

DEPOLIMERISASI KARAGINAN MURNI DENGAN HIDROGEN PEROKSIDA DAN AKSELERASI GELOMBANG ULTRASONIK

Uju^{1,2*}, Joko Santoso¹, Ianaegee Randioko Hans Rrap¹

¹Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan,
Institut Pertanian Bogor

²Surfactant and Bioenergy Research Center, Bogor Agricultural University
Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Jalan Agatis, Bogor 16680 Jawa Barat
Telepon (0251) 8622909-8622906, Faks. (0251) 8622915

*Korespondensi: ujusadi@gmail.com

Diterima: 24 Januari 2018/ Disetujui: 23 April 2018

Cara sitasi: Uju, Santoso J, Rrap IRH. 2018. Depolimerisasi karaginan murni dengan hidrogen peroksida dan akselerasi gelombang ultrasonik. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(1): 156-166.

Abstrak

Karaginan dengan bobot molekul lebih dari 100 kDa memiliki tingkat kelarutan yang kecil. Karaginan berbobot molekul rendah dapat diperoleh melalui depolimerisasi secara kimia, fisika, enzimatis dan radiasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan kombinasi terbaik (H_2O_2) dan suhu ultrasonikasi untuk membuat karaginan berbobot molekul rendah dari karaginan murni, serta membandingkan karakteristik perlakuan terpilih dengan kontrol dan karaginan murni. Konsentrasi H_2O_2 yang digunakan untuk depolimerisasi adalah 2%, 4% atau 6% (b/v) dan suhu ultrasonikasi adalah 40°C atau 60°C. Penggunaan konsentrasi dan suhu ultrasonikasi berpengaruh terhadap karakteristik depolimerisasi karaginan murni yang dihasilkan. Perlakuan terpilih diperoleh dari karaginan yang di-depolimerisasi dengan H_2O_2 6% dan suhu ultrasonikasi 60°C dengan hasil rendemen 78,83±0,79%, viskositas 1,75±0,10 cP dan bobot molekul 4,47±2,88 kDa. Perlakuan ini menghasilkan karaginan depolimerisasi dengan gugus fungsional yang sangat berbeda dengan perlakuan lainnya yang menunjukkan proses depolimerisasi telah terjadi.

Kata kunci: depolimerisasi karaginan, H_2O_2 , karaginan berbobot molekul rendah, ultrasonikasi

Depolymerisation of Carrageenan with Hydrogen Peroxide and Accelerated by Ultrasonic Wave

Abstract

Carrageenan with molecular weight more than 100 kDa has low solubility. Low molecular weight carrageenan can be obtained by depolymerisation using chemical, physics, enzymatic and radiation. Research aim was to determine the best combination of hydrogen peroxide (H_2O_2) and ultrasonication temperature to obtain oligosaccharides with low molecular weight from refined carrageenan. Concentrations of H_2O_2 were 2%, 4% and 6% (w/v) respectively, while temperatures of ultrasonication were 40 °C and 60 °C. The concentration of H_2O_2 and temperature of ultrasonication effected the charactersitics of depolymerized refined carrageenan. The elected of depolymerized refined carrageenan was obtained from the treatment of 6% H_2O_2 and ultrasonication temperature 60 °C with yield 78,83% ± 0,79; viscosity 1.75 cP ± 0.10 and molecular weight 4.47 kDa ± 2.88. The treatment produced the depolymerized refined carrageenan with its functional group of carrageenan was very different compared from other treatments which showed depolymerisation has occurred.

Keywords: carrageenan degradation, H_2O_2 , low molecular weight carrageenan, ultrasonication

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu wilayah perairan *coral triangle* dari habitat enam spesies rumput laut yang potensial antara lain *Gracillaria*, *Gellidium*, *Eucheuma*, *Hypnea*, *Sargassum* dan *Turbinaria*. Produksi rumput laut Indonesia tahun 2015 sebanyak 10,8 juta ton, nilai tersebut meningkat lebih dari tiga kali lipat produksi rumput laut pada tahun 2010 sebesar 3,5 juta ton (*United Nation Commodity Trade Statistics Database* 2017). Produksi rumput laut Indonesia yang melimpah membuat komoditas tersebut menjadi penopang perekonomian nasional melalui peningkatan penerimaan devisa negara. Rumput laut sebagian besar masih diekspor dalam bentuk bahan mentah berupa rumput laut kering karena hasil pascapanen rumput laut.

Hasil pascapanen rumput laut salah satunya yaitu karaginan. Karaginan merupakan senyawa hidrokoloid hasil metabolisme primer rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii* termasuk dalam kelas *Rhodopyceae* yang dikenal dengan nama dagang *Eucheuma cottonii* (Milani dan Maleki 2012). Hidrokoloid karaginan termasuk polimer dalam grup fikokoloid ester sulfat larut air yang tersusun dari ikatan α -1,3 dan β -1,4 D-galaktopiranosida dengan bobot molekul lebih dari 100 kDa (Angka *et al.* 2000). Hidrokoloid tersebut berfungsi sebagai pemekat, pengemulsi, dan penstabil serta memiliki kemampuan untuk membentuk gel secara *thermoreversible* atau gel menjadi kental saat didinginkan dan kembali menjadi cair saat dipanaskan (Diharmi *et al.* 2011).

Karaginan menjadi hidrokoloid serbaguna yang dapat digunakan dalam berbagai bidang. Industri pangan menggunakan karaginan sebagai penstabil yang ideal pada industri susu (Pereira *et al.* 2009), bahan tambah pada pembuatan permen *jelly* gelatin kulit ikan cucut (Suptijah *et al.* 2013), serta bahan tambah pada pembuatan kamaboko ikan kurisi (Agustin 2012). Penambahan gliserol dan karaginan pada pembuatan *edible film* dari pati buah lindur (Jacoeb *et al.* 2014). Industri kosmetik menggunakannya sebagai *gelling agent* (pembentuk gel) atau *binding agent*

(Ega *et al.* 2016). Pomin *et al.* (2010) melaporkan bahwa karaginan dalam bidang medis digunakan karena memiliki senyawa yang bersifat elektronegatif dan kerapatan muatan antara ester sulfat yang memungkinkan terjadinya interaksi elektrostatik dengan protein secara spesifik yang menyebabkan munculnya fungsi aktivitas biologi senyawa tersebut.

Karaginan dengan bobot molekul yang besar (lebih dari 100 kDa) memiliki tingkat kelarutan kecil sehingga aplikasinya dalam bidang medis dan kosmetika menjadi terbatas. Hal tersebut sesuai dengan yang dilaporkan Haijin *et al.* (2003) bahwa karaginan yang memiliki bobot molekul rendah dari hasil depolimerisasi ditemukan adanya aktivitas anti-tumor. Hasil penelitian tersebut menunjukkan perlunya dilakukan penelitian mengenai depolimerisasi karaginan, sehingga dapat diaplikasikan ke berbagai bidang, terutama dalam bidang kesehatan.

Penelitian tentang pengembangan metode depolimerisasi karaginan telah banyak dilakukan, antara lain metode depolimerisasi menggunakan asam klorida (Kalitnik *et al.* 2013; Yu *et al.* 2002; Yuan dan Song 2005), enzim karagenase (Kalitnik *et al.* 2013; Haijin *et al.* 2003) dan radiasi (Abad *et al.* 2009). Siregar *et al.* (2016) melaporkan bahwa H_2O_2 dapat efektif untuk depolimerisasi polisakarida karaginan. Prinsip depolimerisasi polisakarida dengan H_2O_2 adalah berdasarkan pada pembentukan radikal hidroksil reaktif. Hidrogen peroksida merupakan oksidator kuat yang dapat menyerang ikatan glikosidik pada polisakarida sehingga menyebabkan peningkatan jumlah rantai polimer dan penurunan bobot molekul pada produk polisakarida yang dihasilkan (Sun *et al.* 2009).

Gelombang ultrasonik telah banyak dilaporkan dapat digunakan untuk mempercepat proses ekstraksi proses depolimerisasi (Fuadi 2012, Ratnawati *et al.* 2016; Sanchez *et al.* 2013). Penggunaan kombinasi antara penggunaan H_2O_2 dan ultrasonikasi diharapkan dapat membuat karaginan dengan bobot molekul rendah dengan cara yang lebih efisien. Penelitian ini bertujuan menentukan

kombinasi terbaik H_2O_2 dan suhu ultrasonikasi untuk membuat karaginan berbobot molekul rendah dari karaginan murni, serta membandingkan karakteristik perlakuan terpilih dengan kontrol dan karaginan murni.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah karaginan murni yang didapat dari CV Ocean Fresh Bogor. Bahan lain yang digunakan adalah hidrogen peroksida MERCK® (H_2O_2), akuades dan isopropil alkohol MERCK® (IPA). Alat utama yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan analitik (Sartorius TE 64, US), termometer, kompor listrik, *hot plate* (SCIOGEX MS-H280-P50, US), nilon 100 mesh, oven mekanik (300 Watt), *ultrasonic processor* (Cole Palmer 130Watt 20kHz, CN), viskometer (Gilmond GV 2200, US), oven (Yamato DV 41, JP), tanur (Yamato FM 38, JP) dan *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy/ FTIR* (Bruker Tensor 37, US).

Metode Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengkarakterisasi karaginan murni yang meliputi parameter viskositas (instruksi vendor seperti yang dideskripsikan oleh Uju 2005), prediksi model bobot molekul (Walstra 2003), kadar sulfat (FMC Corp. 1977), dan kadar abu tak larut asam (FMC Corp. 1977). Tahap kedua yaitu depolimerisasi karaginan yang mengacu pada Li *et al.* (2010) dan Savitri *et al.* (2014) dengan beberapa modifikasi. Depolimerisasi dilakukan dengan H_2O_2 pada konsentrasi 2%, 4% dan 6% (b/v). Proses depolimerisasi tersebut dilakukan dengan ultrasonikasi pada suhu 40°C dan 60°C. Tahap ketiga yaitu menentukan perlakuan terpilih dengan mempertimbangkan parameter depolimerisasi rendemen, viskositas dan bobot molekul. Tahap ke empat yaitu dengan membandingkan perlakuan terpilih dengan perlakuan kontrol dan karaginan murni. Parameter yang dibandingkan yaitu kadar abu tak larut asam, kadar sulfat dan analisis gugus fungsi.

Depolimerisasi karaginan murni

Proses depolimerisasi diawali dengan menimbang karaginan 10 g kemudian ditambahkan dengan 500 mL akuades untuk memperoleh larutan karaginan 2% (b/v). Larutan tersebut ditambahkan 500 mL H_2O_2 pada konsentrasi 2%, 4% atau 6%. Larutan dipanaskan dengan *hotplate* secara bertahap pada suhu 40°C atau 60°C selama 20 menit. Proses depolimerisasi tersebut diakselerasi dengan ultrasonikasi pada frekuensi 20 kHz dan daya 130 Watt. Karaginan yang diberi perlakuan tersebut didinginkan pada suhu ruang kemudian dipresipitasi dengan IPA pada rasio IPA:larutan 3:1 (v/v). Karaginan yang terpresipitasi disaring dengan kain nilon 100 mesh kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 12 jam.

Penentuan perlakuan terpilih

Karaginan hasil depolimerisasi yang diperoleh kemudian dilakukan karakterisasi untuk menentukan perlakuan terpilih. Karakterisasi yang dilakukan meliputi rendemen, viskositas dan bobot molekul. Hasil karakteristik tersebut kemudian dibandingkan dengan perlakuan kontrol dan karaginan murni.

Karakterisasi perlakuan terpilih

Karakteristik karaginan perlakuan terpilih dari hasil depolimerisasi (KP) dibandingkan dengan karakteristik karaginan murni tanpa depolimerisasi (KM) dan karaginan hasil depolimerisasi yang hanya menggunakan ultrasonikasi pada suhu 60°C dan dengan karaginan hasil depolimerisasi yang menggunakan H_2O_2 6% pada suhu 60°C (KK). Perbandingan perlakuan tersebut kemudian dilakukan analisis yaitu kadar abu tak larut asam, kadar sulfat dan analisis gugus fungsi.

Analisis Data

Data yang dianalisis pada penelitian ini terbagi menjadi dua. Rancangan percobaan pertama yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dua faktorial untuk pemilihan perlakuan terpilih pada parameter

Tabel 1 Karakteristik awal karaginan murni
(Table 1 Characteristics of pure carrageen)

Karakteristik/ <i>Characteristics</i>	Karaginan/ <i>Carrageenan</i>	Standar/ <i>Standard</i>
Sulfat/ <i>Sulphates</i> (%)	18.59±0.11	15-40*
Abu tak larut asam/ <i>Acid -insoluble ash</i> (%)	0.18±0.01	Maks. 1*
Viskositas/ <i>Viscosity</i> (cP)	30.87±0.25	Min. 5*
Bobot molekul/ <i>Molecular weight</i> (kDa)	190.70±0.93	100-500**

Sumber: *FAO (2007), **FAO (1990)

rendemen, viskositas dan bobot molekul. Rancangan percobaan kedua yang digunakan setelah mendapatkan perlakuan terpilih adalah rancangan acak lengkap satu faktor. Rancangan percobaan ini dilakukan pada parameter analisis kadar abu tak larut asam dan kadar sulfat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Karaginan Murni

Karakterisasi terhadap sampel karaginan murni sebagai bahan baku yang akan didepolimerisasi meliputi karakterisasi secara kimiawi dan fisika yang meliputi viskositas, kadar sulfat, abu tak larut asam, dan bobot molekul. Hasil karakterisasi bahan baku tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

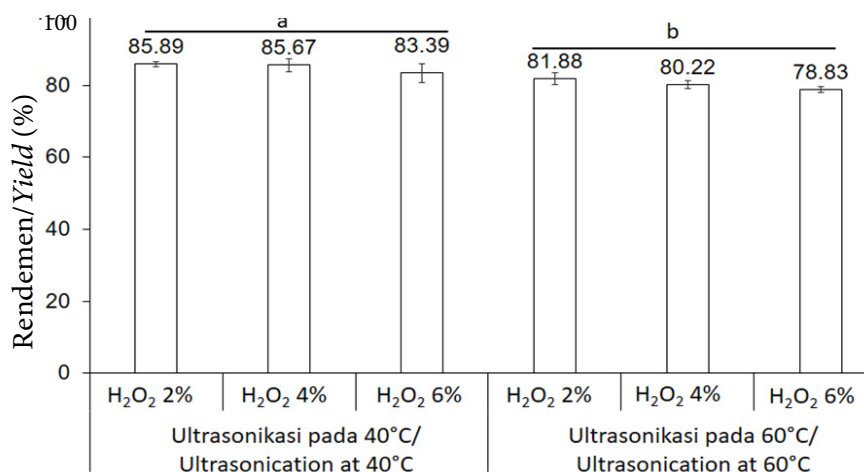
Kadar sulfat karaginan murni yang didapat sebesar 18,59%. Hasil tersebut tidak berbeda jauh dengan yang dilaporkan Distantina (2013) yaitu 18,60%. Kadar sulfat tersebut sudah memenuhi standar kadar sulfat

yang ditetapkan FAO (2007) yaitu 15-40%. Kadar abu tak larut asam yang didapat dari hasil penelitian adalah 0,18%, yang juga sudah sesuai dengan standar FAO (2007) yakni maksimal 1%.

Karakteristik fisik karaginan murni yang terdiri dari viskositas dan bobot molekul. Hasil viskositas karaginan murni yang didapat sebesar 30,87 cP. Nilai viskositas karaginan ini telah memenuhi persyaratan minimum FAO (2007) minimal 5 cP. Parameter fisik yang kedua yaitu bobot molekul. Nilai bobot molekul karaginan murni yang diperoleh pada penelitian ini adalah 190,70 kDa. Nilai bobot molekul tersebut telah memenuhi standar persyaratan yang ditetapkan oleh FAO (1990) maksimal sebesar 500 kDa.

Rendemen Karaginan Hasil Depolimerisasi

Rendemen menjadi salah satu indikator proses dan kualitas suatu



Gambar 1 Pengaruh suhu ultrasonikasi dan konsentrasi hidrogen peroksida terhadap rendemen karaginan yang depolimerisasi.

(Figure 1 Effect of ultrasonic temperature and hydrogen peroxide concentration on depolymerized carrageen recovery).

proses. Rendemen karaginan hasil depolimerisasi karaginan dihitung dengan cara membandingkan antara berat padatan karaginan yang dihasilkan dari proses depolimerisasi terhadap bobot karaginan murni. Rendemen hasil depolimerisasi karaginan dapat dilihat pada Gambar 1.

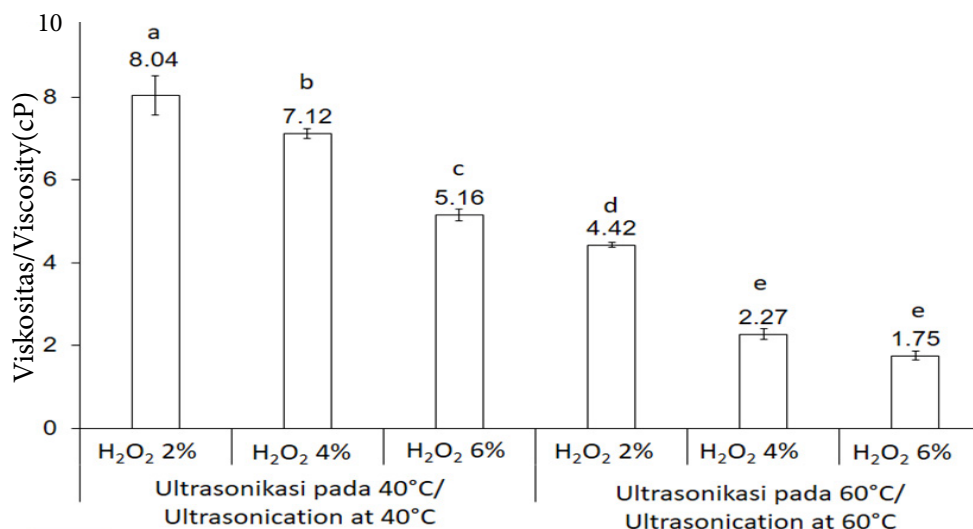
Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa rendemen depolimerisasi karaginan dipengaruhi oleh suhu ultrasonikasi berbeda ($p < 0,05$), sedangkan perlakuan konsentrasi H_2O_2 dan interaksi antara suhu ultrasonikasi dan konsentrasi H_2O_2 tidak mempengaruhi nilai rendemen yang dihasilkan ($p > 0,05$). Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan rendemen karaginan hasil depolimerisasi dengan perlakuan suhu ultrasonikasi $40^\circ C$ berbeda nyata dengan karaginan hasil depolimerisasi menggunakan perlakuan suhu ultrasonikasi $60^\circ C$. Menurut Fuadi (2012), gelombang ultrasonik yang digunakan dalam proses ekstraksi dapat meningkatkan nilai rendemen dengan tingkat efisiensi waktu mencapai 50%. Ratnawati *et al.* (2016) menyatakan perlakuan suhu tinggi pada ultrasonikasi dapat menyebabkan uap dari pelarut masuk ke dalam rongga kavitas yang terbentuk sehingga menghambat proses depolimerisasi sehingga rendemen yang dihasilkan rendah.

Karakteristik Viskositas Karaginan Hasil Depolimerisasi

Viskositas merupakan ukuran kekentalan suatu zat cair yang menyatakan besar kecilnya tahanan terhadap gesekan antara molekul-molekul zat cair dengan gaya kohesi pada zat cair tersebut. Viskositas karaginan hasil depolimerisasi dapat dilihat pada Gambar 2.

Viskositas karaginan hasil depolimerisasi tertinggi terdapat pada perlakuan H_2O_2 2% dengan suhu ultrasonikasi $40^\circ C$ sebesar 8,04 cP sedangkan viskositas terendah terdapat pada perlakuan H_2O_2 6% dengan suhu ultrasonikasi $60^\circ C$ sebesar 1,75 cP. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa viskositas karaginan hasil depolimerisasi dipengaruhi oleh perlakuan ultrasonik pada suhu ultrasonikasi berbeda, perlakuan konsentrasi H_2O_2 yang berbeda serta interaksi keduanya ($p < 0,05$). Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan viskositas karaginan hasil depolimerisasi dengan kombinasi perlakuan H_2O_2 6% dan suhu ultrasonikasi $60^\circ C$ tidak berbeda nyata dengan perlakuan H_2O_2 4% dan suhu ultrasonikasi $60^\circ C$ namun berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya.

Hasil yang didapat menunjukkan semakin tinggi suhu perlakuan maka semakin rendah nilai viskositas karaginan tersebut. Hasil ini



Gambar 2 Pengaruh suhu ultrasonikasi dan konsentrasi hidrogen peroksida terhadap viskositas karaginan yang depolimerisasi.

(Figure 2 Effect of ultrasonic temperature and hydrogen peroxide concentration on the depolymerized caraginan viscosity).

serupa dengan yang dilaporkan Ega *et al.* (2016) dan Sanchez *et al.* (2013) bahwa viskositas larutan menurun seiring peningkatan suhu akibat terjadi depolimerisasi dari karaginan tersebut. Gelombang ultrasonik akan memecah ikatan hidrogen pada polisakarida sehingga viskositas akan menurun.

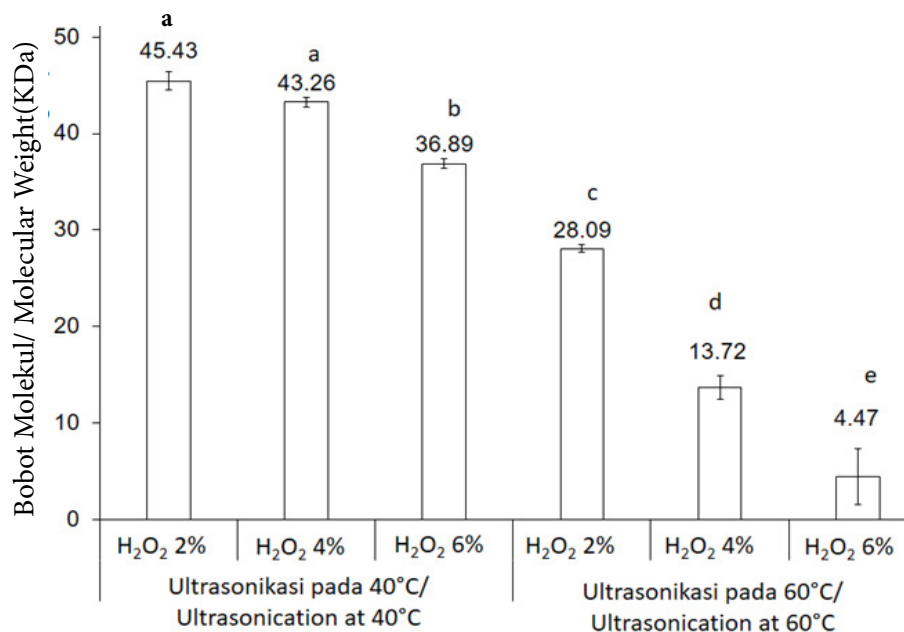
Karakteristik Bobot Molekul Karaginan Hasil Depolimerisasi

Bobot molekul karaginan hasil depolimerisasi tertinggi terdapat pada perlakuan H_2O_2 2% dengan suhu ultrasonikasi $40^\circ C$ sebesar 45,43 kDa sedangkan bobot molekul terendah terdapat pada perlakuan H_2O_2 6% dengan suhu ultrasonikasi $60^\circ C$ sebesar 4,47 kDa (Gambar 3). Hasil analisis ragam menunjukkan bobot molekul karaginan hasil depolimerisasi dipengaruhi oleh suhu ultrasonikasi, konsentrasi H_2O_2 dan interaksi keduanya ($p < 0,05$). Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bobot molekul karaginan hasil depolimerisasi dengan kombinasi perlakuan H_2O_2 6% dan suhu ultrasonikasi $60^\circ C$ berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya.

Nilai bobot molekul yang menurun seiring dengan menurunnya viskositas diduga akibat perlakuan H_2O_2 dan suhu ultrasonikasi yang memutus ikatan polimer karaginan. Sun *et al.* (2009) menyatakan semakin tinggi konsentrasi H_2O_2 yang digunakan maka semakin rendah pula nilai bobot molekul karaginan tersebut. Penurunan nilai bobot molekul tersebut disebabkan semakin banyak radikal hidroksil reaktif (-OH) yang terbentuk dari penguraian H_2O_2 akan memutus ikatan glikosidik dari polisakarida pada saat proses depolimerisasi. Ratnawati *et al.* (2016) menyatakan perlakuan suhu pada ultrasonikasi dapat menyebabkan uap dari pelarut masuk ke dalam rongga kavitas yang terbentuk sehingga ikatan antar polimernya terurai.

Perlakuan Depolimerisasi Karaginan Terpilih

Perlakuan terpilih ditentukan melalui hasil analisis viskositas, bobot molekul hasil depolimerisasi karaginan dan melalui studi literatur penelitian. Viskositas dan bobot



Gambar 3 Pengaruh suhu ultrasonikasi dan konsentrasi hidrogen peroksida terhadap bobot molekul karaginan yang depolimerisasi.

(Figure 3 Effect of ultrasonic temperature and hydrogen peroxide concentration on the depolymerized carrageer molecular weight).

molekul depolimerisasi karaginan terpilih dihasilkan dari karaginan dengan perlakuan suhu ultrasonikasi 60°C dan H₂O₂ 6%. Hasil tersebut mendekati bobot molekul karaginan hasil depolimerisasi yang dilaporkan Kalitnik *et al.* (2013) yaitu 2,2 kDa.

Karaginan dari hasil depolimerisasi selanjutnya dilakukan analisis kadar abu tak larut asam, kadar sulfat dan analisis gugus fungsi menggunakan FTIR. Analisis lanjutan terhadap perlakuan terpilih depolimerisasi karaginan tersebut kemudian dibandingkan dengan dua perlakuan kontrol dan karaginan murni. Perlakuan kontrol yang pertama yaitu menggunakan larutan H₂O₂ 6% dan perlakuan kontrol kedua yaitu menggunakan suhu ultrasonikasi 60°C.

Karakteristik Kadar Abu Tak Larut Asam dan Kadar Sulfat Karaginan Perlakuan Terpilih

Abu tidak larut asam adalah garam-garam klorida yang tidak larut asam yang sebagian adalah garam-garam logam berat dan silika (Wenno *et al.* 2012). Hasil kadar abu tak larut asam berkisar antara 0,11-0,18% (Tabel 2). Hasil analisis ragam menunjukkan kadar abu tak larut asam perlakuan terpilih berbeda signifikan dengan karaginan murni, kontrol suhu ultrasonikasi 60°C dan kontrol H₂O₂ 6% ($p < 0,05$). Uji lanjut Duncan menunjukkan abu tak larut asam berbeda nyata dengan karaginan murni tanpa perlakuan dan kontrol lainnya. Hasil kadar abu tak larut

asam sudah sesuai dengan standard FAO (2007) maksimal sebesar 1%. Hasil yang didapat lebih rendah daripada penelitian Chan *et al.* (2013) yang menunjukkan kadar abu tak larut asam karaginan berkisar antara 0,14–0,35%. Hasil yang didapat diduga karena pada suhu tinggi zat-zat organik dan anorganik tak larut asam yang terdapat dalam karaginan dapat tereduksi secara optimal (Arfini 2011).

Kadar sulfat perlakuan terpilih (KP) didapat sebesar 18,24%. Hasil analisis ragam menunjukkan kadar sulfat perlakuan terpilih berbeda signifikan dengan karaginan murni, kontrol suhu ultrasonikasi 60°C dan kontrol H₂O₂ 6% ($p < 0,05$). Uji lanjut Duncan menunjukkan kadar sulfat berbeda nyata dengan karaginan murni tanpa perlakuan dan kontrol suhu ultrasonikasi 60°C namun tidak berbeda nyata dengan kontrol H₂O₂ 6%. Kadar sulfat yang didapat tidak sesuai dengan Campo *et al.* (2009) yang menyatakan semakin tinggi kadar sulfat maka semakin tinggi pula viskositas larutan tersebut. Kadar sulfat yang tidak berubah setelah diberi perlakuan dalam penelitian ini diduga karena tidak adanya perlakuan alkali dalam proses depolimerisasi sehingga perlakuan ultrasonikasi dan konsentrasi H₂O₂ hanya memecah ikatan glikosidik tanpa mengurangi kadar sulfat. Kasim (2013) menyatakan penggunaan alkali membantu monomer dengan membentuk 3,6-anhidrogalaktosa sehingga meningkatkan kekuatan gel.

Tabel 2 Perbandingan karakteristik karaginan murni dan hasil depolimerisasi melalui beberapa metode depolimerisasi

(Table 2 Comparison of the characteristics of pure carrageen and depolymerization results through several depolymerization methods)

Perlakuan/Treatment	Parameter (%)	
	Abu/ Ash content	Sulfat/ Sulphate
KM	0.18±0.01 ^a	18.59±0.11 ^a
KU	0.17±0.01 ^a	17.83±0.25 ^b
KK	0.14±0.01 ^{ab}	18.25±0.02 ^{ab}
KP	0.11±0.02 ^b	18.24±0.13 ^{ab}

Keterangan:

KM = Karaginan murni tanpa perlakuan depolimerisasi

KU = Karaginan murni dengan perlakuan ultrasonikasi pada suhu 60°C

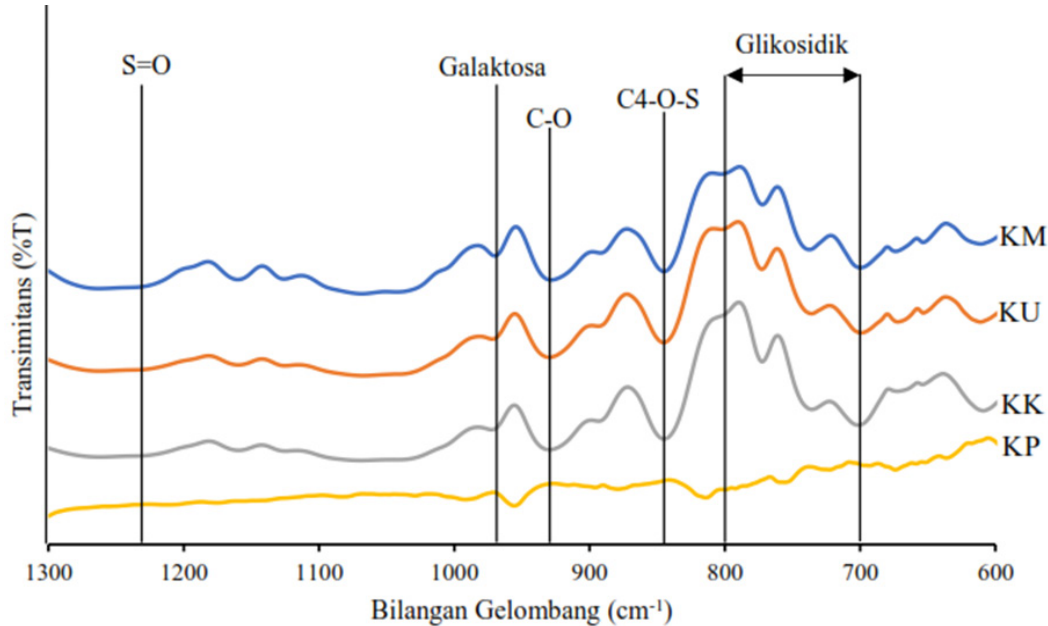
KK = Karaginan murni dengan perlakuan H₂O₂ 6% pada suhu 60°C

KP = Karaginan perlakuan terpilih (ultrasonikasi pada suhu 60°C dengan H₂O₂ 6%)

Tabel 3 Data serapan karaginan murni
(Table 3 Data of pure carrageen adsorption)

Bilangan gelombang/ wave number (cm ⁻¹)	Ikatan/Bond	Gugus Fungsi/ Functional groups
1240	S=O	ester sulfat*
970,72	-	galaktosa**
926,83	C-O	3,6-anhidrogalaktosa**
845	C-O-S	3,6-anhidrogalakto-4-sulfat***

Sumber: *Chopin dan Whalen (1993), **Pereira (2009), ***Sekkal dan Legrand (1993)



Gambar 4 Spektrum gugus fungsi hasil depolimerisasi karaginan. KM (karaginan murni tanpa perlakuan depolimerisasi), KU (karaginan murni dengan perlakuan ultrasonikasi pada suhu 60°C), KK (karaginan murni dengan perlakuan H₂O₂ 6% pada suhu 60°C), KP (karaginan perlakuan terpilih (ultrasonikasi pada suhu 60°C dengan H₂O₂ 6%).

(Figure 4 Spectrum of functional groups of carrabinized depolymerization results)

Karakteristik Gugus Fungsi Karaginan Perlakuan Terpilih

Analisis perubahan gugus fungsi karaginan murni dan karaginan hasil depolimerisasi dilakukan menggunakan Fourier Transform Infra Red Spectroscopy (FTIR). Hasil spektrum gugus fungsi karaginan murni dan hasil depolimerisasi dapat dilihat pada Gambar 4, sedangkan penjelasan tentang gugus fungsi karaginan hasil identifikasi dengan spektroskopi infra merah dapat dilihat pada Tabel 3.

Gambar 4 menunjukkan bahwa sampel karaginan murni yang digunakan berasal dari jenis kappa karginan. Hal tersebut

teridentifikasi dari adanya gugus fungsi ester sulfat yang lebar, gugus fungsi galaktosa dan gugus 3,6-anhidrogalaktosa yang kuat yang merupakan karakteristik dari kappa karaginan (Pereira 2009). Karaginan murni tanpa depolimerisasi (KM) jika dibandingkan dengan dan karaginan murni hasil depolimerisasi KU dan KK, karaginan hasil perlakuan terpilih (KP) memiliki kemunculan gugus fungsi yang sangat berbeda yang menunjukkan proses depolimerisasi telah terjadi. Perlakuan KP terlihat adanya pergeseran bilangan gelombang dari ikatan α (1,3) dan β (1,4) glikosidik antara bilangan gelombang 700–800 cm⁻¹ serta gugus

3,6-anhidrogalakto-4-sulfat pada bilangan gelombang 845 cm^{-1} atau kemunculan intensitas cenderung berkurang. Hal tersebut diduga bahwa pengaruh perlakuan depolimerisasi berhasil memutus ikatan glikosidik yang ada pada karaginan murni dan pada perlakuan ultrasonikasi pada suhu 60°C dengan H_2O_2 6% (KP) terjadi sangat kuat.

KESIMPULAN

Perlakuan depolimerisasi karaginan dengan kombinasi H_2O_2 dan suhu ultrasonikasi memberi pengaruh terhadap karakteristik rendemen, viskositas dan bobot molekul karaginan murni. Karaginan terpilih dari kombinasi perlakuan tersebut diperoleh dari perlakuan H_2O_2 6% dan suhu ultrasonikasi 60°C . Karakteristik karaginan berbobot molekul rendah perlakuan terpilih memiliki kadar abu larut asam yang lebih rendah serta memiliki perubahan gugus fungsional yang sangat berbeda dengan perlakuan lainnya yang menunjukkan proses depolimerisasi telah terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abad LV, Kudo H, Saiki S, Nagasawa N, Tamada M, Katsamura Y, Aranilla CT, Rellve Ls, De La Rosa AM. 2009. Radiation degradation studies of carrageenans. *Carbohydrate Polymers*. 78: 100-106.
- Agustin TI. 2012. Mutu fisik dan mikrostruktur kamaboko ikan kurisi (*Nemipterus nematophorus*) dengan penambahan karaginan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 15(1): 17-26.
- Angka SL, Suhartono MT. 2000. *Bioteknologi Hasil Laut*. Bogor (ID): Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor.
- Arfini F. 2011. Optimasi proses ekstraksi pembuatan karaginan dari rumput laut merah (*Eucheuma cottonii*) serta aplikasinya sebagai penstabil pada sirup markisa [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Campo VL, Kawano DF, Junior DBS, Carvalho II. 2009. Carrageenans: biological properties, chemical modification and structural analysis. *Carbohydrate Polymers*. 77: 167-180.
- Chan S W, Mirhosseini H, Taip F S, Ling T C, Tan C P. 2013. Comparative study on the physicochemical properties of k-carrageenan extracted from *Kappaphycus alvarezii* (doty) doty ex silva in Tawau, Sabah, Malaysia and commercial K-carrageenan. *Food Hydrocolloids*. 30: 581-588.
- Chopin T, Whalen E. 1993. A new and rapid method for carrageenan identification by FTIR diffuse reflectance spectroscopy directly on dried, ground algal material. *Carbohydrate Research*. 246: 51-59.
- Diharmi A, Fardiaz D, Andarwulan N, Herawati D. 2011. Karakteristik karaginan hasil isolasi *Eucheuma spinosum* (alga merah) dari perairan Sumenep, Madura. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 16(1): 117-124.
- Distantina S, Wiratni, Fahrurrozi M, Rochmadi. 2011. Carrageenan properties extracted from *Eucheuma cottonii*, Indonesia. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 54: 738-741.
- Ega L, Lopulalan C G C, Meiyasa F. 2016. Kajian mutu karaginan rumput laut *Eucheuma cottonii* berdasarkan sifat fisiko-kimia pada tingkat konsentrasi kalium hidroksida (KOH) yang berbeda. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 5(2): 38 - 44.
- [FAO] Food Agricultural Organization. 1990. Training Manual on *Gracilaria* Culture and Seaweed Processing in China: Department of Aquatic Products. Ministry of Agriculture, China. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB730E/AB730E00.htm>
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 2007. Compendium of Food Additive Specification, Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives Monographs 4. Rome (IT): Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- [FMC Corp.] Food Marine Colloids Corporation. 1977. *Carrageenan*. Marine Colloid Monograph Number One. Springfield New Jersey (US): Marine Colloid Division FMC Corporation page 23-29 New Jersey.

- Fuadi A. 2012. Ultrasonik sebagai alat bantu ekstraksi oleoresin jahe. *Jurnal Teknologi*. 12(1): 14-21.
- Haijin M, Xiaolu J, Huashi G. 2003. A k-carrageenan derived oligosaccharide prepared by enzymatic degradation containing anti-tumor activity. *Journal of Applied Phycology*. 15: 297-303.
- Jacob AM, Nugraha R, Utari SPSD. 2014. Pembuatan *edible film* dari pati buah lindur dengan penambahan gliserol dan karaginan. *Jurnal pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 17(1): 21.
- Kalitnik AA, Barabanova AOB, Nagorskaya VP, Reunov AV, Glazunov VP, Solov'eva TF, Yermak IM. 2013. Low molecular weight derivatives of different carrageenan types and their antiviral activity. *Journal of Applied Phycology*. 25: 65-72.
- Kasim S. 2013. Pengaruh konsentrasi natrium hidroksida terhadap rendemen karaginan yang diperoleh dari rumput laut jenis *Euचेuma spinosum* asal Kota Bau-Bau. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*. 17(1): 1-8.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2015. *Laporan Kinerja Kementerian Kelautan Dan Perikanan Tahun 2014*. Jakarta (ID): KKP.
- Li X, Xu A, Xie H, Yu W, Xie W, Maa X. 2010. Preparation of low molecular weight alginate by hydrogen peroxide depolymerization for tissue engineering. *Carbohydrate Polymers*. 9: 660-664.
- Milani J, Maleki G. 2012. Hydrocolloids in food industry. Di dalam: Benjamin Valdez, editor. *Food Industrial Processes – Methods and Equipment*. InTech.
- Pereira L, Amado AM, Critchley AT, van de Velde F, Ribero-Claro PJA. 2009. Identification of selected seaweed polysaccharides (phycocolloids) by vibrational spectroscopy (FTIR-ATR and FT-Raman). *Food Hydrocolloids*. 23: 1903-1909.
- Pomin VH. 2010. Structural and functional insights into sulfated galactans: a systematic review. *Glycoconj Journal*. 27: 1-12.
- Ratnawati R, Prasetyaningrum A, Wardhani D H. 2016. Kinetics and thermodynamics of ultrasound-assisted depolymerization of k-carrageenan. *Bulletin of Chemical Reaction Engineering and Catalysis*. 11(1): 48-58.
- Sanchez JAV, Tagaya M dan Kobayashi T. 2013. Effect of ultrasound on the aqueous viscosity of several water-soluble polymers. *Polymer Journal*. 45: 1224-1223.
- Savitri E, Juliastuti SR, Handaratri A, Sumarno, Roesyadi A. 2014. Degradation of chitosan by sonication in very-low-concentration acetic acid. *Polymer Degradation and Stability*. 110: 344-352.
- Sekkal M, Legrand P. 1993. A spectroscopic investigation of the carrageenans and agar in the 1500-100 cm^{-1} spectral range. *Spectrochimica Acta*. 49A(2): 209-221.
- Sen M, Erboz E N. 2010. Determination of critical gelation conditions of k-carrageenan by viscosimetric and FT-IR analyses. *Food Research International*. 43:1361-1364.
- Siregar R F, Santoso J, Uju. 2016. Karakteristik fisiko kimia kappa karaginan hasil degradasi menggunakan hidrogen peroksida. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 19(3): 256-266.
- Sun T, Tao H, Xie J, Zhang S, Xu Xian. 2009. Degradation and antioxidant activity of k-carrageenans. *College of Food Science*. 117: 194-199.
- Sun Y, Yang B, Wu Y, Gu X, Zhang H, Wang C, Cao H, Huang L, Wang Z. 2015. Structural characterization and antioxidant activities of k-carrageenan oligosaccharides degraded by different methods. *Food Chemistry*. 178: 311-318.
- Suptijah P, Suseno SH, Anwar C. 2013. Analisis kekuatan gel (*gel strength*) produk permen jelly dari gelatin kulit ikan cucut dengan penambahan karaginan dan rumput laut. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 16(2): 183-191.
- Tuvikene R, Truus K, Vaheer M, Kailas T, Martin G, Kersen P. 2006. Extraction and quantification of hybrid carrageenans from the biomass of the red algae *Furcellaria lumbricalis* and *Coccolytus truncatus*. *Proc. Estonian Acad. Sci. Chem.*. 55(1):40-53.

- Uju. 2005. Kajian proses pemurnian dan pengkonsentrasian karaginan dengan membran mikrofiltrasi [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- United Nations Commodity Trade Statistics Database. 2017. <https://comtrade.un.org/data/>. [Diakses tanggal 18 Agustus 2017].
- Walstra P. 2003. *Physical Chemistry of Foods*. New York (US): Marcel Dekker, Inc.
- Wenno MR, Thenu JL, Lopulalan CGC. 2012. Karakteristik kappa karaginan dari *Kappaphycus alvarezii* pada berbagai umur panen. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 7(1): 61-67.
- Yu G, Guan H, Ioanovicu AS, Sikkander SA, Thanawiroon C, Tobacman JK, Toida T, Linhardt RJ. 2002. Structural studies on k-carrageenan derived oligosaccharides. *Carbohydrate Research*. 337: 433-440.
- Yuan H, Song J. 2005. Preparation, structural characterization and *in vitro* antitumor activity of kappa-carrageenan oligosaccharide fraction from *Kappaphycus striatum*. *Journal of Applied Phycology*. 17: 7-13.