

Studi Kinetika Pembentukan Karaginan dari Rumput Laut

Dini Fathmawati, M. Renardo Prathama Abidin, Achmad Roesyadi

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: aroesyadi@yahoo.com

Abstrak—Karaginan merupakan senyawa polisakarida galaktosa. Senyawa-senyawa polisakarida mudah terhidrolisis dalam larutan yang bersifat asam dan stabil dalam suasana basa. Karaginan juga merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri atas ester kalium, natrium, magnesium dan kalium sulfat dengan galaktosa 3,6 anhidro galaktosa kopolimer. Karaginan adalah suatu bentuk polisakarida linear dengan berat molekul di atas 100 kDa atau berkisar antara 100-800 ribu Da. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh variabel konsentrasi NaOH dan konsentrasi rumput laut terhadap rendemen karaginan pada ekstraksi basa rumput laut, mempelajari pengaruh variabel suhu dan waktu terhadap rendemen karaginan pada ekstraksi basa rumput laut, mempelajari kinetika reaksi pembentukan karaginan dari rumput laut. Analisa identifikasi karaginan dengan menggunakan spektrofotometri FTIR menunjukkan bahwa jenisnya adalah kappa karaginan dan iota karaginan. Semakin besar konsentrasi NaOH, rate pembentukan karaginan semakin meningkat. Semakin besar suhu ekstraksi, rate pembentukan karaginan semakin meningkat. Dengan persamaan reaksi rate adalah $r_p = k' C_A^n$, harga E_a (E. Spinosum) NaOH 6% = 43989,37 J/mol, dan harga E_a (E. Cottonii) NaOH 6% = 43066,52 J/mol. Untuk harga k masing-masing pada saat NaOH 6%, yaitu: E. Spinosum : k 80 °C = 3,2949072; k 85 °C = 3,7439337; k 90 °C = 5,5655806. E. Cottonii : k 80 °C = 0,04925; k 85 °C = 0,0577; dan k 90 °C = 0,08249. Dari hasil penelitian yang di dapat, kecepatan reaksi pada E. Spinosum dan E. Cottonii ditetapkan orde reaksi 1,5.

Kata Kunci—Rumput laut, e.cottonii, e.spinosum, NaOH, kinetika

I. PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan panjang garis pantai 81.000 km serta terdiri dari 70% perairan dan 30% daratan merupakan kawasan pesisir lautan yang memiliki berbagai sumber daya hayati yang sangat besar dan beragam. Berbagai sumber daya hayati tersebut merupakan potensi pembangunan yang sangat penting sebagai sumber-sumber pertumbuhan ekonomi baru. Indonesia merupakan pemasok utama rumput laut dunia yaitu sekitar 60-70% kebutuhan pasar dunia. Indonesia memiliki potensi pengembangan potensi rumput laut sekitar 1.110.900 hektar, hingga saat ini baru dibudidayakan seluas 222.180 hektar atau 20%. Produksi rumput laut menunjukkan peningkatan cukup drastis dari 910.636 ton pada tahun 2010 menjadi 1.079.850 ton pada tahun 2011 dan dalam tahun 2013 diharapkan lebih dari satu juta lima ratus ton. (antara.com/januari 2013)

Rumput laut merupakan salah satu sumber devisa negara dan sumber pendapatan bagi masyarakat pesisir dan merupakan salah satu komoditi laut yang sangat populer dalam perdagangan dunia, karena pemanfaatannya yang demikian luas dalam kehidupan

sehari-hari, baik sebagai sumber pangan, obat-obatan dan bahan baku industri.

Rumput laut juga dikelompokkan berdasarkan senyawa kimia yang dikandungnya, sehingga dikenal rumput laut penghasil karaginan (karagenofit), agar (agarofit) dan alginat (alginofit). Berdasarkan cara pengelompokan tersebut, maka ganggang merah (*Rhodophyceae*) seperti *Eucheuma Spinosum* dan *Eucheuma Cottonii* dikelompokkan sebagai rumput laut penghasil karaginan karena memiliki kadar karaginan yang demikian tinggi, sekitar 62-68% berat keringnya. (Aslan, 1998)

Eucheuma merupakan jenis yang banyak dicari. Ini disebabkan karena industri makanan, kosmetika, dan farmasi memerlukan “carrageenen” yang terkandung dalam *Eucheuma* untuk dijadikan sebagai bahan campuran. Karaginan sangat penting peranannya sebagai stabilizer (penstabil), thickener (bahan pengental), pembentuk gel, pengemulsi dan lain-lain. Sifat ini banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, obat-obatan, kosmetik, tekstil, cat, pasta gigi dan industri lainnya (Winarno, 1996), selain itu juga berfungsi sebagai penstabil, pensuspensi, pengikat, protective (pelindung), film former (mengikat suatu bahan), syneresis inhibitor (mencegah terjadinya pelepasan air), dan flocculating agent (mengikat bahan-bahan). (Anggadireja dkk, 1986)

Karaginan merupakan senyawa polisakarida galaktosa. Senyawa-senyawa polisakarida mudah terhidrolisis dalam larutan yang bersifat asam dan stabil dalam suasana basa. Karaginan juga merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri atas ester kalium, natrium, magnesium dan kalium sulfat dengan galaktosa 3,6 anhidro galaktosa kopolimer. Karaginan adalah suatu bentuk polisakarida linear dengan berat molekul di atas 100 kDa (Winarno, 1996 ; Anonim, 1999) atau berkisar antara 100-800 ribu Da. (DeMan, 1989)

Fenomena yang terjadi saat ini adalah sebagian besar ekspor Indonesia masih berupa rumput laut mentah yang dikeringkan tanpa mengalami pengolahan lebih lanjut. Padahal bila diproses lebih lanjut, rumput laut memiliki 500 jenis produk komersial, mulai dari agar-agar dan pudding, makanan kegemaran anak-anak, sarana kebersihan seperti pasta gigi dan shampoo, sediaan makanan, sediaan farmasi dan kosmetik sebagai bahan pembuat gel, pengental atau penstabil. (www.cpkelco.com)

Dengan adanya peluang-peluang tersebut maka dengan meningkatkan nilai tambah rumput laut kering (mentah) yang diolah menjadi tepung karaginan, diharapkan Indonesia mampu mengeksport tepung karaginan secara

besar-besaran dan berkualitas dengan harga yang relatif bersaing, sehingga memperluas pasar komoditi Indonesia.

Eucheuma Cottonii merupakan salah satu jenis rumput laut merah dan berubah nama menjadi *Kappaphycus Alvarezii* karena karaginan yang dihasilkan termasuk fraksi kappa-karaginan. *Eucheuma Cottonii* merupakan rumput laut dari kelompok *Rhodopyceae* (alga merah) yang mampu menghasilkan karaginan. *Eucheuma* dikelompokkan menjadi beberapa spesies yaitu *Eucheuma Edule*, *Eucheuma Spinosum*, *Eucheuma Cottonii*, *Eucheuma Cupressoides* dan masih banyak lagi yang lain.

Kelompok *Eucheuma* yang dibudidayakan di Indonesia masih sebatas pada *Eucheuma Cottonii* dan *Eucheuma Spinosum*. *Eucheuma Cottonii* dapat menghasilkan kappa karaginan dan telah banyak diteliti baik proses pengolahan maupun elastisitasnya. Sedangkan *Eucheuma Spinosum* mampu menghasilkan iota karaginan.

Dewasa ini rumput laut jenis *Eucheuma Spinosum* banyak dibudi dayakan. Akan tetapi rumput laut jenis ini masih belum banyak diteliti bagaimana cara ekstraksi untuk menghasilkan iota karaginan maupun komposisi kimia yang dikandung iota karaginan. Karaginan merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri atas ester kalium, natrium, magnesium dan kalium ulfat dengan galaktosa 3,6 anhidro galaktosa kopolimer. Karaginan adalah suatu bentuk polisakarida linier dengan berat molekul di atas 100 kDa (Winarno 1996 ; WHO 1999). Kappa Karaginan, dihasilkan dari rumput laut jenis *Eucheuma Cottonii*.

Kappa karaginan tersusun dari $\alpha(1,3)$ -D-galaktosa-4-sulfat dan $\beta(1,4)$ -3,6-anhidro-D-galaktosa. Karaginan juga mengandung D-galaktosa-6-sulfat ester dan 3,6-anhidro-D-galaktosa-2-sulfat ester. Adanya gugusan 6-sulfat dapat menurunkan daya gelasi dari karaginan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transesterifikasi gugusan 6-sulfat, yang menghasilkan 3,6-anhidro-D-galaktosa. Dengan demikian derajat keseragaman molekul meningkat dan daya gelasinya juga bertambah. Iota Karaginan, dihasilkan dari rumput laut jenis *Eucheuma Spinosum*.

Iota karaginan ditandai dengan adanya 4-sulfat ester pada setiap residu D-glukosa dan gugusan 2-sulfat ester pada setiap gugusan 3,6-anhidro-D-galaktosa. Gugusan 2-sulfat ester tidak dapat dihilangkan oleh proses pemberian alkali seperti kappa karaginan. Iota karaginan sering mengandung beberapa gugusan 6-sulfat ester yang menyebabkan kurangnya keseragaman molekul yang dapat dihilangkan dengan pemberian alkali. Karaginan sangat penting peranannya sebagai *stabilizer* (penstabil), *thickener* (pengental), pembentuk gel, pengemulsi, dan lain-lain. Sifat ini banyak dimanfaatkan dalam industri makanan, obat-obatan, kosmetik, tekstil, cat, pasta gigi, dan industri lainnya (Winarno, 1996). Selain itu juga berfungsi sebagai pensuspensi, pengikat, *protective* (melindungi koloid), *film former* (mengikat suatu bahan), *syneresis inhibitor* (mencegah terjadinya pelepasan air), dan *flocculating agent* atau mengikat bahan-bahan

(Anggadireja *et al*, 1993).

Penggunaan karaginan dalam bahan pengolah pangan dapat dibagi dalam dua kelompok, yaitu untuk produk-produk yang menggunakan bahan dasar air dan produk-produk yang menggunakan bahan dasar susu.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah rumput laut *Eucheuma Cottonii* kering yang berasal dari Madura, rumput laut *Eucheuma Spinosum* kering yang berasal dari Madura, NaOH, HCl, dan aquades

B. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini dibagi menjadi 2 variabel, yaitu tetap dan berubah dan respon yang terdapat pada tabel 1 – 3.

C. Prosedur Penelitian

1) Persiapan Bahan

Merendam rumput laut dalam air garam selama 5 menit, lalu mencuci rumput laut dengan air tawar, dan dilanjutkan dengan mengeringkan dan menghaluskan rumput laut sebanyak 10 gram.

2) Ekstraksi

Memotong 10gr rumput laut kering dan ditambah dengan 350ml aquades dimana hasilnya berupa larutan gel rumput laut. Memasukkan larutan gel rumput laut tersebut ke dalam labu leher tiga lalu memanaskan sampai pada tiap-tiap variabel suhu 80 °C, 85 °C, dan 90 °C. Menambahkan larutan NaOH dengan variabel konsentrasi 2%, 4%, dan 6%, mengambil sampel 10 ml setelah 40 menit lalu menganalisa sampel hasil ekstraksi dengan *Thermo Spectronic*.

I. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

A. Analisa Jenis Karaginan dengan Spectrofotometri FTIR

Dari Gambar 1.a diatas dapat diketahui melalui tabel III bahwa peak ke-4 (930,47) dan ke-5 (932,12) adalah gugus 3,6 anhidro-galactose. Maka dapat disimpulkan bahwa pada hasil ekstraksi rumput laut *Eucheuma Spinosum* pada variabel NaOH 6% dengan suhu 90°C sudah terbentuk iota karaginan.

Dari Gambar 1.b diatas dapat diketahui melalui tabel 3 bahwa peak ke-3 (1247,57) dan ke-4 (1222,43) adalah gugus ester sulfat, peak ke-5 (928,51) adalah gugus 3,6 anhidro-galactose, dan peak ke-7 (842,32) adalah gugus galactose 4-sulfat. Maka dapat disimpulkan bahwa pada hasil ekstraksi rumput laut *Eucheuma Cottonii* pada variabel NaOH 6% dengan suhu 90°C sudah terbentuk kappa karaginan.

B. Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Suhu Ekstraksi terhadap Rate Pembentukan Karaginan

Harga konstanta laju reaksi dapat ditentukan dari intercept pada grafik $\log -t_A$ vs $\log C_A$. Pada grafik 1.a harga konstanta laju reaksi sebesar 0.3126079; pada

grafik 1.b harga konstanta laju reaksi sebesar 0.3265878; dan pada grafik 1.c harga konstanta laju reaksi sebesar 0.4731513. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa harga konstanta laju reaksi berbanding lurus dengan temperatur. Sehingga semakin tinggi temperatur semakin besar pula konstanta laju reaksinya.

Harga konstanta laju reaksi dapat ditentukan dari intercept pada grafik $\log -r_A$ vs $\log C_A$. Pada grafik 2.a harga konstanta laju reaksi sebesar 0.46559; pada grafik 2.b harga konstanta laju reaksi sebesar 0.51523; dan pada grafik 2.c harga konstanta laju reaksi sebesar 0.69823. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa harga konstanta laju reaksi berbanding lurus dengan temperatur. Sehingga semakin tinggi temperatur semakin besar pula konstanta laju reaksinya.

Pada penelitian ini, saat terjadinya pembentukan karaginan salah satunya terbentuknya perubahan warna dari kuning menjadi coklat tua, hal ini sesuai dengan literatur didalam proses ekstraksi terjadinya reaksi kimia, yaitu reaksi kimia fisik.

Berdasarkan persamaan Arrhenius' Law :

$$k = k_0 e^{-E_a/RT}$$

dimana :

- k = Konstanta laju reaksi (mol/m^3)¹⁻ⁿ s⁻¹
- k₀ = Konstanta Arrhenius (mol/m^3)¹⁻ⁿ s⁻¹
- E_a = Energi Aktivasi Reaksi (J/mol)
- R = Konstanta ideal gas law
= 8,314 J/mol.K
= 1,987 cal/mol.K
= 0,08206 lit.atm/mol.K

Apabila semakin besar suhu di dalam suatu reaksi maka konstanta laju reaksi pembentukan karaginan semakin bertambah, sehingga mengakibatkan rate pembentukan karaginan juga semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin tinggi suhu suatu reaksi, partikel-partikel yang bereaksi akan bergerak lebih cepat, sehingga frekuensi tabrakan semakin besar. Selain itu, semakin lama suhu ekstraksi akan menyebabkan proses ekstraksi semakin sempurna. Sehingga akan semakin banyak karaginan yang larut dalam air dan rate pembantuan karaginan semakin meningkat.

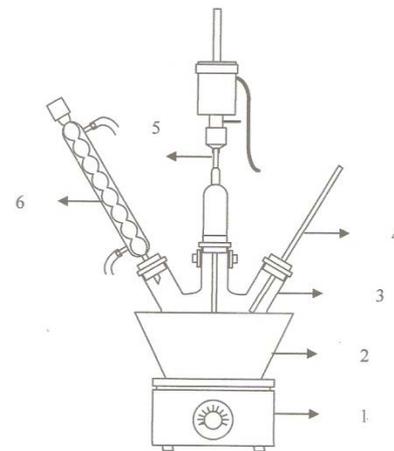
Terlihat pada konsentrasi NaOH 6% dari suhu 80°C – 90°C dapat terlihat pada grafik 1.a sampai dengan grafik 1.c (*E. Spionosum*) dan pada grafik 2.a sampai dengan 2.c (*E. Cottonii*). Konstanta laju rate pembentukan karaginan semakin besar dan ini sesuai dengan Arrhenius' Law. Akan tetapi pada konsentrasi NaOH 2% - 4% dari suhu 80°C – 90 °C konstanta laju rate pembentukan karaginan semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada saat penelitian tahap persiapan bahan baku dari rumput laut, tidak mendapatkan perlakuan yang sama. Artinya setiap melakukan penelitian dengan variabel konsentrasi NaOH dan suhu ekstraksi yang berbeda, menggunakan perlakuan rumput laut yang berbeda. Apabila rumput laut di lunakkan dengan aquadest selama satu hari terjadi perubahan fisik timbul bintik-bintik akibat mengalami

Tabel I.
Variabel Tetap

No.	Variabel	Keterangan
1.	Tekanan	1 atm
2.	Volume Larutan	350 ml
3.	Perbandingan rumput laut terhadap aquadest	10gr/350 ml

Tabel II.
Variabel Berubah

No.	Variabel	Keterangan
1.	Konsentrasi NaOH	2%, 4%, dan 6%
2.	Suhu Ekstraksi	80°C, 85°C, 90°C
3.	Waktu Ekstraksi	40, 80, 120 menit



Gambar 1 Skema Peralatan Ekstraksi

Keterangan Gambar:

- 1. Pemanas Elektrik
- 2. Panci Aluminium
- 3. Labu Leher Tiga
- 4. Thermometer 100°C
- 5. Motor Pengaduk
- 6. Kondensor Reflux

kerusakan karena bakteri.

C. Perhitungan Energi Aktivasi

Nilai E adalah di cari dan menggambar ln k terhadap

$\frac{1}{T}$, harga k yang didapat dari perhitungan di tabel IV dan

V adalah menentukan harga ln k dan $\ln \frac{1}{T}$. Menghitung

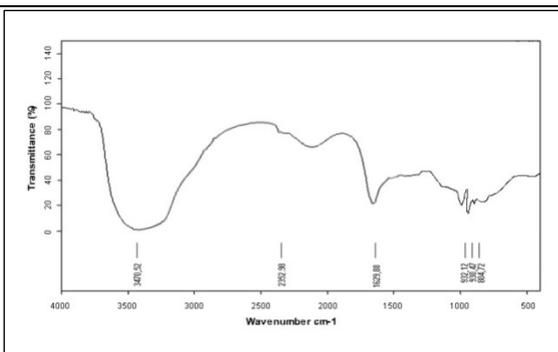
tabel lalu digambar pada ln k vs $\frac{1}{T}$, seperti gambar 4.22;

4.23; dan 4.24 untuk masing-masing jenis rumput laut dan slope gambar tersebut. Menghitung harga E dapat dihitung dan ditabelkan dari tabel VI. harga energi aktivasi dari rumput laut terdapat konsentrasi 6%.

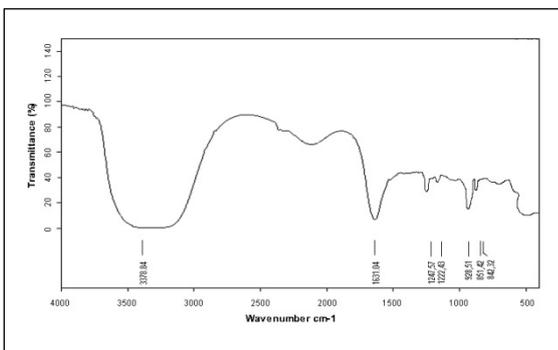
Jika partikel-partikel bertabrakan dengan energi yang

Tabel III.
Standar Identifikasi Kappa Karaginan dengan spektrofotometri FTIR

Wave number (cm ⁻¹)	Moleculer Assigment	Absorbance relative to 1050 cm ⁻¹		
		Kappa	Iota	Lambda
1220-1260	Ester sulfat	0,2-1,2	1,3-1,6	1,4-2,0
928-933	3,6-anhidrogallactose	0,2-0,6	0,2-0,4	0-0,2
840-850	Galactose-4-sulfat	0,1-0,5	0,2-0,4	-
825-830	Galactose-2-sulfat	-	-	0,2-0,4
810-820	Galactose-6-sulfat	-	-	0,1-0,3
800-805	3,6-anhidrogallactose-2-sulfat	0-0,2	0,2-0,4	-



(a)



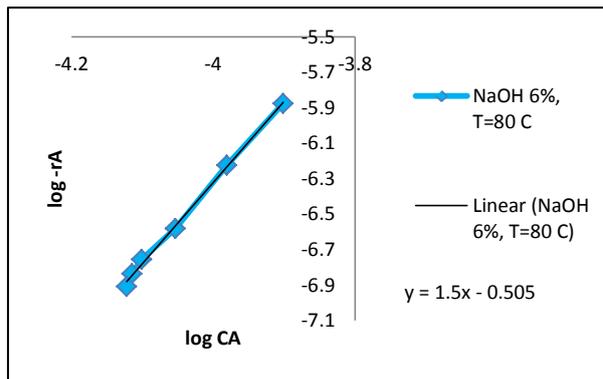
(b)

Gambar 2 Hasil Analisa sampel karaginan pada NaOH 6%, T = 90 °C: (a) *Eucheuma Spinosum*, (b) *Eucheuma Cottonii*

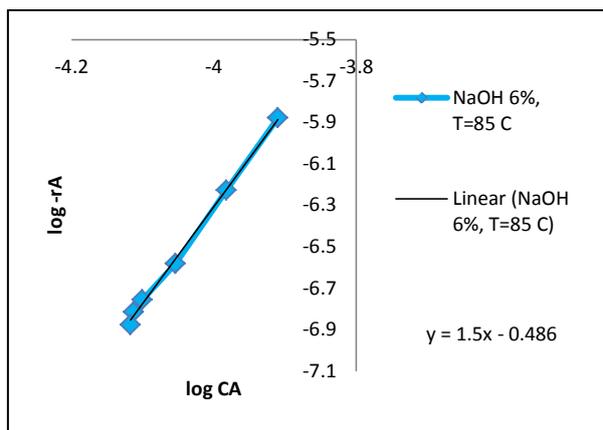
lebih rendah dari energi aktivasi, tidak akan terjadi reaksi dan akan kembali ke keadaan awal. Hanya tabrakan yang mempunyai energi yang sama atau yang lebih besar dari aktivasi energi yang dapat menghasikan terjadinya reaksi.

Dari hasil tabel VI didapat harga energi aktivasi pada *Euchema Cottonii* lebih kecil (-5180) dari pada *Euchema Spinosum* (-5291), maka dapat disimpulkan bahwa pemilihan rumput laut *Euchema Cottonii* bila ditinjau dari segi kinetika lebih baik daripada rumput laut *Euchema Spinosum*.

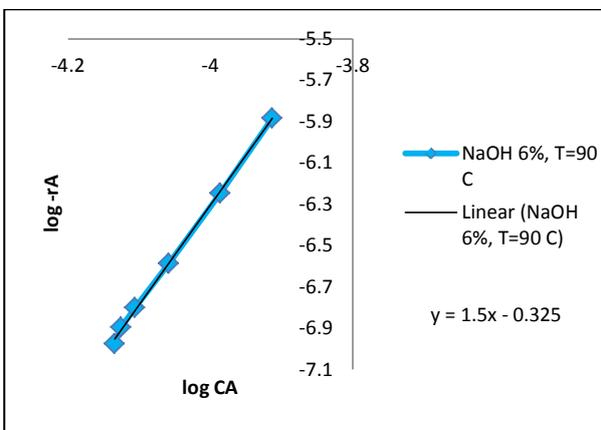
a. Grafik *Eucheuma Spinosum*



(a)



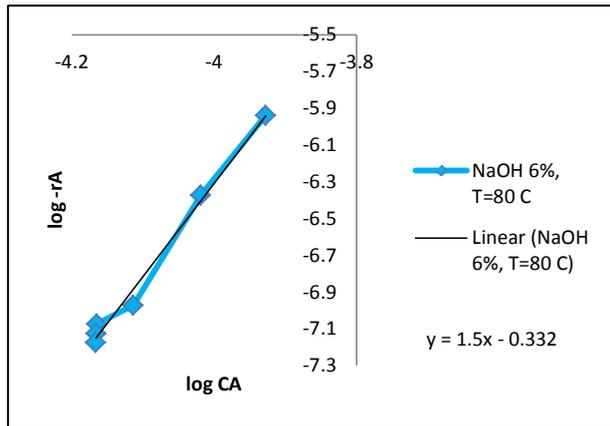
(b)



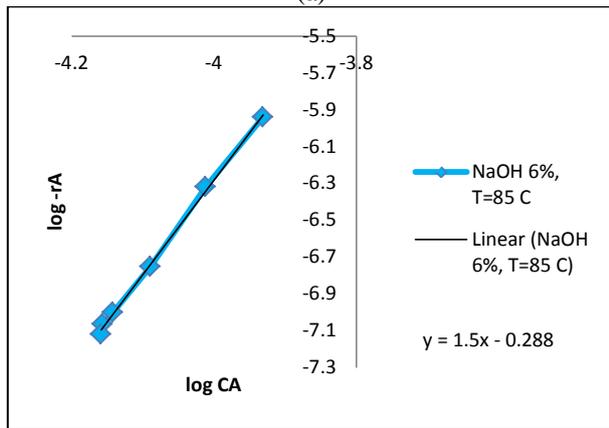
(c)

Grafik 1 Konsentrasi NaOH 6% pada suhu: (a) 80°C, (b) 85°C, (c) 90°C

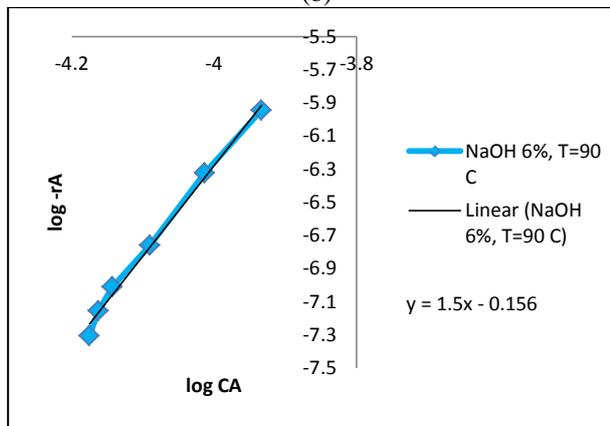
b. Grafik *Eucheuma Cottonii*



(a)



(b)



(c)

Grafik 2 Konsentrasi NaOH 6% pada suhu: (a) 80°C, (b) 85°C, (c) 90°C

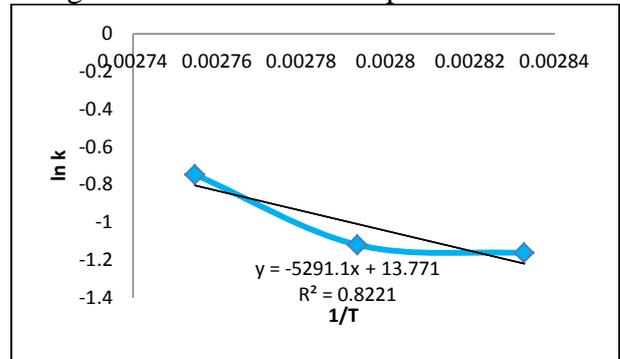
Tabel IV.
Konsentrasi reaksi NaOH 6%, T = 80 - 90 °C (*E. Spinosum*)

T (K)	1/T	k	ln k
353	0,002833	0,31260794	-1,16280547
358	0,002793	0,32658783	-1,11905636
363	0,002755	0,47315126	-0,74834016

Tabel V.
Konsentrasi reaksi NaOH 6%, T = 80 - 90 °C (*E. Cottoni*)

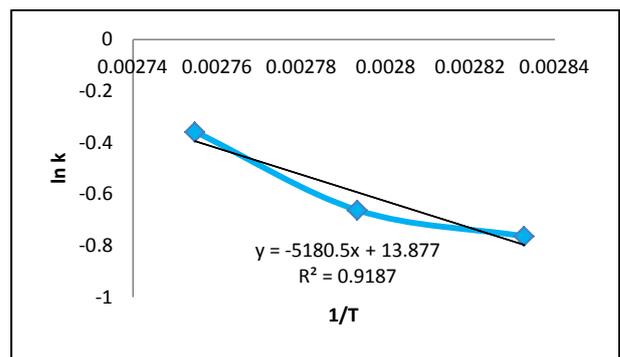
T (K)	1/T	k	ln k
353	0,002833	0,46558609	-0,76445825
358	0,002793	0,51522864	-0,66314451
363	0,002755	0,6982324	-0,35920327

Plot grafik antara 1/T terhadap ln k :



(a)

Didapatkan harga slope = -5291
 $-Ea/R = -5291$; $R = 8,314 \text{ J / mol K}$
 $Ea = 43989,37 \text{ J / mol}$



(b)

Didapatkan harga slope = -5180
 $-Ea/R = -5180$; $R = 8,314 \text{ J / mol K}$
 $Ea = 43066,52 \text{ J / mol}$

Tabel VI.
Harga Energi Aktivasi Rumput Laut Pada Konsentrasi 6%

Jenis Rumput Laut	Ea
<i>E. Spinosum</i>	-5291
<i>E. Cottoni</i>	-5180

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Analisa identifikasi karaginan dengan menggunakan spektrofotometri FTIR menunjukkan bahwa jenisnya adalah kappa karaginan dan iota karaginan.
2. Semakin besar konsentrasi NaOH, rete pembentukan karaginan semakin meningkat

3. Semakin besar suhu ekstraksi, rate pembentukan karaginan semakin meningkat. Dengan persamaan reaksi rate adalah $r_p = k' C_A^n$, harga E_a (E. Spinosum) NaOH 6% = 43989,37 J/mol, dan harga E_a (E. Cottoni) NaOH 6% = 43066,52 J/mol. Untuk harga k masing-masing pada saat NaOH 6%, yaitu: E. Spinosum : k 80 °C = 3,2949072; k 85 °C = 3,7439337; c . k 90 °C = 5,5655806. E. Cottoni : k 80 °C = 0,04925; k 85 °C = 0,0577; dan k 90 °C = 0,08249.
4. Dari hasil penelitian yang di dapat, kecepatan reaksi pada E. Spinosum dan E. Cottoni ditentukan orde reaksi sebesar 1,5.
- [14] Towle G.A. 1973. Carrageenan. Di dalam: Whistler RL (editor). Industrial Gums. Second Edition. New York: Akademik Press. hlm 83 – 114.
- [15] Winarno, F.G. 1996. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Jakarta : Pustaka Sinar Harapan.
- [16] www.jasuda.net
- [17] www.kompas.com
- [18] www.republika.com
- [19] www.titanbaking.com
- [20] www.kpp.go.id
- [21] www.who.int/whr/1999/
- [22] www.fmcbiopolymer.com
- [23] pharmainfo.net

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anggadiredja, J.T., Zalnika, A., Purwoto, H. & Istini, S. 2006. Rumput Laut; Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial. Jakarta: Penebar Swadaya.
- [2] Alam, A.A. 2011. Kualitas Karaginan Rumput Laut Jenis *Euclima Spinosum* di Perairan Desa Punaga Kabupaten Takalar. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- [3] Astelina, S. & Hariyani, V.I. 2004. Studi Kinetika Pembentukan Karaginan dari *Euclima Cottoni*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [4] Chandra, K. & Wuriningtyas, S. 2004. Studi Kinetika Pembentukan Karaginan dari Rumput Laut *Euclima Spinosum*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5] Commitee On Food Chemical Codex. 1983. Food Chemical Codex. Washington, D.C.: National Academy Press.
- [6] Chapman, V.J. & Chapman, D.J. 1980. Seaweeds And Their Uses. London & New York: Chapman & Hall.
- [7] Craigie, J.S., Hellebust, J.A. & Stein, J.R. 1978. Handbook Of Phycological Methods. Cambridge: Cambridge University Press.
- [8] Glicksman, M. 1982. Food Hydrocolloid Vol.I. Florida : CRC Press, Inc. Boca Raton.
- [9] Green, D.W. & Perry, R.H. 2008. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition. United State: McGraw-Hill Companies Inc.
- [10] Guiseley, K.B., Stanley, N.F. & Witehouse, P.A. 1980. Carageenan. In Handbook of Water-Soluble Gums And Resins, ed. R.L. Davidson. New York. McGraw-Hill.
- [11] Rachmawati, D. & Yasita, D. 2009. Optimasi Proses Ekstraksi Pembuatan Karaginan Rumput Laut Untuk Mencapai Food Grade. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [12] Richana, N. 2006. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian vol. 28 no. 3, Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian Bogor.
- [13] Samsuari. 2006. Penelitian Pembuatan Karaginan dari Rumput Laut *Euclima Cottonii* Di Wilayah Perairan Kabupaten Jeneponto propinsi Sulawesi Selatan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.