

PENGARUH RASIO VOLUME AIR PENGEKSTRAK TERHADAP KARAKTERISTIK KARAGENAN *Kappaphycus alvarezii*

[Effect of Water Ratio on *Kappaphycus alvarezii*'s Carrageenan Characteristic]

Lalu Danu Prima Arzani

Program Studi Teknologi Pangan, Universitas Bumigora

Email: lalu_danu@universitasbumigora.ac.id

ABSTRACT

Carrageenan is a group of polysaccharides produced through the extraction process of seaweed using water at high temperatures or with alkaline solutions. This study aimed to determine the effect of the ratio of the volume of extracting water with semi refined carrageenan on the characteristics of the carrageenan produced. This study used a completely randomized design (CRD) with a water ratio of 1:40; 1:50; and 1:60. The results showed that the water ratio had a significant effect on the yield, sulfate content and gel strength but had no significant effect on water content. The best carrageenan characteristics were obtained in 1:60 treatment with water content $11.26 \pm 0.52\%$, yield $28.00 \pm 0.23\%$, sulfate content $18.87 \pm 0.57\%$, gel strength $1370.73 \pm 23, 57 \text{ g/cm}^2$ and a peak viscosity of 70 cP. Fourier transform infrared spectroscopic analysis (FTIR) showed that the typical region of kappa carrageenan was detected in all samples at a wave number of 846 cm^{-1} .

Keywords: carrageenan, *Kappaphycus alvarezii*, water ratio

ABSTRAK

Karagenan merupakan kelompok polisakarida yang dihasilkan melalui proses ekstraksi rumput laut menggunakan air pada suhu tinggi maupun dengan larutan alkali. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbandingan volume air pengekstrak dengan karagenan semi murni terhadap karakteristik karagenan yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan perlakuan rasio air yaitu 1:40; 1:50; dan 1:60. Hasil penelitian menunjukkan rasio air memberikan pengaruh nyata pada rendemen, kadar sulfat, dan kekuatan gel, tetapi tidak berpengaruh nyata pada kadar air. Karakteristik karagenan terbaik dihasilkan pada perlakuan 1:60 dengan kadar air $11,26 \pm 0,52\%$, rendemen $28,00 \pm 0,23\%$, kadar sulfat $18,87 \pm 0,57\%$, kekuatan gel $1370,73 \pm 23,57 \text{ g/cm}^2$, dan viskositas puncak sebesar 70 cP. Analisis spektroskopi inframerah transformasi fourier (FTIR) menunjukkan bahwa daerah khas kappa karagenan terdeteksi pada semua sampel pada bilangan gelombang 846 cm^{-1} .

Kata kunci: karagenan, *Kappaphycus alvarezii*, rasio air

PENDAHULUAN

Karagenan merupakan kelompok polisakarida yang merupakan salah satu bahan tambahan pangan yang dihasilkan melalui proses ekstraksi rumput laut menggunakan air pada suhu tinggi maupun dengan larutan alkali (Van De Velde *et al.*, 2002). Karagenan memiliki manfaat yang luas tidak hanya di industri pangan, tetapi juga di industri non pangan. Karagenan pada industri pangan digunakan karena sifat fisiknya yang baik seperti pengental, penstabil, dan pembentuk gel (Campo *et al.*, 2009) serta dimanfaatkan juga sebagai campuran pada kosmetik, cat, tekstil serta digunakan pada

industri farmasi (Shen & Kuo, 2017). Pemanfaatan karagenan bertambah sekitar 5,5% setiap tahun karena pengembangan produk pangan seperti es krim dan juga aplikasi pada produk susu lainnya (Mulyati & Geldermann, 2017).

Secara umum karagenan diperdagangkan dalam bentuk *refined carrageenan* dan *semi refined carrageenan*. Perbedaan dari kedua karagenan ini terletak pada kadar selulosa dan kenampakan larutannya (Sormin *et al.*, 2018). Proses pembuatan *semi refined carrageenan* tidak sampai pada tahap

presipitasi menggunakan alkohol maupun KCl yang menyebabkan gel ataupun larutan yang dihasilkan lebih keruh dibandingkan dengan *refined carrageenan* (Arzani *et al.*, 2020). Di Indonesia sendiri industri yang memproduksi *semi refined carrageenan* lebih banyak dibandingkan dengan *refined carrageenan*.

Pemurnian *semi refined carrageenan* menjadi *refined carrageenan* dapat dilakukan dengan mengekstrak *semi refined carrageenan* dengan air pada suhu 80°C. Pada tahap ini rasio antara volume pengekstrak dengan *semi refined carrageenan* sangat memengaruhi karakteristik *refined carrageenan* yang dihasilkan. Peranginangin *et al.*, (2011) melakukan ekstraksi *refined carrageenan* pada perbandingan rasio air pengekstrak yaitu 1:40, 1:50, dan 1:60 dengan bahan baku *semi refined carrageenan* yang diekstrak pada kondisi KOH 8% pada suhu 90°C selama 2 jam menggunakan *filter aid* berupa *celite*. Hasil terbaik didapatkan pada perbandingan 1:50 yang menghasilkan rendemen sebesar 23%, kekuatan gel 2.058 g/cm² dan viskositas sebesar 122,5 cP. Sunarpi *et al.* (2013) melaporkan bahwa di Provinsi Nusa Tenggara Barat terdapat 9 lokasi pembudidayaan rumput laut *K. striatum* dan *K. alvarezii*, dimana rata-rata rendemen karagenan yang dihasilkan mencapai 40-50% akan tetapi karakteristik *refined carrageenan* yang diekstrak dari *semi refined carrageenan* belum banyak dilaporkan. Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbandingan volume air pengekstrak terhadap karakteristik karagenan yang dihasilkan.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang diperoleh dari petani rumput laut di Teluk Ekas, Lombok Timur, KOH (Merck, Jerman), isopropil alkohol H₂SO₄ (Merck), K₂SO₄ (Merck), asam dinitrosalisilat, KOH, BaSO₄ (Merck), HCl (Merck), H₂O₂ (Merck), KBr, isopropil alkohol, BaCl₂ (Merck), dan akuades.

Alat-alat yang digunakan adalah alat gelas, *Rapid Visco Analyser* (RVA-4) *Tecmaster* N13713 (Newport Scientific Pty Techmaster, Ltd.,

Warriedwood, Australia), *Texture analyser* (TA-Xt plus; Stable Microsystems Ltd., UK). Peralatan penunjang lainnya adalah *hot plate*, stirer, pH meter, termometer, refrigerator, tray, blender, oven, soxhlet, labu Kjeldhal, kertas saring whatman no 42, mortar, dan timbangan analitik.

Ekstraksi Semi Refined Carrageenan

Pembuatan *semi refined carrageenan* menggunakan prosedur Romenda *et al.* (2013). Rumput laut yang sudah dibersihkan diekstrak menggunakan larutan KOH (Merck, Jerman) dengan konsentrasi 10% selama 60 menit pada suhu 70°C dengan volume larutan sebanyak 40 kali bobot rumput laut kering. Selanjutnya sampel disaring dan dicuci menggunakan air mengalir sampai air cucian mencapai pH 8-9. Pengukuran pH dilakukan secara berkala dengan menampung air cucian pada wadah dan diukur menggunakan kertas pH. Selanjutnya dilakukan pengecilan ukuran sampel menjadi ± 3 cm dan dikeringkan pada oven dengan suhu 50 °C selama 18 jam. Selanjutnya sampel ditepungkan dan diayak dengan ayakan 60 mesh. Karakteristik *semi refined carrageenan* ini telah disajikan dalam penelitian Arzani *et al.*, (2020).

Ekstraksi Refined Carrageenan

Pembuatan *refined carrageenan* menggunakan prosedur Peranginangin *et al.* (2011) yang telah dimodifikasi. Proses ekstraksi dilakukan dengan merebus *semi refined carrageenan* di dalam air yang telah dipanaskan. Perbandingan volume air pengekstrak yang digunakan disesuaikan dengan perlakuan yang diberikan yaitu 40, 50, dan 60 kali dari bobot bahan baku. Ekstraksi dilakukan selama 1 jam pada suhu 80-90°C, selama perebusan sesekali dilakukan pengadukan. Filtrat berupa larutan karagenan dituang ke dalam wadah yang berisi isopropil alkohol untuk proses presipitasi. Volume isopropil alkohol yang digunakan adalah 1 kali volume filtrat. Proses presipitasi dilakukan selama kurang lebih 30 menit. Serat karagenan yang dihasilkan dari tahap presipitasi selanjutnya disaring, dikeringkan dengan oven pada suhu 50°C selama ± 18 jam. Sampel yang sudah kering dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 60 mesh.

Analisis Viskositas (*Rapid Visco Analyzer*)

Analisis viskositas dilakukan dengan metode Young (2003) menggunakan instrumen RVA. Sampel dengan konsentrasi 1,5% dimasukkan ke dalam aluminium canister. Air destilata dimasukkan ke dalam aluminium canister RVA dan diaduk menggunakan pengaduk canister hingga sampel tercampur merata. Canister yang telah berisi sampel dipasang pada alat RVA, kemudian dilakukan siklus pemanasan dan pendinginan dengan pengadukan konstan. Sampel dipanaskan hingga suhu 50°C dan suhu 50°C dipertahankan selama 1 menit. Suhu sampel dinaikkan dari 50°C hingga 95°C dengan kecepatan 6°C/menit, lalu pada suhu 95°C dipertahankan selama 6 menit. Sampel didinginkan hingga suhu 50°C dengan kecepatan 6°C/menit, lalu suhu 50°C dipertahankan selama 3 menit. Data yang dihasilkan berupa grafik perubahan sifat viskositas sampel.

Analisis Kekuatan Gel dengan *Texture Analyzer*

Kekuatan gel karagenan dianalisis menggunakan *Texture Analyzer* (TA-Xt plus, Stable microsystem Ltd., UK) menggunakan metode modifikasi dari FMC Marine Colloid (1987). Sampel karagenan ditimbang sebanyak 3 g dan dilarutkan dalam 197 g akuades, kemudian dipanaskan dengan *hot plate* hingga suhu larutan mencapai suhu 80°C selama 15 menit. Larutan karagenan panas dimasukkan ke dalam wadah plastik (berdiameter 6 cm dan tinggi 6,5 cm) dan dibiarkan pada suhu 10°C (suhu pendingin) selama ±16 jam sebelum dianalisis. Kekuatan pecah/*breaking force* (g) dan deformation diukur dengan menggunakan probe (P/0.5 R= 12,7 mm diameter), ditekan pada permukaan gel tegak lurus dengan kecepatan konstan 1 mm/detik dengan jarak 15 mm. Kapasitas beban tekstur yang digunakan adalah 5 kg.

Kadar Sulfat

Pengujian kadar sulfat menggunakan metode JECFA (2007). Kadar sulfat ditentukan dengan menghidrolisis karagenan dan mengendapkan sulfatnya sebagai BaSO₄. Sebanyak 1 g sampel dimasukkan ke dalam erlenmeyer kemudian ditambahkan 50 ml HCl 0,2 N, selanjutnya campuran dipanaskan sampai

mendidih selama 1 jam kemudian ditambahkan 25 ml H₂O₂, dipanaskan selama 5 jam sampai larutan menjadi jernih. Larutan ini dipindahkan ke dalam gelas piala dan dipanaskan sampai mendidih, kemudian ditambah dengan 10 ml BaCl₂ 10% dan dipanaskan di atas *hot plate* selama 2 jam. Endapan yang terbentuk disaring dengan kertas saring bebas abu (Whatman no 42) dan dicuci dengan air destilat hingga bebas klorida. Kertas saring dikeringkan dan diabukan pada suhu 700°C sampai diperoleh abu berwarna putih. Abu didinginkan dalam desikator dan ditimbang sampai diperoleh bobot konstan. Kadar sulfat dihitung berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar sulfat (\%)} = \frac{\text{Bobot endapan} \times \text{Faktor gravimetri}}{\text{Bobot sampel}} \times 100\%$$

Analisis Profil Penyerapan FTIR

Sebanyak 2 mg sampel karagenan dimasukkan ke dalam botol kecil dan ditambahkan 200 mg bubuk KBr, kemudian botol diaduk sehingga campuran homogen. Campuran ditempatkan di atas die, ditekan selama beberapa menit sampai terbentuk pelet. Pelet dipindahkan ke tempat sampel dan dianalisis pada bilangan gelombang 400–5.000 cm⁻¹.

Rancangan Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan perlakuan rasio air pengestrak dengan *semi refined carrageenan* (1:40, 1:50, dan 1:60). Adapun metode analisis yang digunakan adalah kadar air, kadar sulfat, rendemen, analisis viskositas menggunakan *Rapid Visco Analyzer*, kekuatan gel menggunakan *Texture Analyzer* dan analisis profil penyerapan *Fourier Transform Infrared (FTIR)*.

Data pengolahan diolah secara statistik dengan analisis sidik ragam (*ANOVA*) pada tingkat kepercayaan 95%. Jika ada perbedaan yang signifikan antar perlakuan dilakukan uji lanjut dengan uji lanjut *Duncan*. Data diolah dengan menggunakan perangkat lunak SPSS versi 24.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kadar Air

Pengaruh rasio air pengestrak terhadap kadar air karagenan dar rumput laut *K. alvarezii* disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 dapat dilihat bahwa rata-rata kadar air dari karagenan kedua sampel rumput laut berkisar antara 10-11%. Rasio air pengestrak tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap

kadar air karagenan yang dihasilkan. Semakin tinggi rasio air pengestrak semakin tinggi juga kadar air karagenan yang dihasilkan. Kadar air karagenan dari sampel semua perlakuan lebih tinggi dibandingkan dengan yang didapatkan oleh Peranginangin *et al.* (2011) yang menggunakan rasio air pengestrak yang sama yaitu sekitar 6-7%. Kadar air pada penelitian ini masih memenuhi kisaran standar yang ditetapkan FAO yaitu maksimum 12%.

Tabel 1. Karakteristik Karagenan pada Perbandingan Volume Air Pengestrak yang Berbeda

Parameter Uji	Rasio Volume Air Pengestrak		
	1:40	1:50	1:60
Kadar air (%)	10,51 ± 0,92 ^a	10,82 ± 0,76 ^a	11,26 ± 0,52 ^a
Rendemen (%)	23,65 ± 1,25 ^a	20,84 ± 1,22 ^a	28,00 ± 0,23 ^b
Kadar sulfat (%)	13,97 ± 0,76 ^a	16,31 ± 0,31 ^{ab}	18,87 ± 0,57 ^b
Kekuatan gel (g/cm ²)	710,97 ± 3,21 ^a	864,73 ± 21,73 ^b	1370,73 ± 23,57 ^c

Keterangan: Perbedaan huruf pada baris yang sama menunjukkan pengaruhnya pada taraf $\alpha = 5\%$

Rendemen

Rendemen karagenan adalah bobot karagenan yang dihasilkan dari proses ekstraksi *semi refined carrageenan* yang dinyatakan dalam bentuk persen. Semakin tinggi nilai rendemen semakin tinggi pula 3,6-anhidrogalaktoza yang dihasilkan yang dapat mempengaruhi karakteristik karagenan terutama kekuatan gelnya. Menurut Peranginangin *et al.*, (2011) untuk menilai efektivitas dan efisiensi suatu proses ekstraksi karagenan dapat dilihat dari nilai rendemen yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel 1, dapat dilihat bahwa rasio air pengestrak berpengaruh nyata terhadap nilai rendemen karagenan. Semakin tinggi rasio air pengestrak semakin tinggi juga rendemen yang dihasilkan. Rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan rasio 1:60 sebesar 28%. Sampel dengan perlakuan rasio air pengestrak yang lebih kecil mengalami pengentalan larutan lebih cepat dibandingkan dengan perlakuan rasio air pengestrak yang lebih tinggi selama proses ekstraksi, hal ini juga dapat mempengaruhi nilai rendemen yang dihasilkan. Pada saat proses presipitasi dengan isopropil alkohol dihasilkan rendemen berupa serat karagenan dan gel yang berwarna keruh. Semakin kecil rasio air pengestrak semakin tinggi rendemen berupa gel yang terbentuk. Romenda *et al.*, (2013) menyatakan bahwa penggunaan larutan alkali

mempercepat pembentukan karagenan dan meningkatkan kekuatan gel karagenan.

Kadar Sulfat

Secara umum semakin tinggi rasio air pengestrak semakin tinggi kadar sulfat yang dihasilkan. Berdasarkan Tabel 1 rasio air pengestrak memberikan pengaruh yang nyata pada kadar sulfat. Kadar sulfat karagenan berkisar antara 13-18%. Diharmi *et al.* (2017) menyebutkan bahwa rasio air pengestrak yang semakin tinggi menghasilkan kadar sulfat yang semakin tinggi juga. Penelitian yang dilakukan Suryaningrum *et al.*, (2003) juga menghasilkan kadar sulfat lebih tinggi pada rasio air pengestrak yang lebih tinggi pada konsentrasi KOH 6% dan 8% masing-masing 14,19% dan 13,8%. Kadar sulfat yang tinggi memengaruhi karakteristik seperti kekuatan gel dan juga viskositas larutan karagenan.

Kekuatan Gel

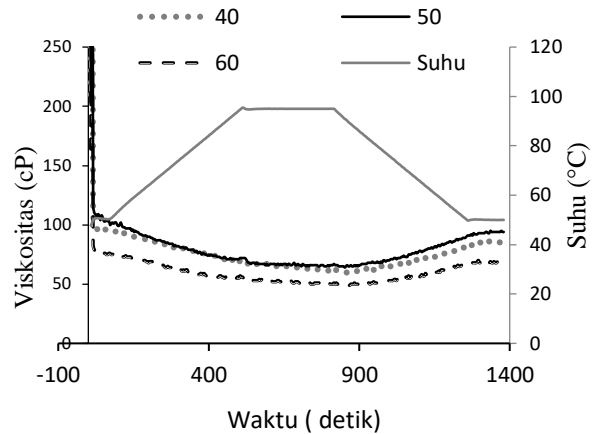
Salah satu sifat penting karagenan adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol menjadi gel yang bersifat *reversible*. Rasio air pengestrak memberikan pengaruh yang nyata pada kekuatan gel. Semakin tinggi rasio air pengestrak semakin tinggi juga kekuatan gel karagenan yang dihasilkan. Nilai kekuatan gel berkaitan erat

dengan pembentukan 3,6-anhidrogalaktosa. Semakin tinggi pembentukan 3,6-anhidrogalaktosa atau rendemen karagenan semakin tinggi juga kekuatan gelnya. Adanya kandungan 3,6-anhidrogalaktosa ini memberikan kemampuan karagenan untuk membentuk gel. Pembentukan gel oleh karagenan disebabkan oleh 3,6-anhidrogalaktosa yang memiliki konformasi ¹C₄. Konformasi ini memungkinkan terbentuknya struktur sekunder helicodial yang penting dalam pembentukan gel karagenan. Konformasi ini hanya terdapat pada karagenan iota dan kappa yang merupakan karagenan yang memiliki kemampuan membantum gel (Campo *et al.*, 2009).

Viskositas

Viskositas merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk menentukan mutu suatu karagenan. FAO (2004) menetapkan standar viskositas karagenan yaitu > 5 cP pada suhu 75°C pada konsentrasi 1,5%. Viskositas karagenan pada konsentrasi 1,5% yang diperoleh pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1. Perlakuan rasio air pengestrak 1:50 karagenan memiliki profil viskositas yang lebih tinggi dibandingkan dengan dua perlakuan lainnya. Viskositas awal pada suhu 50°C masing-masing perlakuan 1:40, 1:50, dan 1:60 secara berurutan sebesar 109 cP, 116 cP, dan 83 cP. Viskositas karagenan tidak banyak berubah dari viskositas awal selama pemanasan dan penurunan suhu. Viskositas puncak karagenan terdapat pada suhu 62°C dimana viskositas puncak karagenan pada masing-masing perlakuan secara berurutan memiliki viskositas puncak sebesar 88 cP, 91 cP, dan 70 cP. Standar mutu viskositas karagenan diukur pada konsentrasi 1,5% pada suhu 75°C. Pada suhu 75°C viskositas tertinggi didapatkan pada perlakuan 1:50, yaitu 81 cP. Nilai viskositas

karagenan juga berkaitan erat dengan kekuatan gel. Tingginya pembentukan 3,6-anhidrogalaktosa berhubungan dengan kekuatan gel yang semakin tinggi yang menyebabkan rendahnya nilai viskositas larutan karagenan yang dihasilkan (Mendoza *et al.*, 2006).



Gambar 1. Grafik Profil Viskositas Karagenan

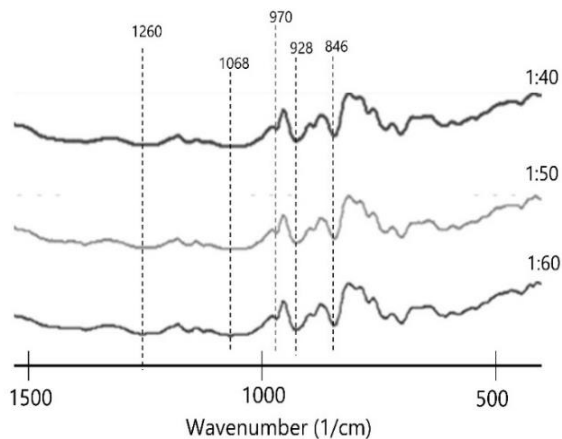
Profil FTIR

Spektrum inframerah karagenan yang dihasilkan pada penelitian ini disajikan dalam Gambar 2. Data spektroskopi yang digunakan untuk identifi kasi karagenan mengacu data literatur Pereira *et al.* (2009). Absorbansi karbohidrat ditunjukkan pada daerah gelombang 1270-600 cm⁻¹ yang disebut dengan daerah fingerprint dimana posisi dan intensitas spesifik untuk setiap polisakarida berbeda-beda (Campo *et al.* 2009). Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat bahwa spektrum inframerah semua sampel menunjukkan adanya berkas absorpsi yang sangat kuat pada daerah 1240–1260 cm⁻¹ (ikatan S=O pada ester sulfat), 928 cm⁻¹ (ikatan C-O pada 3,6-anhidro-D-galaktosa), dan 840-850cm⁻¹ (ikatan C-O-SO₃ pada C4 galaktosa) pada semua sampel karagenan.

Tabel 2. Profil Serapan FTIR

Rasio Air Pengestrak			Gugus Fungsi
1:40	1:50	1:60	
1260,73	1261,39	1259,61	S=O (ester sulfat)
1069,20	1068,63	1068,84	C - O (3,6-anhidrogalaktosa)
970,39	970,22	970,39	Galaktosa
928,77	928,64	928,92	C-O (3,6-anhidro-D-galaktosa)
846,95	846,79	846,90	C-O (3,6-anhidrogalaktosa 4-Sulfat pada C4)

Berkas absorpsi pada daerah spektrum 1068-1070 cm^{-1} merupakan ikatan C-O pada 3,6-anhidrogalaktosa yang terdeteksi pada semua sampel, intensitas paling kuat pada daerah spektra 1070 terdapat pada sampel dengan perlakuan 1:40. Berkas absorpsi pada daerah spektrum 928-930 merupakan ikatan C-O stretch pada 3,6-anhidrogalaktosa dimana sampel pada perlakuan 1:60 memiliki intensitas paling kuat pada daerah spektra ini, hal ini juga terkonfirmasi dengan nilai rendemen dan kekuatan gel yang tinggi pada perlakuan ini. Spektrum yang menunjukkan daerah khas absorpsi dari kappa karagenan terdeteksi pada semua sampel pada daerah serapan 846 cm^{-1} .



Gambar 2. Profil Serapan FTIR Karagenan

KESIMPULAN

Rasio air pengestrak memberikan pengaruh yang nyata terhadap rendemen, kadar sulfat dan kekuatan gel namun tidak berpengaruh nyata pada kadar air. Karakteristik karagenan terbaik dihasilkan pada perlakuan 1:60 dengan kadar air $11,26 \pm 0,52\%$, Rendemen $28,00 \pm 0,23\%$, kadar sulfat $18,87 \pm 0,57\%$, kekuatan gel $1370,73 \pm 23,57 \text{ g/cm}^2$ dan viskositas puncak sebesar 70 cP. Analisis spektroskopi inframerah transformasi fourier (FTIR) menunjukkan bahwa daerah khas kappa karagenan terdeteksi pada semua sampel pada bilangan gelombang 846 cm^{-1} .

DAFTAR PUSTAKA

- Arzani, L. D. P., Muhandri, T., & Yuliana, N. D. 2020. Karakteristik Karagenan Semi-Murni dari Rumput Laut *Kappaphycus striatum* dan *Kappaphycus alvarezii*. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 31(2), 95–102. <https://doi.org/10.6066/jtip.2020.31.2.95>
- Campo, V. L., Kawano, D. F., Silva, D. B. da, & 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>
- Diharmi, A., Fardiaz, D., Andarwulan, N., & Heruwati, E. S. 2017. Chemical and Physical Characteristics of Carrageenan Extracted from *Eucheuma Spinosum* Harvested from Three Different Indonesian Coastal Sea Regions. *Phycological Research*, 65(3), 256–261. <https://doi.org/10.1111/pre.12178>
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2004. Compendium of Food Additive Specification, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Monographs 4. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of The United Nation.
- FMC Crop. 1977. Carrageenan. Marine Colloid Monograph Number One. Marine Colloid Division FMC. Corporation. Springfield, New Jersey, USA.
- Food Chemical Codex. 1981. Carrageenan. National Academy Press. Washington; p. 74-75.
- Mendoza WG, Ganzon-Fortes ET, Villanueva RD, Romero JB, Montaña MNE. 2006. Tissue Age as A Factor Affecting Carrageenan Quantity and Quality in Farmed *Kappaphycus striatum* (Schmitz) Doty ex Silva. *Bot. Mar.* 49(1):57–64. doi:10.1515/BOT.2006.007.

- Mulyati, H., & Geldermann, J. 2017. Managing Risks in The Indonesian Seaweed Supply Chain. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 19(1), 175–189. <https://doi.org/10.1007/s10098-016-1219-7>
- Peranginangin, R., Rahman, A., & Irianto, E. 2011. Pengaruh Perbandingan Air Pengekstrak dan Penambahan Celite. Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur 2011. *Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*, 1077–1086.
- Pereira, L., Amado, A. M., Critchley, A. T., van de Velde, F., & Ribeiro-Claro, P. J. A. 2009. Identification of Selected Seaweed Polysaccharides (Phycocolloids) by Vibrational Spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). *Food Hydrocolloids*, 23(7), 1903–1909. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2008.11.014>
- Romenda, A. P., Pramesti, R., & Susanto, A. B. 2013. Pengaruh Perbedaan Jenis dan Konsentrasi Larutan Alkali terhadap Kekuatan Gel dan Viskositas Karaginan *Kappaphycus alvarezii*, Doty. *Journal of Marine Research*, 2(1), 127–133.
- Shen, Y. R., & Kuo, M. I. 2017. Effects of Different Carrageenan Types on The Rheological and Water-Holding Properties of Tofu. *LWT - Food Science and Technology*, 78, 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.12.038>
- Sormin, R. B. D., Soukotta, D., Risambessy, A., & Ferdinandus, S. J. 2018. Sifat Fisiko-kimia Semi Refined Carrageenan dari Kota Ambon dan Kabupaten Maluku Tenggara Barat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 21(1), 92. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v21i1.21453>
- Sunarpi, Ghazali M, Nikmatullah A, Lim PE, Phang SM. 2013. Diversity and Distribution of Natural Populations of *Euचेuma J. Agardh* and *Kappaphycus Doty* in Nusa Tenggara Barat, Indonesia. *Malaysian J. Sci.* 32(SPEC. ISS.):127–140.
- Suryaningrum, T. D., Murdinah, & Erlina, M. D. 2003. Pengaruh Perlakuan Alkali dan Volume Larutan Pengekstrak Terhadap Mutu Karaginan dari Rumpun Laut *Euचेuma cottonii*. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 9(5), 65–76.
- Van De Velde, F., Knutsen, S. H., Usov, A. I., Rollema, H. S., & Cerezo, A. S. 2002. ¹H and ¹³C High Resolution NMR Spectroscopy of Carrageenans: Application in Research and Industry. *Trends in Food Science and Technology*, 13(3), 73–92. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(02\)00066-3](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(02)00066-3)
- Young, N.W.G. 2003. Fruit Preparations Danisco A/S. Danisco's Hydrocolloid Diagnostics with the RVA™. RVA Word. *The Technical Journal of Newport Scientific*.