

SINTESIS DAN KARAKTERISASI CMCE (*Carboxymethyl carrageenan*) DARI RUMPUT LAUT (*Eucheuma cottonii*) DENGAN PENAMBAHAN KOH

*[Synthesis and Characterization of CMCE (Carboxymethyl Carrageenan) from Seaweed (*Eucheuma cottonii*) with KOH Addition]*

Sertin^{1*}, Muh. Zakir Muzakar², Ansharullah¹

¹Jurusan Ilmu dan Teknologi Pangan, Fakultas Pertanian, Universitas Halu Oleo, Kendari

²Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Halu Oleo, Kendari

*Email: sertinyunsen@gmail.com

Diterima tanggal 21 November 2025

Disetujui tanggal 29 Desember 2025

ABSTRACT

*This study aimed to determine the optimum KOH concentration for producing carboxymethyl carrageenan (CMCE) with desirable physicochemical characteristics from commercial carrageenan derived from *Eucheuma cottonii*. Four KOH concentrations were used for the synthesis of CMCE: 10%, 15%, 17.5%, and 22.5%. The treatment that yielded the highest purity among the four levels was further analyzed using FTIR, SEM, pH measurement, viscosity, moisture content, and ash content. The results showed that the optimum synthesis condition was obtained with 10% KOH, producing CMCE with a characteristic C=O absorption peak at 1575.89 cm⁻¹. The physicochemical characteristics of the CMCE produced under this condition included pH 6, viscosity 1.47 cP, moisture content 0.7%, and ash content 21%. SEM analysis showed an uneven morphological profile due to the presence of perforated granule surfaces. The resulting CMCE exhibited pH, viscosity, and moisture content values that met the SNI requirements for food-grade CMCE.*

Keywords: CMCE (*carboxymethyl carrageenan*), KOH, seaweed.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi KOH yang optimum terhadap karakteristik fisikokimia *Carboxymethyl carrageenan* dari karagenan komersial jenis *Eucheuma cottonii*. Perlakuan berbagai konsentrasi KOH yang digunakan untuk sintesis CMCE terdiri dari 4 konsentrasi yaitu KOH 10%, 15%, 17,5% dan 22,5%. Hasil analisis kemurnian tertinggi dari 4 taraf perlakuan tersebut, dianalisis lebih lanjut dengan analisis FTIR, SEM, pH, viskositas, kadar air dan kadar abu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum reaksi sintesis CMCE dari karagenan diperoleh pada penggunaan konsentrasi KOH 10%, menghasilkan CMCE yang menunjukkan puncak serapan gugus C=O terdapat pada 1575.89 cm⁻¹. Sedangkan hasil karakteristik fisikokimia penelitian ini adalah pH 6, viskositas sebesar 1,47 cP, kadar air 0,7% dan kadar abu 21%, serta analisis SEM menunjukkan morfologi profil yang tidak rata karena adanya permukaan granula yang berlubang. Penelitian ini memiliki karakteristik pH, viskositas dan kadar air yang tergolong sebagai CMCE yang memenuhi *food grade* SNI.

Kata Kunci: CMCE (*Carboxymethyl carrageenan*), KOH, rumput laut.

PENDAHULUAN

Rumput laut menduduki posisi pertama dari 10 komoditas perikanan unggulan budidaya lainnya. Produksi rumput laut mengalami kenaikan rata-rata 32% per tahun. Pada tahun 2009, produksi rumput laut Indonesia mencapai 2,5 juta ton dan diproyeksikan mencapai 10 juta ton (Aslan, 2008 dalam Darmawati dan Jayadi, 2018). Rumput laut umumnya digunakan dalam industri pangan dan non pangan. Rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* merupakan salah satu *carrageenophytes* yaitu rumput laut penghasil karagenan, yang berupa senyawa polisakarida.

Di Indonesia kadar karagenan rumput laut jenis *Eucheuma* berkisar antara 61,5%-67,5% (Soenardjo, 2011). Kandungan gizi rumput laut dalam 100 gram memiliki nilai nutrisi tertinggi pada komponen karagenan yaitu 67,50 % (Nugroho, 2011). Karagenan merupakan polisakarida yang linier atau lurus, dan senyawa hidrokoloid yang terdiri dari ester kalium, natrium, magnesium dan kalsium sulfat. Pada bidang industri karagenan berfungsi sebagai *stabilisator* (pengatur keseimbangan), *thickener* (bahan pengental), pembentuk gel dan lain-lain. Dalam industri makanan karagenan dikategorikan sebagai salah satu bahan tambahan makanan (*food additives*).

Berdasarkan kandungan karagenan yang terdapat pada rumput laut berpotensi sebagai sumber karagenan yang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan karboksimetil karagenan dan dapat meningkatkan nilai tambah pada pembudidayaan rumput laut. CMCE (*Carboxymethyl carrageenan*) merupakan produk modifikasi karagenan yang berpotensi sebagai matriks obat dan bahan tambahan pangan. Karboksimetil karagenan disintesis melalui konversi gugus hidroksil dari karagenan menjadi gugus karboksil melalui proses alkalisasi dan karboksimetilasi atau esterifikasi. Esterifikasi akan mengubah karakter polisakarida karagenan yaitu viskositas dan kemampuannya mengikat air. Sintesis karboksimetil karagenan (CMCE) dari karagenan dengan pereaksi asam trikloroasetat (TCA) dengan perbandingan massa karagenan:massa TCA dan suhu esterifikasi.

Saat ini CMCE memiliki peranan yang penting dalam berbagai aplikasi. Karboksimetil karagenan secara luas digunakan dalam bidang pangan, kimia, perminyakan, pembuatan kertas, tekstil, serta bangunan. Khusus di bidang pangan, CMCE dimanfaatkan sebagai *stabilizer*, *adhesive*, dan emulsifier. Pemanfaatan CMCE (*Carboxymethyl carrageenan*) sangat luas dan mudah digunakan sehingga menjadikannya sebagai salah satu zat yang diminati dalam berbagai industri. Berdasarkan pertimbangan tersebut diperlukan suatu upaya terobosan baru dalam menghasilkan CMCE (*Carboxymethyl carrageenan*) dari sumber *Eucheuma cottonii* yang selama ini banyak terdapat di sepanjang perairan laut Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan untuk sintesis karboksimetil karagenan serta analisisnya adalah, karagenan komersil (Fengchen group), kalium hidroksida (KOH 10%) (Merck), CH₃COOH 100% (Merck), isopropil alkohol (IPA) (teknis), asam trikloroasetat (Merck), etanol 90% (Merck). etanol 96% (Merck).

Tahapan Penelitian

Preparasi Sampel

Tahap awal proses sintesis yaitu persiapan bahan baku utama berupa karagenan komersial. Sampel produk olahan rumput laut dari PT. Kappa Carrageenan Nusantara (KCN); Selain itu dilakukan juga penyiapan bahan-bahan kimia lainnya.

Sintesis CMCE (Fan *et al.*, 2011)

Sebanyak 12 g KOH yang ditambahkan dengan 3 g karagenan dilarutkan dalam isopropil alkohol : etanol 5 : 1 v/v (50 ml) = 260 ml selama 60 menit pada suhu 50°C. Pada tahap ini disebut dengan tahap alkalisasi karena menghasilkan alkoksi karagenan. Selanjutnya tahap esterifikasi dengan mereaksikan alkoksi karagenan dengan 1,6 g asam trikloroasetat (TCA) dalam 20 ml etanol selama 4 jam pada suhu 70°C. Kemudian sampel diangkat dan ditambahkan asam asetat 100% (CH₃COOH) sampai mencapai pH 7.

Padatan diperoleh melalui filtrasi dan dibilas dengan etanol 95%. Setelah itu padatan dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C atau sampai padatan kering. Maka diperoleh karboxymethyl karagenan, selanjutnya karboksimetil karagenan digerus. Hasil disimpan pada suhu kamar di dalam desikator.

Analisis Data

Uji Sifat Fisikokimia CMCE dari Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*)

Analisis data dalam penelitian ini diperoleh dari hasil pembuatan karboxymethyl karagenan dengan menggunakan karagenan komersial pada proses alkalisasi dan esterifikasi. Analisis pengujian CMCE yang dilakukan beserta metode yang digunakan yaitu rendemen (Kusumaningrum *et al.*, 2019), uji pH (Wijayani *et al.*, 2005), kadar air (Mahendra, 2017), kadar abu (AOAC, 1995), viskositas (Wijayani *et al.*, 2005), SEM (Tores *et al.*, 2019) dan FTIR (Kusumaningrum *et al.*, 2019).

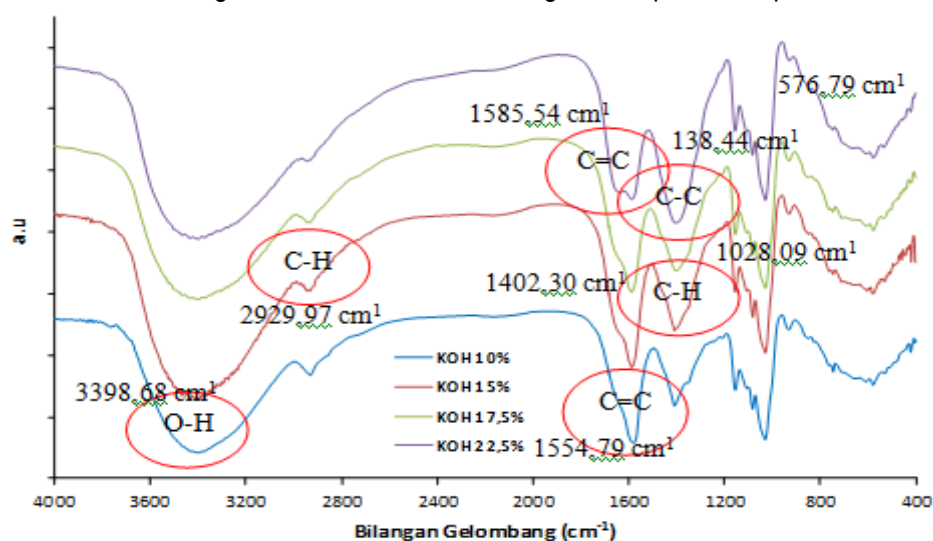
HASIL DAN PEMBAHASAN

Sintesis CMCE

Hasil proses sintesis CMCE dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu alkalisasi dan esterifikasi. Setelah proses sintesis selesai, karboximetil karagenan yang terbentuk selanjutnya dimurnikan. Ditinjau dari segi warna, karboksimetil karagenan yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki warna coklat tua pada penambahan KOH 10%. Sedangkan pada penambahan KOH 15%, 17,5% dan 22,5%, CMCE yang dihasilkan semakin berubah warna menjadi coklat muda. Perubahan warna menjadi coklat terjadi pada tahap alkalisasi saat penambahan 15 gram KOH. Perubahan terjadi secara perlahan-lahan seiring dengan bertambahnya jumlah KOH yang ditambahkan. Semakin besar jumlah KOH yang ditambahkan, maka perubahan warna menjadi semakin muda. Perubahan warna pada karboximetil karagenan dapat disebabkan oleh masih adanya senyawa-senyawa lain pada karagenan yang bereaksi dengan KOH (Nur, 2016). Selanjutnya kualitas CMCE atau karboximetil karagenan yang dihasilkan dapat dilihat dari beberapa parameter yaitu pH, viskositas, gugus fungsi, kadar air, kadar abu dan morfologi CMCE.

Analisis *Fourier Transform Infra Red spectroscopy* (FTIR)

Hasil analisis FTIR karagenan dan karboximetil karagenan dapat dilihat pada Gambar 1.

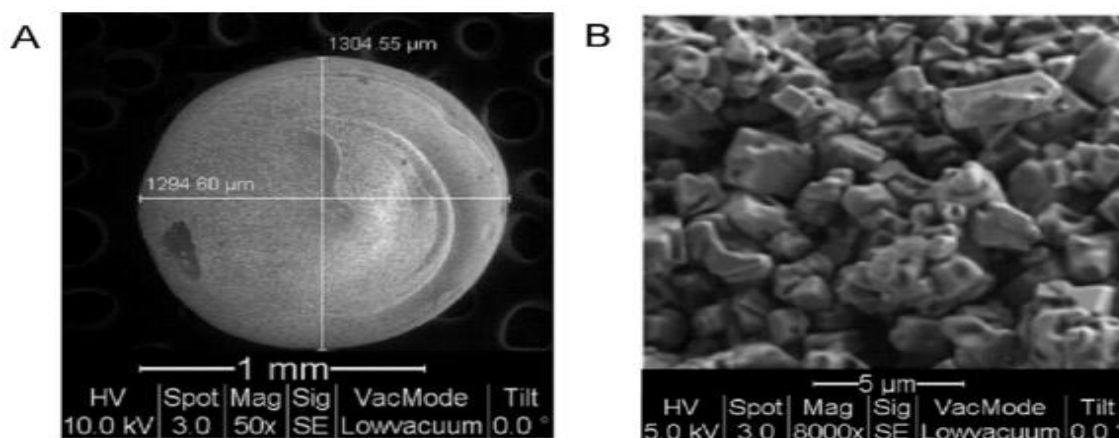


Gambar 1. Hasil analisis FTIR KOH 10%, KOH 15%, KOH 17,5% dan KOH 22,5 % dari karagenan rumput laut jenis *Eucheuma cottonii*.

Hasil analisis FTIR dari karagenan rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* menunjukkan bahwa secara umum, spektrum gugus fungsi yang diserap pada karboximetil karagenan pada setiap perlakuan konsentrasi KOH tidak jauh berbeda. Pada konsentrasi KOH 10% puncak serapan terbentuk pada panjang gelombang 1575.89 cm^{-1} . Berdasarkan gugus fungsi, puncak serapan pada daerah frekuensi ini terbentuk gugus C=C yang menandakan adanya senyawa aromatic. Ferdiansyah (2016) memperoleh panjang gelombang 1604 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus fungsi C=O sebagai terbentuknya CMCE dari pelepah kelapa sawit. Fan *et al.*, (2011) juga menerangkan bahwa puncak serapan pada daerah frekuensi 1500-1700 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi ulur dari gugus fungsi C-C. Berdasarkan hasil analisis pada karboximetil karagenan, puncak serapan gugus C=O terdapat pada 1690-1760 cm^{-1} , menunjukkan gugus tersebut sebagai identifikasi dari aldehida, keton, asam karboksilat dan ester. Sedangkan CMCE pada konsentrasi KOH 15%, KOH 17,5% dan KOH 22,5% juga menunjukkan adanya puncak serapan pada daerah frekuensi 1587.47-1633.76 cm^{-1} yang artinya terbentuk senyawa asam karboksilat dan ester dengan munculnya gugus C=O. Eriningsih (2011) dalam Safitri (2016) melaporkan bahwa munculnya bilangan gelombang 1690 cm^{-1} adalah gugus CO yang merupakan ciri khas dari asam karboksilat dan ester. Gugus fungsi OH sangat kuat pada bilangan gelombang 1760 cm^{-1}

Analisis SEM (Scanning Electron Microscope)

Hasil analisis SEM karboximetil karagenan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. SEM CMCE dengan perbesaran. (A) 5000 X dan (B) 8000 X .

Karboksimetil karagenan yang diamati adalah konsentrasi KOH 10% untuk melihat morfologinya. Hasil analisis menunjukkan bahwa pengujian SEM karboksimetil karagenan memiliki bentuk morfologi dengan permukaan bergranula, lebih sedikit berpori dan halus. Pengujian ini menggunakan 2 pembesaran, yaitu gambar bagian A menggunakan pembesaran 5000 X dan gambar bagian B dengan pembesaran 8000 X. Penampakan morfologi yang diperoleh sangat jauh karena ditinjau dari pembesaran objek jarak yang digunakan sangat jauh. Pada pembesaran 50 X menunjukkan diameter 1 mm dengan permukaan sedikit berpori dan halus, serta granula yang tidak terlalu nampak. Sedangkan pembesaran 8000 X menunjukkan diameter 5 μm , artinya semakin tinggi pembesaran yang digunakan maka ukuran diameter partikel semakin kecil. Perbesaran 8000 X dengan morfologi permukaan bergranula yang diikuti lubang-lubang atau pori-pori yang besar dan profil yang tidak rata karena adanya permukaan granula yang berlubang. Saenuddin (2019) melaporkan hasil uji SEM mikrokristalin selulosa (produk sejenis CMCE) dengan pembesaran 500 kali pada konsentrasi HCl dibandingkan dengan morfologi MCC dari limbah padat tapioka dan MCC komersial merk Avicel® PH yaitu menunjukkan bahwa hasil uji SEM memiliki bentuk morfologi yang hampir serupa.

Analisis pH, Viskositas, Kadar Air dan Kadar Abu CMCE

Analisis Derajat Asam (pH)

Indikator lain yang menunjukkan kualitas karboksimetil karagenan yang baik adalah pH. CMCE optimal pada pH 5-11. Penelitian Nur (2016) melaporkan bahwa nilai pH yang diperoleh adalah 10,55. Sedangkan pada penelitian ini, hasil analisis pH yang dihasilkan dari CMCE dengan penggunaan KOH 10% adalah sebesar 5,6 (Table 1). Nilai tersebut tergolong rendah tetapi memenuhi syarat yang dicantumkan oleh Standar Nasional Indonesia sebagai karboksimetil karagenan mutu I. Kelebihan reagen CH_3COOH yang bereaksi dengan karagenan akan menurunkan pH dari karboksimetil karagenan. Selain itu, penggunaan aquades pada tahap penetralan dimana nilai pH aquades yang digunakan berkisar 6–8 menyebabkan nilai pH yang dihasilkan menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda. Nilai pH CMCE yang dihasilkan berkisar mendekati netral. Wijayani (2005) memperoleh hasil penelitian dengan nilai pH berkisar 6-8,3.

Nisa *et al.*, (2013) melaporkan bahwa pada saat pembuatan CMCE pada tahap esterifikasi, asam karboksilat yang beraksi dengan basa akan membentuk garam. Bisa ditandai dengan timbulnya busa yang membantu membedakan asam karboksilat dari senyawa organik netral atau basa. Tetapi dengan semakin banyak konsentrasi yang diberikan kondisi karboksimetil karagenan juga semakin asam.

Tabel 1. Hasil analisis pH, viskositas, kadar air dan kadar abu CMCE (*Carboxymethyl carrageenan*) dengan konsentras KOH 10% .

No.	Variabel Pengamatan	Hasil Analisis	Sumber
1.	pH	6	6 - 8.5 (*)
2.	Viskositas	1,47 Cp	<25 cP (**)
3.	Kadar Air	0,7 %	<12% (*)
4.	Kadar Abu	21%	-

Keterangan :(*) SNI, (**)Wijayani *et al.*, (2005), (***) Kusumaningrum *et al.*, (2019).

Analisis Viskositas

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 1, viskositas larutan karboksimetil karagenan dengan KOH 10% adalah sebesar 1,47 cP. Nilai viskositas tersebut tergolong rendah, sebab menurut *Food Chemical Codex* nilai viskositas yang baik untuk bahan pangan adalah ≥ 25 . Penelitian yang dilakukan oleh Nur (2016) bahwa nilai viskositas CMC yang diperoleh dari selulosa jerami padi adalah 1,44 cP. Berbeda dengan penelitian yang dilaporkan oleh Ferdiansyah (2016) bahwa nilai viskositas CMCE yang diperoleh dari pelepah kelapa sawit adalah 11,65 cP. Sedangkan Awaluddin *et al.*, (2004) melaporkan larutan karboksimetil karagenan dengan derajat kekentalan antara 0,4 sampai 1 menunjukkan kekentalan larutan yang semakin meningkat dengan semakin meningkatnya derajat substitusi.

Analisis Kadar Air

Hasil analisis kadar air dari karboksimetil karagenan yang dihasilkan pada perlakuan KOH 10% adalah 0,7%. CMCE yang dihasilkan sudah memenuhi kadar air yang disyaratkan oleh FAO yaitu < 12%. Kandungan air 0,7% pada karboksimetil karagenan yang dihasilkan merupakan air terikat karena dianggap sebagai suatu sistem yang mencakup air yang mempunyai derajat keterikatan berbeda- beda dalam bahan. Sedangkan air bebas telah menguap. Kandungan air karboximetil karagenan ditentukan oleh kondisi pengeringan, pengemasan dan penyimpanan. Proses pengeringan karboximetil karagenan pada penelitian ini menggunakan oven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Ferdiansyah (2016) bahwa nilai kadar air CMCE yang diperoleh dari pelepah kelapa sawit adalah 7,65% dengan perbandingan kadar air CMCE komersial adalah 10,57%. Sedangkan Mahendra (2017) memperoleh nilai kadar air dengan kisaran 8,7% - 12,35%.

Nilai kadar air bahan berkolerasi dengan rendemen karena apabila kadar air tinggi maka rendemen bahan meningkat tinggi (Safitri, 2017).

Analisis Kadar Abu

Unsur mineral dari karagenan yaitu kalium, kalsium, fosfor, natrium, zat besi dan yodium. Hasil kadar abu karboksimetil karagenan dengan perlakuan konsentrasi KOH 10% menunjukkan kadar abu yang sangat tinggi. Hasil pengujian kadar abu CMCE mencapai 21%. Faujiah (2012) menyatakan kadar abu yang tinggi dapat dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan karagenan komersial jenis *Eucheuma cottonii*. Standar spesifikasi mutu karagenan yang ditetapkan FAO sebesar 15-40% untuk kadar abu. Berdasarkan pengujian kadar abu bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah 10,4%. Dengan nilai tersebut sudah memenuhi standar spesifikasi mutu karagenan yang ditetapkan FAO.

Selain itu, kadar abu yang tinggi juga dipengaruhi oleh proses alkalisasi dan esterifikasi yang dilakukan. Pada penelitian ini menggunakan bahan KOH dan asam trikloroasetat yang kemudian dimurnikan dengan etanol 96% setelah proses esterifikasi. Proses pencucian yang tidak lama mempengaruhi kadar abu yang dihasilkan karena masih adanya mineral yang tertinggal dalam karboksimetil karagenan. Yuniati, (2011) melaporkan bahwa banyaknya garam yang menempel pada setiap karagenan tidak sama sehingga dapat mempengaruhi kandungan abunya.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa pengaruh variasi penggunaan KOH terhadap sintesis CMCE dari karagenan komersial berdasarkan hasil analisis *Fourier Transform Infra Red spectroscopy* (FTIR) adalah memperoleh dengan panjang gelombang 1575.89 cm^{-1} . Nilai tersebut menunjukkan terbentuknya CMCE. Sedangkan karakteristik CMCE yang disintesis dengan menggunakan KOH 10%, untuk setiap 9 gram karagenan menghasilkan pH 6 dan viskositas sebesar 1,47 cP, kadar air 0,7% dan kadar abu 21%. Berdasarkan nilai karakteristik tersebut CMCE (*Carboxymethyl carrageenan*) yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki karakteristik pH, viskositas dan kadar air yang tergolong sebagai CMCE yang memenuhi standar *food grade* SNI.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, H. & Porse, H. (1987). Culture of *Eucheuma cottonii* and *Eucheuma spinosum* in Indonesia. Twelfth International Seaweed Symposium, Journal Springer, 511/152: 355 -358
- Awaludin, A., Achmadi, S., S. & Nurhidayat, N. (2004). Karboksimetilasi selulosa bakteri. Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan. 7: 305-311.
- Anderson, D. & Eastwood, M. (1989). The safety of gum arabic as a food additive and its energy value as an ingredient: a brief review. Journal of Human Nutrition and Dietetics, 2(3): 137-144.
- Anggadiredja JT, Purwoto H dan Istini S. 2011. Rumput laut. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Atmadja, W., Kadi., A. & Sulistijo, R. (1996). Pengenalan jenis-jenis rumput laut Indonesia. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta.
- Budiyati, C. (2000). Pengaruh solven alkali dalam pembuatan karaginan dari *eucheuma spinosum* dengan cara ekstraksi dan pengendapan. Journal Reaktor, 8(1): 33-36.

- Che, Balian., S, Ahmad., A. & Mohamed, N. (2016). The effect of lithium iodide to the properties of carboxymethyl κ -carrageenan/carboxymethyl cellulose polymer electrolyte and dye-sensitized solar cell performance. *Journal Polymers*, 8(5): 163.
- Darmawati, D. & Jayadi, E., A. (2018). Optimasi Pertumbuhan *Caulerpa* Sp Yang Dibudidayakan Dengan Kedalaman Yang Berbeda Di Perairan Laguruda Kab. Takalar. *Octopus: Jurnal ilmu perikanan*, 6(2): 651-661.
- Fan., L, Wang., L., Gao, S., Wu, P., Li, M., Xie, W., Liu ,S. & Wang., W. (2011). Synthesis, characterization and properties of carboxymethyl kappa carrageenan. *Journal Carbohydrate polymers*, 86(3): 1167-1174.
- Fan, L., Tong, J., Tang, C., Wu, H., Peng, M. & Yi, J. (2016). Preparation and characterization of carboxymethylated carrageenan modified with collagen peptides. *International journal of biological macromolecules*, 82: 790-797.
- Faujiah, F. (2012). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Limbah Padat Industri Agar-Agar Sebagai Adsorben Logam Berat dan Bahan Organik dari Limbah Industri Tekstil. Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Ferdiansyah, M. K., Marseno, D. W., & Pranoto, Y. 2016. Kajian Karakteristik Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Pelepah Kelapa Sawit sebagai Upaya Diversifikasi Bahan Tambahan Pangan yang Halal. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, 5(4) : 136-139.
- Ghufran, M, K. H. K & Tancung, A. B. (2010). Pengelolaan kualitas air dalam budi daya perairan, Rineka Cipta. Ternate.
- Hambali, E. & Suryani, A.W. (2004). Membuat aneka olahan rumput laut. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Kabirian, M., Ataye, E. & Shahidi, M. (2015). Investigation on the effect of carboxymethyl cellulose and carrageenan on the rheological, physicochemical and sensory characteristics of chocolate drink powder. *Journal Appl Environ. Biol. Sci*, 4(11): 165-173.
- Kusumaningrum, I.K., Siti, M., Mira, N. F., Nazriati, Anugrah, R. W., & Fredi, K. (2019). The Effect of Mass Ratio between NaOH to κ -Carrageenan and Alkalization Temperature on Carboxymethyl κ -Carrageenan Synthesis. *IOP Conference Series. Journal Earth and Environmental Science*, IOP Publishing. 5(2) : 71-75
- Lefnaoui, S. & Moulai-Mostefa, N. (2015). Polyelectrolyte complex based on carboxymethyl-kappa-carrageenan and Eudragit RL 30D as prospective carriers for sustained drug delivery. *Journal Chemical Engineering Research and Design*, 97: 165-174.
- Leong, K. H., Chung, L.Y., Noordin, M.I., Mohamad, K., Nishikawa, M., Onuki, Y., Morishita, M. & Takayama K. (2011). Carboxymethylation of kappa-carrageenan for intestinal-targeted delivery of bioactive macromolecules. *Journal Carbohydrate Polymers*, 83(4): 1507-1515.
- Maduriana, I. M. & Sudira, I. W. (2009). Skrining dan uji aktivitas antibakteri beberapa rumput laut dari pantai Batu Bolong Canggü dan Serangan. *Buletin Veteriner Udayana*, 59(1) : 7-11
- Mahendra, A. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Carboxymethyl Cellulose (CMC) dari Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *UNESA Journal of Chemistry*, 6(1): 6-9.
- Mobarak, N., Ramli, N., Ahmad, A. & Rahman, M. Y. A. (2012). Chemical interaction and conductivity of carboxymethyl κ -carrageenan based green polymer electrolyte. *Journal Solid state ionics*, 224: 51-57.
- Mobarak, N., Jumaah, F., Ghani, M., Abdullah, M. P. & Ahmad, A. (2015). Carboxymethyl carrageenan based biopolymer electrolytes. *Journal Electrochimica Acta*, 175: 224-231.

- Mulyaningrum, S., Nursyam, H., Risjani, Y. & Parenrengi, A. (2013). Regenerasi filamen kalus rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan formulasi zat pengatur tumbuh yang berbeda. *Jurnal Penelitian Perikanan*, 1(1): 52-60.
- Nisa, D. & Putri, W. D. R. (2013). Pemanfaatan Selulosa Dari Kulit Buah Kakao (*Theobroma cacao* L.) Sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (Carboxymethyl Cellulose) *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 2(3): 34-42.
- Nugroho, B. P. (2011). Panduan Pengembangan Klaster Industri. Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi (BPPT). Jakarta.
- Nur, R., Tamrin., & Muzakkar, M. Z., (2016). Sintesis dan Karakterisasi CMC (Carboxymethyl Cellulose) yang Dihasilkan dari Selulosa Jerami Padi. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*, 1(3): 222-231.
- Pitaloka, A. B., Hidayah, N. A., Saputra, A. H. & Nasikin, M. (2015). Pembuatan CMC dari selulosa eceng gondok dengan media reaksi campuran larutan isopropanol-isobutanol untuk mendapatkan viskositas dan kemurnian tinggi. *Jurnal integrasi proses*, 5(2): 247-250
- Prasetyo, Y. (2011). Scanning Electron Microscope (SEM) dan Optical Emission Spectroscopy (OES). (<https://yudiprasetyo53.wordpress.com/2011/11/07/scanning-electron-microscope-sem-dan-optical-emission-spectroscopy-oes>). Diakses Tanggal 8 Januari 2020.
- Ramadan, R. & Yusria, W. O. (2018). Ketersediaan Kelembagaan dalam Pengembangan Usahatani Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*) di Desa Kawite Wite Kecamatan Kabawo Kabupaten Muna. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa dan Pertanian*, 3(1): 1-9.
- Rizqi, A. (2018). Optimasi Perbandingan Massa Trikloroasetat (TCA) terhadap kappa-Karagenan dan Suhu Eterifikasi dalam Sintesis Karboksimetil kappa-Karagenan (CMKC). Skripsi. Jurusan Kimia. Fakultas MIPA. Universitas Muhammadiyah. Malang.
- Ruusunen, M., Vainionpää, J., Puolanne, E., Lyly, M., Lähdenmäki, L., Niemistö, M. & Ahvenainen, R. (2003). Effect of sodium citrate, carboxymethyl cellulose and carrageenan levels on quality characteristics of low-salt and low-fat bologna type sausages. *Journal Meat science*, 64(4): 371-381.
- Safitri, D., Rahim, E. A., Prismawiranti, P. & Sikanna, R. (2017). Sintesis Karboksimetil Selulosa (CMC) dari Selulosa Kulit Durian (*Durio zibethinus*). *KOVALEN: Jurnal Riset Kimia*, 3(1): 58-68.
- Soenardjo, N. (2011). Aplikasi Budidaya Rumput Laut *Eucheuma cottonii* (Weber van Bosse) Dengan Metode Jaring Lepas Dasar (Net Bag) Model Cidaun. *Buletin Oseanografi Marina* 1(1): 36-44.
- Torres, F. G., Arroyo, J., Alvarez, R., Rodriguez, S., Troncoso, O. & López, D. (2019). Carboxymethyl κ /I-hybrid carrageenan doped with NH₄I as a template for solid bio-electrolytes development. *Journal Materials Chemistry and Physics*, 223: 659-665.
- Tranquilan-Aranilla, C., Barba, B. J. D., Vista, J. R. M. & Abad, L. V. (2016). Hemostatic efficacy evaluation of radiation crosslinked carboxymethyl kappa-carrageenan and chitosan with varying degrees of substitution. *Journal Radiation Physics and Chemistry*, 124: 124-129.
- Wijayani, A., Ummah, K. & Tjahjani, S. (2005). Characterization of Carboxy Methyl Cellulose (CMC) from *Eichornia crassipes* (Mart) Solms. *Indonesian Journal of Chemistry*, 5(3): 228-231.
- Winarno, F. G. (1990). Teknologi pengolahan rumput laut, Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Winarno, F. G. (1995). Kimia Pangan dan Gizi. PT Gramedia. Jakarta.
- Wenno, M. R., Thenu, J. L. & Lopulalan, C. G. C. (2012). Karakteristik kappa karaginan dari *Kappaphycus alvarezii* pada berbagai umur panen. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*, 7(1): 61-68.



- Yasita, D. & Dewi Rachmawati, I. (2009). Optimasi Proses Ekstraksi pada Pembuatan Karaginan dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* untuk Mencapai Foodgrade. Jurusan Teknik Kimia, Fak. Teknik, UNDIP, Semarang.
- Yuniati, E. (2011). Karakteristik fisiko-kimia karagenan dan histologi rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dari daerah asal bibit dan umur panen berbeda. Tesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.