

PENERAPAN TEKNOLOGI PROSES PENCAMPURAN SEMI REFINED CARRAGEENAN (SRC) DAN REFINED CARRAGEENAN (RC) RUMPUT LAUT MERAH (*Kappaphycus alvarezii*) TERHADAP KARAKTERISTIK FISIKO-KIMIA KARAGINAN

*Application of The Mixing Process of Semi-Refined Carrageenan (SRC) and Refined Carrageenan (RC) Red Seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) Against The Physicochemical Characteristics of Carrageenan.*

Aidil Fadli Ilhamdy¹⁾, Jumsurizal¹⁾, Wan Kirana Shabilla¹⁾

¹⁾Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali

Korespondensi : aidilfadlilhamdy@gmail.com

Diterima Juli 2019 ; Disetujui September 2019

ABSTRACT

*This study aims to determine the application of the mixing process technology of semi-refined carrageenan and refined carrageenan *Kappaphycus alvarezii* to the physicochemical properties of carrageenan to obtain simpler process technology but with quality products that are in accordance with carrageenan standards. Determination of the best mixing technology was carried out in several stages, refined carrageenan, and the semi-refined carrageenan and refined carrageenan mixing process technology, then followed by physico-chemical analysis, yield, moisture content, ash content, acid insoluble ash content, gel strength, viscosity, melting point, and cumulative point. The best results on carrageenan which quality standard characteristics, namely gel strength 376,46 g/cm², viscosity 139,47 cP, melting point 55,70 °C, and the point of departure 38,00 °C*

Keywords: Semi-Refined Carrageenan, Refined Carrageenan, Mixing Process Technology

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penerapan teknologi proses pencampuran *semi refined carragenan* dan *refined carragenan* rumput laut merah *Kappaphycus alvarezii* terhadap sifat fisiko-kimia karaginan untuk memperoleh teknologi proses yang lebih sederhana namun dengan kualitas produk yang sesuai dengan standar karaginan. Penentuan teknologi pencampuran terbaik dilakukan beberapa tahap yaitu pembuatan *refined carrageenan* dan Teknologi proses pencampuran *semi refined carrageenan* dan *refined carrageenan*. Kemudian dilanjutkan analisis fisiko-kimia yaitu rendemen, kadar air, kadar abu, kadar abu tidak larut asam, kekuatan gel, viskositas, titik leleh dan titik jendal. Hasil terbaik pada karaginan yang memiliki nilai karakteristik standar mutu karaginan yaitu kekuatan gel 376,46 g/cm², viskositas 139,47 cP, titik leleh 55,70 °C, dan titik jendal 38,00°C.

Kata kunci: *Refined Carrageenan, Semi Refined Carrageenan, Teknologi Pencampuran.*

PENDAHULUAN

Industri makanan menyumbang 70–80% dari total produksi dunia, diperkirakan sekitar 45.000 metrik ton per tahun, dari yang sekitar 45% digunakan untuk produk susu dan 30% untuk daging dan daging derivative (McHugh 2003). Pemanfaatan rumput laut terus meluas pada produk non pangan seperti suplemen, industri farmasi, kosmetik, cat dan industri tekstil. Berbagai macam produk dari rumput laut dengan nilai estimasi sekitar 5-6 milyar US dolar, dan sekitar 90% produksi digunakan untuk konsumsi pangan dunia dalam bentuk karaginan, alginat dan agar-agar (Chen et al. 2017).

Proses produksi *refined carrageenan* meliputi pencucian, alkalisasi, pembilasan/penyaringan, pemutihan, pemotongan, pemisahan dengan cairan alkalisasi, ekstraksi, presipitasi, pengepresan, filtrasi dan dikeringkan kembali (KEPMEN ketenagakerjaan RI 2016). Proses pemurnian bertujuan untuk menghilangkan komponen tidak larut air, yaitu selulosa, hemiselulosa, β -glucan, senyawa protein, senyawa lemak dan polimer lainnya. Salah satu penyebab warna putih kekuningan pada karaginan yaitu terdapat selulosa, pigmen fikokieritin dan fikosianin. (Wenno et al. 2012).

Berkembangnya pemanfaatan karaginan di dunia industri, mendorong perkembangan teknologi proses dalam pemanfaatan rumput laut *Kappaphycus*

alvarezii. Beberapa industri karaginan di Filipina memproduksi karaginan dengan proses pemurnian alternatif yang lebih sederhana, dikenal sebagai karaginan PES/PNG (Kintanar et al. 1997). Setelah melakukan perebusan alkali dan pencucian air, produk dihaluskan dan dilakukan pemutihan (*bleaching*). Pemutihan bertujuan untuk menghilangkan warna pudar sekaligus menghilangkan bakteri. Produk *Philippine natural grade* (PNG) atau *Processed Eucheuma Seaweed* (PES) di pasar Amerika atau Eropa dikelompokkan sebagai bahan baku *food grade*.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui optimasi penerapan teknologi proses pencampuran *semi refined carrageenan* dan *refined carrageenan* terhadap sifat fisiko-kimia karaginan untuk memperoleh teknologi proses yang lebih sederhana namun dengan kualitas produk yang sesuai dengan standar karaginan.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah *Semi Refined Carrageenan dan Refined Carrageenan*. Bahan kimia yang digunakan antara lain akuades, kalium hidroksida (KOH) (Jerman), etanol teknis dan bahan-bahan untuk uji Fisiko-kimia.

Pembuatan *Refined Carrageenan* (RC) (Siregar et al. 2016)

Prosedur ekstraksi diawali dengan perendaman 30 g rumput laut kering

dalam 400 mL KOH 6% (b/v) selama 24 jam. Selanjutnya rumput laut dipanaskan pada suhu 80°C selama 2 jam dalam 800 mL KOH 6% (b/v). Setelah itu rumput laut dicuci dengan air mengalir untuk proses netralisasi dan selanjutnya diekstraksi dalam 800 mL akuades pada suhu 80°C selama 2 jam. Ekstrak rumput laut diencerkan dalam akuades hangat dengan rasio 1:4 (v/v) kemudian disaring menggunakan kain nylon (100 mesh). Filtrat yang dihasilkan dipresipitasi menggunakan etanol teknis dengan rasio 1:2 (v/v). Kappa karaginan murni yang terpresipitasi dipisahkan dengan vakum filter kemudian dikeringkan dengan oven (60°C; 12 jam).

Teknologi Proses Pencampuran SRC dan RC

Pada SRC mengacu (Ilhamdy et al. 2019), hasil Proses SRC dan RC yang sudah dikarakterisasi sifat fisiko-kimia kemudian dilakukan pencampuran dengan berbagai perlakuan. Konsentrasi yang di campurkan antara SRC dan RC yaitu 25 : 75, 50 : 50, 75 : 25 dan 100 : 0. Hasil Karaginan yang sudah dicampurkan kemudian di analisis kembali Kekuatan Gel, Viskositas, Titik Leleh dan Titik Jendal.

Kadar Air (AOAC 2005)

Cawan kosong yang akan digunakan dikeringkan terlebih dahulu pada suhu 105-110°C selama 15 menit atau samapi berat konstan, kemudian didinginkan dalam desikator selama 30

menit dan ditimbang. Sampel kira-kira sebanyak 2 gram ditimbang dan diletakkan dalam cawan kemudian dipanaskan dalam oven selama 3-4 jam pada suhu 105-110°C. Cawan kemudian didinginkan dalam desikator dan setelah dingin ditimbang kembali.

Kadar Abu (AOAC 2005)

Prinsip analisis kadar abu adalah mengetahui jumlah abu yang terdapat pada suatu bahan terkait dengan mineral dari bahan yang dianalisis. Cawan abu porselen dibersihkan kemudian dikeringkan dalam oven bersuhu sekitar 105°C selama 30 menit. Cawan abu porselen yang telah dikeringkan dalam oven dimasukkan dalam desikator (30 menit) dan kemudian ditimbang (A). Sampel sebanyak 5 g (C) ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam cawan abu porselen. Cawan abu berisi sampel dibakar diatas kompor listrik sampai tidak berasap dan dimasukkan ke dalam tanur pengabuan dimasukkan dalam desikator (30 menit) kemudian ditimbang (B).

Kadar Abu Tidak Larut dalam Asam (FMC Corp 1977)

Rumput laut yang telah diabukan dididihkan dengan 25 ml HCl 10% selama 5 menit. Bahan-bahan yang tidak terlarut disaring dengan menggunakan kertas saring tak berabu. Kertas saring diabukan dengan cara yang sama seperti di atas, lalu

dinginkan dalam desikator untuk selanjutnya ditimbang.

Rendemen (FMC Corp 1977)

Rendemen *Semi Refined Carrageenan* (SRC) sebagai hasil ekstraksi dihitung berdasarkan rasio antara berat SRC yang dihasilkan dengan berat rumput laut kering yang digunakan.

Kekuatan Gel (Hayashi et al. 2007)

Kappa karaginan murni dilarutkan dalam akuades pada konsentrasi 1,5% kemudian ditambahkan larutan KCl dengan konsentrasi 0,2%. Kekuatan gel larutan kappa karaginan murni diukur pada suhu 20°C menggunakan alat *texture analyzer* TA-XT2i.

Viskositas (Siregar et al. 2016)

Larutan 1,5% kappa karaginan murni dipanaskan pada suhu 75°C. Sementara itu tabung viskometer juga dimasukkan ke dalam air pada suhu 75°C sehingga pengukuran yang diinginkan tercapai. Selanjutnya 5 mL larutan kappa karaginan murni dimasukkan ke dalam tabung viskometer hingga mencapai 75% volume tabung kemudian bola viscometer dimasukkan ke dalam tabung dan dilepaskan hingga jatuh sepanjang tabung viskometer. Selang waktu tempuh bola dicatat ketika melewati dua garis Fiduciary.

Titik Leleh dan Titik Jendal (Freile-Pelegrin dan Robledo 1997)

Suhu pembentuk gel diperoleh dengan menambahkan 10 mL larutan agar panas ke dalam tabung reaksi (diameter 2,3 cm, tinggi 6 cm). Manik-manik kaca (diameter 5 mm) ditempatkan di tabung reaksi. Tabung dimiringkan ke atas dan ke bawah dalam bak air pada suhu kamar sampai manik-manik kaca berhenti bergerak. Suhu gel dalam tabung segera diukur dengan memperkenalkan termometer presisi (divisi 0,1 °C). Temperatur peleburan gelin tabung reaksi (diameter 2,3 cm, tinggi 16,5 cm) diukur dengan menempatkan manik-manik besi (diameter 9 mm) pada permukaan gel. Tabung reaksi dijepit dalam bak air dan suhu dinaikkan dari 50 menjadi 100 °C. Titik lebur dicatat dengan termometer presisi ketika manik tenggelam ke dalam larutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Refined Carrageenan (RC)

Pada proses pembuatan *refined carrageenan* terdapat perbedaan fisiko kimia pada *refined carrageenan* yang dilakukan oleh penelitian sebelumnya, ini dapat dilihat pada Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1, Dapat dilihat bahwa rendemen pada hasil analisis adalah 16,73%. Pada penelitian ini rendemen yang dihasilkan belum memenuhi standar mutu karaginan dari BSN (2009).

Tabel 1. Fisiko Kimia *Refined Carrageenan*.

Fisiko Kimia	<i>Refined Carrageenan</i>	
	Penelitian	Standar
Rendemen (%)	16,73	Min.25 ^a
Air (%)	10,09	Maks.12 ^b
Abu (%)	39,71	15-40 ^b
Abu Tidak Larut dalam Asam (%)	0,03	Maks.1 ^b
Kekuatan Gel (g/cm ²)	4,14	20-500 ^b
Viskositas (cP)	7,90	Min.5 ^b
Titik Leleh (°C)	- ^a	-
Titik Jendal (°C)	- ^a	-

Ket: a = BSN (2009), b = FAO (2007), -^a = tidak terbentuk gel pada saat pengujian

Adapun beberapa faktor yang diduga mempengaruhi rendemen pada *refined carrageenan* yaitu lebih banyak dipengaruhi oleh suhu dan waktu ekstraksi pada proses *semi refined carrageenan* (Basmal et al. 2009). Rendemen pada suatu proses pembuatan karaginan dapat mengukur parameter efisiensi yang dapat menilai baik atau buruknya suatu proses ekstraksi pada karaginan (Siregar et al. 2016).

Menurut Hidayat (2004) Semakin baik kualitas karaginan tersebut maka karagenan tersebut memiliki kadar air yang rendah. Kadar air menunjukkan bahwa sangat berpengaruh untuk mengetahui suatu kualitas pada *refined carrageenan* tersebut. Berdasarkan hasil analisis tersebut, kadar air pada karaginan adalah 10,09%. Pada penelitian menunjukkan bahwa kadar air ini memenuhi standar mutu karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO (2007).

Menurut Wenno et al. (2012) Kandungan air pada karaginan dapat mempengaruhi daya simpannya. Kadar air yang rendah memiliki pengendapan yang baik dengan menggunakan etanol maupun isopropil, hal ini disebabkan karena adanya pengendap mengakibatkan serat yang ada di karaginan lebih banyak membentuk gel, sehingga kadar air dalam karaginan menjadi berkurang (Yasita dan Rachmawati 2009)

Berdasarkan hasil dari analisis, kadar abu pada karaginan adalah 39,71%. Pada penelitian menunjukkan bahwa kadar abu ini memenuhi standar mutu karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO (2007). Perbedaan kadar abu masih diduga ada terdapatnya garam dan mineral pada proses pembuatan karaginan, sehingga dapat mempengaruhi kadar abu tersebut (Yuniati 2011). Selain itu, Menurut Harun et al. (2013) menyatakan bahwa

kadar abu dipengaruhi oleh banyaknya kandungan mineral di lokasi pembudidayaan rumput laut dan tinggi rendahnya salinitas di perairan tersebut.

Menurut Diharmi *et al.* (2011) garam-garam klorida yang tidak larut asam yang sebagian besar yaitu garam logam berat dan silika yang ditemukan di alam sebagai kuarsa, pasir dan batu yang biasa disebut dengan kadar abu tidak larut asam. Berdasarkan hasil dari analisis tersebut, kadar abu tidak larut asam pada karaginan adalah 0,03%. Pada penelitian menunjukkan bahwa kadar abu ini memenuhi standar mutu karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO (2007).

Protein mampu menghasilkan berbagai produk dengan sifat-sifat yang lebih baik seperti peningkatan viskositas dan pembentukan gel, maka dari itu karaginan dapat berinteraksi dengan makromolekul lain yang bermuatan (Anggadiredja *et al.* 2007). Berdasarkan hasil dari analisis tersebut, kekuatan gel pada karaginan adalah 4,14 g/cm². Pada penelitian menunjukkan bahwa kekuatan gel belum memenuhi standar mutu karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO (2007).

Adapun faktor yang diduga mempengaruhi kekuatan gel tersebut yaitu tingginya kadar sulfat pada karaginan. waktu ekstraksi dapat mempengaruhi karaginan yang yang dihasilkan, semakin cepat waktu ekstraksi maka kandungan sulfatnya tinggi sehingga menyebabkan nilai kekuatan gel rendah (Faidliyah 2010;

Desiana dan Hendrawati 2015).

Menurut Fajar dan aziz (2010) viskositas merupakan suatu hambatan air yang mengalir, jika nilai viskositas tinggi maka hambatan air tersebut semakin besar untuk mengalir. Berdasarkan hasil dari analisis tersebut, viskositas pada karaginan adalah 7,90 cP. Pada penelitian menunjukkan bahwa viskositas ini memenuhi standar mutu karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO (2007). Viskositas pada karaginan yang dihasilkan dari rumput laut memiliki kadar air tinggi lebih rendah dibandingkan dengan viskositas pada karaginan dengan rumput laut yang memiliki kadar air rendah (Harun *et al.* 2013).

Berdasarkan hasil analisis tersebut, titik leleh dan titik jendal pada karaginan tidak dapat diuji karena tidak membentuk gel pada proses analisis. Hal ini diduga karena banyak hilangnya kadar sulfat, sehingga karaginan tersebut tidak membentuk gel. Hal ini sejalan dengan penelitian Suryaningrum (1988) yang menyatakan bahwa suhu titik jendal dan titik leleh berbanding terbalik dengan kandungan sulfat dan berbanding lurus dengan kandungan 3,6-anhidrogalaktosa.

Teknologi Proses Pencampuran SRC dan RC

Pada proses pencampuran (*blending*) terdapat perbedaan fisiko kimia pada karaginan yang sudah dicampurkan

dengan konsentrasi yang berbeda-beda, ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil penelitian, kekuatan gel pada karaginan dengan konsentrasi tertentu menunjukkan nilai sebesar 179,32 – 376,46 g/cm². Dengan penelitian ini dapat dilihat pada tabel 6, bahwa nilai kekuatan gel yang tertinggi pada karaginan D dan terendah pada karaginan B. Pada penelitian ini dihasilkan karaginan yang tidak sesuai dengan standar mutu PES/EU 407A, tetapi pada karaginan ini tidak bisa dinyatakan bahwa karaginan tersebut tidak baik. Menurut FAO (2007) nilai kekuatan gel pada karaginan berkisar 20-500 g/cm², hal ini sejalan dengan penelitian Wenno *et al.* (2012) yaitu memiliki nilai 196,60-330,00 g/cm².

Menurut FAO (2007) nilai viskositas pada karaginan adalah minimal 5 cP. Viskositas memiliki faktor kualitas yang penting bagi zat cair dan semi cair (kental) atau produk murni, salah satunya adalah karaginan (Failu *et al.* 2016). Berdasarkan hasil penelitian didapatkan nilai berkisar 10,97 – 139,47

cP. Pada penelitian ini dengan konsentrasi yang berbeda, didapatkan nilai viskositas yang tertinggi pada karaginan D dan terendah pada karaginan A. Dengan ini menunjukkan bahwa karaginan pada penelitian sesuai dengan standar mutu PES/EU 407A.

Titik jendal adalah suhu larutan karaginan yang dalam konsentrasi tertentu mulai membentuk gel, sedangkan titik leleh merupakan kebalikannya yaitu suhu larutan karaginan yang mencair dengan konsentrasi tertentu (Wenno *et al.* 2012). Pada penelitian ini titik leleh memiliki nilai yang berkisar 55,70 – 67,40 °C, dengan ini dapat dilihat bahwa karaginan C memiliki nilai tertinggi dan karaginan D memiliki nilai terendah. Sedangkan titik jendal memiliki nilai berkisar 38,00 - 44,10 °C, dengan ini menunjukkan nilai jendal tertinggi yaitu karaginan B dan nilai terendah adalah karaginan D. Menurut FAO (2007) menyatakan bahwa standar mutu PES/EU 407A masih belum diketahui.

Tabel 2. Fisiko Kimia Karaginan

Fisiko Kimia	Karaginan				Standar Mutu Karaginan
	A	B	C	D	
Kekuatan Gel (g/cm ²)	179,32	140,51	241,42	376,46	20-500 ^a
Viskositas (cP)	10,97	24,87	32,04	139,47	Min.5 ^a
Titik Leleh (°C)	59,20	60,00	67,40	55,70	-
Titik Jendal (°C)	43,00	44,10	43,10	38,00	-

Ket: a = FAO (2007)

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian ini pencampuran (*blending*) terbaik memiliki nilai karakteristik yang memenuhi standar karaginan yaitu karaginan D dengan kekuatan gel 376,46 g/cm², viskositas 139,47 cP, titik leleh 55,70 °C, dan titik jendal 38,00 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggadiredja TJ, Zatinika A, Purwoto H, Istini S. 2007. Rumput Laut. Jakarta : Penebar Swadaya.
- Association of Official Analytical Chemist [AOAC]. 2005. *Official of Analysis of the Association of Official Analytical of Chemist*. Mayland (USA). The Association of Official Analytical of Chemist, Inc.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. Rumput Laut Kering. SNI 2690.1:2009. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional
- Basmal J, Sedayu BB, Utomo BSB. 2009. Mutu *Semi Refined Carrageenan* (SRC) yang diproses menggunakan air limbah pengolahan src yang didaur ulang. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 4(1) : 1–11.
- Chen K, Ríos JJ, Pérez-Gálvez A, Roca M. 2017. Comprehensive chlorophyll composition in the main edible seaweeds. *Journal Food Chemistry*. 228 (1): 625–633.
- Diharmi A, Fardiaz D, Andarwulan N, dan Heruwati ES. 2011. Ekstraksi karagenan hasil isolasi (*Euचेuma spinosum* (Alga merah)) dari Perairan Semenep Madura. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 16(1): 117-124
- Desiana E, Hendrawati TY. 2015. Pembuatan karagenan dari *Euचेuma cottonii* dengan ekstraksi KOH menggunakan variabel waktu ekstraksi. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi*. 1-7
- Faidliyah NM. 2010. Tinjauan kualitas karaginan *Euचेuma cottonii* pada penggunaan pelarut dan waktu ekstraksi yang berbeda pada metode ekstraksi. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*.
- Failu I, Supriyono E, Suseno SH. 2016. Peningkatan kualitas karagenan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan metode budidaya keranjang jarring. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 15 (2): 124–131.
- Fajar HR, Azis. A. 2010. Pemanfaatan abu kelopak batang pisang sebagai sumber alkali dalam ekstraksi karaginan dari rumput laut. *Jurnal Media Perspektif*. 10(1): 4-7.
- Food Agricultural Organization. 2007. *Compendium of Food Additive Spesificaton*. Rome: Communication

- Division FAO Viale delle Terme di Caracalla.
- Food Marine Colloids Corp. 1977. Carrageenan. Marine Monograph Number One. Marine Colloid Division FMC Corporation. Springfield, New Jersey, USA. p 23-29.
- Freile-Pelegrin Y, Robledo D. 1997. Effects of season on the agar content and chemical characteristics of *Gracilaria cornea* from Yucatan, Mexico. *Journal Botanica Marina*. 40(1): 285-290
- Harun M, Montolalu RI, Suwetja IK. 2013. Karakteristik fisika kimia karaginan rumput laut jenis (*Kappaphycus alvarezii*) pada umur panen yang berbeda di Perairan Desa Tihengo Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*. 1(1): 7-12.
- Hayashi L, de Paula EJ, Chow F. 2007. Growth rate and carrageenan analyses in four strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) farmed in the Subtropical Waters of São Paulo State, Brazil. *Journal of Applied Phycology*. 19(1): 393-399.
- Hidayat, A., 2004. Pengaruh kelembaban udara terhadap kualitas rumput laut kering asin jenis *Euclima cottonii* dan *Gracillaria* sp Selama Penyimpanan. [Skripsi]. Departemen Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ilhamdy, A.F., Jumsurizal., Shabilla, W.K, 2019. Sifat Fisiko-Kimia *Semi Refined Carrageenan* (SRC) *Kappaphycus Alvarezii* dari Perairan Karimun, Kepulauan Riau, Indonesia. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 9(2):1-14
- Keputusan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 140 tahun 2016 tentang Penerapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Katagori Industri Pengolahan Golongan Pokok Industri Makanan Bidang Industri Pengolahan Rumput Laut *Semi Refined Carrageenan* dan *Refined Carrageenan*.
- Kintanar QL, Lim-Sylianco CY, Gutierrez JR, Molina HA, Alba OM, Calderon, CJ, Pagsanhan EP, Balboa J, Serrame E, Guantes E, De Castro EG, Biales CIB, Calbitaza EL, Saitoh Y, Imai K. 1997. Toxicological Studies On Philippine Natural Grade Carrageenan. *Scientific Paper: Toxicological Studies*. 183-208.
- McHugh, D. J. (2003). A guide to the seaweed industry: FAO fisheries technical paper No. 441 (pp. 61–72). Rome: FAO.
- Siregar RF, Santoso J, Uju. 2016. Karakteristik fisika kimia kappa karaginan hasil degradasi menggunakan hidrogen peroksida. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(3): 256-266.

- Suryaningrum TD. 1988. Kajian sifat-sifat mutu komoditi rumput laut budidaya jenis *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum*. [Tesis]. IPB. Bogor. Indonesia.
- Sormin RBD, Soukotta D, Saiful, Risambessy, Ferdinandus ASSJ. 2018. Sifat fisiko-kimia *Semi Refined Carrageenan* dari Kota Ambon dan Kabupaten Maluku Tenggara Barat. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(1): 92-98.
- Wenno MR, Thenu JL, Lopulalan CGC. 2012. Karakteristik kappa karaginan dari *Kappaphycus Alvarezii* pada berbagai umur panen. *Jurnal PB Perikanan*. 7(1): 61–67.
- Yasita D, Rachmawati ID. 2009. Optimasi proses ekstraksi pada pembuatan karaginan dari rumput laut *Eucheuma Cottoni* untuk mencapai food grade. [Skripsi] Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- Yuniati, E. 2011. Karakteristik fisiko-kimia karagenan dan histologi rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dari daerah asal bibit dan umur panen berbeda. [Tesis]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.