi tersebut menyebabkan kehilangan berat ekstrak rumput laut. Penggunaan NaOH dan lama waktu ekstraksi dapat menyebabkan degradasi parsial rantai polisakarida oleh gugus alkali. Selain itu, proses netralisasi yang dilakukan dengan pencucian diduga secara signifikan dapat menurunkan berat rumput laut

selama ekstraksi. Hal ini didukung oleh Al-Nahdi *et al.*, (2019) penggunaan konsentrasi NaOH yang cenderung meningkat dengan waktu ekstraksi yang lama memberikan pengaruh terhadap rendahnya kandungan karagenan yang dihasilkan. Rerata rendemen yang dihasilkan dalam penelitian ini (Tabel 1) lebih tinggi dibandingkan rendemen karagenan dari rumput laut *Hypnea bryoides* yang hanya berkisar 06,59%-21,74% (Al-Nahdi *et al.*, 2019).

Kadar air yang terkandung pada karagenan (Tabel 2) disebabkan oleh kemampuan matriks karagenan dalam mengikat air. Kombinasi perlakuan NaOH dan lama waktu ekstraksi memberikan dampak terhadap pembekakan struktur karagenan dan memungkinkan kemampuannya untuk mengikat air. Menurut Distantina *et al.*, (2016) muatan negatif pada polimer karagenan menyebabkan interaksi elektrostatis dan menimbulkan jarak antar polimer sehingga semakin bertambah luas matriks karagenan. Perluasan matriks karagenan tersebut memberikan dampak terhadap peningkatan volume molekul air yang terjebak dalam matriks. Faktor lain yang memengaruhi kadar air pada karagenan ialah proses pengeringan pasca ekstraksi. Pemanasan menggunakan sinar matahari cenderung tidak efektif karena sering terjadi perubahan suhu akibat cuaca yang tidak stabil. Hal ini menyebabkan kadar air karagenan tidak seragam.

Viskositas karagenan secara internal sangat dipengaruhi oleh tingkat kemurniannya. Salah satu anion poliatom pada struktur rumput laut yang memengaruhi rendahnya viskositas ialah ikatan sulfat (Astuti *et al.*, 2017). Keberadaan gugus sulfat pada struktur karagenan akan menyebabkan gaya tolak-menolak antara muatan negatif disepanjang rantai polimer karagenan sehingga mengurangi kemampuan karagenan mengikat air. Hal tersebut ini berdampak terhadap rendahnya viskositas karagenan. Pelakuan NaOH dan lama waktu ekstraksi secara efektif menyebabkan terputusnya ikatan sulfat pada karagenan. Hal ini terkonfirmasi dengan semakin tingginya viskositas karagenan seiring peningkatan konsentrasi NaOH dan lama waktu ekstraksi (Tabel 3). Campo *et al.*, (2009) tingginya kandungan viskositas karagenan juga dipengaruhi oleh ion yang terinduksi dari larutan ekstraksi, misalnya ion natrium (Na^+). Ion Na^+ yang diperoleh dari NaOH memiliki kemampuan dalam meningkatkan ikatan ionik pada rantai polimer karagenan. Selain itu, ion Na^+ juga memiliki kemampuan mengikat air dalam matriks karagenan. Hal ini menyebabkan kekuatan ikatan antarmolekul semakin kuat dalam membentuk agregasi heliks, kemudian berdampak terhadap tingginya viskositas karagenan.

KESIMPULAN

Karakteristik karagenan yang dihasilkan dari rumput laut *E. Spinosum* yakni rendemen berkisar antara 22,49%-37,58%, kadar air 09,33%-14,32% dan viskositas 38,23 cPs-51,33 cPs. Karakteristik karagenan tersebut ini secara umum telah memenuhi standar karagenan menurut FAO, FCC, EEC dan SNI. Perlakuan konsentrasi NaOH dan lama waktu ekstraksi memberikan pengaruh nyata terhadap rendemen, kadar air dan viskositas karagenan yang dihasilkan. Oleh sebab itu, senyawa alkali (NaOH) berpotensi sebagai senyawa alternatif dalam ekstraksi karagenan. Namun, diperlukan kajian lebih lanjut terkait residu gugus sulfat yang masih terkandung dalam karagenan yang dihasilkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada rekan-rekan tim peneliti yang telah berkontribusi penuh selama tahapan penelitian hingga publikasi riset.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2005). Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist. Arlington (US): The Association of Official Analytical Chemist, Inc
- [EEC] European Economic Community .(1995). Standar of Food Additive (Carragenan). Birmingham (UK): European Economic Community, Inc
- [FAO] Food and Agriculture Organization. (2001). Carragenan. Combined Compendium of Food Additive Specifications. 5 Februari 2024. <https://www.fao.org/food/food-safety-quality/scientific-advice/jecfa/jecfa-additives/detail/en/c/420/>
- [FCC] Food Chemicals Codex. (2007). Food Chemicals Codex (FCC) 6 First Supplement. 5 Februari 2024. https://www.foodchemicalscodex.org/sites/fconline/files/usp_pdf/EN/fcc/2009-02-28Commentary.pdf
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 2017. Karaginan Murni (Refined Carrageenan). Jakarta (ID): Badan Standarisasi Nasional Indonesia, Inc
- Al-Nahdi, Z. M., Al-Alawi, A., & Al-Marhobi, I. (2019). The effect of extraction conditions on chemical and thermal characteristics of kappa-carrageenan extracted from *Hypnea bryoides*. *Journal of Marine Biology*. 14(5):019-028. <https://doi.org/10.1155/2019/5183261>
- Anggadiredja JT. (2011). Laporan Forum Rumput Laut. Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Jakarta (ID): Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Astuti, K. W., Putu, N., Dewi, A., Ngurah, I. G., & Dewantara, A. (2017). Optimization of isolation method of carrageenan from *Kappaphycuss alvarezii Doty* using factorial experimental design. *Journal Health Science*. 1: 4-7. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000111>
- Azevedo, G., Torres, M. D., Sousa-Pinto, I., & Hilliou, L. (2015). Effect of pre-extraction alkali treatment on the chemical structure and gelling properties of extracted hybrid carrageenan from *Chondrus crispus* and *Ahnfeltiopsis devoniensis*. *Food Hydrocolloids*. 50: 150-158. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.029>
- Bhardwaj, T. R., Kanwar, M., Lal, R., & Gupta, A. (2000). Natural gums and modified natural gums as sustained-release carriers. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 26, 1025–1038. <https://doi.org/10.1081/ddc-100100266>
- Caceres PJ, Carlucci MJ, Damonte EB, Matsuhira B, Zuniga EA (2000): Carrageenans from Chilean samples of *Stenogramme interrupta (Phyllophoraceae)*: Structural analysis and biological activity. *Phytochemistry*. 53: 81–86. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(99\)00461-6](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(99)00461-6)
- Campo, V. L., Kawano, D. F., da Silva Jr, D. B., & Carvalho, I. (2009). Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis—A review. *Carbohydrate Polymers*. 77(2): 167-180. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.020>
- Distantina, S., Fadilah, F., & Kaavessina, M. (2016). Swelling behaviour of kappa carrageenan hydrogel in neutral salt solution. *International Journal of Chemical and Molecular Engineering*. 10(8): 998-1001. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.859635>
- Fenoradosoa, T. A., Delattre, C., Laroche, C., Wadouachi, A., Dulong, V., Picton, L., ... & Michaud, P. (2009). Highly sulphated galactan from *Halymenia durvillei (Halymeniales, Rhodophyta)*, a red seaweed of Madagascar marine coasts. *International Journal of Biological Macromolecules*. 45(2): 140-145. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.04.015>

- Firdaus, M., Prihanto, A. A., & Nurdiani, R. 2015. Peningkatan mutu rumput laut (*Gracilaria* sp.) kering dengan pencuci drum. *Journal of Innovation and Applied Technology*. 1(2): 118-123. <https://doi.org/10.21776/jiat.v1i2.29>
- Hayashi, L., Oliveira, E. C., Bleicher-Lhonneur, G., Boulenguer, P., Pereira, R. T., Von Seckendorff, R., ... & Critchley, A. T. (2007). The effects of selected cultivation conditions on the carrageenan characteristics of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) in Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil. *Journal of Applied Phycology*. 19: 505-511. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9163-x>
- Henggu, K. U. (2021, March). Morphological characteristics and chemical composition of Cuttlebone (*Sepia* sp.) at Muara Angke fishing port, Jakarta Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 718(1): 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/718/1/012034>
- Hilliou, L., Larotonda, F. D. S., Abreu, P., Ramos, A. M., Sereno, A. M., & Gonçalves, M. P. (2006). Effect of extraction parameters on the chemical structure and gel properties of κ/ι -hybrid carrageenans obtained from *Mastocarpus stellatus*. *Biomolecular Engineering*. 23(4): 201-208. <https://doi.org/10.1016/j.bioeng.2006.04.003>
- Hilliou, L., Larotonda, F. D., Abreu, P., Abreu, M. H., Sereno, A. M., & Goncalves, M. P. (2012). The impact of seaweed life phase and postharvest storage duration on the chemical and rheological properties of hybrid carrageenans isolated from Portuguese *Mastocarpus stellatus*. *Carbohydrate Polymers*. 87(4): 2655-2663. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.11.050>
- Hung, L. D., Hori, K., Nang, H. Q., Kha, T., & Hoa, L. T. (2009). Seasonal changes in growth rate, carrageenan yield and lectin content in the red alga *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Camranh Bay, Vietnam. *Journal of Applied Phycology*. 21: 265-272. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9360-2>
- Hurtado, A. Q., Critchley, A. T., Trespoe, A., & Bleicher-Lhonneur, G. (2009). Growth and carrageenan quality of *Kappaphycus striatum* var. sacol grown at different stocking densities, duration of culture and depth. In Nineteenth International Seaweed Symposium: Proceedings of the 19th International Seaweed Symposium, held in Kobe, Japan, 26-31 March, 2007. (pp. 101-105). Springer Netherlands.
- Imeson, A. P. (2000). Carrageenan. In G. O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of hydrocolloids* (pp. 87–102). Cambridge (UK): Woodhead Publishing Limited.
- Kartika, A., Kurniawan, A., & Kresna, A. (2023). Analysis of the temperature effect on the liquids viscosity. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran Fisika Indonesia*. 5(1). <https://doi.org/10.29303/jppfi.v5i1.214>
- Mendoza, W. G., Montaña, N. E., Ganzon-Fortes, E. T., & Villanueva, R. D. (2002). Chemical and gelling profile of ice-ice infected carrageenan from *Kappaphycus striatum* (Schmitz) Doty “sacol” strain (Solieriaceae, Gigartinales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*. 14: 409-418. <https://doi.org/10.1023/A:1022178119120>
- Pereira, L., & van de Velde, F. (2011). Portuguese carrageenophytes: Carrageenan composition and geographic distribution of eight species (Gigartinales, Rhodophyta). *Carbohydrate Polymers*. 84(1): 614-623. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.12.036>
- Rees, D. A. (1972). Shapely polysaccharides. The eighth Colworth medal lecture. *Biochemical Journal*. 126(2): 257. <https://doi.org/10.1042/bj1260257>
- Steel, R.G.D, Torrie J.H .(1992). Prinsip dan Prosedur Statistika. Edisi Ke-2, B Sumantri, Penerjemah. Terjemahan dari: The Principle and Procedure of Statistics. Jakarta (ID): Gramedia Pustaka Utama.

- Wakibia, J. G., Bolton, J. J., Keats, D. W., & Raitt, L. M. (2006). Seasonal changes in carrageenan yield and gel properties in three commercial eucheumoids grown in southern Kenya. *Botanica Marina*. 49(3): 208-215. <https://doi.org/10.1515/BOT.2006.026>
- Zhang, J., Langford, Z., & Waldron, S. (2023). The global carrageenan industry. In *Globalisation and Livelihood Transformations in the Indonesian Seaweed Industry* (pp. 23-50). Routledge.
- Zhou, G., Sun, Y., et al., 2004. In vivo antitumor and immunomodulation activities of different molecular weight lambda-carrageenans from *Chondrus ocellatus*. *Pharmacol. Res.* 50(1): 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2003.12.002>