

**APLIKASI TEKNOLOGI *OHMIC* DALAM EKSTRAKSI
KARAGINAN MURNI (*REFINED CARRAGEENAN*) DARI
RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii***

Oleh :

SITI FATIMAH

G 621 08 278



**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR**

2012

**APLIKASI TEKNOLOGI *OHMIC* DALAM EKSTRAKSI
KARAGINAN MURNI (*REFINED CARRAGEENAN*) DARI
RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii***

SKRIPSI

Oleh :

SITI FATIMAH

G 621 08 278

**Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin**

**PROGRAM STUDI KETEKNIKAN PERTANIAN
JURUSAN TEKNOLOGI PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Aplikasi Teknologi *Ohmic* dalam Ekstraksi Karaginan Murni (*Refined Carrageenan*) dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii*

Nama : Siti Fatimah

Nim : G 62108278

Program Studi : Keteknikan Pertanian

Jurusan : Teknologi Pertanian

Disetujui Oleh
Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Pembimbing II

Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc
NIP. 19631231 198811 1 005

Haerani, STP, M.Eng.Sc
NIP. 19771209 200801 2 011

Mengetahui

Ketua Jurusan
Teknologi Pertanian

Ketua Panitia
Ujian Sarjana

Prof. Dr. Ir. Mulyati M. Tahir. MS
NIP. 19570923 198312 2 001

Dr. Ir. Sitti Nur Faridah. MP
NIP. 19681007 199303 2 002

Tanggal Pengesahan : Oktober 2012

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke Hadirat Allah SWT, atas rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini sebagaimana mestinya.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknologi Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar.

Penyusunan dan penulisan skripsi tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak dalam bentuk bantuan dan bimbingan. Olehnya itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Salengke, M.Sc dan Ibu Haerani, STP, M.Eng.Sc sebagai dosen pembimbing yang telah banyak memberikan curahan ilmu, petunjuk, pengarahan, bimbingan, saran, kritikan dan motivasi sejak pelaksanaan penelitian sampai selesainya penyusunan skripsi ini.
2. Ayahanda dan Ibunda tercinta, ketiga adikku dan keluarga besar atas doa dan dukungannya sehingga Penulis dapat menyelesaikan studi di Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin, Makassar.
3. Segenap Dosen Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar khususnya Jurusan Teknologi Pertanian, program studi Keteknikan Pertanian yang telah memberikan ilmunya dalam membimbing kami selama Penulis kuliah.
4. Kakanda Abdul Azis, STP.M.Si yang telah meluangkan waktu dan tenaganya untuk membimbing kami selama penelitian berlangsung hingga selesainya skripsi ini.
5. Kekasihku Muh. Burdiono yang selalu menemani dan memberikan supportnya.
6. Keluarga Besar Tim RL (Nunu, Risma, Neng, Icha', Amri, Amma, Ka'Mamat serta Almh. Vivin Suryati) yang telah membantu dan memberikan motivasi kepada saya selama penelitian berlangsung
7. Sahabat-sahabatku (lin, Ummy, Noel, Mitha, Titin, Irha, Nuka, Winny, Thya, Shity, Noneng, Nuzlul, Nurul, Winda, Eky, Ulfa, Ani, Syam, Abang, Eki'cow, Anto, Rizal, Fajar, Uchank, Arfah, serta Teman-teman TEKPERT 2008 yang tidak bisa saya sebutkan masing-masing namanya) makasih atas semangat

dan bantuannya, anggota KMJTP-UH baik senior maupun junior, serta semua pihak yang telah membantu penulis selama menempuh studi sehingga selesainya skripsi ini.

Semoga segala bantuan, petunjuk, dorongan, semangat dan bimbingan yang telah diberikan mendapatkan imbalan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat buat almamater khususnya Jurusan Teknologi Pertanian Universitas Hasanuddin dan para pembaca.

Penulis menyadari bahwa, skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan skripsi ini selanjutnya. Aamiin

Makassar, Oktober 2012

Penulis

ABSTRAK

Salah satu teknologi pengolahan rumput laut untuk memproduksi karaginan murni dari rumput laut *Eucheuma cottonii* yaitu dengan menggunakan teknologi *Ohmic*. Teknologi *ohmic* merupakan suatu proses pemanasan, dimana arus listrik (khususnya arus bolak-balik AC) dilewatkan melalui bahan pangan. Aliran arus listrik dalam bahan pangan akan mengakibatkan pembangkitan energi internal pada bahan pangan. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh kekuatan medan listrik dan rasio alkali rumput laut terhadap rendemen, viskositas dan kualitas gel karaginan murni (*Refined Carrageenan* / RC) yang dihasilkan serta mengetahui laju pemanasan, konduktivitas listrik dan total konsumsi energi yang digunakan pada proses pengolahan secara *Ohmic*. Ekstraksi rumput laut dilakukan dengan menggunakan larutan KOH dengan konsentrasi 1N, kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, rasio rumput laut-larutan alkali 1:10 dan 1:50, lama pemasakan 0,5 jam dan 2 jam dan suhu ekstraksi 85°C dan 95°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen rata-rata berkisar antara 10-55%, viskositas rata-rata antara 5-11,6 cP dan kekuatan gel rata-rata berkisar antara 10-130 g/cm². Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan medan listrik serta rasio rumput laut-larutan alkali mempengaruhi rendemen, viskositas dan kekuatan gel dari karaginan murni yang dihasilkan.

Kata Kunci : **Rumput Laut, *Eucheuma cottonii*, Kekuatan Medan Listrik, Rasio Rumput Laut-Larutan Alkali, *Ohmic***

RIWAYAT HIDUP



Siti Fatimah. Penulis dilahirkan di Kota Ujung pandang, Sulawesi Selatan pada tanggal 25 Desember 1990. Anak pertama dari empat bersaudara pasangan Bapak **H. Idrus** dan Ibu **Hj. Hatijah**. Penulis memulai pendidikan pertama pada tingkat taman kanak-kanak yaitu TK Sulawesi selama setahun. Selanjutnya, penulis bersekolah di SD Negeri Labuang Baji II selama 6 tahun. Kemudian, pada tahun 2002, penulis melanjutkan pendidikan pada Sekolah Menengah Pertama di SMPN 13 Makassar. Setelah itu, dilanjutkan dengan pendidikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2005 di SMAN 8 Makassar. Selama menjalani pendidikan di bangku sekolah, berbagai prestasi telah penulis peroleh dalam bidang akademik, seni, olahraga serta dalam kepengurusan OSIS dan Paskibraka. Selanjutnya, penulis berhasil menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Atas pada tahun 2008 dan terdaftar sebagai mahasiswa program S1 pada Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar melalui jalur UMB. Selama menjalani pendidikan di bangku kuliah, penulis bergabung dalam Paduan Suara Mahasiswa dan aktif dalam kepengurusan HIMATEPA (Himpunan Mahasiswa Teknologi Pertanian), ikut berpartisipasi sebagai peserta maupun panitia. Penulis sangat bangga bisa menjadi salah satu bagian dari Keluarga Besar Mahasiswa Jurusan Teknologi Pertanian.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
RINGKASAN	vi
RIWAYAT HIDUP	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan dan Kegunaan	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Rumput Laut.....	3
2.2 Karaginan	4
2.3 Metode Ekstraksi Karaginan	7
2.3.1 Produksi Karaginan SRC	7
2.3.2 Produksi Karaginan Murni.....	8
2.4 Pemanasan <i>Ohmic</i>	10
2.5 Sifat Fisik Karaginan.....	17
III. METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat.....	20
3.2 Alat dan Bahan.....	20
3.3 Perlakuan dan Parameter Penelitian	20
3.4 Matriks Penelitian	21
3.5 Prosedur Penelitian	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Pengaruh Kuat Medan Listrik terhadap Laju Pemanasan <i>Eucheuma Cottonii</i>	28
4.2 Pengaruh Suhu terhadap Konduktivitas Listrik selama Proses Ekstraksi <i>Eucheuma Cottonii</i>	30

4.3 Total Konsumsi Energi Selama Proses Ekstraksi <i>Eucheuma cottonii</i> dengan Pemanasan <i>Ohmic</i>	32
4.4 Rendemen Karaginan.....	33
4.5 Viskositas Karaginan.....	36
4.6 Kekuatan Gel Karaginan	38
V. KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	41
5.2 Saran	41
DAFTAR PUSTAKA.....	42
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Teknologi Pengolahan Karaginan dari Eucheuma sp.....	6
2.	Matriks Penelitian	21

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Model Pemanasan Konvensional.....	9
2.	Model Pemanas dan Reaktor <i>Ohmic</i>	12
3.	Bagan Alir Prosedur Penelitian.....	27
4.	Grafik Pemanasan <i>Ohmic</i> dengan Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi 1N pada Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	28
5.	Grafik Pemanasan <i>Ohmic</i> dengan Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi 1 N pada Perlakuan Rumput Laut Utuh.....	28
6.	Grafik Pemanasan <i>Ohmic</i> dengan Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi 1N pada Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	29
7.	Grafik Pemanasan <i>Ohmic</i> dengan Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi 1N pada Perlakuan Rumput Laut Utuh.....	29
8.	Pengaruh Suhu terhadap Konduktivitas Listrik pada Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi 1N (Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan).....	30
9.	Pengaruh Suhu terhadap Konduktivitas Listrik pada Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi 1N (Perlakuan Rumput Laut Utuh).....	31
10.	Konsumsi Energi Listrik Selama Proses Pemanasan (dari Suhu 30°C-85°C atau 95°C) Secara <i>Ohmic</i>	32
11.	Rendemen karaginan yang dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Pemanasan Konvensional	33
12.	Rendemen karaginan yang dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Metode <i>Ohmic</i> pada Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	34
13.	Rendemen karaginan yang dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Metode <i>Ohmic</i> pada Perlakuan Rumput Laut tidak Dihaluskan.....	34

14. Viskositas Larutan Karaginan yang Dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Pemanasan Konvensional.....	36
15. Viskositas Larutan Karaginan yang Dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Metode <i>Ohmic</i> pada Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	36
16. Viskositas Larutan Karaginan yang Dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Metode <i>Ohmic</i> pada Perlakuan Rumput Laut Utuh	37
17. Grafik Kekuatan Gel pada Metode <i>Oil Bath</i>	38
18. Grafik Kekuatan Gel pada Metode <i>Ohmic</i> dengan Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	39
19. Grafik Kekuatan Gel pada Metode <i>Ohmic</i> dengan Perlakuan Rumput Laut Utuh.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
1.	Tabel Perlakuan <i>Oil Bath</i>	44
2.	Tabel <i>Ohmic</i> Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	45
3.	Tabel <i>Ohmic</i> Perlakuan Rumput Laut tidak Dihaluskan.....	46
4.	Tabel Konsumsi Energi.....	47
5.	Tabel Suhu 85°C, Tegangan 60 V, Perbandingan Rumput Laut-Larutan Alkali 1:10, Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	48
6.	Tabel Suhu 85°C, Tegangan 90 V, Perbandingan Rumput Laut-Larutan Alkali 1:50, Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	51
7.	Tabel Suhu 95°C, Tegangan 60 V, Perbandingan Rumput Laut-Larutan Alkali 1:10, Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	53
8.	Tabel Suhu 95°C, Tegangan 60 V, Perbandingan Rumput Laut-Larutan Alkali 1:50, Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.....	56
9.	Tabel Suhu 85°C, Tegangan 60 V, Perbandingan Rumput Laut-Larutan Alkali 1:10, Perlakuan Rumput Laut tidak Dihaluskan.....	59
10.	Tabel Suhu 85°C, Tegangan 90 V, Perbandingan Rumput Laut-Larutan Alkali 5:10, Perlakuan Rumput Laut tidak Dihaluskan.....	62
11.	Tabel Suhu 95°C, Tegangan 90 V, Perbandingan Rumput Laut-Larutan Alkali 1:10, Perlakuan Rumput Laut tidak Dihaluskan.....	65
12.	Tabel Suhu 95°C, Tegangan 90 V, Perbandingan Rumput Laut-Larutan Alkali 1:50, Perlakuan Rumput Laut tidak Dihaluskan.....	68
13.	Dokumentasi Penelitian	71

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai salah satu negara pengekspor rumput laut terpenting di Asia. Produk rumput laut sebagai bahan ekspor pada umumnya masih dalam bentuk bahan mentah yaitu berupa rumput laut kering yang masih memiliki nilai jual relatif rendah. Untuk meningkatkan nilai jual rumput laut tersebut, dapat didukung dengan teknologi pascapanen yang digunakan dalam proses pengolahannya agar dapat menghasilkan produk olahan rumput laut yang baik dan berkualitas seperti dalam bentuk karaginan.

Salah satu jenis rumput laut yang banyak dibudidayakan dan dikembangkan di Indonesia yaitu rumput laut jenis *Eucheuma cottoni*. Rumput laut ini, merupakan jenis rumput laut yang dapat digunakan dan diolah menjadi bahan baku keperluan industri seperti industri pangan dan industri lainnya. Selain itu rumput laut ini dapat menghasilkan karaginan. Karaginan merupakan kelompok polisakarida galaktosa yang diekstraksi dari rumput laut. Sebagian besar karaginan mengandung natrium, magnesium, dan ester sulfat dari galaktosa dan koolimer 3,6-anhydro galaktosa. Karaginan banyak digunakan pada persediaan makanan. Farmasi, dan kosmetik sebagai bahan pembuatan gel, pengental dan penstabil (Asnawi, 2008). Oleh karena itu diperlukan kegiatan pengolahan rumput laut menjadi karaginan yang dapat dimanfaatkan untuk keperluan industri pangan ataupun industri lainnya.

Masalah yang dihadapi dalam pengolahan rumput laut di Indonesia saat ini yaitu rendahnya kualitas rumput laut penghasil karaginan yang berakibat pada rendahnya rendemen dan kekuatan gel yang dihasilkan. Kualitas rumput laut yang masih sangat rendah dapat dilihat dari rendahnya kekuatan gel yang dihasilkan yaitu berkisar antara 200-500 g/cm², nilai ini msh jauh lebih rendah dibandingkan kekuatan gel karaginan yang diproduksi oleh negara lain seperti Filipina yang memiliki kekuatan gel hingga 750 g/cm². Untuk meningkatkan rendemen dan kekuatan gel, dalam penelitian ini digunakan perlakuan alkali panas terhadap bahan baku rumput laut, dimana pada dasarnya perlakuan alkali ini bertujuan untuk mengekstrak kappa karaginan yang terkandung pada rumput laut dan memodifikasi sifat karaginan tersebut. Perlakuan alkali bertujuan untuk

mengkatalisis hilangnya gugus 6-sulfat yang bersifat hidrofilik dari unit monomer karaginan dan membentuk 3,6-anhydrogalaktosa yang bersifat hidrofobik sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel.

Salah satu pengolahan rumput laut yang dapat diterapkan pada industri yaitu dengan menggunakan teknologi *Ohmic*. Teknologi *Ohmic* itu sendiri merupakan suatu proses pemanasan, dimana arus listrik (khususnya arus bolak-balik AC) dilewatkan melalui bahan pangan. Akibatnya, akan terjadi pembangkitan energi internal pada bahan pangan. Prinsip dasar pemanasan ini akan menghasilkan sebuah pola pemanasan luar dan dalam (Silva, 2000). Dengan pengolahan *Ohmic*, dalam proses pengolahan konsumsi energi yang diharapkan dapat diturunkan dan dapat meningkatkan efisiensi proses pengolahan secara keseluruhan, dan meningkatkan rendemen produk yang dihasilkan.

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan sebuah penelitian mengenai aplikasi teknologi *Ohmic* dalam ekstraksi karaginan murni, yang lebih memfokuskan pada pengaruh kekuatan medan listrik dan perbandingan rasio alkalisasi rumput laut terhadap karakteristik pemanasan ohmic dan mutu karaginan yang dihasilkan.

1.2 Tujuan dan Kegunaan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kekuatan medan listrik dan rasio alkali rumput laut terhadap rendemen, viskositas dan kekuatan gel karaginan murni (*Refined Carrageenan / RC*) serta mengetahui laju pemanasan, konduktivitas listrik dan konsumsi energi pada proses pengolahan secara *Ohmic*.

Penelitian ini berguna sebagai sumber informasi bagi industri rumput laut dalam mengoptimalkan rendemen, viskositas dan kualitas gel yang dihasilkan dari karaginan murni dengan menggunakan teknologi *Ohmic*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Laut

Rumput laut tergolong tanaman berderajat rendah, umumnya tumbuh melekat pada substrat tertentu, tidak mempunyai akar, batang maupun daun sejati, tetapi hanya menyerupai batang yang disebut thallus. Rumput laut tumbuh di alam dengan melekatkan dirinya pada karang, lumpur, pasir, batu, dan benda keras lainnya. Selain benda mati, rumput laut pun dapat melekat pada tumbuhan lain secara epifitik (Anggadiredja *et.al.*, 2006).

Rumput laut sebagai bahan pangan memiliki karbohidrat sebagai kandungan utama. Namun, karbohidrat yang terdapat dalam bahan pangan ini sebagian besar terdiri atas senyawa gumi yang tidak dapat dicerna dalam pencernaan manusia. Kandungan protein dan lemak pada rumput laut juga sangat kecil. Rumput laut yang memiliki kadar air sekitar 80-90%, memiliki kandungan mineral yang sebagian besar terdiri atas natrium dan kalsium. Selain itu, kandungan *trace elemen* terpenting bagi manusia yang terdapat pada rumput laut adalah iodium (Setiawati, 2007).

Rumput laut atau alga (*sea weed*) telah dimanfaatkan oleh penduduk Indonesia, terutama masyarakat pesisir dan pulau-pulau, sejak berabad-abad yang lalu. Penduduk mengumpulkan rumput laut untuk dijadikan bahan pangan dan obat-obatan. Sebagai bahan pangan, rumput laut umumnya dibuat sebagai lalapan (dimakan mentah), urap, acar atau asinan, sayur, serta dibuat agar-agar dan puding sedangkan untuk penggunaan obat, biasanya digunakan sebagai antiseptik dan pemeliharaan kulit (Kordi, 2010).

Produk olahan rumput laut mempunyai prospek dan potensi untuk dikembangkan, baik sebagai sumber pangan, farmasi, kosmetika maupun untuk penggunaan lainnya. Produk rumput laut Indonesia, mayoritas diekspor dalam bentuk kering tanpa olahan lebih lanjut. Padahal, beberapa pabrik pengolah di dalam negeri masih kekurangan bahan baku dan kebutuhan Indonesia terhadap produk olahan rumput laut seperti karaginan, alginat dan agar-agar sangat tinggi (Warta, 2003).

Terdapat beberapa jenis rumput laut yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegunaan yaitu ganggang cokelat jenis *Sargassum* dapat menghasilkan alginat, dan ganggang merah (*Rhodophyceae*) dapat menghasilkan agar-agar dan karaginan yang baik untuk dikembangkan (Poncomulyo dan Taurino, 2006).

Ciri-ciri rumput laut *Eucheuma cottonii* adalah mempunyai thallus silindris, permukaan licin, Cartilogeneus (menyerupai tulang rawan/muda), serta berwarna terang, hijau olive, dan coklat kemerahan. Percabangan thallus berujung runcing atau tumpul, ditumbuhi nodulus (tonjolan-tonjolan), dan duri lunak / tumpul untuk melindungi gametangia. Percabangan bersifat alternates (berseling), tidak teratur, serta dapat bersifat dichotomus (percabangan dua-dua) atau trichotomus (sistem percabangan tiga-tiga) (Anggadiredja *et.al.*, 2006).

Rumput laut *Eucheuma cottonii* memerlukan sinar matahari untuk proses fotosintesis. Oleh karena itu, rumput laut jenis ini hanya mungkin hidup pada lapisan fotik, yaitu kedalaman sejauh sinar matahari masih mampu mencapainya. Di alam, jenis ini biasanya hidup berkumpul dalam satu komunitas atau koloni dan indikator jenisnya antara lain jenis-jenis *Caulerpa*, *Hypnea*, *Turbinaria*, *Padina*, *Gracillaria*, dan *Gellidium*. *Eucheuma cottonii* tumbuh di rataaan terumbu karang dangkal sampai kedalaman 6 meter, melekat di batu karang, cangkang kerang dan benda keras lainnya. Faktor yang sangat berpengaruh pada pertumbuhan jenis ini yaitu cukup arus dengan salinitas yang stabil yaitu 28-34 (Anggadiredja *et.al.*, 2006).

Rumput laut penghasil karaginan seperti *Eucheuma cottonii* yang baru dipanen umumnya memiliki kadar air sekitar 85% dan harus segera dikeringkan hingga kadar air 30 - 35%, yang merupakan kadar air standar untuk kualitas ekspor. Rumput laut penghasil karaginan (*Carragenophyte*) dapat dengan mudah diolah menjadi “*semi-refined carrageenan*” (SRC) melalui proses alkalisasi. Oleh karena itu, SRC sering juga disebut alkali-modified flour (AMF) atau *alkali-treated carrageenophyte* (ATC). SRC atau ATC umumnya diolah dari spesies *Kappaphycus alvarezii* (*Eucheuma cottonii*) (Poncomulyo dan Taurino, 2006).

2.2 Karaginan

Karaginan merupakan getah rumput laut yang diperoleh dari hasil ekstraksi rumput laut merah dengan menggunakan air panas atau larutan alkali pada temperatur tinggi. Karaginan juga merupakan campuran yang kompleks dari beberapa polisakarida dan senyawa hidrokoloid yang terdiri atas ester kalium, natrium, magnesium dan kalium sulfat dengan galaktosa 3,6 anhidrogallaktosa kopolimer diperoleh dari alga merah yaitu jenis utama penghasil karagenan *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma striatum*, dan *Eucheuma cottoni* (Glicksman, 1983; Poncomulyo dan Taurino, 2006; Winarno, 1990).

Karaginan terdiri dari tiga jenis yaitu lamda, kappa, dan iota dimana ketiga jenis ini dibedakan berdasarkan perbedaan ikatan sel, sifat gel dan protein reactivity. Lamda dan kappa karaginan dapat diekstrak dari rumput laut jenis *Chondrus crispus* dan beberapa species *Gigartina*. Sedangkan iota karaginan diekstrak dari *Eucheuma* sp yaitu *Eucheuma cottoni* dan *Eucheuma spinosum* yang banyak dibudidayakan. Berikut ini beberapa sifat karaginan (Poncomulyo dan Taurino, 2006) :

1. Dalam air dingin, seluruh garam dari lamda karaginan dapat larut, sedangkan pada kappa dan iota karaginan hanya garam dan natrium yang larut.
2. Lambda karaginan larut dalam air panas (temperature 40-60°C). Kappa dan iota karaginan larut pada temperature diatas 70°C.
3. Kappa karaginan dapat membentuk gel dengan ion kalium, sedangkan iota karaginan membentuk gel dengan ion kalsium. Lamda karaginan akan membentuk disperse.
4. Kappa karaginan dapat membentuk gel dengan ion kalium, sedangkan iota karaginan membentuk gel dengan ion kalsium. Lambda karaginan tidak dapat membentuk gel.
5. Semua jenis karaginan stabil pada pH netral dan alkali. Pada pH asam karaginan akan terhidrolisis.

Dalam dunia industri dan perdagangan, karaginan memberikan banyak manfaat yaitu dalam industri farmasi dan makanan. Pada industri makanan, karaginan digunakan sebagai zat tambahan (additive) dalam proses pengolahan coklat, susu, puding, susu instant, dan makanan kaleng sedangkan pada industri farmasi, karaginan digunakan sebagai bahan pengental (suspensi), pengemulsi dan stabilizer dalam proses pembuatan pasta gigi, obat-obatan, minyak mineral, industri tekstil, cat dan keramik. Karaginan yang utama dalam bidang industri adalah untuk gelasi, pengentalan, stabilisator serta emulsifier (Asnawi, 2008; Winarno, 1990).

Berikut beberapa teknologi pengolahan karaginan dari *Eucheuma* sp yang dapat kita lihat pada tabel 1 (Anggadiredja *et.al.*, 2009) :

Tabel 1. Beberapa Teknologi Pengolahan Karaginan dari Eucheuma sp

Bahan Baku	Proses	Jenis/Tipe Karaginan	Metode	Bentuk Produk
<i>E. spinosum</i>	<i>refine</i>	iota-karaginan	metode alcohol	Powder
			metode alcohol	Powder
<i>E. cottonii</i>	<i>refine</i>	kappa-karaginan	metode (KCL)	Powder
	<i>semirefine</i>	food grade kappa-karaginan	alkali panas	chip powder
		industrial grade kappa-karaginan	alkali panas	chip powder

Sumber : Anggadiredja *et.al.*, 2009.

Jumlah produksi karaginan di Indonesia yaitu sekitar 4000-4500 ton. Untuk ekspor sekitar 3200-3500 ton, dan sisanya dipasarkan di dalam negeri. Akan tetapi, pemenuhan terhadap kebutuhan karaginan dalam negeri masih sangat kurang. Selama ini, kebutuhan karaginan dalam negeri masih dipenuhi melalui kegiatan impor, terutama untuk pemenuhan kebutuhan karaginan murni (Setiawati, 2007).

Pada prinsipnya penanganan rumput laut penghasil karaginan hampir sama dengan penanganan kelompok penghasil agar-agar. Perbedaannya adalah rumput laut penghasil karaginan ini (*Eucheuma*), tidak boleh dicuci dengan air tawar, karena akan rusak dan menurunkan kadar karaginnnya. Penanganannya

yang baik untuk jenis ini dapat dilakukan sebagai berikut (Winarno, 1996) :

- Rumput laut hasil panen dibersihkan dan disortir dari kotoran dan jenis rumput laut lain pada kelompok penghasil agar-agar.
- Kemudian dijemur di atas alas selama 2-3 hari
- Rumput laut yang sudah kering dibilas dengan air laut selama kira-kira lima menit.
- Dijemur kembali di atas alas selama 1-2 hari.
- Selama penjemuran, rumput laut tidak boleh terkena hujan atau embun.
- Setelah kering, baru dapat dimasukkan ke dalam karung plastik yang bersih dan siap untuk dipasarkan.

Setelah rumput laut mendapatkan penanganan pasca panen secara sempurna, sebelum diekstraksi, rumput laut tersebut dicuci dahulu dengan air tawar dan dikeringkan sehingga diperoleh rumput laut yang berwarna putih dengan kadar air sekitar 30-35%. Keberadaan air dalam jumlah banyak dalam jaringan rumput laut kemungkinan dapat menghalangi masuknya larutan alkali ke dalam jaringan rumput laut tersebut, sehingga tidak dapat mengekstrak karaginan yang ada di dalamnya. Kadar air yang terlalu rendah (rumput laut terlalu kering) kemungkinan dapat menyebabkan jaringan rumput laut keras, sehingga sulit ditembus oleh larutan alkali, akibatnya karaginan sulit terekstraksi. Selain itu, kandungan air dalam jaringan rumput laut memungkinkan terjadinya reaksi enzimatis yang dapat mempengaruhi kuantitas dan kualitas karaginan (Winarno, 1990).

2.3 Metode Ekstraksi Karaginan

Berdasarkan metode ekstraksi karaginan yang digunakan, dapat diperoleh dari dua jenis ekstrak karaginan yaitu *semi-refined* (ATC) dan *refined carrageenan* :

2.3.1 Produksi Karaginan Setengah Jadi (*Semi Refined Carrageenan* / SRC)

Rumput laut penghasil karaginan seperti *Eucheuma cottoni* yang baru dipanen umumnya memiliki kadar air sekitar 85% dan harus dikeringkan hingga kadar air 30-35%, yang merupakan kadar air standar untuk kualitas ekspor. Rumput laut penghasil karaginan dapat dengan mudah menjadi "*semi-refined carrageenan*" (SRC) melalui proses alkalisasi, SRC sering juga disebut *alkali-modified flour* (AMF) atau *alkali-treated carrageenophyte* (ATC) (Suryaningrum *et.al.*, 2003).

Metode ekstraksi karaginan *semi-refined* atau biasa disebut dengan ATC umumnya berasal dari rumput laut jenis *Eucheuma cottoni*. Proses produksi ATC dilakukan melalui proses pemanasan dalam larutan alkali pada suhu antara 65-80°C, lebih rendah dari suhu yang digunakan pada metode ekstraksi *refined carrageenan* yang menggunakan suhu antara 85-95°C. Penggunaan suhu yang lebih rendah pada produksi SRC dimaksudkan agar karaginan yang terkandung dalam rumput laut tidak larut ke dalam larutan alkali yang akan menurunkan rendemen SRC yang dihasilkan. Hasil dari produk SRC berbentuk chips dan ada pula yang berbentuk tepung (Yasita dan Intan, 2010).

2.3.2 Produksi Karaginan Murni (*Refined Carrageenan / RC*)

Karaginan murni (*Refined Carrageenan / RC*) merupakan hasil olahan rumput laut karaginofit. Karaginan murni didapatkan dari proses ekstraksi karaginan yang dilakukan dengan menggunakan air panas atau larutan alkali panas. Suasana alkalis dapat diperoleh dengan menambahkan larutan basa misalnya larutan NaOH, Ca(OH)₂, atau KOH. Penelitian yang dilakukan Zulfriady dan Sudjatmiko (1995), menunjukkan bahwa ekstraksi karaginan menggunakan (KOH) berpengaruh terhadap kenaikan rendemen dan mutu karaginan yang dihasilkan. Volume air yang digunakan dalam ekstraksi sebanyak 10 - 50 kali dari berat rumput laut. Ekstraksi biasanya mendekati suhu didih yaitu sekitar 85– 95°C selama satu sampai beberapa jam (Yasita dan Intan, 2010).

Penggunaan larutan alkali dalam proses ekstraksi mempunyai fungsi, yaitu membantu ekstraksi polisakarida menjadi lebih sempurna dan mempercepat eliminasi 6-sulfat dari unit monomer menjadi 3,6-anhidro-D-galaktosa sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel dan reaktivitas produk terhadap protein, membantu proses pemuatan (pembengkakan) jaringan sel-sel rumput laut yang mempermudah keluarnya karaginan dari dalam jaringan. Selain itu, pada penggunaan konsentrasi yang cukup tinggi, dapat menyebabkan terjadinya modifikasi struktur kimia karaginan akibat terlepasnya gugus 6-sulfat dari karaginan sehingga terbentuk residu 3,6-anhydro-D-galactose dalam rantai polisakarida. Hal ini akan meningkatkan kekuatan gel karaginan yang dihasilkan (Yasita dan Intan, 2010).

Pemisahan karaginan dari bahan pengestrak dilakukan dengan cara penyaringan dan pengendapan setelah proses ekstraksi. Penyaringan ekstrak karaginan umumnya masih menggunakan penyaringan konvensional yaitu kain saring dan *filter press*, dalam keadaan panas yang dimaksudkan untuk menghindari pembentukan gel. Pengendapan karaginan dapat dilakukan antara lain dengan metode *gel press*, *KCl freezing*, *KCl press*, atau pengendapan dengan alkohol. Penggunaan konsentrasi kalium (KCL) yang lebih tinggi akan membuat gel karaginan semakin meningkat. Ion kalium juga berpengaruh meningkatkan suhu cair dari suhu gelasi dari karaginan. Bila kation tersebut dihilangkan, maka karaginan tidak lagi mampu membentuk gel. Setelah itu dilakukan pengeringan karaginan basah dapat dilakukan dengan oven atau penjemuran. Pengeringan menggunakan oven dilakukan pada suhu 60°C (Ghufran, 2003; Istini dan Zatznika, 1991).



Gambar 1. Pemanasan Konvensional

Produksi karaginan dengan metode konvensional didasarkan pada kemampuan osmosis rumput laut. Pemanasan rumput laut dalam air cenderung mendesak karaginan terekstraksi keluar dari jaringan sel rumput laut. Metode ekstraksi dengan air panas seperti ini akan menghasilkan karaginan tanpa campuran bahan kimia yang dalam perdagangan dikenal dengan nama *native carrageenan*. Akan tetapi, rendemen ekstraksi akan lebih rendah dibandingkan pemanasan dalam larutan alkali (Suryaningrum *et.al.*, 2003).

Pemanasan konvensional dengan menggunakan *oil bath* adalah peralatan yang bisa mempertahankan suhu minyak pada kondisi tertentu selama selang waktu yang ditentukan. Dimana perangkat pemanas ini umumnya menggunakan prinsip pemanas minyak sebagai regulator suhu. Cara kerja *oil bath* adalah minyak dimasukkan ke dalam bejana, kemudian mengatur suhu yang dikehendaki dan memasukkan bahan yang akan dipanaskan. Proses pemanasan larutan alkali dalam oil bath terjadi karena adanya perambatan panas dari dinding *oil bath* yang telah dipanaskan terlebih dahulu kemudian berpindah ke dalam larutannya. Akibat distribusi panas seperti ini selalu terjadi perbedaan suhu antara dinding dengan pelarut dan membutuhkan waktu yang lama untuk mencapai suhu tertentu, akhir-akhir ini salah satu pengembangan teknologi untuk bahan pangan seperti rumput laut mulai berkembang yaitu dengan menggunakan teknologi *Ohmic*. Dimana pada penggunaan teknologi ini, selain menimbulkan efek pemanasan, ohmic juga dapat menyebabkan terjadinya permeabilisasi dinding sel yang dapat berperan dalam mempercepat proses reaksi, meningkatkan laju difusi senyawa melewati dinding sel, meningkatkan rendemen ekstraksi senyawa dan cairan dari dalam sel, serta meningkatkan laju pengeringan (Salengke, 2000; Soesanto, 2006; Yasita dan Intan, 2010).

2.4 Pemanasan Ohmic

Konsep pemanasan *Ohmic* atau dikenal juga dengan pemanasan Joule (*joule heating*) adalah pemanasan produk pangan dengan cara melewatkan aliran listrik melewati produk yang diolah. Akibatnya, terjadi pembangkitan energi internal pada bahan pangan. Prinsip dasar pemanasan ini akan menghasilkan sebuah pola pemanasan luar dan dalam. Konstruksi pemanas *Ohmic* terdiri dari sumber arus dan reactor yang disisipi dengan elektroda. Vibrasi sel menyebabkan terjadinya friksi dan disipasi dalam bentuk panas. Teknologi ini sempat menghilang karena kurang cocoknya material elektroda dan sistem pengontrolan tetapi akhir-akhir ini, minat terhadap pemanasan ohmic kembali dilirik karena meningkatnya ketersediaan dan kualitas material elektroda (Salengke, 2000; Silva, 2002; Muchtadi dan Ayustaningwarno, 2010).

Pemanasan *Ohmic* pada dasarnya menerapkan kontak antara bahan pangan dengan beberapa elektroda yang memiliki perbedaan potensial atau tegangan. Untuk menghasilkan panas, bahan pangan harus memiliki konduktifitas listrik. Pemanas Ohmic menggunakan arus bolak balik (*Alternating Current*). Pemanas *Ohmic* berbeda dengan pemanas microwave dari segi penggunaan frekuensi. Pemanas Ohmic dioperasikan dengan frekuensi rendah (50 sampai dengan 60 Hz) yang tidak akan merusak dinding sel, sedangkan microwave dioperasikan pada frekuensi tinggi yaitu sekitar 915 sampai 2450 MHz (Sastry, 2002).

Walaupun perlakuan *Ohmic* bukan merupakan olah minimal yang sesungguhnya, akan tetapi jika desain dan penerapan yang hati-hati terjadi peningkatan yang signifikan dibandingkan perlakuan panas konvensional, dimana pemanasan terjadi dari permukaan yang panas menuju bagian dalam sehingga terjadinya penyebaran panas yang tidak seragam. Keterbatasan perlakuan pemanasan konvensional telah dikenal di industri pangan, dimana kualitas produk tidak sesuai dengan yang diinginkan selain juga berhubungan dengan sensitivitas produk pangan terhadap panas sedangkan proses *ohmic* melibatkan *internal generation* pada kecepatan terkontrol, sehingga merupakan proses yang dapat diterapkan untuk produk pangan solid (Muchtadi dan Ayustaningwarno, 2010).

Bahan pangan yang dilewati arus listrik memberi respon berupa pembangkitan panas secara internal akibat adanya tahanan listrik dalam bahan pangan tersebut. Jumlah panas yang dibangkitkan dalam bahan pangan akibat

aliran arus berhubungan langsung dengan kerapatan arus yang ditimbulkan oleh besarnya medan listrik (*field strength*) dan konduktifitas listrik dari bahan pangan yang diolah. Konduktifitas listrik bahan pangan meningkat secara linier dengan peningkatan suhu sehingga proses pemanasan menjadi semakin efektif dengan semakin meningkatnya suhu selama proses pemanasan *ohmic* berlangsung (Salengke dan Sastry, 1999).

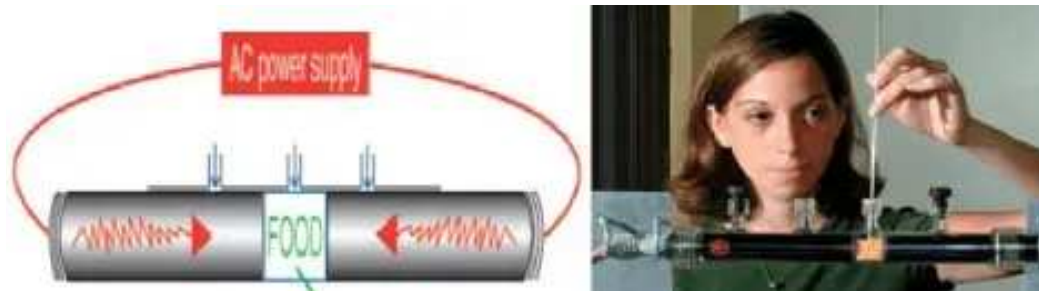
Panas internal yang dibangkitkan oleh bahan yang diolah akibat aliran arus listrik yang melaluinya dapat dimanfaatkan secara efektif untuk meningkatkan suhu bahan ke suhu proses pengolahan yang diinginkan seperti suhu modifikasi alkali untuk menghasilkan SRC atau suhu ekstraksi untuk menghasilkan *refined carrageenan*, agar, dan alginate (Salengke, 2000).

Dalam bidang pengolahan pangan, pemanasan *Ohmic* didefinisikan sebagai suatu proses dimana bahan pangan (cair, padatan, atau campuran antara keduanya) dipanasi secara simultan dengan mengalirkan arus listrik melaluinya. Dalam hubungannya dengan pengolahan rumput laut, peningkatan laju difusi ini dapat membantu mempercepat laju difusi alkali ke dalam jaringan sel-sel sehingga kecepatan reaksi modifikasi dapat ditingkatkan sehingga lama pengolahan dapat diturunkan (Salengke, 2000).

Bahan pangan yang dilewati arus listrik memberi respon berupa pembangkitan panas secara internal akibat adanya tahanan listrik dalam bahan pangan tersebut. Jumlah panas yang dibangkitkan dalam bahan pangan akibat aliran arus berhubungan langsung dengan kerapatan arus yang ditimbulkan oleh besarnya medan listrik (*field strength*) dan konduktifitas listrik dari bahan pangan yang diolah. Teknologi pemanasan *Ohmic* dapat diterapkan, tidak hanya untuk cairan tetapi juga untuk multi-fase campuran cair-padat (Delgado *et.al.*, 2012).

Ketika jaringan selular dipanaskan secara ohmik, suhu konduktivitas menjadi linier ketika *gradient voltage* dinaikkan hal ini menjelaskan bahwa terjadi non-linearitas pada *gradient voltage* rendah (20 sampai 30 V/cm). Penjelasananya adalah terjadinya *electro-osmosis* ketika pemanasan *Ohmic* digunakan yang tergantung dari besar medan voltase yang digunakan. Pada *gradient voltage* tinggi, *electro-osmosis* mendorong ion-ion melewati membran dinding sel bahkan pada suhu lebih rendah (Muchtadi dan Ayustaningwarno, 2010).

Konduktivitas listrik tergantung pada konsentrasi ion, maka memungkinkan untuk mengubahnya menggunakan perlakuan sederhana seperti penambahan garam. Penurunan konduktivitas listrik dalam sampel yang direndam air disebabkan hilangnya senyawa ionik dalam air (Muhtadi dan Ayustaningwarno, 2010).



Gambar 2. Model Pemanas *Ohmic* dan Reaktor *Ohmic*

Pemanasan *Ohmic* telah diterapkan dalam proses ekstraksi minyak lemon. Efisiensi kerja pemanas *Ohmic* dapat ditingkatkan dengan melengkapi sistem kontrol otomatis. Medan listrik yang dianjurkan dalam pemanasan *Ohmic* tidak melebihi 16,7 Volt/cm (Silva, 2002).

Fenomena *Ohmic* atau *Joule heating* ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai teknologi pengolahan pangan, termasuk dalam pengolahan rumput laut untuk menghasilkan produk karaginan, agar, dan alginat. Keunggulan dari teknologi pengolahan rumput laut ini meliputi (Salengke, 2000) :

- Dengan teknologi *Ohmic*, panas yang dibutuhkan dalam reaksi modifikasi dan proses ekstraksi karaginan, agar, dan alginat dibangkitkan secara “*in situ*” di dalam reaktor akibat panas yang dibangkitkan secara internal oleh rumput laut dan larutan alkali dalam tangki reaksi (*reactor*). Dengan demikian, tidak dibutuhkan lagi sumber panas eksternal dan alat penukar panas sehingga desain sistem pengolahan dan sistem kontrol menjadi lebih sederhana dan murah serta penggunaan energi dalam proses pengolahan menjadi lebih efisien.
- Dalam proses produksi *semi-refined carrageenan* (SRC), kecepatan reaksi modifikasi precursor karaginan menjadi karaginan sangat tergantung pada kecepatan penyerapan alkali ke dalam matriks jaringan sel-sel rumput laut. Pada sistem pengolahan dengan pemanasan konvensional, kecepatan reaksi berlangsung lambat sehingga proses pengolahan umumnya dilakukan antara 3 – 6 jam. Dari hasil penelitian

dalam bidang teknologi *Ohmic* yang telah dilakukan (Salengke, 2000; Salengke dan Sastry, 2005; Salengke dan Sastry, 2007), ditemukan bahwa selain efek pemanasan, listrik bertegangan rendah seperti yang umumnya digunakan pada teknologi *Ohmic* mempengaruhi jaringan sel-sel produk pertanian yang berakibat pada meningkatnya laju difusi pada sel-sel tersebut. Dalam konteks pengolahan rumput laut, peningkatan laju difusi ini dapat membantu mempercepat laju difusi alkali kedalam jaringan sel-sel sehingga kecepatan reaksi modifikasi dapat ditingkatkan sehingga lama pengolahan dapat diturunkan. Hal ini akan menurunkan konsumsi energi dan meningkatkan efisiensi pengolahan secara keseluruhan (jumlah batch yang dapat diolah setiap hari meningkat sehingga kapasitas pengolahan meningkat).

- Laju pengeringan produk-produk pertanian dapat ditingkatkan dengan memberikan perlakuan pendahuluan berupa pemanasan secara *Ohmic* (Salengke dan Sastry, 2005). Oleh karena itu, diharapkan bahwa produk *semi-refined carrageenan* (SRC) yang diolah secara *Ohmic* akan mengalami proses pengeringan lebih cepat sehingga dapat meningkatkan efisiensi pengeringan dan menurunkan biaya pengeringan.
- Dalam beberapa penelitian telah dibuktikan bahwa medan listrik pada tingkat tertentu dapat mengakibatkan terjadinya elektroporasi atau pembentukan pori-pori pada membran sel. Pembentukan pori-pori tersebut akan mengakibatkan terjadinya peningkatan permeabilitas dinding sel. Fenomena ini dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pelepasan karaginan dari dinding sel rumput laut sehingga proses ekstraksi karaginan yang tersimpan dalam dinding sel dapat berlangsung secara lebih efisien dan rendemen karaginan yang dihasilkan meningkat. Dengan demikian, penggunaan teknologi *Ohmic* dalam proses ekstraksi karaginan, agar, dan alginat dari rumput laut diharapkan dapat meningkatkan rendemen produk yang dihasilkan.

Pemanasan *Ohmic* mengambil nama dari hukum Ohm, yang dikenal sebagai hubungan antara arus, tegangan, dan tahanan (persamaan 1). Bahan makanan terhubung antara elektroda memiliki resistansi dalam rangkaian sehingga besarnya arus yang dapat dihantarkan dapat dihitung sebagai berikut (Sastry dan Salengke, 1998) :

$$I = \frac{V}{R} \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

I = arus listrik, amp

R = tahanan konduktor listrik, ohm

V = voltase (V/cm)

Tahanan dari bahan makanan untuk melewatkan arus listrik menyebabkan panas yang dihasilkan dalam makanan. Dengan kata lain, energi listrik dikonversi menjadi energi panas (Sastry dan Salengke, 1998). Waktu pemanasan *Ohmic* bergantung pada gradien tegangan yang digunakan. Gradien tegangan meningkat, panas yang dihasilkan per unit waktu meningkat, dan karena itu waktu pemanasan yang diperlukan untuk mencapai temperatur berkurang. Skala waktu dapat diatur dengan memilih parameter gradien tegangan (Icier, 2012).

Konduktivitas listrik adalah ukuran dari seberapa baik suatu zat mentransmisikan muatan listrik, dinyatakan dalam Siemens per meter (S/m). Konduktivitas listrik adalah rasio densitas substansi pada kekuatan medan listrik dan dipengaruhi oleh komposisi kimia dari suatu zat. Dalam terminologi pemanasan *Ohmic*, konduktivitas adalah ukuran dari isi mineral atau ion. Untuk bahan makanan. Semakin tinggi jumlah garam terlarut dalam zat, semakin tinggi konduktivitas (Anderson, 2008).

Konduktifitas listrik dari setiap bahan dapat diturunkan dari hukum Ohm dan dinyatakan sebagai berikut (Sastry, 1992) :

$$\sigma = \left(\frac{1}{R} \right) \left(\frac{L}{A} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

L = Panjang lintasan arus = panjang konduktor, m. Dalam praktek, jarak antara elektroda.

A = Luas penampang konduktor, m²

Dalam persamaan diatas, $1/R$ merupakan konduktan listrik dari bahan yang nilainya sama dengan rasio antara besarnya arus listrik (I) yang mengalir melalui bahan dengan gradien dari voltase (V).Tahanan dari bahan makanan untuk melewatkan arus listrik menyebabkan panas yang dihasilkan dalam makanan. Dengan kata lain, energi listrik dikonversi menjadi energi panas. Waktu pemanasan ohmik bergantung pada gradien tegangan yang digunakan. Gradien tegangan meningkat, panas yang dihasilkan per unit waktu meningkat, dan

karena itu waktu pemanasan yang diperlukan untuk mencapai temperatur berkurang. Skala waktu dapat diatur dengan memilih parameter gradien tegangan (Icier, 2012).

Pada pemanasan *Ohmic*, suhu konduktivitas listrik menjadi lebih meningkat, karena terjadinya *electro-osmosis* ketika pemanasan ohmik digunakan yang tergantung dari besarnya medan voltase yang digunakan. Pada voltage tinggi, *electro-osmosis* mendorong ion-ion melewati membran dinding sel bahkan pada suhu lebih rendah. Pada kekuatan medan yang cukup, dapat digunakan hubungan linear σ -T (Muhtadi dan Ayustaningwarno, 2010) :

$$\sigma_T = \sigma_{ref} [1 + m(T - T_{ref})] \dots \dots \dots (3)$$

Dimana σ_T adalah konduktivitas listrik pada suhu T, σ_{ref} adalah konduktivitas listrik pada suhu reference T_{ref} dan m adalah koefisien suhu. Peningkatan konduktivitas berarti bahwa pemanasan ohmik menjadi lebih relatif efektif pada suhu lebih tinggi. Karena konduktivitas listrik tergantung pada konsentrasi ion, maka memungkinkan untuk mengubahnya menggunakan perlakuan sederhana seperti penambahan garam pada bahan pangan. Karena penurunan konduktivitas listrik bahan pangan yang direndam air disebabkan hilangnya senyawa ionik dalam air. Konduktivitas listrik bahan pangan meningkat secara linier dengan peningkatan suhu sehingga proses pemanasan menjadi semakin efektif dengan semakin meningkatnya suhu selama proses pemanasan *ohmic* berlangsung. Konduktivitas listrik cenderung meningkat ketika ukuran partikel menurun, walaupun kesimpulan secara general tidak dapat dilakukan tanpa memperhitungkan bentuk dan orientasi partikel (Muhtadi dan Ayustaningwarno, 2010).

Laju panas yang dihasilkan dalam konduktor resistif secara murni yang dilalui oleh arus listrik diatur oleh hukum Joule, berikut (Berk, 2009) :

$$q = I^2 R \frac{E^2}{R} \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

- q = laju pelepasan panas, w
- I = arus listrik, amp
- R = tahanan konduktor listrik, ohm
- E = tegangan, volt.

Arus listrik yang diterapkan dalam pemanasan *Ohmic* adalah arus bolak-balik, untuk menghindari elektrolisis. Tegangan diatur sehingga mencapai suhu akhir yang dikehendaki. Tahanan listrik konduktor tergantung pada geometri konduktor dan konduktivitas listrik seperti yang ditunjukkan pada persamaan 5 (Berk, 2009) :

$$R = \frac{L}{A \cdot k_e} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana :

L = Panjang lintasan arus = panjang konduktor, m. Dalam praktek, jarak antara elektroda.

A = Luas penampang konduktor, m²

k_e = Konduktivitas listrik konduktor, ohm⁻¹. m⁻¹ = S.m⁻¹ (S = Siemens = 1/Ohm, menggantikan 'mho' digunakan untuk menyatakan konduktansi isolator dan air).

Prinsip dasar pemanasan *Ohmic* terkenal dengan disipasi energi listrik menjadi panas, yang menghasilkan generasi energi internal berbanding lurus dengan kuadrat dari kekuatan medan listrik dan konduktivitas listrik. Suatu bahan pangan dengan konduktivitas listrik σ , ditempatkan di antara dua elektroda dengan kekuatan medan ΔV , menghasilkan laju generasi energi internal (*internal energy generation*) μ sebesar (Muhtadi dan Ayustaningwarno, 2010) :

$$\mu = |\Delta V|^2 \sigma \dots\dots\dots(6)$$

Pemanasan *Ohmic* didasarkan pada bagian arus listrik bolak-balik (AC) melalui tubuh seperti sistem makanan partikel cair yang berfungsi sebagai hambatan listrik di mana panas dihasilkan. Tegangan AC diterapkan pada elektroda di kedua ujung badan produk. Tingkat pemanasan proposional secara langsung hasil perkalian/kuadrat dari kekuatan medan listrik, E dan konduktivitas listrik. Kekuatan medan listrik dapat bervariasi dengan menyesuaikan elektroda celah atau tegangan yang dikenakan. Namun, faktor yang paling penting adalah konduktivitas listrik dari produk dan ketergantungannya pada suhu. Konduktivitas listrik meningkat dengan kenaikan suhu, Perbedaan dalam hambatan listrik dan yang ketergantungan suhu antara dua fase dapat membuat karakteristik pemanasan sistem yang sangat rumit. Karena konduktivitas listrik dipengaruhi oleh kandungan ion, mungkin untuk menyesuaikan konduktivitas listrik produk (kedua fase) dengan tingkat ion (misalnya garam) untuk mencapai pemanasan *Ohmic* efektif (Berk, 2009).

Daya yang diubah oleh peralatan listrik mengingatkan bahwa energi yang diubah bila muatan Q bergerak melintasi beda potensial sebesar V adalah QV (persamaan 7), maka daya P , adalah (Giancoli, 2001) :

$$P = \text{daya (Watt)} = \frac{\text{energi yang diubah}}{\text{waktu}} = \frac{QV}{t} \dots\dots\dots(7)$$

Muatan yang mengalir per detik, Q/t , merupakan arus listrik, I . Dengan demikian diperoleh :

$$P = IV \dots\dots\dots(8)$$

Hubungan ini menghasilkan daya/konsumsi energi yang diubah oleh suatu perangkat, dimana I adalah arus yang melewati serta V adalah tegangan yang digunakan. Dimana dari persamaan tersebut menunjukkan bahwa konsumsi energi berbanding lurus dengan arus listrik yang masuk dan tegangan yang digunakan (Giancoli, 2001).

Keunggulan *Ohmic* yaitu selain menimbulkan efek pemanasan, juga dapat menyebabkan terjadinya permeabilisasi dinding sel. Peningkatan permeabilisasi dinding sel pada berbagai produk pertanian terjadi akibat pemanasan secara *Ohmic*. Peningkatan permeabilisasi dinding sel tersebut dapat berperan dalam mempercepat proses reaksi, meningkatkan laju difusi senyawa melewati dinding sel, meningkatkan rendemen ekstraksi senyawa dan cairan dari dalam sel, serta meningkatkan laju pengeringan (Salengke, 2000).

Keunggulan utama dari pemanasan *Ohmic* yaitu cepat dan sistem pemanasannya yang relatif seragam dan merata, termasuk untuk produk yang mengandung partikulat yang dapat mengurangi jumlah total panas yang kontak dengan produk dibandingkan dengan pemanasan konvensional yang memerlukan waktu lama untuk terjadinya penetrasi panas ke bagian pusat bahan (Muchtadi dan Ayustaningwarno, 2010).

2.5 Sifat Fisik Karaginan

Hasil karaginan dari perlakuan ini kemudian dibandingkan dengan karaginan komersial berdasarkan indikator mutu karaginan. Beberapa indikator mutu karaginan berdasarkan sifat fisik yang dianalisis adalah rendemen, viskositas dan kekuatan gel.

1. Rendemen

Rendemen merupakan salah satu parameter penting dalam menilai efektif tidaknya proses pembuatan tepung karaginan. Efektif dan efisiennya proses ekstraksi bahan baku untuk pembuatan tepung karaginan dapat dilihat dari nilai rendemen yang dihasilkan. Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui persentase karaginan yang dihasilkan dari rumput laut kering yang digunakan berdasarkan umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi. Rendemen karaginan sebagai hasil ekstraksi dihitung berdasarkan rasio antara berat karaginan yang dihasilkan dengan berat rumput laut kering yang digunakan. Adapun rumus yang digunakan dalam perhitungan nilai rendemen rumput laut adalah (Samsuari, 2006) :

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{Berat Karaginan Kering}}{\text{Berat Rumput Laut Kering}} \times 100\% \dots\dots\dots(9)$$

2. Viskositas

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam sistem larutan merupakan faktor kualitas yang penting untuk zat cair dan semi cair (kental) atau produk murni, dimana hal ini merupakan ukuran dan kontrol untuk mengetahui kualitas dari produk akhir dan tujuan pengujian viskositas itu sendiri adalah untuk mengetahui tingkat kekentalan karaginan hasil ekstraksi. Viskositas karaginan berpengaruh terhadap sifat gel terutama titik pembentukan gel dan titik leleh, dimana viskositas karaginan yang tinggi menghasilkan laju pelelehan dan pembentukan gel yang lebih tinggi dibanding karaginan yang viskositasnya rendah (Raharjo, 2009; Wulandari, 2011).

Viskositas suatu hidrokoloid dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi karaginan, temperatur, jenis karaginan, berat molekul dan adanya molekul-molekul lain. Jika konsentrasi karaginan meningkat maka viskositasnya akan meningkat secara logaritmik. Viskositas akan menurun secara progresif dengan adanya peningkatan suhu, pada konsentrasi 1,5% dan suhu 75°C nilai viskositas karaginan berkisar antara 5 – 800 cP. Selain itu, viskositas larutan karaginan terutama disebabkan oleh sifat karaginan sebagai polielektrolit. Gaya tolakan (repulsion) antara muatan-muatan negatif di sepanjang rantai polimer yaitu ester sulfat, mengakibatkan rantai molekul menegang. Karena sifat hidrofiliknya, polimer tersebut dikelilingi oleh molekul-molekul air yang terimobilisasi, sehingga menyebabkan larutan karaginan bersifat kental. Semakin kecil kandungan sulfat, maka nilai viskositasnya juga semakin kecil, tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat. Adanya garam-garam yang terlarut

dalam karaginan akan menurunkan muatan bersih sepanjang rantai polimer. Penurunan muatan ini menyebabkan penurunan gaya tolakan (repulsion) antar gugus-gugus sulfat, sehingga sifat hidrofilik polimer semakin lemah dan menyebabkan viskositas larutan menurun. Viskositas larutan karaginan akan menurun seiring dengan peningkatan suhu sehingga terjadi depolimerisasi yang kemudian dilanjutkan dengan degradasi karaginan (Raharjo, 2009).

Pengukuran viskositas, biasanya dalam bentuk cairan yaitu dengan menggunakan alat Viskometer Brookfield. Skala harus selalu menunjuk angka 0 terlebih dahulu setiap pemindahan kecepatan yang akan digunakan. Spindel harus berada dalam cairan pada batas tertentu yaitu hingga pertengahan batas spindel agar ukuran viskositasnya biassesuai. Setelah dipastikan jarum skala berada di angka 0 dan spindel telah tercelup sempurna, nyalakan viskometer dengan menggerakkan tombol on dan tunggu hingga penunjuk skala stabil kemudian dibaca skalanya (Raharjo, 2009).

3. Kekuatan gel

Kekuatan gel merupakan sifat fisik karaginan yang utama, karena kekuatan gel menunjukkan kemampuan karaginan dalam pembentukan gel dan sangat penting untuk menentukan perlakuan yang terbaik dalam proses ekstraksi tepung karaginan. Salah satu sifat penting tepung karaginan adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol menjadi gel yang bersifat reversible. Kemampuan inilah yang menyebabkan tepung karaginan sangat luas penggunaannya, baik dalam bidang pangan maupun farmasi (Anonim, 2002).

Pengukuran kekuatan gel dapat dilakukan dengan berbagai macam cara yaitu menggunakan Manual Texture Analyzer dan cara lain yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan Texture Analyzer, dimana alat ini menggunakan sistem komputerisasi sehingga data kekuatan gel yang didapatkan cukup akurat (Farida, 2007).

Texture analyzer XT Plus adalah mesin screw tunggal yang digunakan untuk mengukur tekstur makanan yang dikembangkan sampai 5000 N. Alat ini memiliki kecepatan sampai 2400 mm/menit, hasil uji Texture Analyzer diperoleh berupa grafik. Maka akan didapatkan produk dengan tekstur yang seragam sesuai dengan yang dikehendaki (Sharma *et.al.*, 2002).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Juli 2012 di Teaching Industry dan Laboratorium Processing, Program Studi Keteknikan Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin, Makassar.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain termometer, oven, Reaktor *Ohmic*, TA-TX texture analyzer Analytical Mill (IKA A11 basic), Hot plate, Viscometer Brookfield DE-RV version 1,00, *oil bath* Julabo HC, blender, gelas ukur, Timbangan analitik Mettler Toledo PL60L-S ketelitian 0,01 gram, pipet tetes, refrigerator, saringan, *stopwatch* dan cawan petridish.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan KOH 1 N, air laut, larutan KCL 15%, aquades, kertas label, tissue roll, plastik (cling wrap), air bersih dan rumput laut segar jenis *Eucheuma cottonii* dengan umur panen 50 hari.

3.3 Perlakuan dan Parameter Pengamatan

- a. Perlakuan yang diberikan pada proses ekstraksi dengan metode *Ohmic* dalam penelitian ini adalah:
 1. Lama pemanasan (0,5 dan 2 jam)
 2. Perbandingan rumput laut dengan alkali / SWAR (1:10 dan 1:50)
 3. Suhu pemanasan (85°C dan 95°C)
 4. Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm)
- b. Perlakuan yang diberikan pada proses ekstraksi dengan metode Konvensional adalah :
 1. Lama pemanasan (0,5 dan 2 jam)
 2. Perbandingan alkali dengan rumput laut / SWAR (1:10 dan 1:50)
 3. Suhu pemanasan (85°C dan 95°C)

- c. Parameter penelitian ini adalah:
- 1. Rendemen
 - 2. Viskositas
 - 3. Kekuatan gel
 - 4. Konsumsi energi

3.4 Matriks Penelitian

Perlakuan yang diberikan dalam penelitian meliputi perbedaan voltase selama alkalisasi dengan pemanasan *Ohmic*, perbandingan alkali dengan rumput laut, waktu dan suhu pemanasan. Matriks perlakuan penelitian dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 2. Matriks Penelitian

PERLAKUAN: V (60 V dan 90 V), WKT (0.5 dan 2 JAM), SWA-R (1:10 dan 1:50), T (85°C, 95°C)								
PARAMETER TETAP : C-ALKALI (I N atau 5.81%)								
PERLAKUAN						HASIL PENGUKURAN		
KODE	V	WKT	SWA-R	T-AKHIR	C-ALKALI	Rendemen	Viskositas	Kekuatan Gel
Kontrol Oilbath								
A 1	CTR	0.5	1:10	85	1			
A 2	CTR	2	1:10	85	1			
A 3	CTR	0.5	1:50	85	1			
A 4	CTR	2	1:50	85	1			
A 5	CTR	0.5	1:10	95	1			
A 6	CTR	2	1:10	95	1			
A 7	CTR	0.5	1:50	95	1			
A 8	CTR	2	1:50	95	1			
Ohmic dengan Perlakuan dihaluskan								
B 1	60	0.5	1:10	85	1			
B 2	60	2	1:10	85	1			
B 3	90	0.5	1:50	85	1			
B 4	90	2	1:50	85	1			
B 5	60	0.5	1:10	95	1			
B 6	60	2	1:10	95	1			
B 7	90	0.5	1:50	95	1			
B 8	90	2	1:50	95	1			
Ohmic dengan Perlakuan tidak dihaluskan								

C 1	60	0.5	1:10	85	1			
C 2	60	2	1:10	85	1			
C 3	90	0.5	1:50	85	1			
C 4	90	2	1:50	85	1			
C 5	60	0.5	1:10	95	1			
C 6	60	2	1:10	95	1			
C 7	90	0.5	1:50	95	1			
C 8	90	2	1:50	95	1			

Perlakuan :

Tegangan (V) : 60 V dan 90 V

Lama proses ekstraksi (WKT) : 0.5 dan 2 Jam

Rasio antara volume rumput laut dan larutan alkali : 1:10 dan 1:50

Suhu alkalisasi (T-Akhir) : 85 °C dan 95 °C

Parameter tetap :

Konsentrasi larutan alkali (C-Alkali) : 1 N

Keterangan :

- A = Ekstraksi menggunakan metode konvensional (*oil bath*)
- B = Ekstraksi menggunakan metode *Ohmic* dengan perlakuan rumput laut dihaluskan
- C = Ekstraksi menggunakan metode *Ohmic* dengan perlakuan rumput laut tidak dihaluskan (utuh)
- Setiap perlakuan dilakukan dua kali pengulangan

3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang akan dilakukan meliputi persiapan bahan, pembuatan larutan KOH 1N, proses produksi karaginan murni, pengukuran rendemen, viskositas dan kekuatan gel dari *E. Cottonii*.

a. Persiapan Bahan

Prosedur yang dilakukan dalam mempersiapkan bahan penelitian adalah sebagai berikut:

Menyiapkan rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* dengan umur panen 50 hari yang diperoleh dari Desa Lasitaeng, Kecamatan Taneterilau, Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan. Rumput laut *Eucheuma cottonii* tersebut kemudian dicuci menggunakan air laut untuk menghilangkan

benda asing yang melekat. Rumput laut yang telah dicuci kemudian dijemur di atas terpal plastik hingga mencapai kadar air sekitar 30%. Lalu menyiapkan larutan KOH 1 N.

b. Penyiapan larutan KOH 1 N

Penyiapan larutan KOH 1 N diperoleh dari bubuk KOH sebanyak 56,10 gram dengan larutan aquades sebanyak 1 Liter. Diperoleh dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Nugraha, 2011) :

$$1N = \frac{m/Mr}{1L} \times \text{elektron valensi}$$

$$1N = \frac{m/56,1}{1L} \times 1$$

$$m = \frac{56,1}{1L} = 56,10 \text{ gram} \dots\dots\dots(10)$$

Keterangan :

N = normalitas (banyaknya zat terlarut)

m = massa (gram)

Mr = massa atom relatif (untuk KOH, Mr = 56,10 yang nilainya didapatkan dari unsur periodik)

c. Produksi Karaginan Murni (*Refine Carrageenan* / RC)

Pada penelitian ini, produksi Keraginan Murni (*Refined Carrageenan* / RC) dilakukan dengan 2 metode alkalisasi yaitu menggunakan metode konvensional (*Oilbath*) sebagai kontrol dan menggunakan metode *Ohmic*. Untuk metode *Ohmic* dilakukan dengan dua perlakuan pada rumput laut yaitu rumput laut utuh dan rumput laut yang dihaluskan (diblender).

1. Metode Konvensional (menggunakan *Oilbath*)

Menyiapkan sampel rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan terlebih dahulu melakukan perendaman rumput laut selama ± 15 menit lalu sampel rumput laut yang dihaluskan. Sampel kemudian dipanaskan dalam larutan alkali dengan rasio antara volume rumput laut dan larutan alkali 1:10 (25 g rumput laut dengan 250 ml larutan KOH) dan perbandingan 1:50 (15 g rumput laut dengan 750 ml larutan KOH) untuk 2 kali ulangan. Sampel dipanaskan dalam *oilbath* selama 0,5 jam dan 2 jam pada suhu 85°C dan 95°C.

2. Metode *Ohmic* (Rumput laut yang dihaluskan)

Melakukan perlakuan yang sama dengan metode konvensional dengan rasio antara volume rumput laut dan larutan alkali 1:10 (30 g rumput laut dengan 300 ml larutan KOH) dan perbandingan 1:50 (10 g rumput laut dengan 500 ml larutan KOH) untuk 2 kali ulangan. Sampel dipanaskan dalam reaktor *ohmic* dengan lama proses ekstraksi 0,5 jam dan 2 jam dengan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm pada suhu pemanasan 85°C dan 95°C.

3. Metode *Ohmic* (Rumput laut utuh)

Menyiapkan sampel rumput laut *Eucheuma cottonii* dengan terlebih dahulu melakukan perendaman rumput laut selama ± 15 menit dengan rasio antara volume rumput laut dan larutan alkali 1:10 (30 g rumput laut dengan 300 ml larutan KOH) dan 1:50 (10 g rumput laut dengan 500 ml larutan KOH) untuk 2 kali ulangan. Lalu masing-masing sampel dipanaskan menggunakan reaktor *ohmic* dengan lama proses alkalisasi yaitu 0,5 jam dan 2 jam dengan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm pada suhu pemanasan 85°C dan 95°C.

Setelah pemanasan, larutan kemudian disaring. Hasil saringan filtrat kemudian ditambahkan secara perlahan kedalam larutan KCl dengan volume larutan KCl 2 kali dari larutan hasil ekstraksi. Setelah itu dilakukan pengadukan selama ± 15 menit kemudian diendapkan selama ± 1 jam.

Setelah itu larutan kemudian disaring kembali dan karaginan yang tertahan pada kain saringan kemudian diambil dan diletakkan diatas cawan petridish kemudian dimasukkan kedalam refrigerator selama satu jam. Setelah satu jam, sampel dikeluarkan lalu dilakukan proses thawing yaitu membiarkan sampel berada pada suhu ruang ± 30 menit, lalu membersihkan sisa-sisa air dengan menggunakan kertas tissue. Setelah itu sampel lalu dimasukkan kedalam oven dengan suhu 60°C selama ± 6 jam. Sampel yang telah dikeringkan kemudian ditimbang, kadar air sampel setelah pengeringan kemudian diukur dengan menggunakan metode pengovenan pada suhu 105°C selama 24 jam. Kadar air sampel dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% K_{abk} = \frac{\text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}}{\text{Berat Awal}} \times 100\% \dots \dots \dots (11)$$

Setelah pengeringan dan penghitungan kadar air, kemudian dihitung rendemen, pengukuran viskositas dan kekuatan gel karaginan murni (*refined carrageenan*) yang diperoleh.

d. Parameter Penelitian

1. Rendemen

Rendemen karaginan sebagai hasil ekstraksi dihitung berdasarkan rasio antara berat karaginan yang dihasilkan dengan berat rumput laut kering yang digunakan.

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{BeratKaraginanKering}}{\text{BeratRumputlautKering}} \times 100 \% \dots\dots\dots(12)$$

2. Viskositas

Larutan karaginan dengan konsentrasi 1,5% yaitu 3 g bubuk karaginan dilarutkan dalam 200 ml air kemudian dipanaskan dalam bak air yang dipertahankan pada suhu 75°C sambil diaduk secara teratur. Pemanasan dilakukan hingga suhu larutan konstan pada suhu 76-77°C. larutan bersama spindel yang telah dipanaskan kemudian ditransfer ke alat viskometer. Pengukuran viskositas dilakukan pada suhu 75°C dengan menggunakan 100 rpm kecepatan spindel. Pembacaan nilai viskositas dilakukan setelah satu menit putaran penuh.

3. Kekuatan Gel

Pengukuran kekuatan gel dilakukan dengan menggunakan Texture Analyzer. Tepung rumput laut yang digunakan dalam bentuk Karaginan Murni (*Refine Carrageenan / RC*). Gel dipersiapkan dengan melarutkan 3 g bubuk keraginan murni (*Refined Carrageenan / RC*) didalam 200 ml aquades, larutan tersebut dipanaskan pada suhu 80°C sambil diaduk secara perlahan. Setelah semua karaginan terlarut dan tergelatimisasi, larutan kemudian lalu dituangkan ke dalam pipa PVC ¾ inci dengan tinggi 3 cm, lalu didinginkan dan dimasukkan di dalam refrigerator pada suhu 10°C selama ± 17 jam. Selanjutnya, kekuatan gel diukur dengan menggunakan alat *TA-Xt Plus Texture Analyzer* dengan probe SMS P/35 dengan jarak ditetapkan 2 cm. Kekuatan gel dinyatakan dalam satuan kg/mm^2 .

4. Konsumsi energi

Untuk mengetahui total konsumsi energi listrik selama proses pemanasan (dari suhu 30°C ke suhu 85°C atau suhu 95°C) yang diproduksi secara *Ohmic*, maka menggunakan metode simpson untuk mendapatkan nilai yang lebih akurat.

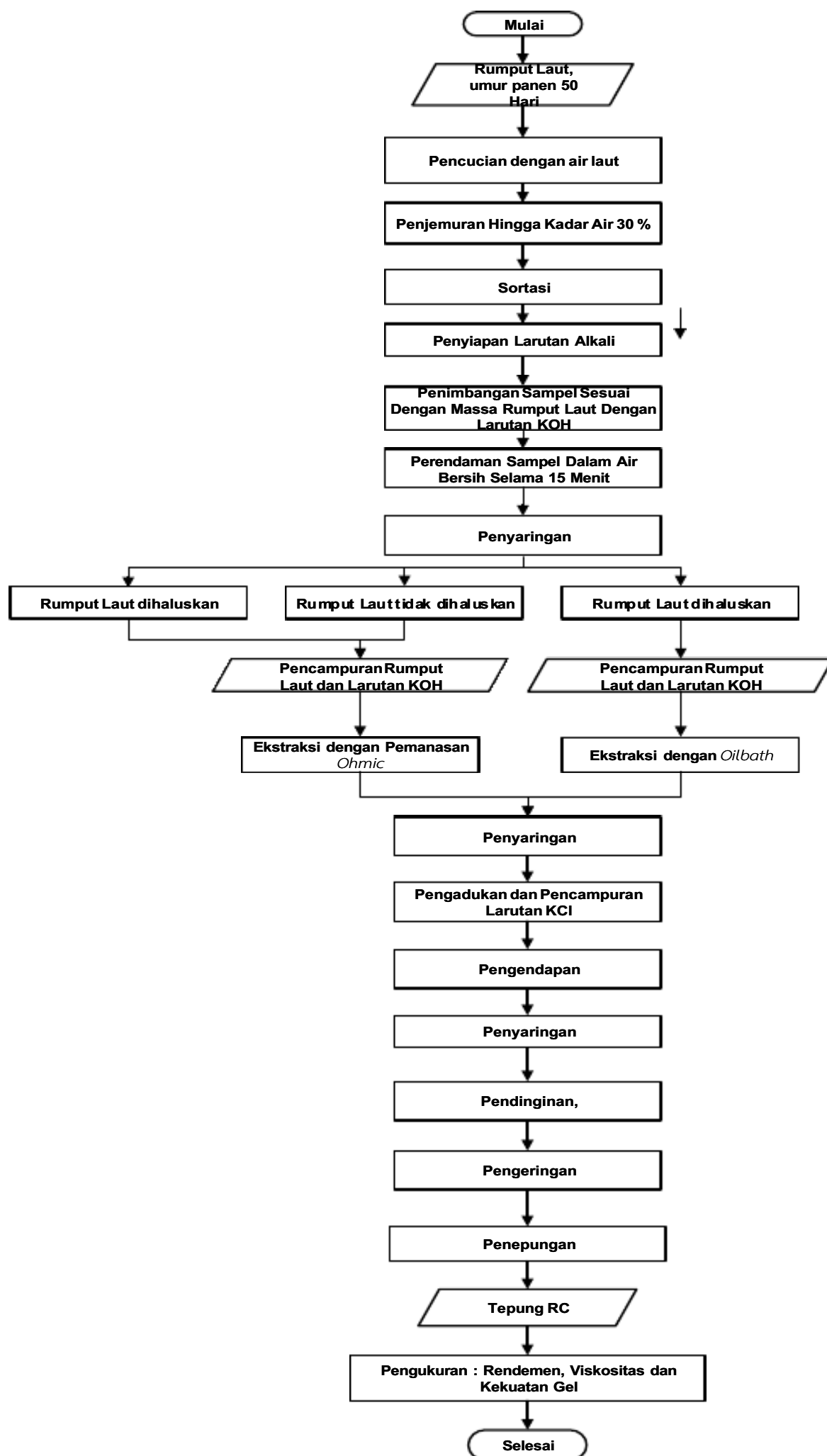
Adapun rumus yang digunakan sebagai berikut (Zuhair, 2009) :

- $3/8 \text{ Simpson} = \left(\frac{3}{8}\right) h (x_1) + (3 \times x_2) + (3 \times x_3) + x_4$
- $1/3 \text{ Simpson} = \left(\frac{1}{3}\right) h (x_1 + 3 \times x_2 + 3 \times x_3) \dots\dots\dots(13)$

Keterangan :

h = interval lama pemanasan

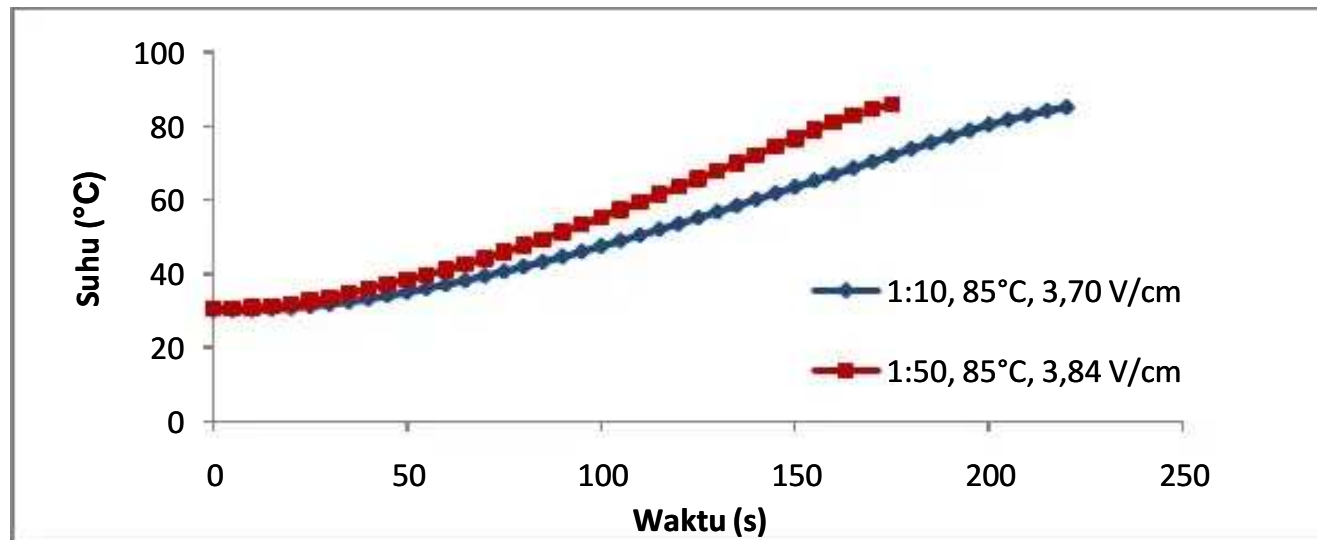
x = konsumsi energi



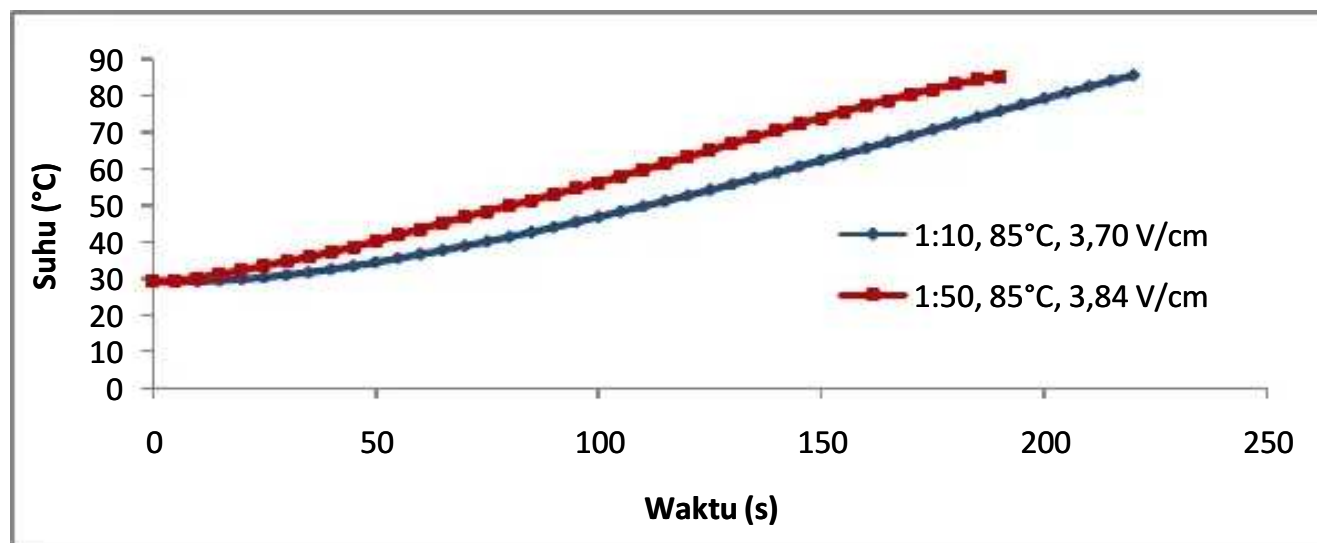
Gambar 3. Bagan Alir Prosedur Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

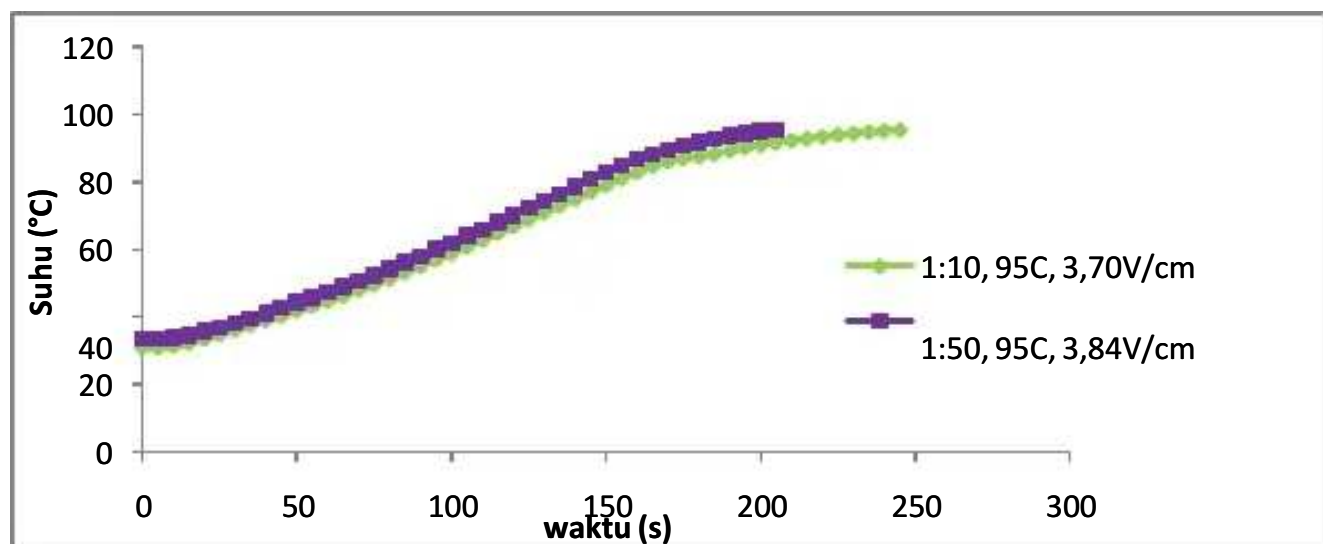
4.1 Pengaruh Kuat Medan Listrik terhadap Laju Pemanasan *Eucheuma cottonii*



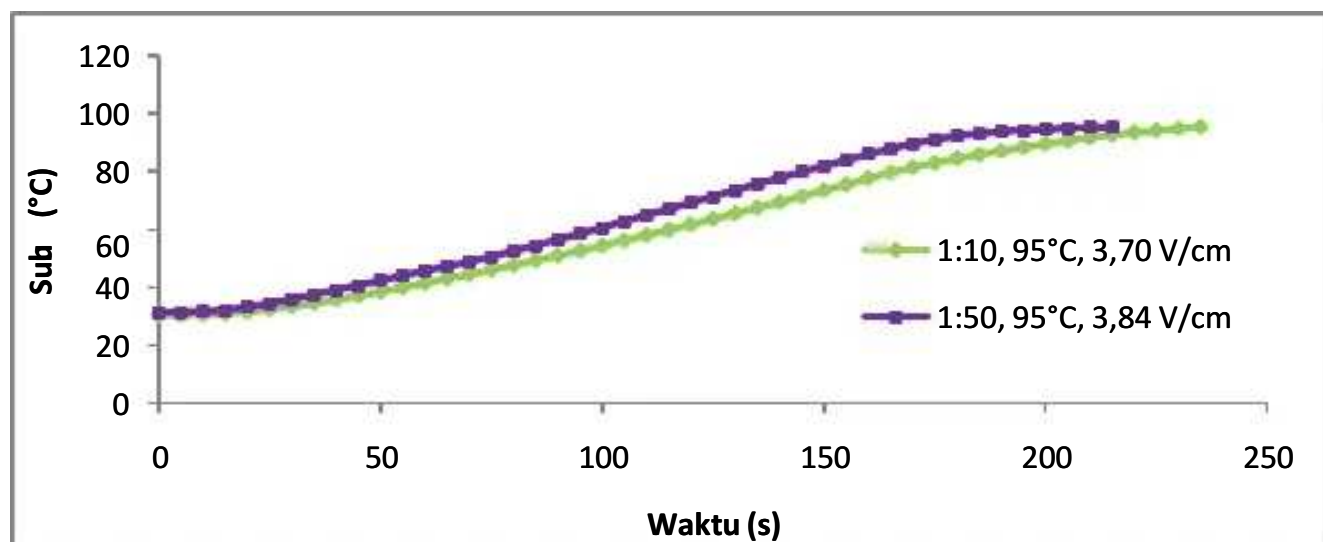
Gambar 4. Grafik Pemanasan *Ohmic* dengan Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi Larutan KOH 1 N, Suhu 85°C pada Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.



Gambar 5. Grafik Laju Pemanasan *Ohmic* dengan Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi Larutan KOH 1 N, Suhu 85°C pada Perlakuan Rumput Laut Utuh.



Gambar 6. Grafik Pemanasan *Ohmic* dengan Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi Larutan KOH 1 N, Suhu 95°C pada Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.

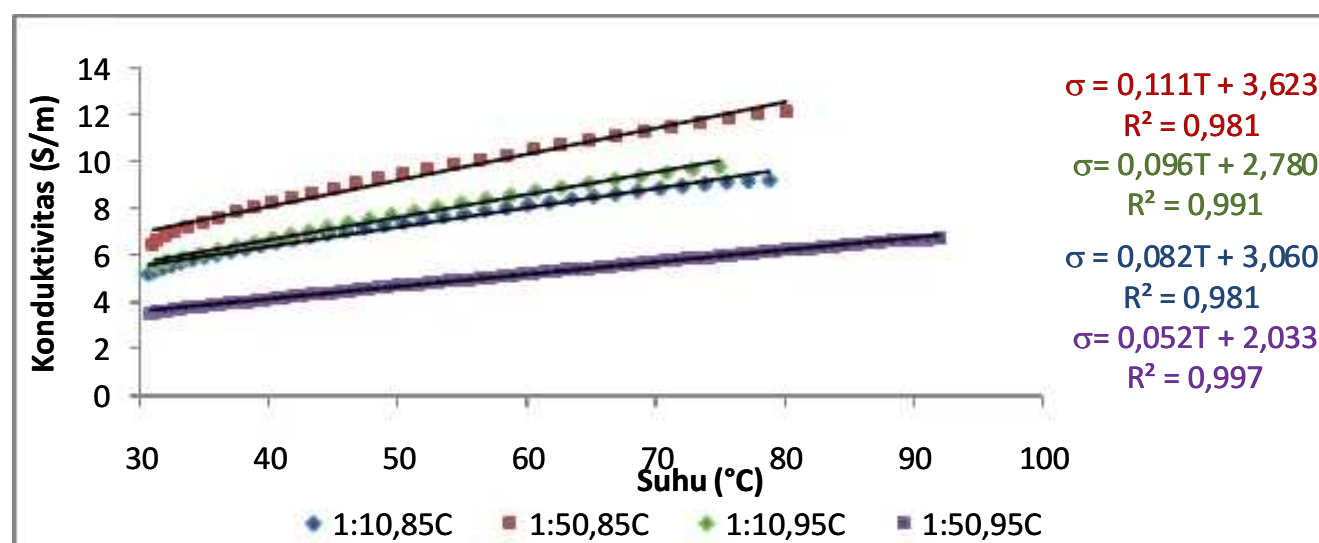


Gambar 7. Grafik Pemanasan *Ohmic* dengan Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3, 84 V/cm, Konsentrasi Larutan KOH 1 N, Suhu 95°C pada Perlakuan Rumput Laut Utuh.

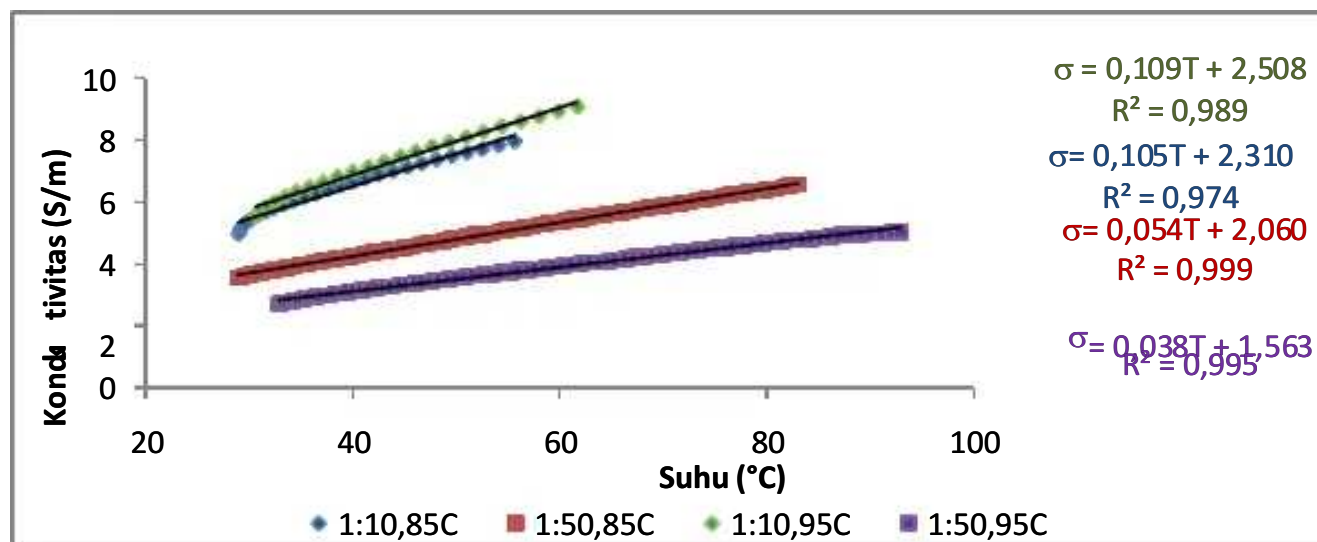
Pengaruh perlakuan kuat medan listrik terhadap laju pemanasan *Eucheuma cottonii* ditunjukkan pada Gambar 4, 5, 6 dan 7. Gambar 4 dan 5 merupakan grafik pemanasan *Ohmic* pada suhu pemanasan 85°C dengan perlakuan rumput laut dihaluskan dan rumput laut utuh. Pada perlakuan rumput laut dihaluskan (Gambar 4) terlihat bahwa laju pemanasan tercepat terjadi pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm dengan perbandingan rumput laut dan larutan alkali 1:50 dengan lama pemanasan 2,92 menit. Demikian pula perlakuan rumput laut utuh (Gambar 5) menunjukkan bahwa laju pemanasan tercepat terjadi pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm dengan perbandingan rumput laut dan larutan alkali 1:50 dengan lama pemanasan 3 menit.

Hasil yang diperoleh pada perlakuan rumput laut dihaluskan dan rumput laut utuh dengan suhu pemanasan 95°C ditunjukkan pada Gambar 6 dan 7. Laju pemanasan tercepat untuk perlakuan rumput laut dihaluskan dan utuh diperoleh pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm dengan SWAR 1:50 dengan lama pemanasan masing-masing sebesar 3,42 menit dan 3,58 menit. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kekuatan medan listrik yang digunakan dalam proses ekstraksi rumput laut maka laju pemanasan akan berlangsung lebih cepat. Hal ini sesuai dengan pernyataan (Icier, 2012) bahwa waktu pemanasan *Ohmic* bergantung pada gradient tegangan yang digunakan. Gradient tegangan meningkat, panas yang dihasilkan per unit waktu meningkat, dan karena itu waktu pemanasan yang diperlukan untuk mencapai temperatur akan berkurang, begitupun pada peningkatan laju difusi dapat membantu mempercepat larutan alkali kedalam jaringan sel-sel sehingga kecepatan reaksi modifikasi dapat ditingkatkan sehingga lama pengolahan dapat diturunkan (Salengke, 2000).

4.2 Pengaruh Suhu terhadap Konduktivitas Listrik selama Proses Ekstraksi *Eucheuma cottonii*



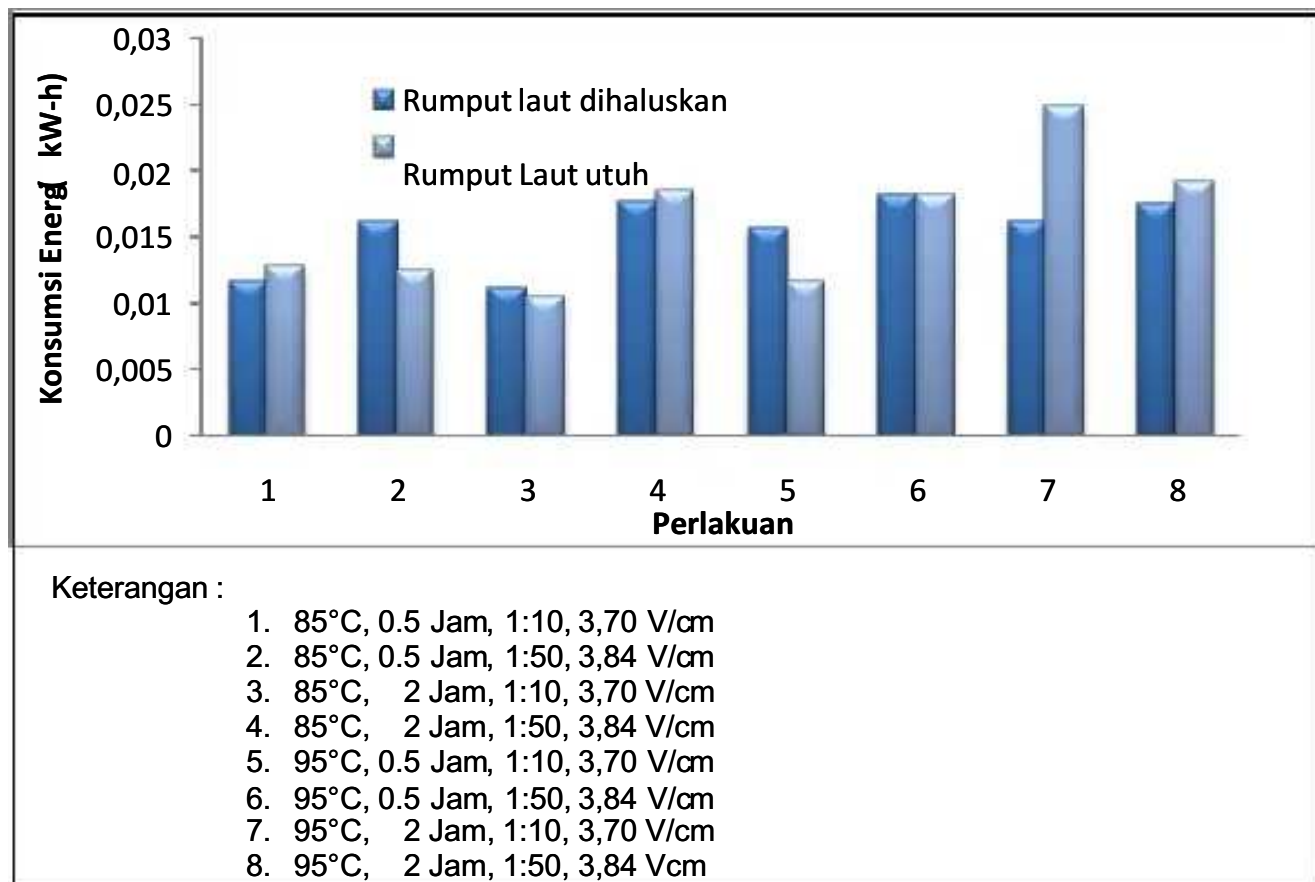
Gambar 8. Pengaruh Suhu terhadap Konduktivitas Listrik pada Kekuatan Medan Listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, Konsentrasi Larutan KOH 1 N (Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan)



Gambar 9. Pengaruh Suhu terhadap Konduktivitas Listrik pada kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm, konsentrasi larutan KOH 1 N (Perlakuan Rumput Laut Utuh)

Gambar 8 dan 9 menunjukkan grafik pengaruh kenaikan suhu larutan alkali terhadap konduktivitas listrik dengan perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dan 3,84 V/cm serta perbandingan rumput laut dengan larutan alkali 1:10 dan 1:50. Dari kedua gambar terlihat bahwa kenaikan suhu larutan dalam reaktor menyebabkan kenaikan konduktivitas listrik secara linier untuk semua perlakuan. Pada perlakuan rumput laut dihaluskan dengan SWAR 1:10, 85°C, 3,70 V/cm ; SWAR 1:50, 85°C, 3,84 V/cm; SWAR 1:10, 95°C, 3,70 V/cm, Serta SWAR 1:50, 95°C, 3,84 V/cm memberikan persamaan regresi dan koefisien korelasi (R^2) masing-masing $\sigma = 0,082T + 3,060$, $R^2 = 0,981$; $\sigma = 0,111T + 3,623$, $R^2 = 0,981$; $\sigma = 0,096T + 2,780$, $R^2 = 0,991$; $\sigma = 0,052T + 2,033$, $R^2 = 0,997$. Sedangkan pada perlakuan rumput laut utuh dengan SWAR 1:10, 85°C, 3,70 V/cm; SWAR 1:50, 85°C, 3,84 V/cm; SWAR 1:10, 95°C, 3,70 V/cm Serta SWAR 1:50, suhu 95°C, 3,84 V/cm memberikan persamaan regresi dan koefisien korelasi (R^2) masing-masing $\sigma = 0,105T + 2,310$, $R^2 = 0,974$; $\sigma = 0,054T + 2,060$, $R^2 = 0,999$; $\sigma = 0,109T + 2,508$, $R^2 = 0,989$; $\sigma = 0,038T + 1,563$, $R^2 = 0,995$. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Sastry dan Salengke (1998), bahwa konduktivitas listrik bahan pangan meningkat secara linier dengan peningkatan suhu sehingga proses pemanasan menjadi semakin efektif dengan semakin meningkatnya suhu selama proses pemanasan *ohmic* berlangsung.

4.3 Total Konsumsi Energi Listrik Selama Proses Ekstraksi *Eucheuma cottonii* dengan Pemanasan *Ohmic*.



Gambar 10. Konsumsi Energi listrik Selama Proses Pemanasan (dari Suhu 30°C ke suhu 85°C atau suhu 95°C) Secara *Ohmic*.

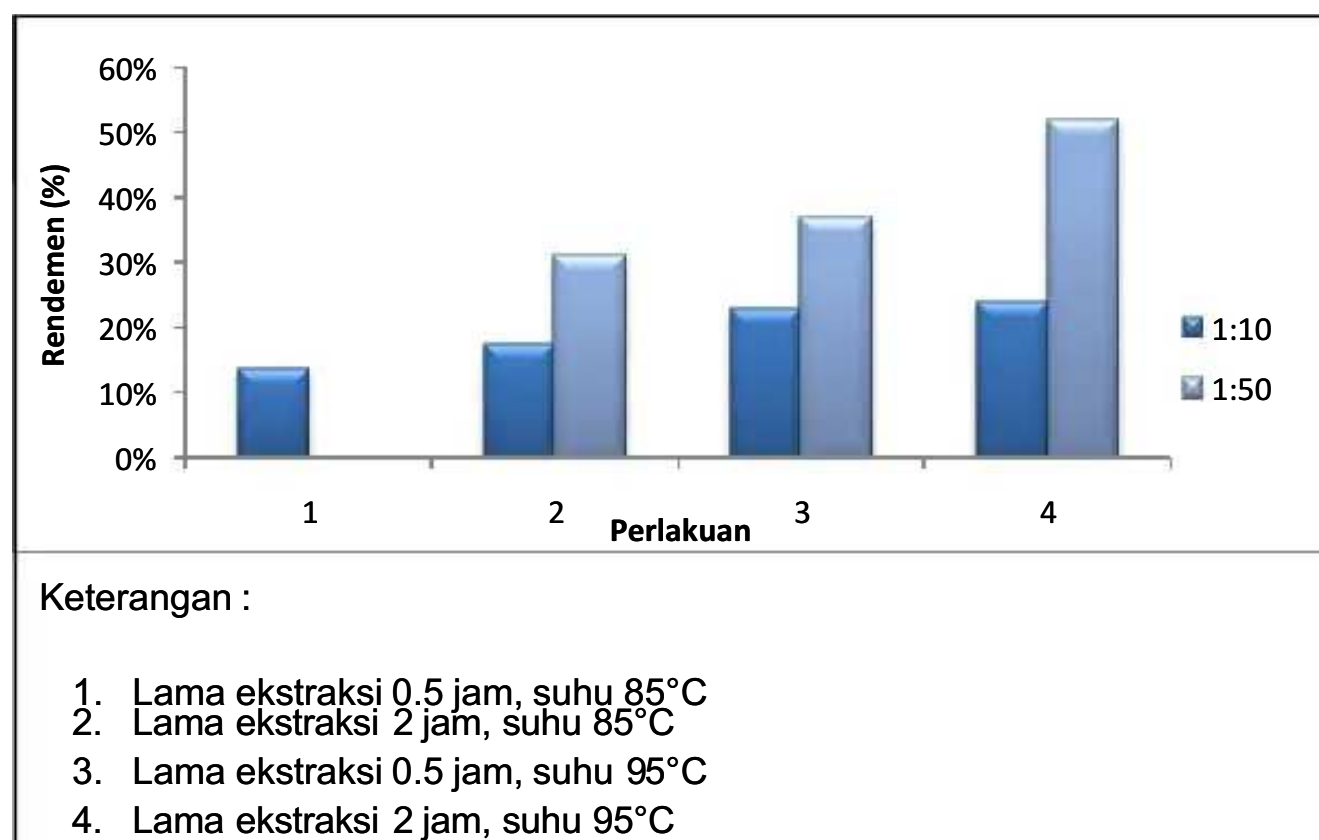
Gambar 10 memperlihatkan total konsumsi energi yang dibutuhkan selama proses ekstraksi pada perlakuan rumput laut dihaluskan dan utuh. Grafik tersebut menunjukkan bahwa total konsumsi energi rata-rata yaitu berkisar antara 0,0104-0,0248 kW-h. Pada perlakuan rumput laut dihaluskan, total konsumsi energi tertinggi yaitu pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm

dengan SWAR 1:50 suhu 85 C sebesar 0,0184 kW-h sedangkan total konsumsi energi terendah pada kekuatan medan listrik 3,70 Vcm dengan SWAR 1:10, suhu 85°C sebesar 0,0111 kW-h. Pada perlakuan rumput laut utuh, total konsumsi energi tertinggi yaitu pada kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dengan SWAR 1:10, suhu 95°C sebesar 0,0248 kW-h sedangkan total konsumsi energi terendah yaitu pada kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dengan SWAR 1:10, suhu 85°C sebesar 0,0104 kW-h. Hal tersebut menunjukkan bahwa semakin besar kekuatan medan listrik yang digunakan pada saat proses ekstraksi rumput laut, maka total konsumsi energi yang dibutuhkan juga semakin besar. Hal ini sesuai dengan

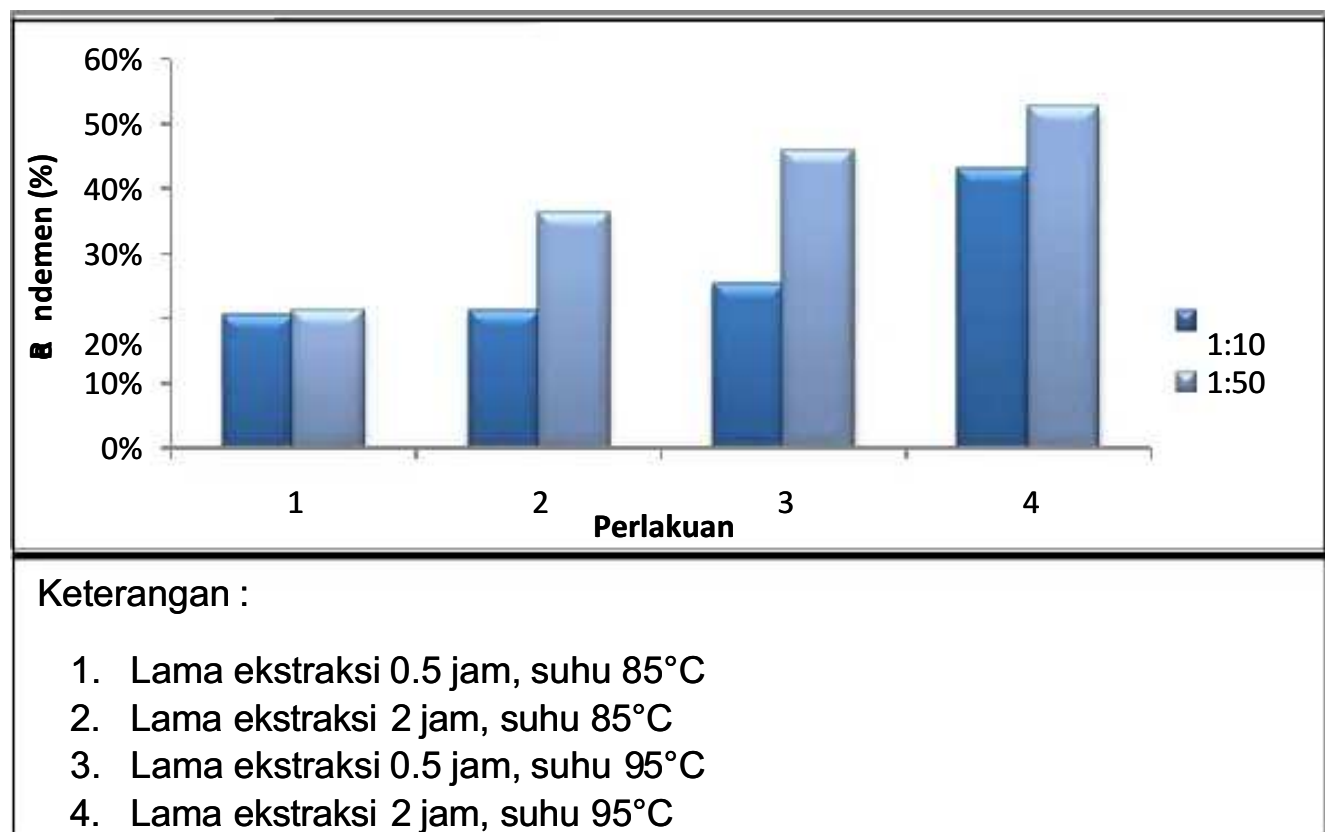
pernyataan Giancioli (2001) bahwa jumlah tegangan berbanding lurus dengan konsumsi energi yang digunakan, semakin besar tegangan, maka konsumsi energi yang digunakan juga akan semakin besar serta sebaliknya.

4.4 Rendemen Karaginan

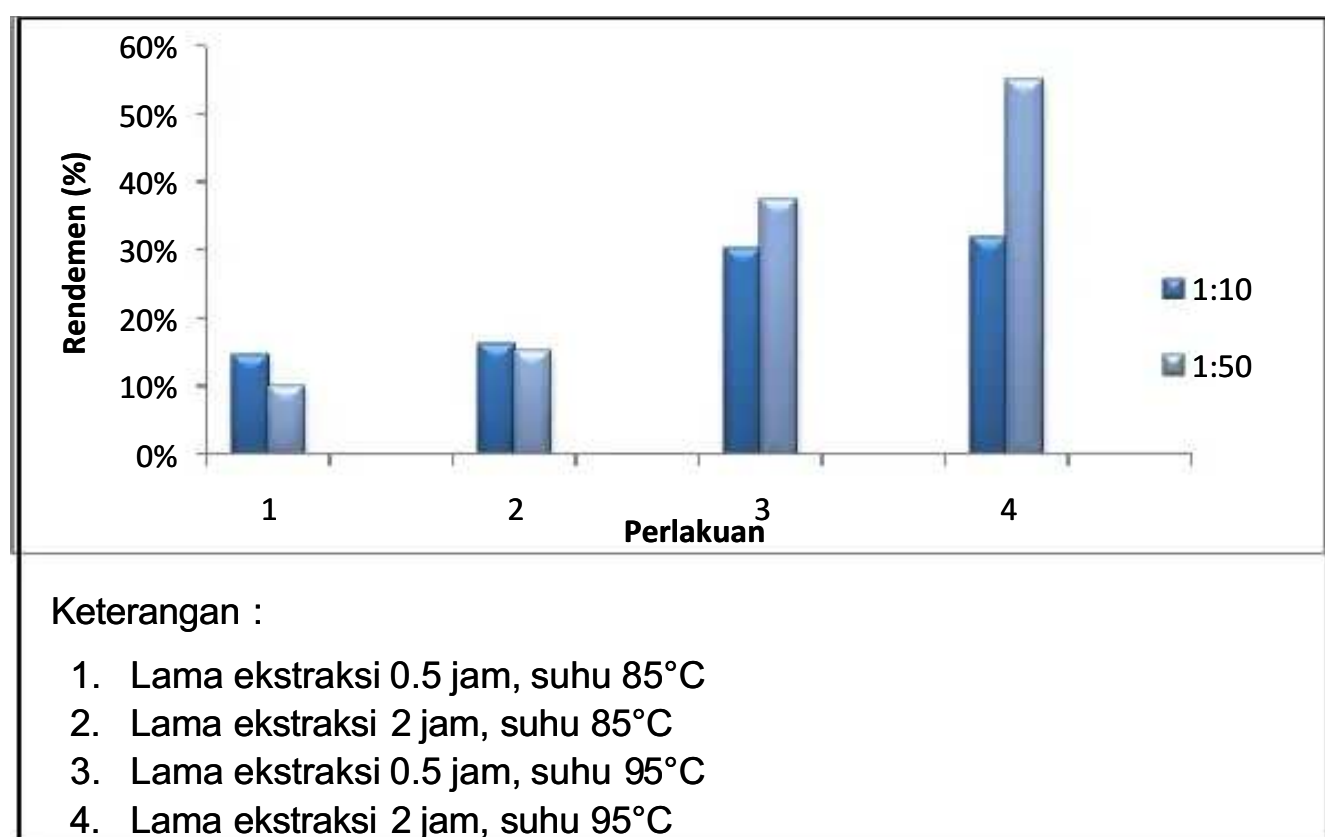
Rendemen merupakan salah satu parameter penting dalam menilai efektif tidaknya proses pembuatan tepung karaginan. Efektif dan efisiennya proses ekstraksi bahan baku untuk pembuatan tepung karaginan dapat dilihat dari nilai rendemen yang dihasilkan. Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui persentase karaginan yang dihasilkan dari rumput laut kering yang digunakan berdasarkan umur panen, konsentrasi KOH dan lama ekstraksi. Rendemen karaginan sebagai hasil ekstraksi dihitung berdasarkan rasio antara berat karaginan yang dihasilkan dengan berat rumput laut kering yang digunakan (Samsuari, 2006).



Gambar 11. Rendemen Karaginan yang dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Pemanasan Konvensional



Gambar 12. Rendemen Karaginan yang dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Metode *Ohmic* pada Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.



Gambar 13. Rendemen Karaginan yang Dihasilkan dari proses Ekstraksi dengan Metode *Ohmic* pada Perlakuan Rumput Laut tidak Dihaluskan

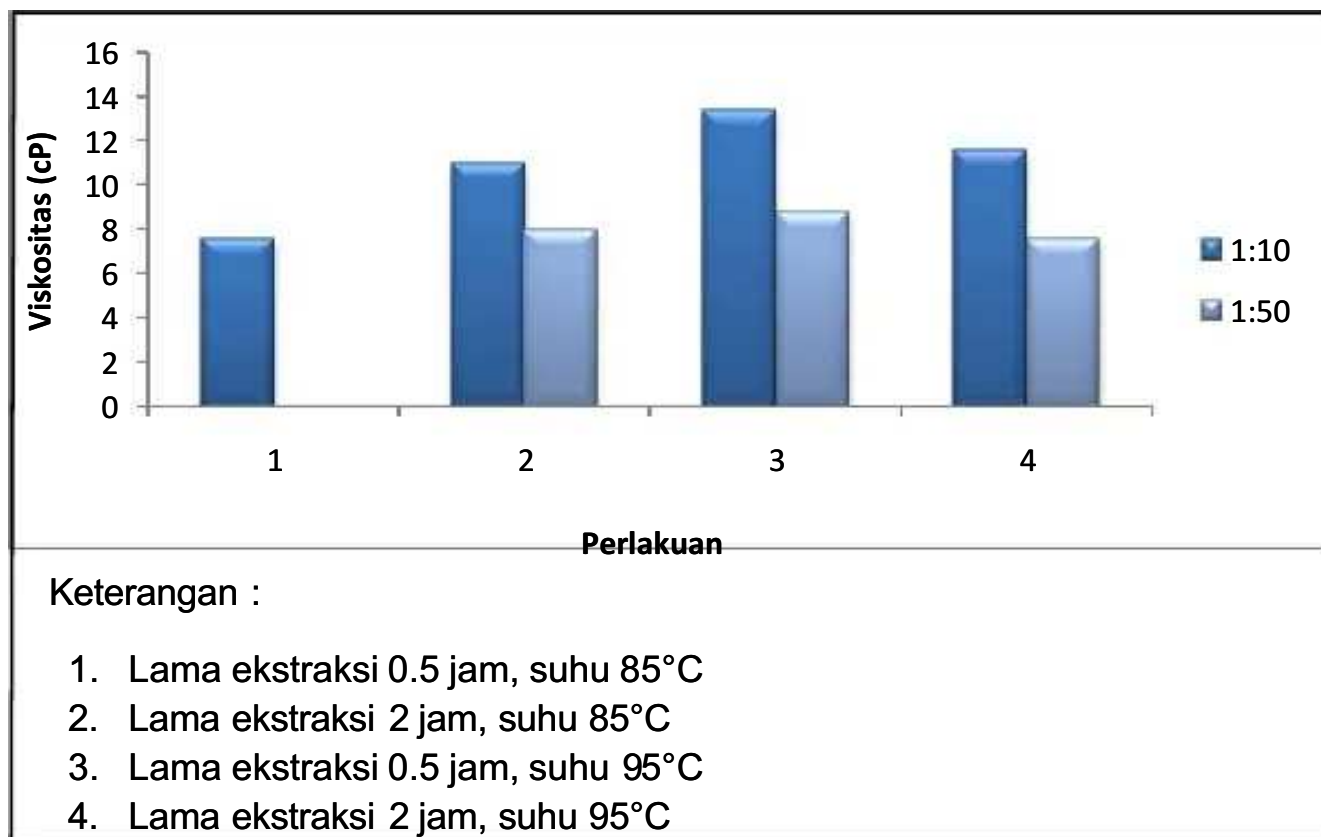
Gambar 11, 12, dan 13 menunjukkan nilai rendemen dari proses ekstraksi karaginan murni. Rata-rata nilai rendemen karaginan yang dihasilkan keseluruhan yaitu berkisar antara 10-55%. Untuk perlakuan *Oil bath* (konvensional) dengan perlakuan SWAR 1:50, lama ekstraksi 0.5 jam, suhu 85°C, kekuatan medan listrik 3,84 V/cm tidak menghasilkan rendemen karaginan

dan untuk rendemen tertinggi diperoleh pada perlakuan SWAR 1:50, suhu 95°C, lama ekstraksi 2 jam, kekuatan medan listrik 3,84 V/cm dengan rendemen sebesar 52% sedangkan rendemen terendah terdapat pada perlakuan SWAR 1:10, Suhu 85°C, lama ekstraksi 0.5 jam, kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dengan rendemen 14%. Untuk metode *ohmic*, rendemen tertinggi yang dihasilkan oleh masing-masing perlakuan rumput laut dihaluskan dan utuh terdapat pada perlakuan SWAR 1:50, suhu 95°C, lama ekstraksi 2 jam, kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dengan nilai rendemen masing-masing sebesar 53% dan 55% sedangkan rendemen terendah pada perlakuan rumput laut dihaluskan, terdapat pada perlakuan SWAR 1:10, Suhu 85°C, lama ekstraksi 0.5 jam, kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dengan rendemen sebesar 21% sedangkan rendemen terendah pada perlakuan rumput laut utuh terdapat pada perlakuan SWAR 1:50, suhu 85°C, lama ekstraksi 0.5 jam, kekuatan medan listrik 3,84 V/cm dengan rendemen sebesar 10%. Dari hasil ketiga perlakuan, menunjukkan bahwa rendemen tertinggi pada perlakuan dengan suhu tertinggi yaitu dengan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm, suhu 95°C dan perbandingan SWAR 1:50, lama ekstraksi 2 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama rumput laut kontak dengan panas maupun dengan larutan pengestrak, maka semakin banyak karaginan yang terlepas dari dinding sel menuju larutan pengestrak dan menyebabkan rendemen karaginan semakin tinggi. Selain itu, semakin tinggi suhu yang digunakan dalam proses ekstraksi karaginan murni, maka nilai rendemen yang dihasilkan akan semakin tinggi dan sebaliknya. Sesuai dengan pernyataan (Salengke, 2000) bahwa semakin lama proses ekstraksi dan semakin tinggi suhu ekstraksi akan meningkatkan rendemen karaginan.

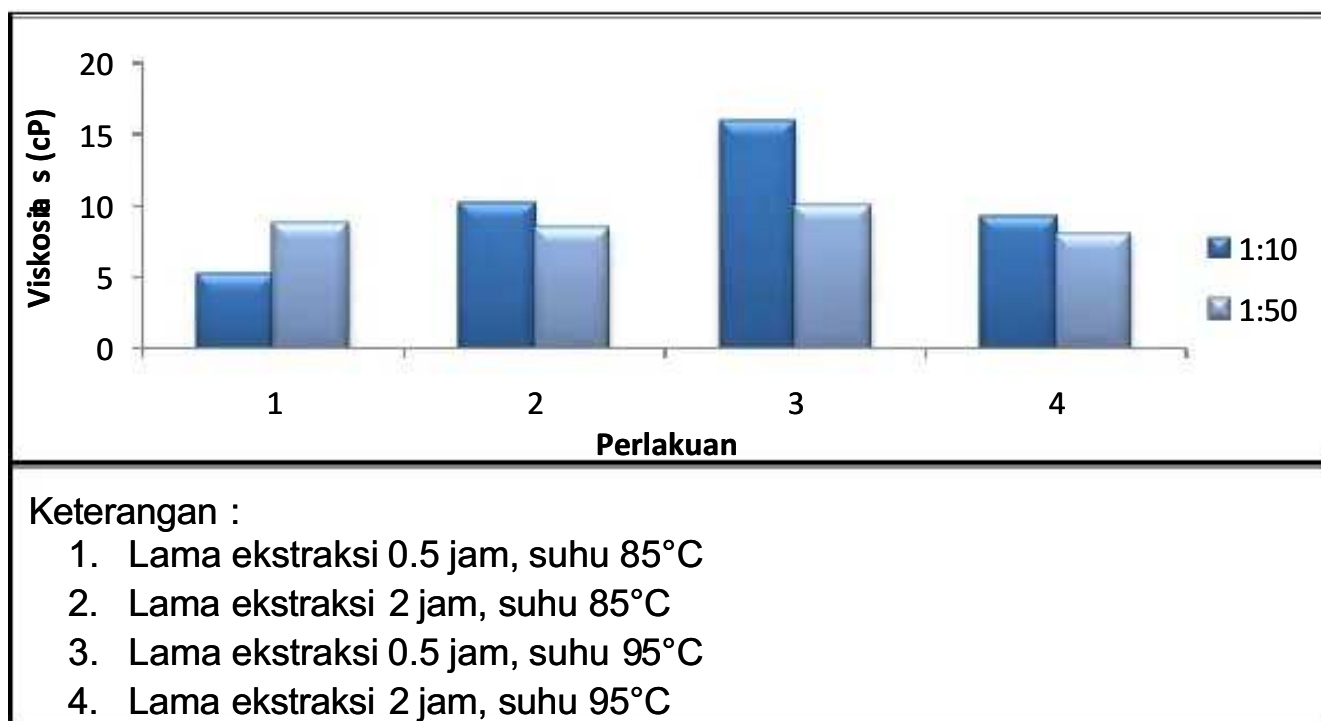
Dari hasil perlakuan tersebut menunjukkan bahwa hasil rendemen dari proses perlakuan *ohmic* lebih efektif dalam menghasilkan rendemen karaginan dibandingkan dengan perlakuan konvensional atau *oil bath*. Selain itu, salah satu kelebihan dari teknologi *ohmic* yaitu dapat menghasilkan rendemen karaginan pada rumput laut utuh. Hal ini sesuai dengan pernyataan Salengke (2000) bahwa teknologi *ohmic* sangat potensial untuk diaplikasikan dalam bidang pengolahan pangan karena selain menimbulkan efek pemanasan, juga dapat menyebabkan terjadinya permeabilisasi dinding sel. Peningkatan permeabilisasi dinding sel tersebut dapat berperan dalam mempercepat proses reaksi, meningkatkan laju difusi senyawa melewati dinding sel, meningkatkan rendemen ekstraksi senyawa dan cairan dari dalam sel, serta meningkatkan laju pengeringan.

4.5 Viskositas Karaginan

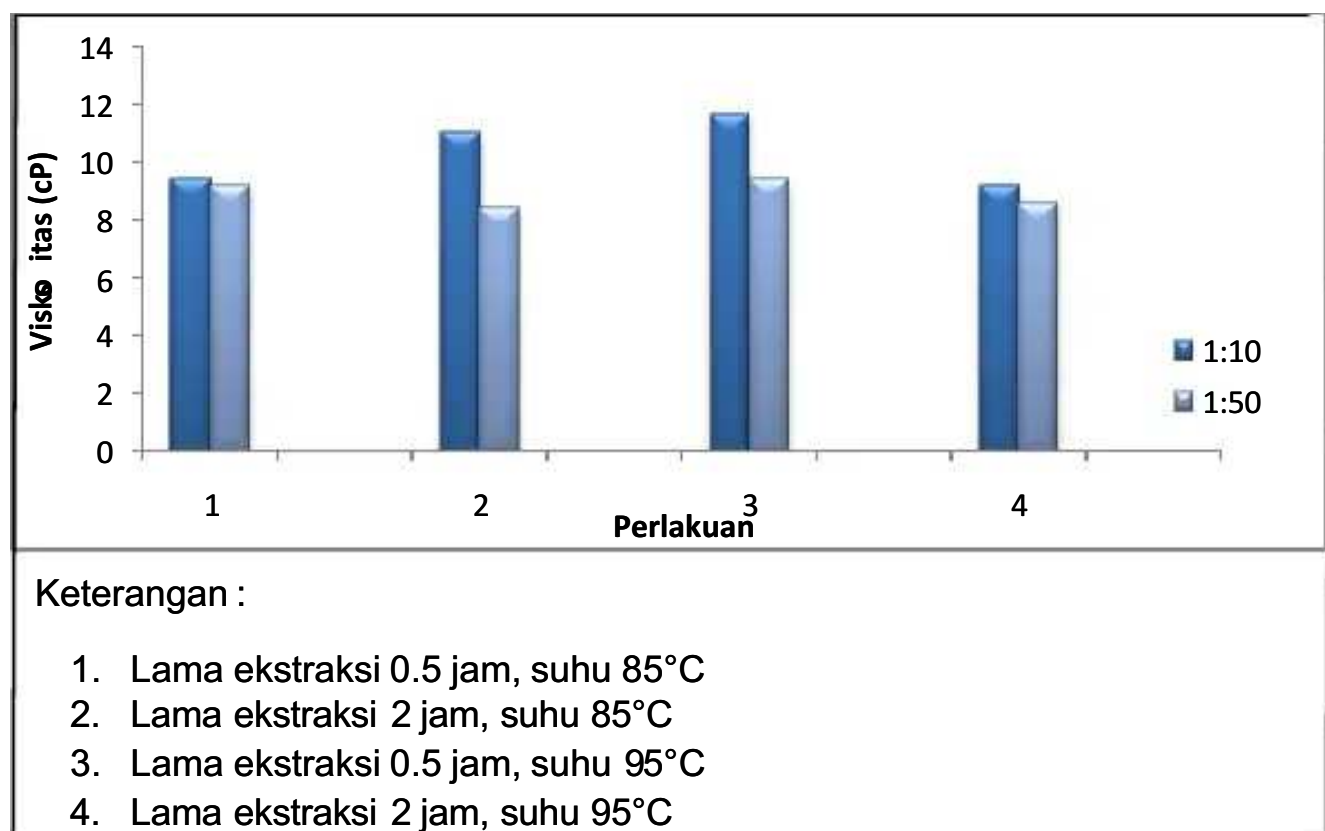
Viskositas merupakan faktor kualitas yang penting untuk zat cair dan semi cair (kental) atau produk murni, dimana hal ini merupakan ukuran dan kontrol untuk mengetahui kualitas dari produk akhir dan tujuan pengujian viskositas itu sendiri adalah untuk mengetahui tingkat kekentalan karaginan hasil ekstraksi (Raharjo, 2009).



Gambar 14. Viskositas Larutan Karaginan yang Dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Pemanasan Konvensional



Gambar 15. Viskositas Larutan Karaginan yang Dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Metode *Ohmic* pada Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan



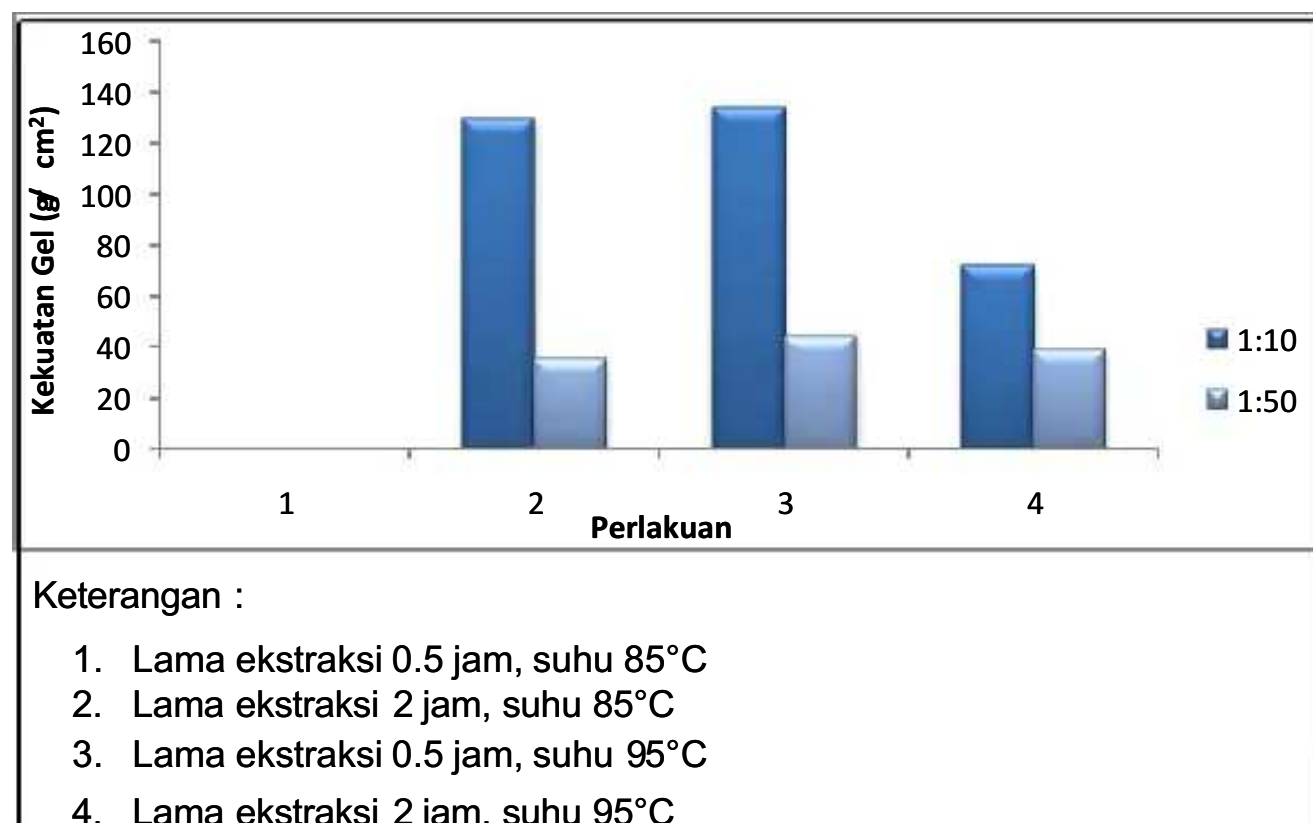
Gambar 16. Viskositas Larutan Karaginan yang Dihasilkan dari Proses Ekstraksi dengan Metode Ohmic pada Perlakuan Rumpuk Laut Utuh.

Gambar 14, 15 dan Gambar 16 menunjukkan nilai viskositas pada metode *Oil Bath* dan *Ohmic*. Nilai viskositas rata-rata yaitu 5- 11,6 cP. Untuk metode *Oil bath*, pada perlakuan SWAR 1:50, suhu 85°C, lama ekstraksi 0.5 jam tidak cukup jumlah sampel untuk dilakukan pengukuran viskositas larutan. Nilai viskositas tertinggi pada metode *Oil Bath*, terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm, SWAR 1:10, suhu 95°C, lama ekstraksi 0.5 jam dengan nilai viskositas sebesar 13,4 cP sedangkan nilai viskositas terendah terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm, SWAR 1:10, Suhu 85°C, lama ekstraksi 0.5 jam dengan nilai viskositas 5,2 cP. Begitupun pada metode *ohmic* dengan perlakuan rumput laut dihaluskan dan utuh, nilai viskositas tertinggi terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm, SWAR 1:10, suhu 95°C, lama ekstraksi 0.5 jam dengan nilai viskositas masing-masing sebesar 16 cP dan 11,4 cP sedangkan nilai viskositas terendah pada perlakuan rumput laut dihaluskan terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm, SWAR 1:10, Suhu 85°C, lama ekstraksi 0.5 jam dengan nilai viskositas 5,2 cP sedangkan nilai viskositas terendah pada perlakuan rumput laut tidak dihaluskan terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm, SWAR 1:50, suhu 85°C, lama ekstraksi 2 jam dengan nilai viskositas sebesar 8,4 cP. Dari ketiga perlakuan tersebut menunjukkan bahwa nilai viskositas yang dihasilkan masuk

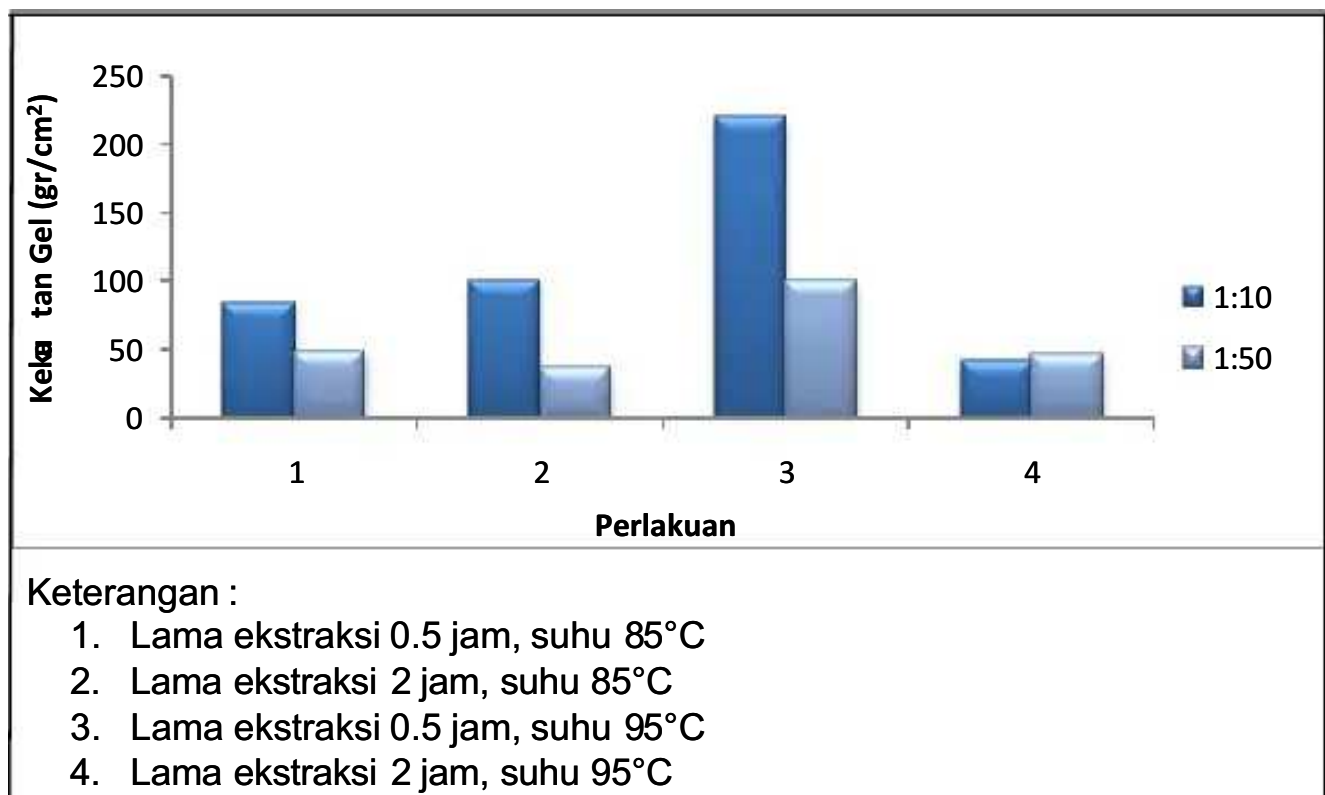
dalam standar viskositas karaginan yang dipersyaratkan. Sesuai dengan pernyataan Wulandari (2011) bahwa nilai viskositas karaginan berkisar antara 5 – 800 cP.

4.6 Kekuatan Gel

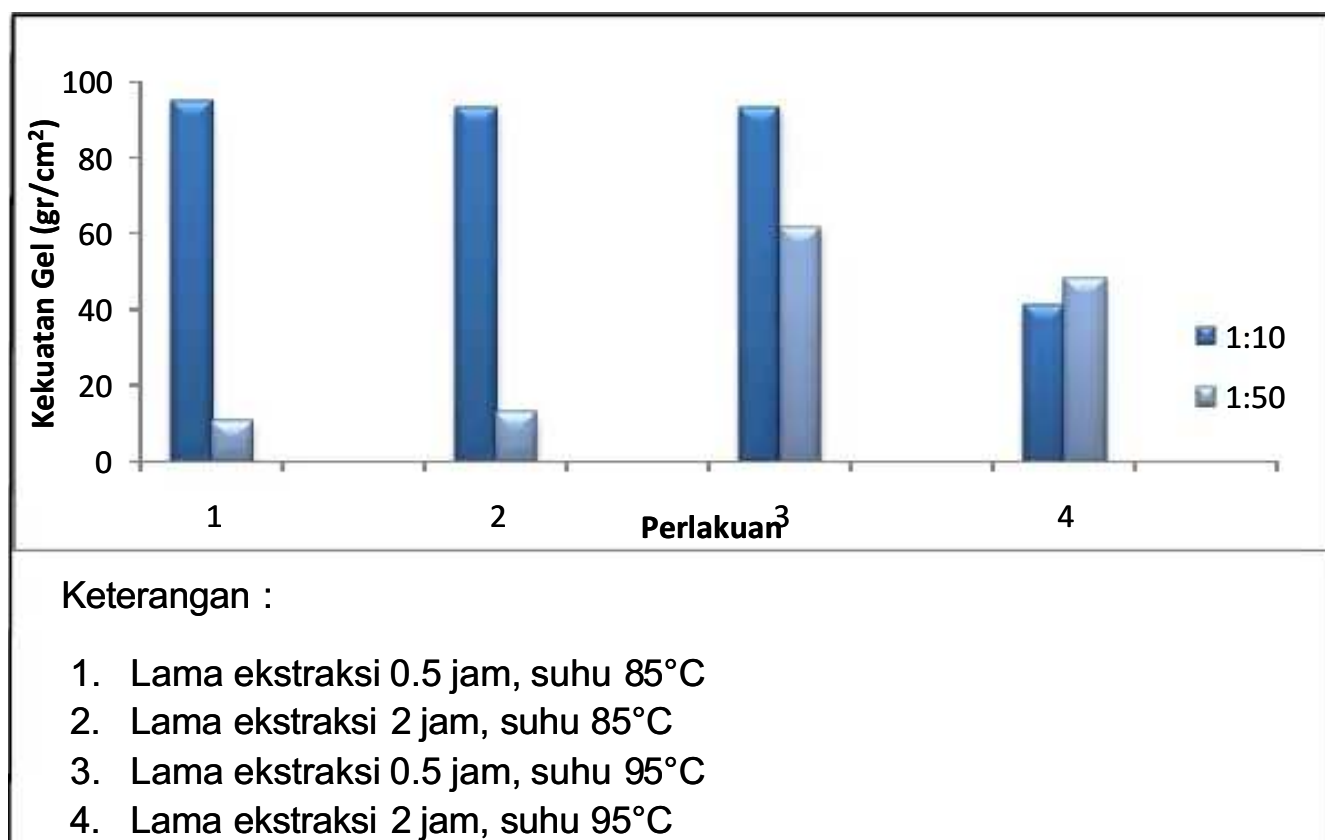
Salah satu sifat fisik yang penting pada karaginan adalah kekuatan untuk membentuk gel yang disebut sebagai kekuatan gel. Kekuatan gel dari karaginan sangat dipengaruhi oleh konsentrasi KOH, pH, suhu dan waktu ekstraksi. Peningkatan kekuatan gel berbanding lurus dengan 3,6 anhidrogalaktosa dan berbanding terbalik dengan kandungan sulfatnya. Semakin kecil kandungan sulfatnya semakin kecil pula viskositasnya tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat (Sodikin, 2011).



Gambar 17. Grafik Kekuatan Gel pada Metode *Oil Bath*



Gambar 18. Grafik Kekuatan Gel pada Metode *Ohmic* dengan Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan.



Gambar 19. Grafik Kekuatan Gel pada Metode *Ohmic* dengan Perlakuan Rumput Laut Utuh.

Hasil pengukuran kekuatan gel karaginan dengan metode konvensional (*oil bath*) dan *ohmic* ditunjukkan pada Gambar 17, 18 dan 19. Kekuatan gel yang dihasilkan dalam penelitian ini yaitu berkisar antara 10-130 g/cm². Untuk metode *oil bath*, pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm, SWAR 1:10 dan SWAR 1:50, suhu 85°C, lama ekstraksi 0.5 jam tidak terdapat sampel untuk

pengujian kekuatan gel. nilai kekuatan gel tertinggi pada metode *oil bath*, terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm, SWAR 1:10, suhu 95°C, lama ekstraksi 0.5 jam dengan nilai kekuatan gel sebesar 134,11 g/cm² sedangkan nilai kekuatan gel terendah terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm, SWAR 1:50, suhu 85°C, lama ekstraksi 2 jam dengan nilai kekuatan gel sebesar 35,72 g/cm². Pada Metode *ohmic* dengan perlakuan rumput laut dihaluskan nilai kekuatan gel tertinggi terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm, SWAR 1:10, suhu 95°C, lama ekstraksi 0.5 jam dengan nilai kekuatan gel 100,92 g/cm² dan kekuatan gel terendah pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm, SWAR 1:50, suhu 85°C, lama ekstraksi 2jam dengan nilai kekuatan gel 41,20 g/cm². Sedangkan pada metode *ohmic* dengan perlakuan rumput laut utuh, nilai kekuatan gel tertinggi pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm, SWAR 1:10, suhu 85°C, lama ekstraksi 0,5 jam dengan nilai kekuatan gel 94,57 g/cm² dan terendah pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm, SWAR 1:50, Suhu 85°C, lama ekstraksi 0,5 jam dengan nilai kekuatan gel 10,58 g/cm². Dari grafik dapat diketahui bahwa nilai kekuatan gel pada metode *ohmic* lebih tinggi dibandingkan dengan metode konvensional atau *oil bath*. Hal ini sesuai dengan pernyataan Salengke (2000) bahwa teknologi ohmic dapat meningkatkan efisiensi proses ekstraksi karaginan sehingga menghasilkan kekuatan gel yang tinggi.

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pemanasan *Ohmic* pada *Eucheuma cottonii* yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Kenaikan kuat medan listrik mempercepat laju pemanasan dan meningkatkan konduktivitas listrik dalam reactor *ohmic*.
2. Rendemen tertinggi terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,84 V/cm dengan rasio rumput laut dengan larutan alkali 1:50, sedangkan viskositas dan kekuatan gel tertinggi terdapat pada perlakuan kekuatan medan listrik 3,70 V/cm dengan rasio rumput laut dengan larutan alkali 1:10.
3. Perlakuan *Ohmic* lebih efektif dalam menghasilkan rendemen karaginan dibandingkan dengan perlakuan konvensional atau *oil bath*. Selain itu, salah satu kelebihan dari teknologi *Ohmic* yaitu dapat menghasilkan rendemen karaginan pada rumput laut utuh (tidak dihaluskan).
4. Konsumsi energi listrik yang digunakan untuk meningkatkan suhu larutan ke suhu alkalisasi berkisar antara 0,0104-0,0248 kW-h.
5. Rendemen rata-rata yang dihasilkan berkisar antara 10% - 55%, nilai viskositas rata-rata berkisar antara 5,2-13,4 cP dan kekuatan gel berkisar antara 10-129 g/cm²

5.2 Saran

Dalam melakukan penelitian disarankan untuk memperhatikan perubahan sekecil apapun dari bahan apalagi pada saat penyaringan. Hal ini sangat penting agar tidak ada karaginan yang terbang. selain itu, bagi mahasiswa yang ingin melakukan penelitian disarankan untuk melanjutkan penelitian ini dengan beberapa variasi kekuatan medan listrik, suhu dan rasio rumput laut dan larutan alkali.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggadiredja, J.T., Zatnika, A., Purwoto, H., Istini, S. 2006. *Rumput Laut*, Jakarta: Penebar Swadaya.
- Anonim, 2002. *Kappa Carrageenan Flake*. Shishi Fujun Food Co LTD. 1 pp.
- Asnawi. 2008. *Pengaruh Kondisi Presipitasi Terhadap Rendemen Sifat Karaginan dari Rumput Laut Eucheuma Cottoni*. Surakarta.
- Berk. Z. 2009. *Food Process Engineering and Technology*, Academic Press : New York.
- Delgado, A., Kulisiewicz, L., Rauh, C., Wiersche, A. 2012. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*. Academic Press, New York.
- Giancioli, D. C. 2001. *Fisika Edisi Kelima*. Erlangga : Jakarta.
- Glicksman, M. 1983. *Food Hydrocolloids*. CRS Pres inc Boca Raton : Florida.
- Icier, F. 2012. *Novel Thermal and Non-Thermal Technologies for Fluid Foods*. Academic Press : New York.
- Ida, F. 2007. *Alat Ukur Manual Gel Strength untuk UKM Pengolahan Rumput Laut*. <http://jasuda.net/newsdtl.asp?noarc=62&dtl=0>. Diakses pada tanggal 26 Juni 2012.
- Istini, S., dan Zatnika. A. 1991. *Optimasi Proses Semi-refine Carrageenan dari rumput laut Eucheuma Cottoni*. Temu Karya Ilmiah Teknologi Pasca Panen Rumput Laut, Jakarta.
- Kordi, K. M. G. H. 2010. *Budidaya Rumput Laut di Laut Tambak*. Yogyakarta : Penerbit ANDI.
- Muchtadi, R. T dan Ayustaningwarno, F. 2010. *Teknologi proses pengolahan pangan*. Penerbit Alfabeta : Bandung.
- Nugraha, A. 2011. *Pembuatan Larutan*. <http://jasudan.net/news/03/html>. diakses pada tanggal 27 Juni 2012.
- Parwata, P., dan Oviantari, V. 2007. *Optimalisasi Produksi Semi-refined Carrageenan (SRC) dari Rumput Laut Eucheuma cottonii dengan Variasi Teknik Pengeringan dan Kadar Air Bahan Baku*. Laporan Penelitian. Lembaga Penelitian Universitas Pendidikan Ganesha.
- Poncomulyo dan Taurino. 2006. *Budidaya dan Pengolahan Rumput Laut*, Jakarta : Agromedia Pustaka.
- Raharjo, M. 2009. *Teknik Pengukuran Viskositas*. <http://duniaanalitik.com>. Diakses pada tanggal 10 Juni 2012.

- Samsuari. 2006. *Karakteristik karaginan Rumput laut Eucheuma cottonii Pada berbagai Umur panen, Konsentrasi KOH dan Lama Ekstraksi*. Tesis Sekolah PascaSarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Setiawati, T. 2007. *Keunikan Rumput Laut dan Budi Dayanya*. Mutiara Books : Jakarta.
- Sharma, S.K., Mulvaney, S.J., Riski. 2002. *Food Process Engineering, Theory and Laboratory Experiments*. Wiley-Interscience card University Ithaca, New York.
- Suryaningrum, D., Murdinah., Erlina, D. M. 2003. *Pengaruh Perlakuan Alkali dan Volume Larutan Pengekstrak Terhadap Mutu Karaginan Rumput laut Eucheuma cottonii*. Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia Volume 9 Nomor 5.
- Silva, J. L. 2002. *Dielectric Ohmic and Infrared Heating*. <http://www.msstate.edu/org/silvalab/>. Diakses pada tanggal 15 Juni 2012.
- Salengke, S. 2000. *Electrothermal Effects of Ohmic Heating on Biomaterials*. Ph.D. Dissertation, The Ohio State University, Columbus, OH.
- Sastry, S.K. and Salengke, S. 1998. *Ohmic heating of solid-liquid mixtures: a comparison of mathematical models under worst-case heating conditions*, Journal of Food Process Engineering, 21(6):441-458.
- Salengke, S., Sastry, S.K. 1999. *Comparative modeling study of ohmic heating of solid-liquid mixture*. Institute of Food technologists Annual Meeting. Chicago - Illinois, USA. July 24-28.
- Soesanto, H. 2006. *Pembuatan Isoeugenol Dari Eugenol Menggunakan Pemanasan Gelombang Mikro*. Bogor.
- Warta, P, I. 2003. *Produk Olahan Rumput Laut di Indonesia*. Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia.
- Winarno. 1990. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Jakarta : Pustaka Sinar Harapan.
- Wulandari, R. 2011. *Pembuatan Karaginan dari Rumput Laut Eucheuma Cottonii dengan Dua Metode*. Program Studi D3 Teknik Kimia, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Yasita, D dan Intan D. R., 2010. *Optimasi Proses Ekstruksi pada Pembuatan Karaginan dari Rumput Laut Eucheuma cottonii Untuk Mencapai Food Grade*. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Diponegoro, Semarang.
- Zuhair, 2008. *Metode Simpson*. Jurusan Teknik Informatika, Universitas Mercu Buana, Jakarta.

LAMPIRAN

1. Tabel Perlakuan *Oil Bath*

Sampel	Rendemen	Viskositas (cP)	Kekuatan Gel (gr/cm ²)
RC 1 CTR	14%	7,6	
RC 2 CTR	18%	11	129,630
RC 3 CTR			
RC 4 CTR	31%	8	35,717
RC 5 CTR	23%	13,4	134,110
RC 6 CTR	24%	11,6	72,398
RC 7 CTR	37%	8,8	43,772
RC 8 CTR	52%	7,6	39,393

2. Tabel *Ohmic* Perlakuan Rumput Laut Dihaluskan

Sampel	Rendemen	Viskositas (cP)	Kekuatan Gel (gr/cm ²)
RC 1.1 <i>Ohmic</i>	21%	5,2	84,049
RC 1.2 <i>Ohmic</i>	21%	10,2	100,924
RC 1.3 <i>Ohmic</i>	21%	8,8	48,834
RC 1.4 <i>Ohmic</i>	36%	8,4	36,922
RC 1.5 <i>Ohmic</i>	25%	16	219,666
RC 1.6 <i>Ohmic</i>	43%	9,2	41,201
RC 1.7 <i>Ohmic</i>	46%	10	99,316
RC 1.8 <i>Ohmic</i>	53%	8	45,319

3. Tabel *Ohmic* Perlakuan Rumput Laut tidak dihaluskan

Sampel	Rendemen	Viskositas (cP)	Kekuatan Gel (gr/cm ²)
RC 2.1 <i>Ohmic</i>	15%	9,4	94,576
RC 2.2 <i>Ohmic</i>	16%	11	92,888
RC 2.3 <i>Ohmic</i>	10%	9,2	10,586
RC 2.4 <i>Ohmic</i>	15%	8,4	12,936
RC 2.5 <i>Ohmic</i>	30%	11,6	93,190
RC 2.6 <i>Ohmic</i>	32%	9,2	41,201
RC 2.7 <i>Ohmic</i>	37%	9,4	61,349
RC 2.8 <i>Ohmic</i>	55%	8,6	48,192

4. Tabel Total konsumsi Energi

Rumput Laut Dihaluskan	Konsumsi Energi (kW-h)
1 = 85°C, 0.5 Jam, 1:10, 3,70 V/cm	0,0117
2 = 85°C, 0.5 Jam, 1:50, 3,84 V/cm	0,0161
3 = 85°C, 2 Jam, 1:10, 3,70 V/cm	0,011
4 = 85°C, 2 Jam, 1:50, 3,84 V/cm	0,017
5 = 95°C, 0.5 Jam, 1:10, 3,70 V/cm	0,0156
6 = 95°C, 0.5 Jam, 1:50, 3,84 V/cm	0,0182
7 = 95°C, 2 Jam, 1:10, 3,70 V/cm	0,0161
8 = 95°C, 2 Jam, 1:50, 3,84 V/cm	0,0174
Rumput Laut Tidak Dihaluskan	
1 = 85°C, 0.5 Jam, 1:10, 3,70 V/cm	0,0128
2 = 85°C, 0.5 Jam, 1:50, 3,84 V/cm	0,0123
3 = 85°C, 2 Jam, 1:10, 3,70 V/cm	0,0104
4 = 85°C, 2 Jam, 1:50, 3,84 V/cm	0,018
5 = 95°C, 0.5 Jam, 1:10, 3,70 V/cm	0,011
6 = 95°C, 0.5 Jam, 1:50, 3,84 V/cm	0,018
7 = 95°C, 2 Jam, 1:10, 3,70 V/cm	0,024
8 = 95°C, 2 Jam, 1:50, 3,84 V/cm	0,019