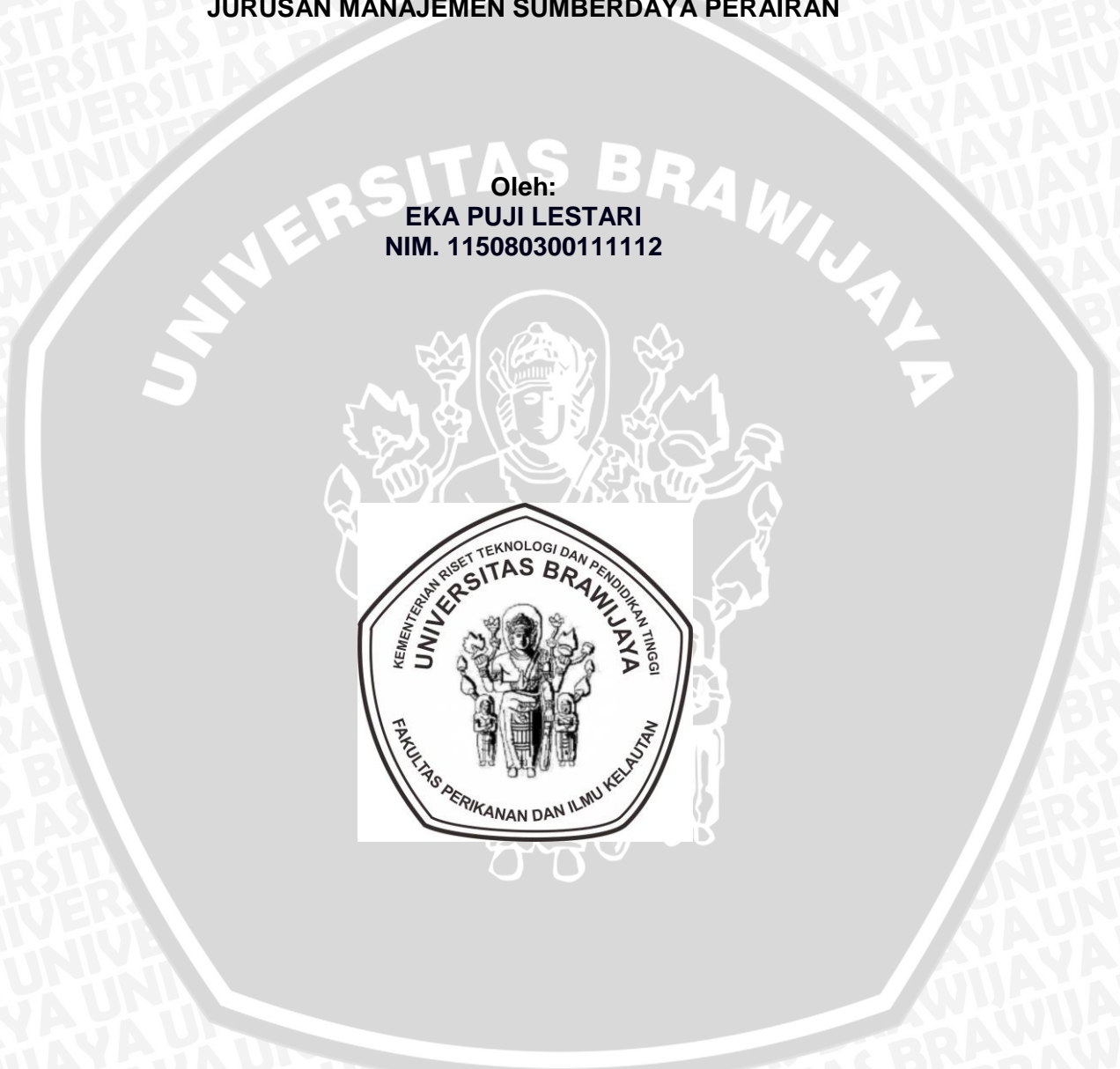


**PENGARUH PERBEDAAN KONDISI BAHAN BAKU *Eucheuma cottonii*
PADA UMUR PANEN 30 HARI TERHADAP KUALITAS KARAGINAN**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh:
**EKA PUJI LESTARI
NIM. 115080300111112**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

**PENGARUH PERBEDAAN KONDISI BAHAN BAKU *Eucheuma cottonii*
PADA UMUR PANEN 30 HARI TERHADAP KUALITAS KARAGINAN**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya Malang**

**Oleh:
EKA PUJI LESTARI
NIM. 115080300111112**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2015**

SKRIPSI

**PENGARUH PERBEDAAN KONDISI BAHAN BAKU *Eucheuma cottonii*
PADA UMUR PANEN 30 HARI TERHADAP KUALITAS KARAGINAN**

Oleh :
EKA PUJI LESTARI
NIM. 115080300111112

Telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 16 Juni 2015
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
SK Dekan No. : _____
Tanggal : _____

Menyetujui,

Dosen Penguji I,

Dr. Ir. Yahya, MP
NIP. 19630706 199003 1 005
Tanggal :

Dosen Penguji II,

Dr. Ir. Happy Nursyam, MS
NIP. 19600322 198601 1 001
Tanggal :

Dosen Pembimbing I,

Dr. Ir. Muhamad Firdaus, MP
NIP. 19680919 200501 1 001
Tanggal :

Dosen Pembimbing II,

Dr. Ir. Dwi Setijawati, M. Kes
NIP. 19611022 198802 2 001
Tanggal :

Mengetahui,
Ketua Jurusan MSP,

Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal :

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 16 Juni 2015

Eka Puji Lestari

NIM. 115080300111112



UCAPAN TERIMAKASIH

*Ya**Allah*

*Segala puji saya
panjatkan hanya kepada
Engkau, Alhamdulillah atas ijin-Mu
saya dapat menyelesaikan laporan skripsi ini
dengan tepat waktu. Kepada kedua orang tuaku
terimakasih atas dukungan dan doa yang selalu Engkau
berikan. Buat bapakku yang ada di alam sana semoga engkau
selalu berada di sisi-Nya, di tempat terbaik dalam surga-Nya.
Kepada dosen pembimbing, Bapak Dr. Ir. Muhamad Firdaus,
MP dan Ibu Dr. Ir. Dwi Setijawati, M. Kes, saya ucapkan
banyak terimakasih atas waktu dan bimbingan yang selama
ini sudah bapak ibu berikan. Kepada dosen penguji, Bapak
Dr. Ir. Yahya, MP dan Bapak Dr. Ir. Happy Nursyam,
MS, saya ucapkan banyak terimakasih atas masukan yang
telah diberikan demi kesempurnaan laporan skripsi ini. Teman-
temanku seperjuangan yang tidak dapat saya sebutkan satu
persatu "THP 2011", terimakasih atas bantuan, doa,
semangat, dukungan dan kesetiaan yang selama ini telah
teman-teman berikan, kalianlah yang terbaik. Semua pihak
yang telah mendukung, semua doa yang telah dipanjatkan,
semoga Allah memberikan yang terbaik buat kita semua.
.Amin Amin ya Robbal'alamin. Alhamdulillahirobbil'alamin.*

RINGKASAN

EKA PUJI LESTARI. Pengaruh perbedaan kondisi bahan baku *Eucheuma cottonii* pada umur panen 30 hari terhadap kualitas karaginan. (Dibawah bimbingan **Dr. Ir. MUHAMAD FIRDAUS, MP** dan **Dr. Ir. DWI SETIJAWATI, M. Kes**).

Eucheuma cottonii adalah salah satu rumput laut penghasil karaginan. Karaginan merupakan polisakarida linier yang memiliki molekul besar dan terdiri dari 1000 lebih galaktosa. Terbuat dari getah rumput laut yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali. Salah satu sifat penting karaginan adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan yang bersifat *reversible*. Sifat karaginan bervariasi, tergantung pada umur panen, kondisi lingkungan tumbuh, waktu pertumbuhan, proses ekstraksi dan penanganan pascapanen.

Penanganan pasca panen dimulai sejak setelah tanaman dipanen, yaitu pencucian, pelepasan rumput laut dari tali pengikat, pengeringan, sortasi, pengepakan, pengangkutan dan penyimpanan. Salah satu penyebab rendahnya mutu rumput laut sebagai bahan baku karaginan adalah penanganan pascapanen yang kurang baik. Pada proses pascapanen apabila tidak dilakukan dengan baik maka dapat menyebabkan *thallus* rumput laut banyak yang patah dan diduga mengakibatkan kandungan karaginan berkurang saat dikeringkan.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 30 hari terhadap kualitas karaginan. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2015 di Laboratorium Perekayasaan Hasil Perikanan, Laboratorium Biokimia dan Nutrisi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya, Malang, dan Laboratorium Sentral Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 (tiga) perlakuan dan 3 (tiga) kali ulangan. Perlakuan yang digunakan yaitu *E. cottonii* utuh, *E. cottonii* patah dan *E. cottonii* campuran utuh dan patah dengan perbandingan (1:1).

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa dengan perlakuan utuh menghasilkan kualitas karaginan yang paling baik, yaitu memiliki rata-rata rendemen 16,80%, kadar air 11,57%, kadar abu total 26,84%, kadar abu tidak larut asam 0,52%, kadar sulfat 14,27%, viskositas 64,66 cP, kekuatan gel 10,03 N/cm² dan derajat keputihan 18,7.

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Mu penulis dapat menyajikan Laporan Skripsi yang berjudul “Pengaruh Perbedaan Kondisi Bahan Baku *Eucheuma cottonii* Pada Umur Panen 30 Hari Terhadap Kualitas Karaginan”. Laporan skripsi ini disajikan dalam pokok-pokok bahasan yang meliputi pendahuluan pada bab 1, tinjauan pustaka pada bab 2, materi dan metode penelitian pada bab 3, pembahasan pada bab 4 serta kesimpulan dan penutup pada bab 5.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangan. Penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, Juni 2015

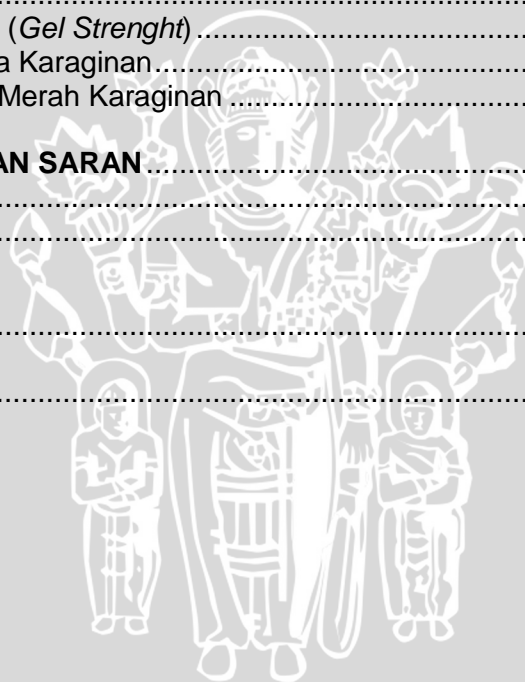
Penulis



DAFTAR ISI

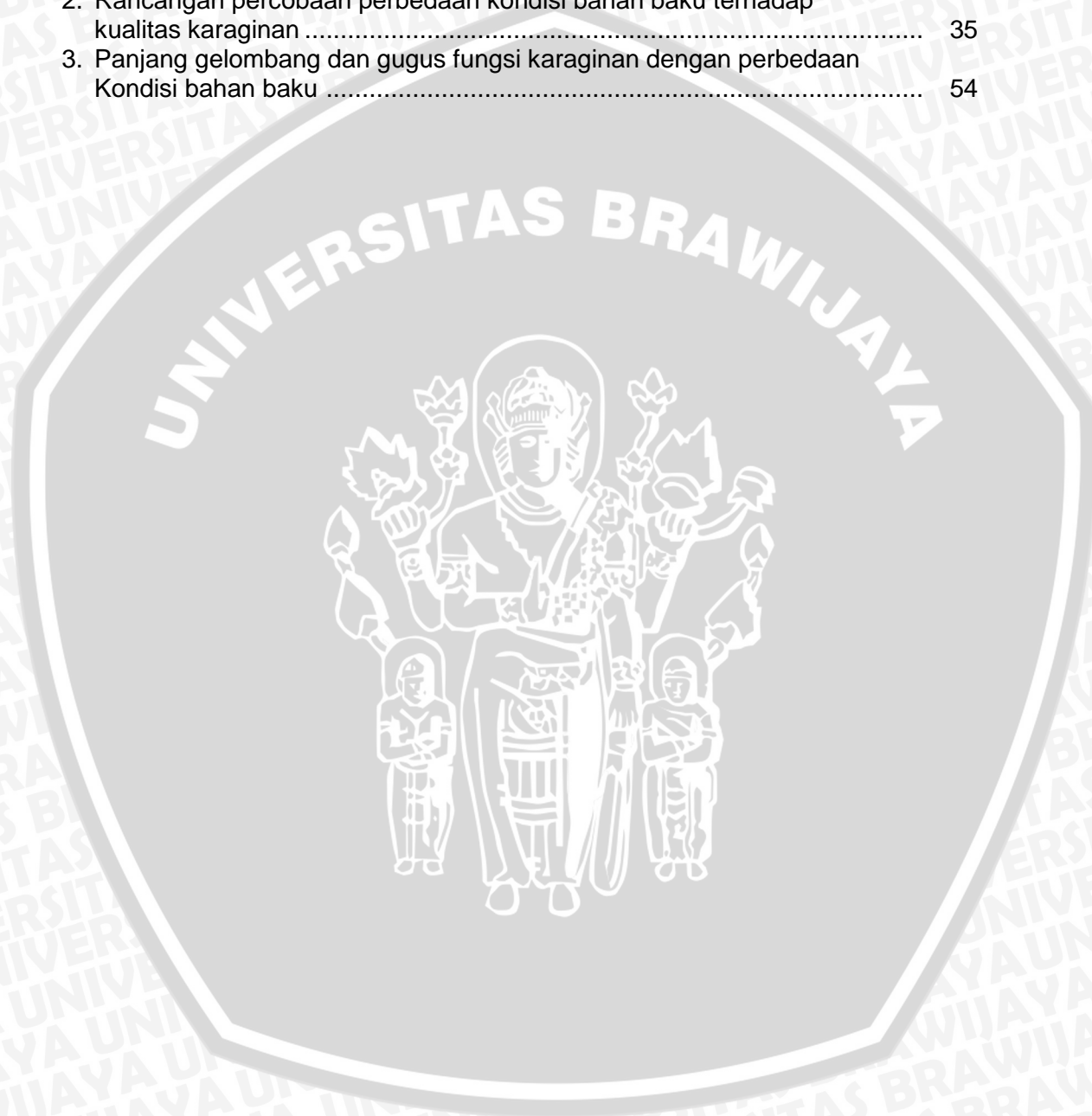
	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Kegunaan Penelitian	4
1.6 Waktu dan Tempat	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Eucheuma cottonii</i>	5
2.2 Penanganan Rumpuk Laut	7
2.2.1 Pemanenan	7
2.2.2 Pencucian	8
2.2.3 Pengeringan	9
2.2.4 Penyimpanan	9
2.3 Karaginan	10
2.4 Pembuatan Karaginan	12
2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualitas Karaginan	16
2.5.1 Teknik Pemanenan	16
2.5.2 Bahan Baku	17
2.5.3 Proses Ekstraksi	18
2.5.4 Perlakuan Alkali	19
2.6 Karakteristik Karaginan	20
2.6.1 Kadar Sulfat	20
2.6.2 Viskositas	21
2.6.3 Kekuatan Gel (<i>Gel Strength</i>)	22
2.6.4 Spektra Infra Merah Karaginan	24
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	26
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	26
3.2 Materi Penelitian	26
3.2.1 Alat Penelitian	26
3.2.2 Bahan Penelitian	27
3.3 Metode Penelitian	27
3.4 Prosedur Penelitian	27
3.4.1 Pengambilan dan Preparasi Sampel	27
3.4.2 Pembuatan Karaginan	28

3.5 Parameter Uji	30
3.5.1 Rendemen	30
3.5.2 Kadar Air	30
3.5.3 Kadar Abu Total	31
3.5.4 Kadar Abu Tidak Larut Asam	31
3.5.5 Kadar Sulfat	32
3.5.6 Viskositas	32
3.5.7 Kekuatan Gel (<i>Gel Strength</i>)	33
3.5.8 Derajat Warna Karaginan	34
3.5.9 Spektra Infra Merah Karaginan	34
3.6 Rancangan Percobaan	35
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Rendemen	37
4.2 Kadar Air	39
4.3 Kadar Abu Total	40
4.4 Kadar Abu Tidak Larut Asam	42
4.5 Kadar Sulfat	44
4.6 Viskositas	45
4.7 Kekuatan Gel (<i>Gel Strength</i>)	47
4.8 Derajat Warna Karaginan	48
4.9 Spektra Infra Merah Karaginan	53
5. KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	63



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar mutu karaginan komersil, FAO, FCC, dan EEC	12
2. Rancangan percobaan perbedaan kondisi bahan baku terhadap kualitas karaginan	35
3. Panjang gelombang dan gugus fungsi karaginan dengan perbedaan Kondisi bahan baku	54



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Eucheuma cottonii</i>	5
2. Penampang melintang alga merah	11
3. Struktur karaginan dengan modifikasi alkali	11
4. Reaksi pada tahap ekstraksi dengan alkali	19
5. Pembentukan gel karaginan	24
6. Skema alat spektroskopi FTIR	25
7. Hasil spektra FTIR (a) <i>kappa</i> karaginan (b) komersial karaginan (c) karaginan murni	25
8. Skema kerja pembuatan karaginan	29
9. Rendemen karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	37
10. Kadar air karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	39
11. Kadar abu total karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	41
12. Kadar abu tidak larut asam karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	42
13. Kadar sulfat karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	44
14. Viskositas karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	46
15. Kekuatan gel karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	47
16. Kecerahan (L^*) karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	49
17. Kemerahan/kehijauan (a^*) karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	50
18. Kekuningan/kebiruan (b^*) karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	51
19. Derajat keputihan karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	52
20. Spektra FTIR karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku	54
21. Struktur <i>kappa</i> karaginan	55



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi pembuatan karaginan	63
2. Analisis ragam rendemen	65
3. Analisis ragam kadar air	67
4. Analisis ragam kadar abu total.....	68
5. Analisis ragam kadar abu tidak larut asam.....	69
6. Analisis ragam kadar sulfat	71
7. Analisis ragam viskositas	73
8. Analisis ragam kekuatan gel (<i>gel strenght</i>)	74
9. Analisis ragam tingkat kecerahan (L^*)	76
10. Analisis ragam tingkat kemerahan/kehijauan (a^*)	77
11. Analisis ragam tingkat kekuningan/kebiruan (b^*).....	78
12. Analisis ragam derajat keputihan ($W = L^* - 3b^*$)	79
13. Spektra FTIR karaginan perlakuan utuh	80
14. Data serapan FTIR karaginan perlakuan utuh	81
15. Spektra FTIR karaginan perlakuan patah	82
16. Data serapan FTIR karaginan perlakuan patah	83
17. Spektra FTIR karaginan perlakuan campuran	84
18. Data serapan FTIR perlakuan campuran	85



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kappaphycus alvarezii paling banyak dibudidayakan di Indonesia dibanding tiga spesies yang lain, yaitu *Eucheuma spinosum*, *E. denticulatum* dan *E. edule*. Spesies *K. alvarezii* dalam dunia perdagangan lebih banyak dikenal sebagai *E. cottonii*. *E. cottonii* termasuk golongan *Rhodophyceae* dan mengandung bahan yang cukup penting yaitu karaginan yang terdapat di dinding selnya (Arisandi *et al.*, 2011). Karaginan adalah getah rumput laut laut yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali yang dilanjutkan dengan pemisahan karaginan dengan pelarutnya dan merupakan polisakarida yang linier dengan molekul besar yang terdiri atas 1000 lebih residu galaktosa yang terdiri dari ester, kalium, natrium, kalsium sulfat, dengan galaktosa dan kopolimer 3,6-anhidrogallaktosa (Distantina *et al.*, 2009).

Salah satu sifat penting karaginan adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol menjadi gel yang bersifat *reversible*. Kemampuan inilah yang membuat karaginan sangat luas penggunaannya. Sifat ini banyak dimanfaatkan oleh industri makanan, yaitu sebagai *gelling agent* alami (pembentuk gel), stabilisator (pengatur keseimbangan), *thickener* (bahan pengental), dan pengemulsi (Venugopal, 2011). Selain industri makanan, industri obat-obatan, kapsul, kosmetika, sabun, media kultur bakteri, tekstil, cat, pasta gigi juga memanfaatkan karaginan sebagai salah satu bahan dari produknya (Distantina *et al.*, 2009).

Sifat karaginan dapat bervariasi, secara luas dapat tergantung pada umur panen, kondisi lingkungan tumbuh (salinitas, kedalaman, nutrisi), waktu pertumbuhan, dan proses ekstraksi (Webber *et al.*, 2012), serta penanganan pascapanen yang tepat (Marseno *et al.*, 2010). Penanganan merupakan kegiatan

pra panen untuk mendapatkan mutu bahan baku yang baik sesuai standard. Penanganan pascapanen dimulai sejak setelah tanaman dipanen yaitu pencucian, pelepasan rumput laut dari tali pengikat, pengeringan, pembersihan kotoran atau garam (sortasi), pengepakan, pengangkutan dan penyimpanan. Salah satu penyebab rendahnya mutu rumput laut sebagai bahan baku karaginan adalah penanganan pascapanen yang kurang baik.

Penanganan sebelum rumput laut dikeringkan yaitu melepaskan rumput laut dari tali pengikatnya. WWF Indonesia (2014) menjelaskan, cara pelepasan rumput laut yang benar agar kualitas rumput laut tetap bagus yaitu dengan tidak melepaskan rumput laut dengan cara dipurut/dilort karena dapat membuat *thallus* atau batang rumput laut patah-patah, tetapi dengan cara melepaskan rumput laut satu-satu dari tali pengikatnya. Hal ini berbeda dengan apa yang dilakukan petani pada umumnya, cara pelepasan rumput laut yang sering dilakukan yaitu dengan cara dipurut/dilort. Cara ini dilakukan karena tergolong mudah, cepat dan ekonomis. Namun, cara ini menghasilkan rumput laut dengan kondisi *thallus* banyak yang patah. Kondisi rumput laut yang patah ini memungkinkan dinding sel pada *thallus* akan rusak dan diduga dapat mempengaruhi kualitas karaginan yang dihasilkan. Arisandi *et al.*, (2012) menjelaskan, dinding sel tumbuhan mempunyai fungsi utama sebagai pelindung dan rangka sel, sehingga apabila dinding sel mengalami kerusakan maka mengakibatkan terjadinya perubahan bentuk sel. Kerusakan sel terutama dinding sel pada *E. cottonii* akan berpengaruh terhadap rendemen, viskositas dan kekuatan gel karaginan yang dihasilkan. Oleh sebab itu, hal ini perlu dibuktikan dengan menganalisis kualitas karaginan dengan berbagai kondisi bahan baku, seperti kondisi patah akibat pemurutan dan utuh dengan cara melepaskan rumput laut satu-satu dari tali pengikatnya.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab permasalahan apakah dengan perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 30 hari dapat mempengaruhi kualitas karaginan yang dihasilkan, sehingga dapat diketahui kondisi optimal dari berbagai perlakuan (variasi) tersebut. Hasil penelitian ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, khususnya petani rumput laut sebagai usaha pengembangan teknologi pemanenan rumput laut guna menghasilkan bahan baku karaginan yang berkualitas tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah apakah perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 30 hari dapat mempengaruhi kualitas karaginan ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 30 hari terhadap kualitas karaginan.

1.4 Hipotesis

Hipotesa yang mendasari penelitian ini adalah:

H_0 = perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 30 hari tidak berpengaruh terhadap kualitas karaginan

H_1 = perbedaan kondisi bahan baku *E. cottonii* pada umur panen 30 hari berpengaruh terhadap kualitas karaginan

1.5 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini adalah untuk memberikan informasi kepada masyarakat, khususnya petani rumput laut sebagai usaha pengembangan teknologi pemanenan rumput laut, sehingga dapat menghasilkan bahan baku rumput laut kering yang berkualitas dan bernilai ekonomi tinggi serta disukai oleh produsen pengolah rumput laut.

1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2015 di Laboratorium Perekayasaan Hasil Perikanan, Laboratorium Biokimia dan Nutrisi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang, dan di Laboratorium Sentral Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Eucheuma cottonii*

Rumput laut jenis *E. cottonii* memiliki ciri-ciri yaitu: *thallus* silindris, permukaan licin, mempunyai tulang rawan (*cartilagineus*), serta berwarna hijau terang, hijau *olive* dan coklat kemerahan. Percabangan *thallus* berujung runcing atau tumpul, ditumbuhi *nodulus* (tonjolan-tonjolan) dan duri lunak/tumpul, percabangan bersifat *alternates* (berseling), tidak teratur, serta dapat bersifat *dichotomus* (percabangan dua-dua) atau *trichotomus* (atau sistem percabangan tiga-tiga). *E. cottonii* dapat dilihat pada Gambar 1. Klasifikasi rumput laut jenis *E. cottonii* menurut Armita (2011), adalah sebagai berikut:

- Division : Rhodophyta
- Kelas : Rhodophyceae
- Bangsa : Gigartinales
- Suku : Solierisceae
- Marga : *Eucheuma*
- Jenis : *Eucheuma cottonii* (*Eucheuma alvarezii*, *Kappaphycus alvarezii*)



Gambar 1. *Eucheuma cottonii*

Rumput laut jenis *E. cottonii* merupakan salah satu rumput laut dari jenis alga merah (*Rhodophyta*). Rumput laut jenis ini memiliki thallus yang licin dan silindris, berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu dan merah. Tumbuh melekat pada substrat dengan alat perekat berupa cakram. Keadaan warna pada *E. cottonii* tidak selalu tetap, kadang-kadang berwarna hijau, hijau kuning abu-abu atau merah sering terjadi hanya karena faktor lingkungan. Kejadian ini merupakan suatu proses adaptasi kromatik yaitu penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan (Wiratmaja *et al.*, 2011).

Rumput laut *E. cottonii* ini banyak ditemukan di Filipina, Indonesia, Asia tropis dan daerah Pasifik barat. *E. cottonii* merupakan jenis rumput laut tropis yang hidup menempel pada batu karang dengan kedalaman air laut sekitar 1-2 meter. Air laut yang jernih dengan arus relatif tenang serta kadar garam antara 28-36‰ adalah tempat hidup yang sesuai untuk *E. cottonii* (Zada, 2009).

Umumnya *E. cottonii* tumbuh dengan baik di daerah pantai terumbu (*reef*), yaitu pada kedalaman perairan 7,65 - 9,72 m, salinitas 33 -35 ppt, suhu air laut 28-30°C, kecerahan 2,5-5,25 m, pH 6,5-7,0 dan kecepatan arus 22-48 cm/detik (Wiratmaja *et al.*, 2011). Dengan gerakan air sedang dan salinitas antara 29-34 ppt *E. cottonii* dapat tumbuh dengan baik, karena gerakan air yang kuat dapat menyebabkan talusnya patah dan air yang stagnan dapat menyebabkan kematian (Ghufron dan Kordi, 2010).

Keberhasilan produksi rumput laut *E. cottonii* dapat dicapai dengan mengoptimalkan faktor-faktor pendukung dalam budidaya laut. Faktor-faktor pendukung tersebut antara lain pemilihan lokasi budidaya yang tepat, penggunaan jenis yang bermutu baik, teknik atau metode budidaya yang tepat, serta panen dan pascapanen (Serdiati dan Widiastuti, 2010).

2.2 Penanganan Rumput Laut

Penanganan merupakan kegiatan pra panen untuk mendapatkan mutu bahan baku yang baik sesuai standar. Penanganan pascapanen dimulai sejak setelah tanaman dipanen yaitu meliputi pencucian, pengeringan, pembersihan kotoran atau garam (sortasi), pengepakan, pengangkutan dan penyimpanan.

2.2.1 Pemanenan

Pada umumnya rumput laut siap dipanen pada umur 1,5 – 2,0 bulan setelah tanam. Apabila dipanen kurang dari umur tersebut maka akan dihasilkan rumput laut berkualitas rendah karena kandungan agar atau karaginan dan kekuatan gel (*gel strength*) yang dihasilkan rendah. Kondisi seperti ini tidak dikehendaki oleh industri pengolah rumput laut sehingga akan dihargai lebih rendah bahkan tidak dibeli (Anggadiredja *et al.*, 2006).

Umur panen dapat mempengaruhi kenaikan rendemen rumput laut kering dan rendemen karaginan. Selain itu, ada beberapa faktor lain yang berpengaruh seperti jenis rumput laut, keadaan lingkungan tempat tumbuh rumput laut dan cara budidaya juga mempengaruhi rendemen karaginan. Pemanenan lebih awal menyebabkan rendahnya kandungan karaginan dan *gel strength*. Semakin tua umur panen rumput laut maka rendemen dan kadar sulfat semakin tinggi (Marseno *et al.*, 2010).

Menurut Fahrul (2006), panen sebaiknya dilakukan pada pagi hari supaya rumput laut yang dipanen sempat dijemur terlebih dahulu sebelum disimpan. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kerusakan sebelum dijemur kembali pada keesokan harinya. Panen *Euचेuma sp.* (*E. cottonii* dan *E. spinosum*) baik yang ditanam dengan metode rakit apung, lepas dasar, maupun rawai dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Bersihkan rumput laut dari kotoran atau tanaman lain yang melekat sebelum dilakukan panen.
2. Lepaskan tali ris yang penuh dengan ikatan rumput laut dari tali utamanya.
3. Letakkan gulungan tali ris yang berisi rumput laut tersebut ke dalam sampan atau perahu.
4. Bawa rumput laut ke daratan. Lepaskan rumput laut dari tali ris (panen keseluruhan) dan petik *thallus* muda untuk dijadikan bibit pada tanaman berikutnya.

2.2.2 Pencucian

Hasil panen dicuci air laut untuk menghilangkan kotoran yang melekat seperti lumpur, garam, dan lain lain, sehingga rumput laut menjadi bersih. Selanjutnya rumput laut langsung direndam larutan alkali KOH 0,1% sampai terendam dan dibiarkan kontak dengan alkali semalaman. Tujuan perendaman dengan menggunakan larutan alkali adalah untuk mendapatkan karaginan yang maksimal. Tahapan selanjutnya pagi harinya rumput laut diangkat dan dicuci dengan air tawar sampai bersih dan netral (Sudariastuty, 2011).

Rumput laut jenis *Euclima* hasil panen dicuci dengan air laut hingga bebas dari pasir, batu karang lalu disortir dari jenis-jenis lain sehingga terjamin kemurniannya. Kemudian, dicuci lagi dengan air laut. Pencucian dengan air tawar harus dihindari karena dapat menurunkan kadar karaginan yang dikandungnya. Selanjutnya dijemur selama 1 – 2 hari atau hingga sampai kering kering. Pada waktu penjemuran harus diusahakan agar tidak terkena air hujan atau embun. Kemudian dicuci lagi dengan air tawar dan dikeringkan sehingga diperoleh rumput laut yang berwarna putih (Itung dan Marthen, 2003).

2.2.3 Pengeringan

Pengeringan dapat dilakukan dengan cara jemur gantung, atau di para-para. Penjemuran dilakukan selama 2-3 hari sampai dengan tingkat kekeringan standar. Jika penjemuran di para-para, atur ketebalan rumput laut yang dijemur \pm 10 cm dan lakukan pembalikan rumput laut pada saat dijemur agar keringnya merata. Ciri-ciri rumput laut yang sudah kering apabila digenggam terasa menusuk, jika terasa lengket berarti belum kering (WWF Indonesia, 2014).

Rumput laut yang sudah netral dikeringkan dengan penjemuran, dapat dilakukan di sekitar pantai sampai mencapai kekeringan tertentu (optimum) biasanya 20-30%. Alas pengering yang sederhana adalah dengan bahan plastik, agar cepat kering dan lebih bersih, dapat pula dengan pengeringan solar yang dipadu kompor dan untuk menjaga mutu pengeringan harus dikeringkan di atas para-para. Setelah rumput laut kering dilakukan sortasi untuk menghilangkan kotoran yang masih tertinggal (Sudariastuty, 2011).

Adanya kotoran akan mempengaruhi warna dari karaginan yang dihasilkan menjadi kecokelatan. Untuk menghindari hal tersebut maka rumput laut yang telah bersih dikeringkan dengan cara dijemur pada kondisi panas matahari yang baik, rumput laut akan kering dalam waktu 2-3 hari. Kadar air pada rumput laut yang harus dicapai dalam pengeringan berkisar 14-18 % untuk jenis *Gracilaria sp.*, sedangkan 31-35 % untuk jenis *Euचेuma sp.* Selama pengeringan rumput laut tidak boleh terkena air tawar baik air hujan maupun air embun (Sambas, 2010).

2.2.4 Penyimpanan

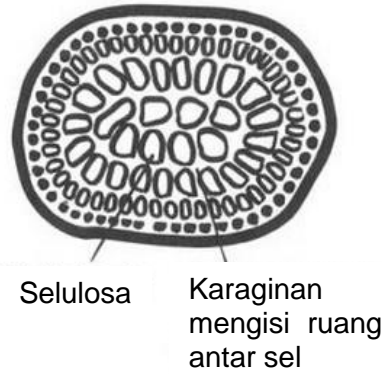
Rumput laut yang sudah kering dan bersih dimasukkan dalam karung plastik besar seberat 70-90 kg/karung. Kemudian dilakukan pengangkutan, selama pengangkutan rumput laut harus dijaga agar tidak terkena air laut

maupun air tawar, kualitas rumput laut yang terkena air akan menurun dalam penyimpanan bahkan bisa rusak atau hancur bila kondisi berlangsung dalam waktu lama. Kemudian disimpan dalam gudang. Sirkulasi udara dalam gudang harus cukup baik, tumpukan kemasan rumput laut diberi alas papan dari kayu agar tidak lembab (Sambas, 2010).

Setelah rumput laut kering dilakukan pengemasan dengan karung net atau plastik. Untuk lebih efisien tempat rumput laut kering dapat dipress (cetak) menjadi bentuk kotak-kotak padat per kg atau 5 kg sehingga pengemasan selanjutnya menjadi lebih efisien dalam kotak-kotak kayu dan dijaga agar sirkulasi udara baik. Hal ini disebabkan apabila sirkulasi udara dalam ruangan dan kemasan tidak baik, maka akan terjadi proses fermentasi, rumput laut menjadi apek dan timbul kapang/jamur, yang akibatnya akan menurunkan mutu rumput laut (Sudariastuty, 2011). Dalam penyimpanan, senantiasa rumput laut dijaga agar tidak terkena air tawar. Oleh karena itu, atap gudang tidak boleh bocor dan sirkulasi udara dalam gudang harus cukup baik. Tumpukan kemasan rumput laut diberi alas papan dari kayu agar tidak lembab (Fahrul, 2006).

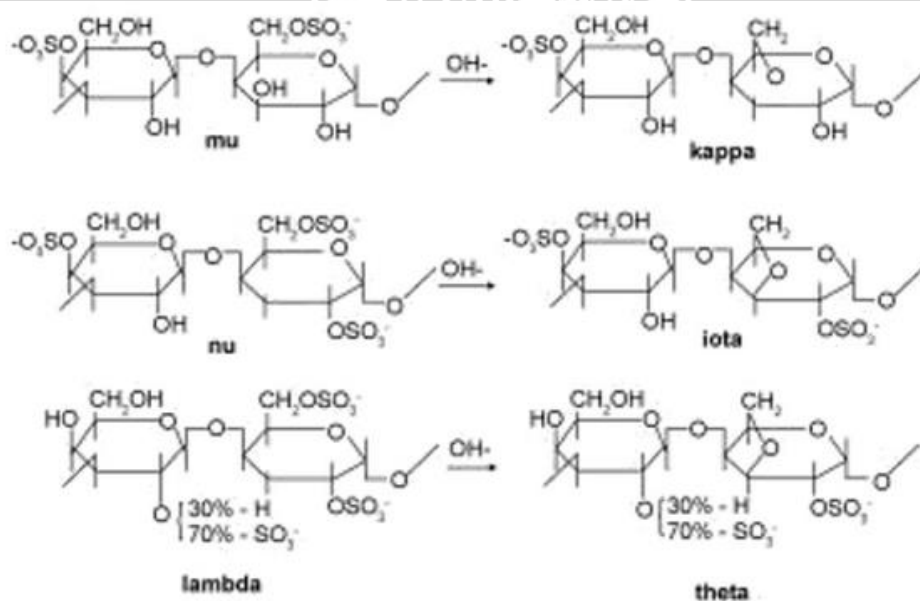
2.3 Karaginan

Karaginan adalah getah rumput laut dari spesies tertentu dari kelas alga merah (*rhodophyceae*) yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali yang dilanjutkan dengan pemisahan karaginan dengan pelarutnya. Merupakan polisakarida yang linier dan molekul besar yang terdiri atas 1000 lebih residu galaktosa yang terdiri dari ester, kalium, natrium, kalsium sulfat, dengan galaktosa dan kopolimer 3,6-anhidrogalaktosa (Distantina *et al.*, 2009). Karaginan merupakan polisakarida alami yang mengisi rongga dalam struktur tanaman selulosa (Imeson, 1992). Letak karaginan dalam *thallus* alga merah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Penampang melintang alga merah (Imeson, 1992)

Jenis karaginan utama yaitu kappa, iota dan lambda. Struktur karaginan berbeda pada setiap jenisnya tergantung jumlah 3,6-anhidroglaktosa dan gugus ester sulfat dalam komponennya. Variasi komponennya dipengaruhi oleh hidrasi, kekuatan gel, tekstur, *melting point*, pengaturan suhu, sineresis dan sinergisme. Selain itu tergantung dari jenis rumput laut, pengolahan, serta proses ekstraksi. Komponen ester sulfat dan 3,6-anhidroglaktosa karaginan sekitar 25% dan 34% masing-masing untuk kappa karaginan, 32% dan 30% masing-masing untuk iota karaginan. Sedangkan lambda karaginan mengandung 35% ester sulfat dengan 3,6-anhidroglaktosa yang sedikit atau bahkan tidak ada (Phillips dan Williams, 2001). Struktur karaginan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Struktur karaginan dengan modifikasi alkali (Phillips dan Williams, 2001)

Sumber karaginan untuk daerah tropis adalah dari spesies *E. cottonii* yang mengandung kappa karaginan, *E. spinosum* yang mengandung iota karaginan. Kedua jenis *Eucheuma* tersebut banyak terdapat di sepanjang pantai Filipina dan Indonesia (Winarno, 1996). Karaginan sangat penting peranannya, yaitu sebagai *gelling agent* alami (pembentuk gel), stabilisator (pengatur keseimbangan), *thickener* (bahan pengental), pengemulsi. (Venugopal, 2011). Selain industri makanan, industri obat-obatan, kapsul, kosmetik, sabun, media kultur bakteri, tekstil, cat, pasta gigi juga memanfaatkan karaginan sebagai salah satu bahan dari produknya (Distantina *et al.*, 2009).

Menurut Winarno (1996), standar mutu karaginan dalam bentuk tepung adalah 99 % lolos saringan 60 mesh, dan memiliki tepung densitas (yang diendapkan oleh alkohol) adalah 0,7 dengan kadar air 15% pada RH 50 dan 25% pada RH 70. Standar mutu karaginan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar mutu karaginan komersial, FAO, FCC, dan EEC

Parameter	Karaginan Komersial	Karaginan Standar FAO	Karaginan Standar FCC	Karaginan Standar EEC
Kadar air (%)	14,34 ± 0,25	Maks 12	Maks 12	Maks 12
Kadar abu (%)	18,60 ± 0,22	15-40	18-40	15-40
Kekuatan gel (dyne/cm ²)	685,50 ± 13,43	-	-	-
Titik leleh (°C)	50,21 ± 1,05	-	-	-
Titik gel (°C)	34,10 ± 1,86	-	-	-

Sumber : Yasita dan Rachmawati (2009)

2.4 Pembuatan Karaginan

Pembuatan tepung karaginan menurut Pebrianata (2005), secara umum terdiri dari penyiapan bahan baku, proses ekstraksi, penyaringan, pengendapan, dan pengeringan produk. Berikut ini adalah uraian dari proses pembuatan karaginan.

1. Penyiapan bahan baku

Rumput laut yang baru dipanen, dibersihkan dari kotoran dan karang yang melekat dengan menggunakan air laut kemudian dijemur selama lebih kurang 2 – 3 hari, atau setelah dijemur satu hari dibilas kembali menggunakan air laut kemudian dijemur lagi sehingga kering. Selama penjemuran diusahakan agar tidak terkena hujan atau embun karena akan menurunkan mutu karaginan yang dihasilkan.

2. Ekstraksi

Sebelum melakukan ekstraksi rumput laut kering dicuci dengan air tawar. Proses pencucian ini dilakukan tidak terlalu lama, hanya sampai kotoran yang melekat terlepas dari rumput laut. Jika pencucian terlalu lama maka akan mengakibatkan lisis pada dinding sel, sehingga karaginan keluar dari rumput laut. Selanjutnya dilakukan pemotongan bahan kemudian dilakukan ekstraksi menggunakan larutan alkali panas. Ekstraksi karaginan biasanya dilakukan dengan air panas pada suhu 90 – 100°C dan pH alkalis (diatas pH 7). Air ditambahkan diantara 7 hingga 40 kali berat rumput laut kering. Jenis basa yang digunakan adalah NaOH atau Ca(OH)₂. Ekstraksi dapat dilakukan misalnya dengan menggunakan NaOH 0,06% hingga pH ekstraksi sekitar 8,0 – 8,5. Ekstraksi dilakukan selama 1 – 14 jam pada suhu 85°C. kondisi optimum pada ekstraksi selama 3 jam yang ditunjukkan oleh rendemen, kekuatan gel, dan viskositas optimumnya.

3. Filtrasi

Filtrasi dilakukan untuk memisahkan residu (serat dan kotoran lain) dari ekstrak. Pada ekstraksi larutan karaginan harus benar-benar dalam keadaan panas, untuk menghindari terjadinya pembentukan gel. Filtrasi biasanya menggunakan *filter press* dengan bantuan *filter aid* seperti *diatomae*, *perlite*, *celite 545* dan sejenisnya.

4. Pemisahan karaginan

Karaginan dapat dipisahkan dari filtratnya dengan cara persipitasi dengan alkohol, pengeringan drum (*drum drying*) dan dengan cara pembekuan. Filtrat karaginan merupakan campuran antara air, karaginan dan benda-benda asing lainnya yang berukuran kecil. Karaginan dapat dipisahkan dari air dan zat-zat lainnya dengan menambahkan zat tertentu misalnya alkohol, garam-garam dan aseton. Zat-zat tersebut berfungsi untuk memisahkan karaginan dengan cara pembentukan polimer sehingga terjadi agregasi yang menyebabkan penggumpalan atau pengendapan. Pemisahan karaginan juga dapat menggunakan metoda *gel-press*, *KCl press*, pembekuan menggunakan KCl atau persipitasi oleh alkohol. Penambahan garam sampai 25% dalam larutan panas akan menyebabkan lambda dan iota-karaginan larut, sedangkan kappa karaginan dapat mengendap. Pada konsentrasi garam rendah, inti kapiler elektrik mengecil, sedangkan pada konsentrasi garam yang lebih tinggi koloid akan melepaskan air sehingga terjadi pengendapan. Penggunaan KCl untuk pemisahan karaginan cukup baik dilakukan pada konsentrasi 1,5 – 2,0%. Pemisahan dengan menggunakan alkohol paling banyak dilakukan. Alkohol yang digunakan berupa metanol, etanol, atau isopropanol. Alkohol digunakan sekitar 1,5 – 4,0 kali volume filtrat, dengan demikian alkohol yang digunakan sekitar 80 – 200 kali bobot bahan baku. Oleh karenanya, cara ini relatif mahal dan untuk menghemat penggunaan alkohol diperlukan unit destilasi alkohol. Karaginan yang dipisahkan dengan cara ini memiliki mutu paling baik karena relatif murah.

5. Pengeringan dan penepungan

Karaginan basah hasil dari persipitasi alkohol atau hasil pengendapan dengan garam-garam kemudian dikeringkan. Pengeringan dapat dilakukan dengan oven atau penjemuran. Karaginan kering tersebut dikemudian

ditepungkan, diayak, dan distandarisasi dan dicampur, kemudian dikemas dalam wadah yang tertutup rapat. Tepung karaginan berwarna putih sampai coklat kemerah-merahan.

Sedangkan proses pembuatan karaginan yang dilakukan oleh Hakim *et al.*, (2011) terdiri beberapa tahap yaitu pembersihan dan pencucian, ekstraksi, dekolorisasi, penyaringan, pengendapan filtrat, pengeringan dan penepungan. Berdasarkan perlakuan terbaiknya yaitu dengan perbandingan air pengeksrak 1:20 rumput laut kering, suhu presipitasi 30°C dengan konsentrasi KCl 1%. Proses pembuatannya dapat dijelaskan sebagai berikut.

1. Pembersihan dan pencucian

Rumput laut kering dicuci hingga bersih dari pasir dan kotoran lain, serta disortasi dari pengotor rumput laut jenis lain.

2. Ekstraksi

Proses ekstraksi dengan larutan alkali panas. Alkali yang digunakan adalah KOH 8%. Rumput laut direbus dalam larutan KOH 8% selama 2 jam pada suhu 70 – 80°C dengan perbandingan rumput laut dan air 1:6 (b/v). Setelah itu rumput laut dicuci hingga pH netral. Kemudian rumput laut tersebut diekstraksi kembali dalam air dengan volume 20 kali dari bobot rumput laut kering selama 2 jam dengan suhu $90 \pm 5^\circ\text{C}$. Dalam ekstraksi dengan alkali, alkali mempunyai dua fungsi yaitu membantu ekstraksi polisakarida menjadi sempurna dan mempercepat eliminasi 6-sulfat dari unit monomer menjadi 3,6-anhidro-D-galaktosa sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel. Disamping itu berfungsi untuk mencegah terjadinya hidrolisis karaginan.

2. Dekolorisasi

Tepung karaginan pada umumnya berwarna putih sampai kekuningan. Dekolorisasi dilakukan untuk menjernihkan warna tepung karaginan yang

dihasilkan. Proses penjernihan dilakukan dengan menambahkan celite sebanyak 2% pada 15 menit terakhir sebelum proses ekstraksi selesai.

3. Penyaringan dan pengendapan filtrat

Bubur rumput laut yang didapat kemudian disaring menggunakan filter press. Filtrat dipresipitasi atau diendapkan dengan memasukkannya dalam larutan KCl 1% (b/v) yang bersuhu 30°C yaitu masih dibawah suhu *gelling point* karaginan 40°C, dengan volume 2 kali volume filtrat. Filtrat yang telah dipresipitasi tersebut kemudian dipres menggunakan pres hidraulik. Penggunaan KCl pada proses presipitasi memberikan pengaruh terhadap nilai kekentalan karaginan. Adanya ion K⁺ yang berasal dari garam KCl dapat menurunkan muatan negatif sepanjang rantai polimer. Penurunan muatan ini menyebabkan gaya tolakan antar gugus-gugus sulfat menurun. Konsentrasi KCl yang tinggi menyebabkan nilai kekentalan larutan semakin menurun. Kappa karaginan sensitif terhadap ion K⁺ dan membentuk gel yang kuat dengan adanya garam kalium.

4. Pengeringan dan penepungan

Karaginan hasil pengendapan disaring dan dipotong-potong kemudian dikeringkan. Pengeringan dilakukan dengan cara penjemuran. Setelah kering potongan karaginan dihaluskan dan diayak dengan ukuran 80 mesh.

2.5 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kualitas Karaginan

2.5.1 Teknik Pemanenan

Teknik pemanenan rumput laut dapat mempengaruhi kualitas karaginan yang dihasilkan. Panen rumput laut sebaiknya dilakukan pada pagi hari agar penjemuran langsung bisa dilakukan. Sebelum pemanenan dilakukan, sebaiknya rumput laut digoyang-goyang untuk melepaskan kotoran yang menempel. Selanjutnya rumput laut dilepaskan dari talinya, cara pelepasan rumput laut yang

benar sehingga kualitas rumput laut tetap bagus yaitu dengan cara melepaskan rumput laut satu-satu dari tali pengikatnya. Usahakan *thallus* atau batang rumput laut tidak patah-patah atau tidak dipurus dari tali pengikatnya sebelum dikeringkan, agar kandungan karaginan tidak berkurang (WWF Indonesia, 2014).

Proses pascapanen yang benar akan menghasilkan kualitas bahan baku yang berkualitas. Sebelum rumput laut dikeringkan dilakukan pemisahan rumput laut dari talinya. Proses ini kebanyakan dilakukan dengan cara pemurutan. Pemisahan rumput laut dari talinya dengan cara pemurutan tergolong mudah, cepat dan ekonomis tanpa harus melepas satu persatu yang akan membutuhkan waktu lebih lama. Namun ada kekurangannya yaitu saat rumput laut patah kemungkinan getah yang keluar akan lebih banyak dan diduga dapat mempengaruhi kandungan karaginan yang dihasilkan. Karena karaginan adalah getah rumput laut yang diekstraksi dengan larutan alkali (Distantina *et al.*, 2009).

2.5.2 Bahan Baku

Umur panen dapat mempengaruhi kenaikan rendemen rumput laut kering dan rendemen karaginan. Pada umumnya rumput laut siap dipanen pada umur 1,5 – 2,0 bulan setelah tanam. Apabila dipanen kurang dari umur tersebut maka akan dihasilkan rumput laut berkualitas rendah karena kandungan agar atau karaginan dan kekuatan gel (*gel strength*) yang dihasilkan rendah. Kondisi seperti ini tidak dikehendaki oleh industri pengolah rumput laut sehingga akan dihargai lebih rendah bahkan tidak dibeli (Anggadiredja *et al.*, 2006). Semakin tua umur panen rumput laut maka rendemen dan kadar sulfat karaginan akan semakin tinggi (Marseno *et al.*, 2010).

Rumput laut sebagai bahan baku karaginan harus dicuci dengan air laut hingga bebas dari pasir, batu karang lalu disortir dari jenis-jenis lain sehingga terjamin kemurniannya. Pencucian dengan air tawar harus dihindari karena dapat

menurunkan kadar karaginan yang dikandungnya. Selanjutnya dijemur selama 1 – 2 hari atau hingga sampai kering. Pada waktu penjemuran harus diusahakan agar tidak terkena air hujan atau embun agar kandungan karaginnannya dapat terjaga (Itung dan Marthen, 2003). Syarat mutu komoditi rumput laut kering yaitu kadar air maksimal pascapanen (penjemuran) sebesar 32%, benda asing (jenis rumput laut lain, garam, pasir, karang dan kayu) maksimal sebesar 5%, dan berbau khas rumput laut (Winarno, 1996).

2.5.3 Proses Ekstraksi

Pembuatan karaginan dengan ekstraksi yaitu dengan pemisahan suatu komponen terlarut dari campurannya menggunakan sejumlah massa pelarut sebagai tenaga pemisah. Proses ekstraksi terdiri dari tiga langkah besar, yaitu proses pencampuran, proses pembentukan fasa setimbang, dan proses pemisahan fasa setimbang. Pelarut merupakan faktor terpenting dalam proses ekstraksi, sehingga pemilihan pelarut merupakan faktor penting. Proses ekstraksi dapat berjalan dengan baik bila pelarut dapat memenuhi syarat-syarat yaitu mempunyai selektivitasnya tinggi, memiliki perbedaan titik didih dengan komponen terlarut cukup besar, tidak mudah bereaksi, perbedaan massa jenisnya cukup besar, tidak beracun, tidak bereaksi secara kimia dengan komponen terlarut, viskositasnya kecil, tidak bersifat korosif, tidak mudah terbakar, murah dan mudah didapat. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam proses ekstraksi adalah temperatur, perbandingan pelarut, waktu kontak, ukuran partikel, pengadukan dan waktu pemisahan (Yasita dan Rachmawati, 2009).

Karaginan murni didapatkan dari proses ekstraksi karaginan yang dilakukan dengan menggunakan air panas atau larutan alkali panas. Suasana alkali dapat diperoleh dengan menambahkan larutan basa misalnya larutan NaOH, Ca(OH)_2 atau KOH yang sering digunakan. Penggunaan KOH

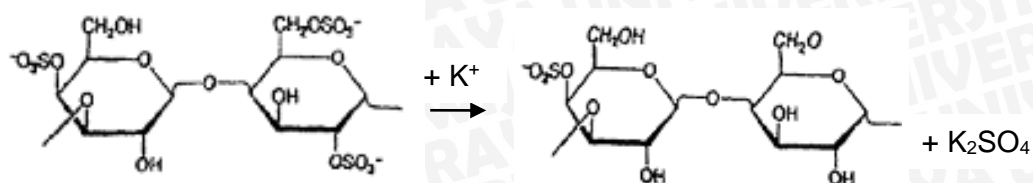
berpengaruh terhadap kenaikan rendemen dan mutu karaginan yang dihasilkan (Fatimah, 2012). Keadaan basa sangat diperlukan dalam proses ekstraksi karaginan yaitu untuk meningkatkan daya larut karaginan dalam air dan mencegah terjadinya reaksi hidrolisis ikatan glikosidik pada molekul karaginan yang menyebabkan karaginan kehilangan sifat-sifat fisiknya, seperti kelarutannya dalam air, dan keadaan basa yang diijinkan dalam proses ekstraksi adalah pH 8 – 10 (Hudha *et al*, 2012).

Proses ekstraksi dengan KOH mampu meningkatkan kekuatan gel kappa karaginan, karena kappa karaginan sensitif terhadap ion K^+ yang mampu meningkatkan kekuatan ionik dalam rantai polimer karaginan sehingga gaya antar molekul terlarut semakin besar yang menyebabkan keseimbangan antara ion-ion yang larut dengan ion-ion yang terikat didalam struktur karaginan dapat membentuk gel. Tetapi konsentrasi ion K^+ yang berlebihan dapat menyebabkan keseimbangan antar ion semakin sulit tercapai (Hakim *et al.*, 2011).

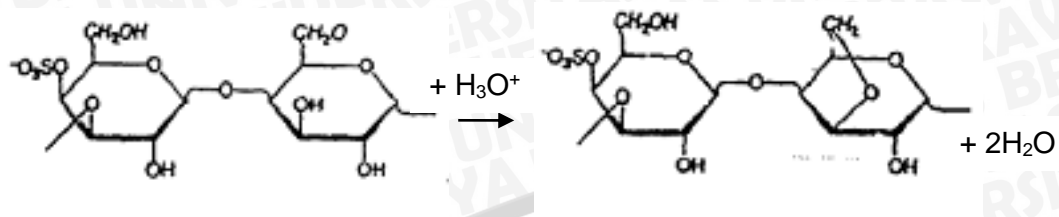
2.5.4 Perlakuan Alkali

Menurut Distantina *et al.*, (2009), penambahan alkali akan meningkatkan *gel strength*, reaksi yang terjadi pada ekstraksi dengan alkali ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Tranformasi gugus sulfat yang terikat dalam gugus galaktosa oleh ion Na^+ atau ion K^+ dengan membentuk garam Na_2SO_4 atau K_2SO_4 di larutan. Dehidrasi membentuk polimer anhidros galaktosa, dimana ion H^+ dari larutan alkali bereaksi dengan ikatan bergugus H membentuk kappa karaginan dan air. Skema reaksi ini digambarkan sebagai berikut.

1. Tranformasi sulfat



2. Dehidrasi



Gambar 4. Reaksi pada tahap ekstraksi dengan alkali (Distantina *et al.*, 2009)

Dalam ekstraksi dengan alkali, alkali mempunyai dua fungsi yaitu membantu ekstraksi polisakarida menjadi sempurna dan mempercepat eliminasi 6-sulfat dari unit monomer menjadi 3,6-anhidro-D-galaktosa sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel. Disamping itu berfungsi untuk mencegah terjadinya hidrolisis karaginan (Hidayati, 2002). Penggunaan alkali dalam proses ekstraksi dapat menaikkan kekuatan gel yang karaginan. Filtrat yang dihasilkan dengan alkali bersifat homogen, sedangkan filtrate yang dihasilkan dengan air tidak homogen. Penggunaan larutan KOH dapat memberikan kekuatan gel yang lebih baik dibandingkan larutan NaOH (Distantina *et al.*, 2009).

2.6 Karakteristik Karaginan

2.6.1 Kadar Sulfat

Kappa karaginan tersusun dari α (1,3) D-galaktosa-4 sulfat dan β (1,4) 3,6 anhidro-D-galaktosa. Di samping itu karaginan sering mengandung D-galaktosa-6 sulfat ester dan 3,6 anhidro-D-galaktosa 2 sulfat ester. Adanya gugus 6-sulfat dapat menurunkan daya gelasi dari karaginan, tetapi dengan pemberian alkali mampu menyebabkan terjadinya transeliminasi gugus 6-sulfat, yang menghasilkan terbentuknya 3,6 anhidrogalaktosa. Yang disebut dengan karaginan minimal harus mengandung sulfat sebanyak 18 persen dari berat keringnya (Winarno, 1996).

Banyaknya fraksi sulfat dan keseimbangan kation dalam air menentukan kekentalan atau kekuatan gel yang dibentuk karaginan. Pembentukan gel merupakan hasil *crosslinking* antara rantai heliks yang berdekatan, dengan grup sulfat menghadap ke bagian luar. Kelarutan dalam air sangat dipengaruhi kadar grup sulfat (bersifat hidrofilik) dan kation dalam karaginan. Kation yang terionisasi yang dijumpai dalam karaginan adalah sodium (Na), potassium (K), kalsium (Ca), dan magnesium (Mg) (Campo *et al.*, 2009).

Kadar sulfat karaginan yang diperoleh pada usia panen 45 hari dan 60 hari lebih tinggi dibandingkan pada usia panen 30 hari. Kecenderungan yang sama terjadi pada kadar karbohidrat dan rendemen yang dihasilkan. Hal ini kemungkinan disebabkan karena respons fisiologis tanaman terhadap kebutuhan karaginan sebagai senyawa penyusun jaringan terjadi secara intensif setelah umur panen 45 hari sampai dengan 60 hari, walaupun terjadi kenaikan tetapi tidak nyata. Terjadinya perubahan komposisi kimia dan rendemen selama pertumbuhan tanaman diduga merupakan respon fisiologis yang terjadi secara alamiah pada jaringan tanaman itu sendiri (Marseno *et al.*, 2010).

Tingginya gugus sulfat dapat menyebabkan rendahnya kekuatan gel pada karaginan (Distantina *et al.*, 2009). Berbanding terbalik viskositas, semakin kecil kandungan sulfat suatu karaginan, maka nilai viskositasnya akan semakin kecil pula, tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat. Viskositas juga akan menurun seiring dengan peningkatan suhu sehingga terjadi depolimerisasi yang kemudian dilanjutkan dengan degradasi karaginan (Kasim, 2013).

2.6.2 Viskositas

Viskositas adalah daya aliran molekul di dalam sistem larutan. Secara progresif viskositas akan menurun dengan adanya peningkatan suhu. Viskositas larutan karaginan terutama disebabkan oleh sifat karaginan sebagai polielektrok.

Gaya tolakan (*repulsion*) antar muatan negatif sepanjang rantai polimer yaitu gugus sulfat, mengakibatkan rantai molekul menegang, karena sifat hidrofiliknya polimer tersebut dikelilingi oleh molekul-molekul air termobilisasi sehingga menyebabkan larutan karaginan bersifat kental. Semakin kecil kandungan sulfat suatu karaginan, maka nilai viskositasnya akan semakin kecil pula, tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat. Viskositas juga akan menurun seiring dengan peningkatan suhu sehingga terjadi depolimerisasi yang kemudian dilanjutkan dengan degradasi karaginan (Kasim, 2013).

Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan karaginan. Viskositas karaginan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu, konsentrasi karaginan, temperatur, tingkat dispersi, kandungan sulfat, dan berat molekul karaginan. Viskositas pada karaginan disebabkan oleh adanya daya tolak menolak antar gugus sulfat yang bermuatan negatif disepanjang rantai polimernya, sehingga menyebabkan rantai polimer kaku dan kencang. Sifat hidrofilik menyebabkan molekul tersebut dikelilingi oleh air yang tidak bergerak, hal inilah yang menentukan nilai kekentalan karaginan (Bunga *et al.*, 2013).

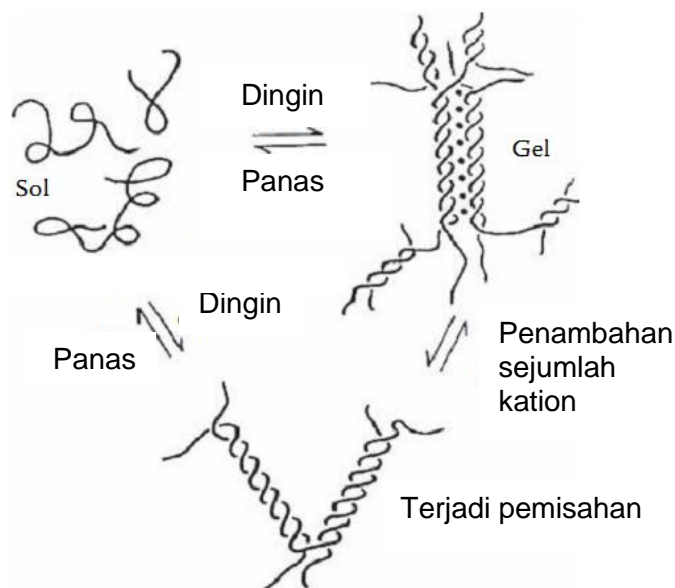
Viskositas karaginan akan meningkat secara eksponensial jika konsentrasi karaginan meningkat. Adanya garam akan menurunkan viskositas karaginan dengan mengurangi daya tolakan elektrostatis antar kelompok sulfat. Pengukuran viskositas dapat dilakukan pada suhu tinggi (misalnya 75°C) untuk menghindari efek gelasi, biasanya dengan konsentrasi 1,5% (b/v). Karaginan komersial umumnya memiliki viskositas mulai 5 – 800 cps (Venugopal, 2011).

2.6.3 Kekuatan Gel (*Gel Strength*)

Salah satu sifat penting karaginan adalah mampu mengubah cairan menjadi padatan atau mengubah bentuk sol menjadi gel yang bersifat reversibel. Kemampuan inilah yang menyebabkan karaginan sangat luas penggunaannya.

Tingginya kekuatan gel karaginan dapat disebabkan karena kandungan sulfatnya, kondisi bahan baku, metode ekstraksi dan bahan pengekstrak. 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 (Yasita dan rachmawati, 2009). Selain itu kekuatan gel karaginan dapat dipengaruhi oleh suhu pengeringan, dimana semakin tinggi suhu pengeringan maka kekuatan gel akan semakin turun (Djaeni *et al.*, 2012).

Perlakuan alkali pada ekstraksi karaginan akan meningkatkan sifat gel yang dihasilkan, tetapi tidak menunjukkan meningkatkan rendemen. Sedangkan ekstraksi menggunakan air memberikan rendemen tertinggi tetapi sifat gel karaginnannya lebih rendah, hal ini tampak pada penampakan filtrat hasil ekstraksi yang tidak homogen. Sedangkan filtrat hasil ekstraksi menggunakan alkali bersifat homogen. Perlakuan alkali dengan KOH memberikan hasil gel yang lebih baik dibandingkan dengan NaOH (Distantina *et al.*, 2009). Pembentukan gel adalah suatu fenomena penggabungan atau pengikatan silang rantai-rantai polimer sehingga terbentuk suatu jala tiga dimensi, kemudian jala akan menangkap air di dalamnya hingga membentuk struktur yang kuat, kaku dan elastis (Kasim, 2013). Pada suhu tinggi, karaginan dalam larutan akan membentuk konformasi rantai yang teratur, tetapi ketika didinginkan rantai tersebut akan membentuk struktur *double heliks* yang kaku dan akan mencair kembali ketika dipanaskan (Venugopal, 2011). Proses pembentukan gel karaginan dapat dilihat pada Gambar 5.

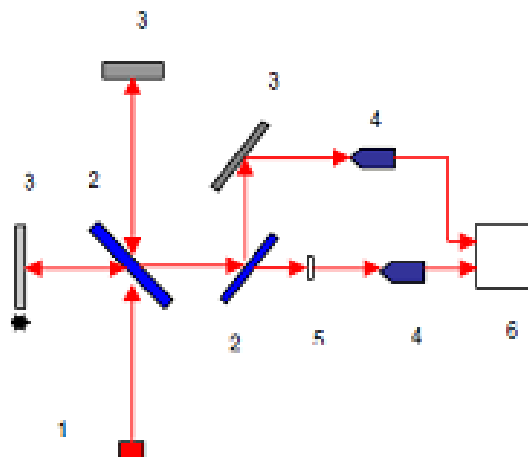


Gambar 5. Pembentukan gel karaginan (Venugopal, 2011)

2.6.4 Spektra Infra Merah Karaginan

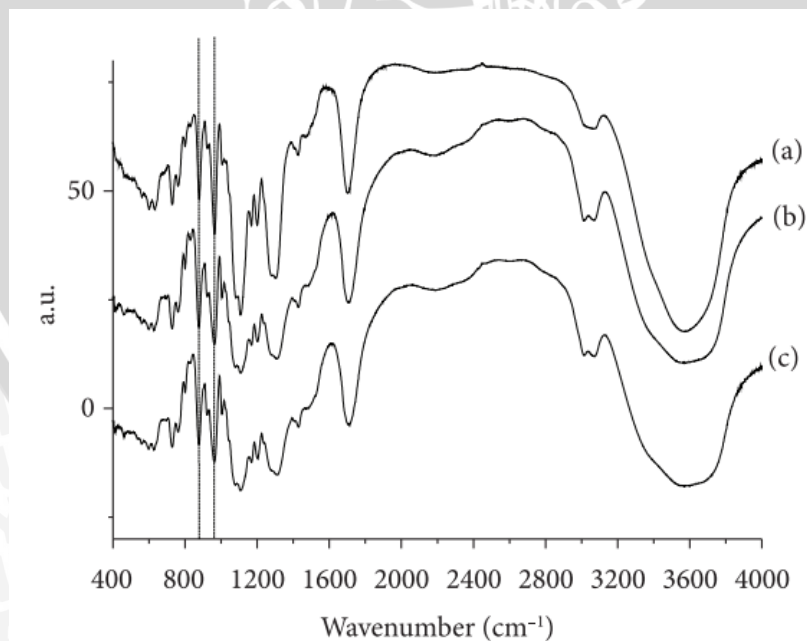
Spektra infra merah karaginan dapat dilakukan dengan menggunakan spektroskopi FTIR. Spektroskopi FTIR (*fourier transform infrared*) merupakan salah satu teknik analisis yang sangat baik untuk mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa. Komponen utama FTIR adalah interferometer *Michelson* yang mempunyai fungsi menguraikan atau mendispersi radiasi infra merah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan interferometer *Michelson* ini membuat FTIR lebih unggul dibanding metode spektroskopi infra merah lainnya. Informasi struktur molekul yang diperoleh memiliki resolusi yang tinggi, sehingga hasilnya dapat tepat dan akurat. FTIR dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase padat, cair maupun gas (Kusumastuti, 2011).

Spektrum inframerah dihasilkan dari pentransmisi cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detector dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) (Anam *et al.*, 2007). Skema alat spektroskopi FTIR dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Skema alat spektroskopi FTIR; (1) Sumber inframerah (2) Pembagi Berkas (*beam splitter*) (3) Kaca pemantul (4) Sensor inframerah (5) sampel (6) display (Anam *et al.*, 2007)

Penggunaan spektroskopi FTIR akan menunjukkan adanya serapan yang sangat kuat terhadap gugus fungsi karaginan. Wilayah $1210 - 1260 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ester sulfat, wilayah $1010 - 1080 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan ikatan glikosidik yang ada pada semua jenis karaginan. Wilayah $925 - 935 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan 3,6-anhidrogalaktosa, dan $810 - 850 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan galaktosa 4 sulfat yang dimiliki kappa karaginan (Webber *et al.*, 2010).



Gambar 7. Hasil spektra FTIR; (a) *kappa* karaginan (b) komersial karaginan dan (c) karaginan murni (Webber *et al.*, 2010)

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari – Maret 2015. Sampel *E. cottonii* diambil dari Desa Sumber Kencono Kecamatan Wongsorejo Kabupaten Banyuwangi. Proses ekstraksi dan analisis dilakukan di beberapa laboratorium, yaitu: Laboratorium Perekayasaan Hasil Perikanan, Laboratorium Biokimia dan Nutrisi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Pengujian viskositas, kekuatan gel serta derajat keputihan di Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang. Pengujian FTIR di Laboratorium Sentral Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang.

3.2 Materi Penelitian

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat yang digunakan untuk ekstraksi karaginan dan analisisnya. Alat yang digunakan untuk ekstraksi karaginan antara lain *beaker glass* 1000 mL, *beaker glass* 500 mL, gelas ukur 100 mL, *waterbath*, spatula, timbangan digital, kain saring, oven, blender dan ayakan ukuran 100 mesh. Sedangkan alat yang digunakan untuk analisis antara lain botol timbang, oven, desikator, kurs porselin, *hot plate* dan *muffle* untuk analisis kadar air, kadar abu dan kadar sulfat. *Viscometer Brookfield* untuk uji viskositas, *tensile strength instrument* Japan untuk uji kekuatan gel (*gel strength*), *Color Reader CR-10* merek *Konica Minolta Sensing Inc* untuk uji derajat keputihan tepung karaginan dan *Fourier Transform Infrared Spectrometer* (FTIR) *Shimadzu* tipe-IRPrestige21 untuk mengetahui gugus fungsi karaginan.

3.2.2 Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan pada penelitian ini adalah rumput laut jenis *E. cottonii* yang diperoleh dari daerah Wongsorejo, Kabupaten Banyuwangi. Bahan kimia yang digunakan selama proses ekstraksi karaginan adalah KOH, KCl, dan aquades. Serta bahan untuk analisis adalah 0,1N HCl, HCL 10%, BaCl₂ 0,25M, dan kertas saring Whatman (no. 42).

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode ini dilaksanakan dengan memberikan variabel bebas secara sengaja kepada obyek penelitian untuk mengetahui akibatnya di dalam variabel terikat.

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan yang digunakan, yaitu perbedaan kondisi bahan baku, yaitu utuh, patah dan campuran utuh dan patah (1:1). Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kualitas karaginan dengan parameter uji yaitu, kadar air, kadar abu total, kadar abu tidak larut asam, kadar sulfat, viskositas, kekuatan gel, derajat keputihan, dan FTIR.

3.4 Prosedur Penelitian

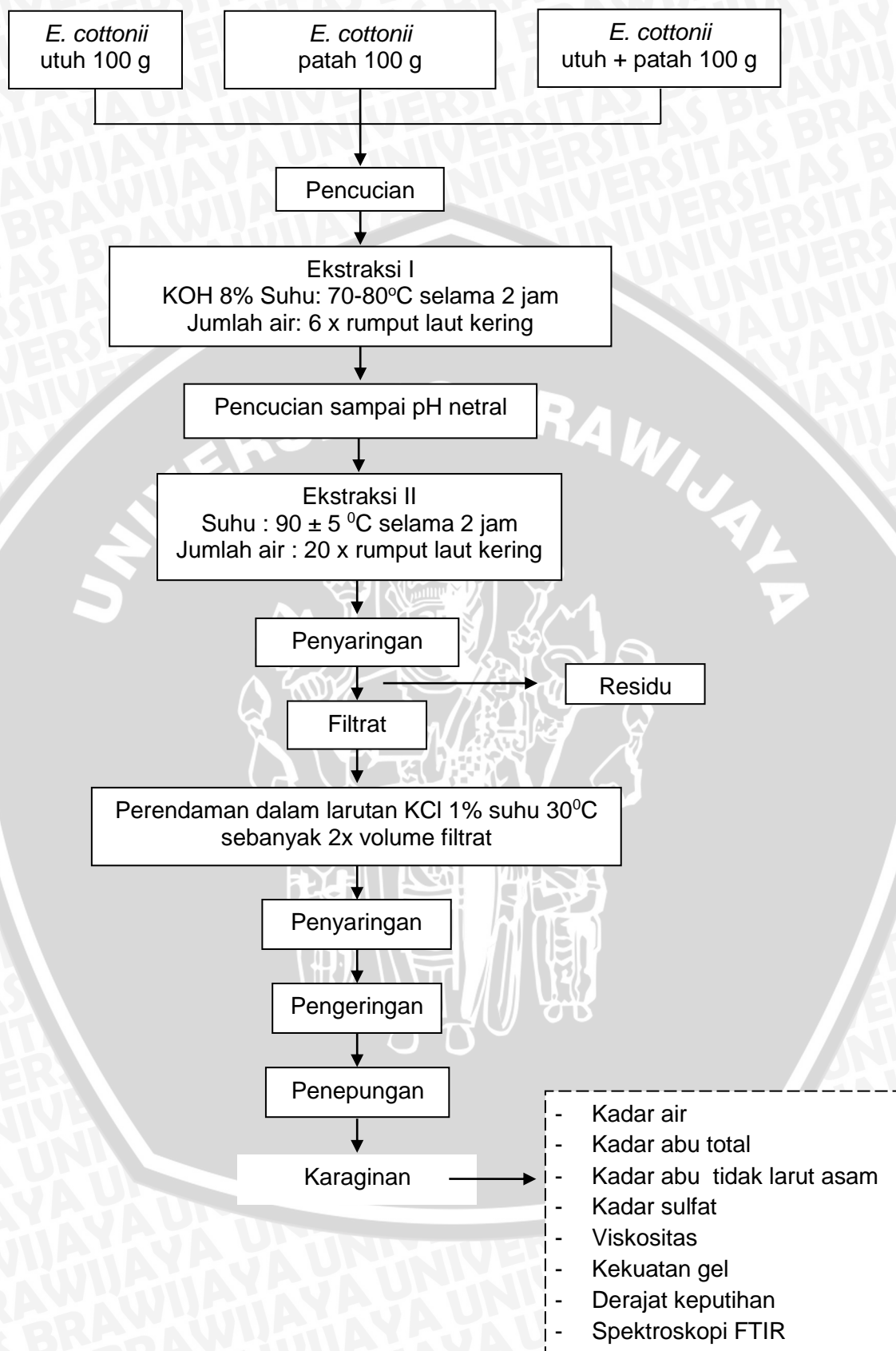
3.4.1 Pengambilan dan Preparasi Sampel

Rumput laut *E. cottonii* yang dijadikan sampel dalam penelitian ini diambil dari satu tempat budidaya yaitu dari Kelompok Pembudidaya Rumput Laut "Ujung Timur" Desa Sumber Kencono Kecamatan Wongsorejo, Banyuwangi. Preparasi sampel dilakukan pada proses pemanenan, yaitu rumput laut dipanen pada umur panen 30 hari setelah tanam. Selanjutnya rumput laut dilepaskan dari tali pengikatnya. Pertama rumput laut dilepas dari talinya dengan cara dipurut/dilorot dengan alat sesuai yang diterapkan di lokasi pengambilan sampel. Proses ini membuat *thallus* rumput laut banyak yang patah, dan ini dijadikan

sebagai perlakuan patah. Perlakuan selanjutnya yaitu dengan melepas satu persatu rumput laut dari tali pengikatnya dengan tangan sehingga rumput laut tetap utuh dan dijadikan sebagai perlakuan utuh. Perlakuan ketiga yaitu campuran antara utuh dan patah masing-masing (1:1). Selanjutnya rumput laut patah maupun utuh masing-masing dikeringkan di bawah sinar matahari langsung selama 3 hari atau hingga mencapai kadar air kurang dari 20%. Selanjutnya rumput laut kering dibawa ke laboratorium untuk dianalisis kualitasnya.

3.4.2 Pembuatan Karaginan

Prosedur pembuatan karaginan menggunakan prosedur yang digunakan oleh Hakim *et al.*, (2011) pada perlakuan terbaiknya dengan sedikit modifikasi. Rumput laut kering masing-masing perlakuan disiapkan sebanyak 100 g. Selanjutnya dicuci sampai semua kotoran yang menempel hilang. Kemudian diekstraksi dengan KOH 8% dari jumlah air 6 (enam) kali rumput laut kering pada suhu 70 – 80°C selama 2 jam. Setelah itu dicuci dengan air mengalir sampai pH netral. Selanjutnya diekstraksi lagi dengan akuades 20 kali rumput laut kering pada suhu 90 ± 5°C selama 2 jam. Setelah itu, dalam keadaan panas, disaring dengan kain saring diambil filtratnya. Filtrat yang didapatkan direndam dalam larutan KCl 1% sebanyak 2 (dua) kali volume filtrat yang dihasilkan. Kemudian ditiriskan dengan kain saring, dan dicuci dengan air mengalir sampai netral. Setelah itu dikeringkan dalam oven suhu 50 – 60°C sampai kering. Kemudian ditepungkan dengan cara diblender, dan diayak dengan ukuran 100 mesh. Didapatkan tepung karaginan, yang selanjutnya diuji kualitasnya dengan parameter kadar air, kadar abu, kadar sulfat, viskositas, kekuatan gel (*gel strength*), derajat keputihan, dan spektroskopi FTIR. Skema kerja pembuatan karaginan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Skema kerja pembuatan karaginan

3.5 Parameter Uji

3.5.1 Rendemen

Rendemen merupakan salah satu parameter penting dalam menilai efektif tidaknya proses pembuatan karaginan. Rendemen karaginan sebagai hasil ekstraksi dihitung berdasarkan rasio antara berat karaginan yang dihasilkan dengan berat rumput laut kering yang digunakan (Kasim, 2013). Formulasi yang digunakan sebagai berikut.

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat karaginan yang diperoleh}}{\text{Berat sampel rumput laut}} \times 100\%$$

3.5.2 Kadar Air

Uji kadar air yang dilakukan berdasarkan metode *thermogravimetri* (Sudarmadji *et al.*, 2003), prinsip metode *thermogravimetri* yakni mengeringkan bahan dalam oven pada suhu 105 – 110°C selama 3 jam atau didapat berat yang konstan. Selisih berat tersebut dan sesudah pengeringan adalah banyaknya air yang diuapkan. Prosedurnya yaitu sampel ditimbang 2 g dimasukkan dalam botol timbang yang juga telah diukur beratnya lalu dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam. Ditimbang berat akhir sampel lalu dihitung persen kadar air. Prosedur pengujian kadar air sampel menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(A + B) - (C)}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

- A = berat botol timbang (g)
- B = berat sampel (g)
- C = berat akhir (botol timbang + sampel) (g)

3.5.3 Kadar Abu Total

Penentuan kadar abu dilakukan berdasarkan metode Sudarmadji *et al.*, (2003), prinsip kerja penentuan kadar abu adalah membakar bahan dalam tanur atau tungku (*furnace*) dengan suhu 600°C selama waktu tertentu (6 – 8 jam) sehingga seluruh unsur utama pembentuk senyawa organik (C, H, O, N) habis terbakar dan berubah menjadi gas dan sisanya adalah abu yang merupakan kumpulan dari mineral-mineral. Sampel kering ditimbang sebanyak 2 g dan dimasukkan ke dalam kurs porselin yang sudah diketahui beratnya. Pijarkan dalam *muffle* sampai diperoleh abu berwarna keputih-putihan. Masukkan dalam desikator dan timbang berat abu setelah dingin. Rumus persen kadar abu:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{(C - A)}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat kurs porselin (g)

B = berat sampel (g)

C = berat akhir (g)

3.5.4 Kadar Abu Tidak Larut Asam

Prinsip penentuan kadar abu tidak larut asam yaitu dengan melarutkan abu total kedalam larutan asam (Arifin *et al.*, 2006). Abu yang diperoleh dari penentuan kadar abu total dididihkan dalam 25 ml asam klorida (HCL 10%) selama 5 menit. Bagian yang tidak larut asam disaring dengan kertas saring bebas abu yang sudah diketahui beratnya. Dicuci dengan air panas dan disaring, kemudian dikeringkan dan ditimbang.

$$\text{Kadar abu tidak larut asam (\%)} = \frac{(C - A)}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat kertas saring awal (g)

B = berat sampel (g)

C = berat akhir (g)

3.5.5 Kadar Sulfat

Analisis kadar sulfat dilakukan berdasarkan metode (Distantina *et al.*, 2010), prinsip kerjanya dengan menghidrolisis sampel dan dilanjutkan pengendapan sulfat sebagai barium sulfat. Sampel sebanyak 0,5 g (W1) dihidrolisis dengan 50 mL 0,1N HCl selama 15 menit pada suhu didih. Sejumlah 10 mL BaCl₂ 0,25M ditambahkan sedikit demi sedikit sambil dididihkan selama 5 menit. Setelah didinginkan selama 5 jam, endapan disaring menggunakan kertas saring Whatman (no. 42 ashless) dan selanjutnya dibakar dalam *muffle* pada 700°C selama 1 jam. Berat abu putih merupakan berat barium sulfat (W2). Kadar sulfat dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ sulfat} = \frac{W1}{W2} \times 100 \times 0,4116$$

Keterangan:

W1 = berat sampel (g)

W2 = berat endapan BaSO₄ (g)

0,4116 = massa molekul relatif SO₄ dibagi massa atom relatif BaSO₂

3.5.6 Viskositas

Pengujian viskositas dilakukan untuk mengetahui tingkat kekentalan karaginan. Prinsipnya semakin tinggi viskositas maka semakin besar tahanan cairan yang diuji. Alat yang digunakan untuk mengukur viskositas yaitu *Viscometer Brookfield*. Prosedur kerja yang dilakukan AOAC (1995) yaitu, larutan karaginan dengan konsentrasi 1,5 % dipanaskan dalam bak air mendidih sambil diaduk secara teratur sampai suhu mencapai 75°C. *Viscometer* diukur dengan *Spindel Viscometer Brookfield* yang berputar pada kecepatan 60 rpm dengan jarum spindle No. 2. Spindle terlebih dahulu dipanaskan pada suhu 75°C kemudian dipasang ke alat ukur *Viscometer Brookfield*. Posisi spindle dalam larutan panas diatur sampai tepat, viskometer diputar dan suhu larutan diukur.

Ketika suhu larutan mencapai 75°C thermometer dikeluarkan dan nilai viskositas diketahui dengan pembacaan viskometer pada skala nilai 1 sampai 100. Pembacaan viskometer dilakukan setelah satu menit putaran penuh dan tombol penekan jarum ditekan, kemudian dibaca angka yang ditunjukkan oleh jarum tersebut (A). Angka konversi dari viskositas adalah poise (1 poise = 100cP). Hasil bacaan digandakan 5 kali untuk spindle No.2 bila dijadikan *centi poise*. Nilai viskositas dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Viskositas (cP)} = A \times \text{angka konversi}$$

3.5.7 Kekuatan Gel (*Gel Strength*)

Kekuatan gel (*gel strength*) sangat penting untuk menentukan perlakuan yang terbaik dalam proses ekstraksi karaginan. Kekuatan gel karaginan diukur dengan alat *tensile strength*. Prinsip dasar pengujian adalah memberikan beban pada sampel per satuan luas. Nilai kekuatan gel yang dihasilkan dinyatakan dalam satuan N/cm². Tepung karaginan sebanyak 1 g dilarutkan ke dalam 10 mL akuades yang kemudian dipanaskan sampai suhunya mencapai 80°C sambil terus diaduk. Setelah itu, larutan dimasukkan ke dalam cetakan yang berdiameter 6 cm dan didiamkan selama semalam pada suhu kamar. Prosedur pengujiannya adalah sebagai berikut:

- Letakkan sampel pada tumpuan
- Tepatkan batang penekan pada permukaan sampel dengan cara memutar roda penekan
- Putar roda penekan perlahan-lahan sambil diamati jarum penunjuk beban sampai sampel mulai tertembus
- Bacaan maksimum merupakan gaya untuk menembus sampel

$$\text{Kekuatan gel} = \frac{\text{gaya untuk menembus sampel}}{\text{luas permukaan sampel yang tertembus}} \left(\frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \right)$$

3.5.8 Derajat Warna Karaginan

Pengujian warna dilakukan dengan menggunakan alat Color Reader CR-10 merek *Konica Minolta Sensing Inc.* Prinsip kerja alat ini adalah mendapatkan warna berdasarkan daya pantul dari karaginan terhadap cahaya yang diberikan oleh *chromameter*. System warna yang digunakan adalah *Hunter's Lab Colorimeter System* yang dicirikan dengan tiga nilai yaitu L (*Lightness*), a* (*Redness*), dan b* (*Yellowness*). Sampel diletakkan pada cawan dengan lebar 1 cm. Warna dibaca menggunakan *chroma* meter dimana diperoleh data hasil pengujian yaitu L*, a* dan b*. Dari ketiga komponen tersebut dapat diketahui besarnya derajat keputihan tepung karaginan dengan menggunakan persamaan (Eom *et al.*, 2013), yaitu sebagai berikut:

$$W = (L^* - 3b^*)$$

Keterangan:

W = derajat keputihan
L* = kecerahan
b* = kekuningan/kebiruan

3.5.9 Spektra Infra Merah Karaginan

Spektra infra merah karaginan dilakukan dengan spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Prinsip FTIR yaitu penyerapan sejumlah frekuensi sinar merah yang melewati sampel, hasil serapan akan dicatat pada kertas rekorder. Sampel yang dianalisis menggunakan FTIR yaitu hasil tiap perlakuan pada salah satu ulangan. Sampel yang diperlukan untuk analisis FTIR antara 1,5 mg. Tujuan analisa menggunakan FTIR yaitu untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat dalam karaginan.

Inti spektroskopi FTIR adalah interferometer *Michelson* yaitu alat untuk menganalisis frekuensi dalam sinyal gabungan. Spektrum inframerah dihasilkan

dari pentransmision cahaya yang melewati sampel, pengukuran intensitas cahaya dengan detektor dan dibandingkan dengan intensitas tanpa sampel sebagai fungsi panjang gelombang. Spektrum yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}) dijadikan sebagai absis X dan intensitas absorpsi atau persen transmittan sebagai ordinat Y (Anam *et al.*, 2007).

3.6 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 (tiga) perlakuan dan 3 (tiga) kali ulangan. Desain rancangan percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rancangan percobaan perbedaan kondisi bahan baku terhadap kualitas karaginan

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
P1	(P1) ₁	(P1) ₂	(P1) ₃	TP1	RP1
P2	(P2) ₁	(P2) ₂	(P2) ₃	TP2	RP2
P3	(P3) ₁	(P3) ₂	(P3) ₃	TP3	RP3

Keterangan:

- P1 = Perlakuan utuh
- P2 = Perlakuan patah
- P3 = Perlakuan campuran

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini kemudian dilakukan analisis sidik ragam (ANOVA) untuk mengetahui besarnya nilai F. Jika hasil analisis keragaman menunjukkan adanya perbedaan pada taraf 5% maka dilanjutkan dengan uji BNT 5%, dengan selang kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Menurut Sastrosupadi (2000), bentuk umum rancangan acak lengkap tersebut adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Dimana :

Y_{ij} = hasil pengamatan (parameter kualitas karaginan *E. cottonii*)

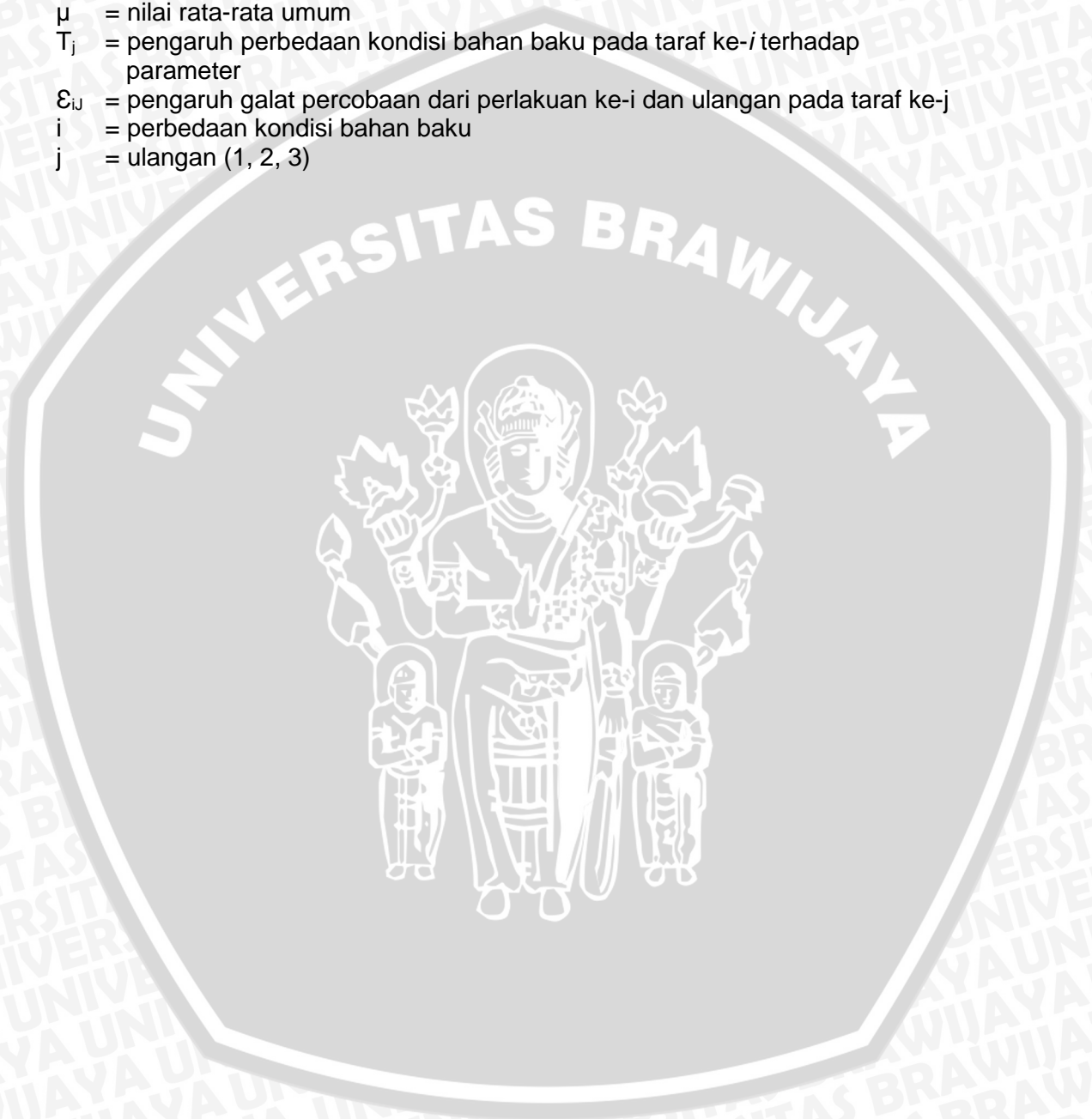
μ = nilai rata-rata umum

T_j = pengaruh perbedaan kondisi bahan baku pada taraf ke-*i* terhadap parameter

ε_{ij} = pengaruh galat percobaan dari perlakuan ke-*i* dan ulangan pada taraf ke-*j*

i = perbedaan kondisi bahan baku

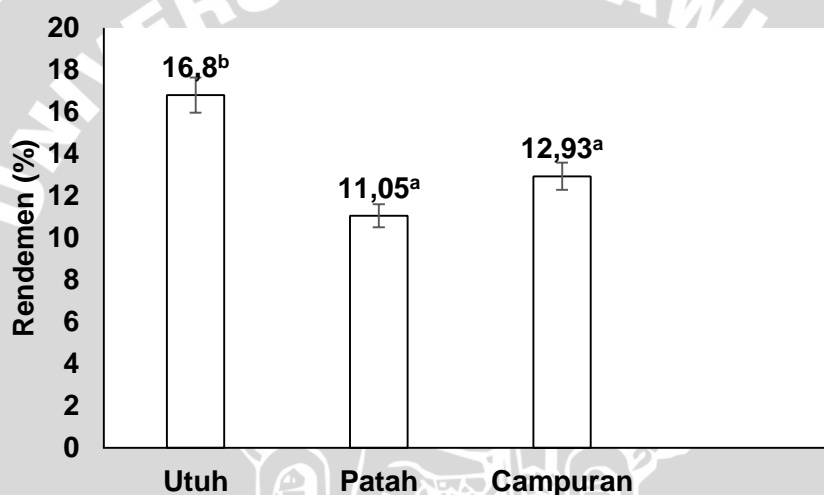
j = ulangan (1, 2, 3)



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rendemen

Rendemen karaginan yang dibuat dengan perbedaan kondisi bahan baku dapat dilihat pada Lampiran 2. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap rendemen karaginan yang dihasilkan. Berikut rata-rata rendemen karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.



Gambar 9. Rendemen karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 9. menunjukkan bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh menghasilkan karaginan dengan tingkat rendemen lebih tinggi dibandingkan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah maupun campuran antara patah dan utuh. Hal ini diduga disebabkan karena rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh dinding selnya tidak rusak dan tidak banyak kehilangan sel yang mengandung karaginan saat dikeringkan. Sehingga karaginan yang dihasilkan melalui proses ekstraksi masih mengandung cukup banyak komponennya, yang dapat membuat rendemen lebih tinggi.

Oviantari dan Parwata (2007) menjelaskan, rumput laut yang dikeringkan dengan teknik tidak langsung banyak kehilangan komponen penyusunnya seperti karbohidrat (selulosa), protein, lemak, abu, vitamin, serta berbagai mineral seperti kalium, kalsium, fosfor, zat besi, natrium, dan yodium saat dijemur dalam kantong plastik. Hal ini terlihat dari hasil pengamatan rumput laut tersebut mengeluarkan banyak cairan kental yang berwarna coklat kemerahan.

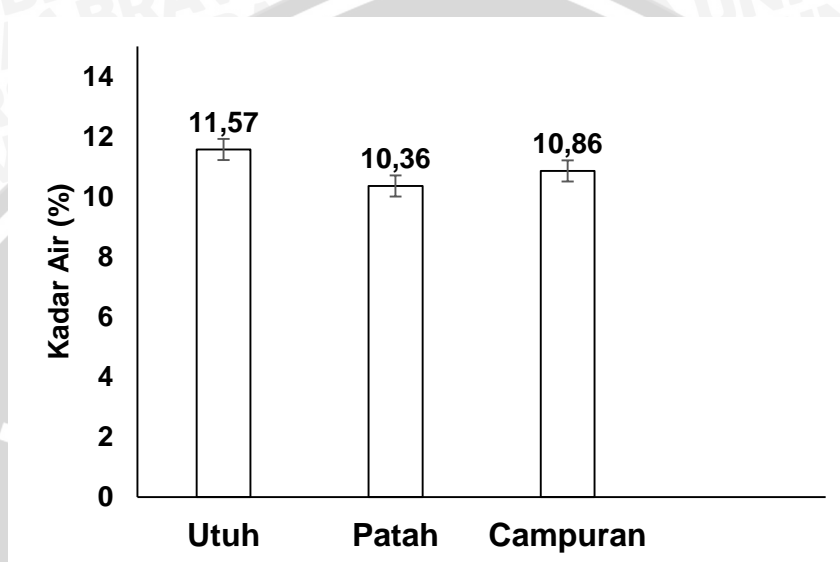
Rendemen karaginan tidak tergantung pada besar kecilnya ukuran sel, tetapi tergantung pada banyaknya jumlah sel dalam *thallus*. Ukuran sel yang relatif kecil menyebabkan terdapat ruang kosong antar sel, tetapi dinding sel yang terdapat karaginan masih ada, sehingga jumlah sel yang lebih banyak dapat mempengaruhi peningkatan rendemen karaginan. Selain itu dinding sel yang tidak rusak dapat melindungi sel didalamnya (Arisandi *et al.*, 2011).

Rendemen karaginan yang dihasilkan ini tidak memenuhi standar persyaratan rendemen karaginan yang ditetapkan oleh Departemen Perdagangan RI, yaitu minimum sebesar 25%. Hal ini kemungkinan disebabkan karena bahan baku yang digunakan adalah rumput laut dengan umur panen 30 hari. Menurut Widyastuti (2010), sel karaginan dihasilkan oleh proses fotosintesis, maka semakin lama umur panen, proses terbentuknya sel karaginan pada *thallus* juga berlangsung lebih lama. Hasilnya menunjukkan rendemen karaginan menjadi lebih tinggi saat tanaman berumur 45 hari, dibanding rendemen karaginan saat umur panen 15 hari dan 30 hari. Rendemen yang dihasilkan pada umur panen 15 hari adalah 39,09%, pada umur panen 30 hari 46,77% dan rendemen karaginan pada umur panen 45 hari 48,72%.

Rendemen dan sifat karaginan dapat dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain umur panen, musim dan letak panen, metode ekstraksi, metode presipitasi, metode pengeringan dan metode fraksinasi. Sehingga karaginan akan berbeda di setiap waktu panen dan pengolahannya (Distantina *et al.*, 2009).

4.2 Kadar Air

Data dan analisis kadar air karaginan dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar air karaginan. Berikut rata-rata kadar air karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.



Gambar 10. Kadar air karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

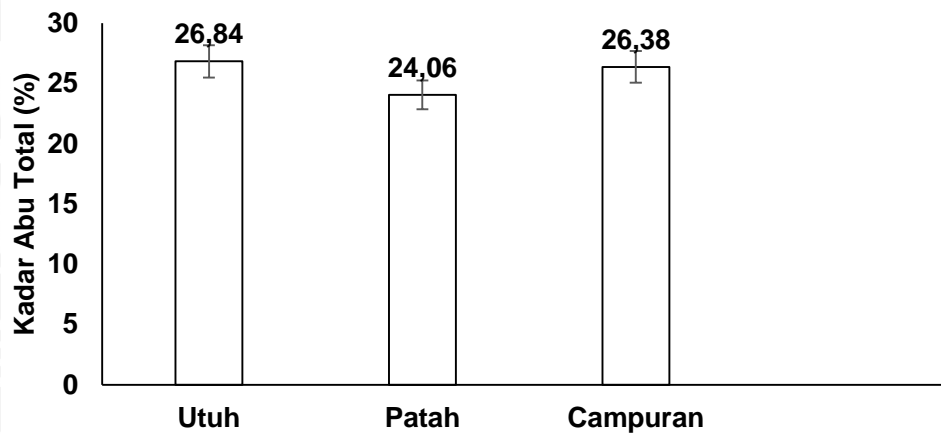
Gambar 10. menunjukkan bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh, patah maupun campuran memiliki rata-rata kadar air karaginan yang hampir sama. Kadar air karaginan tertinggi terdapat pada perlakuan utuh. Hal ini diduga disebabkan karena kadar air bahan baku utuh lebih tinggi dibanding kadar air bahan baku patah. Dengan lama waktu pengeringan yang sama, penguapan air pada bahan baku utuh lebih lambat karena bahan baku utuh lebih tebal. Menurut Harun *et al.*, (2013) ketebalan bahan berpengaruh terhadap hasil pengeringan. Semakin tebal bahan, maka transfer massa dan panas pada bahan baku akan semakin sulit. Kesulitan ini terjadi karena semakin banyak air terikat pada bahan lebih sulit diuapkan dibandingkan dengan air bebas.

Rata-rata kadar air karaginan yang didapatkan dalam penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan hasil penelitian Widyastuti (2010) pada umur 30 hari yaitu 12,97%, dan lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Oviantari dan Parwata (2007) yaitu 9,55 % pada pengeringan langsung dan 5,62% pada pengeringan di dalam plastik. Perbedaan kadar air karaginan ini kemungkinan disebabkan karena perbedaan kadar air bahan baku yang digunakan. Oviantari dan Parwata (2007) menjelaskan, kadar air yang banyak dalam bahan baku rumput laut dapat menghalangi meresapnya larutan alkali untuk memisahkan karaginan dari komponen-komponen rumput laut lainnya. Adanya air dalam jaringan seolah-olah melindungi setiap komponen penyusun rumput laut dari larutan pengestrak melalui aktivitas solvasinya.

Rata-rata kadar air yang dihasilkan dari penelitian ini ini masih memenuhi standar kadar air karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO yaitu maksimum 12% (FAO, 2007). Penelitian terbaik Hakim *et al.*, (2011) menunjukkan penggunaan jumlah perbandingan air yang lebih sedikit yaitu (1:20) mampu menghasilkan mutu karaginan yang lebih baik. Jika menggunakan perbandingan air yang lebih tinggi (1:40), ketika dilakukan proses presipitasi karaginan yang terbentuk mempunyai kekuatan gel yang rendah, akibatnya molekul air yang terperangkap dalam struktur tiga dimensi rantai karaginan tersebut tidak terlalu kuat sehingga pada saat pengeringan molekul air tersebut lebih mudah menguap menyebabkan kadar air dalam karaginan yang dihasilkan lebih rendah.

4.3 Kadar Abu Total

Data dan analisis kadar abu total dapat dilihat pada Lampiran 4. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar abu total karaginan yang dihasilkan. Berikut rata-rata kadar abu total karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.



Gambar 11. Kadar abu total karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 11. menunjukkan bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh, patah maupun campuran memiliki rata-rata kadar abu karaginan yang hampir sama. Kadar abu total tertinggi terdapat pada perlakuan utuh. Hal ini diduga disebabkan karena kandungan mineral pada bahan baku utuh lebih banyak atau tidak hilang saat dikeringkan.

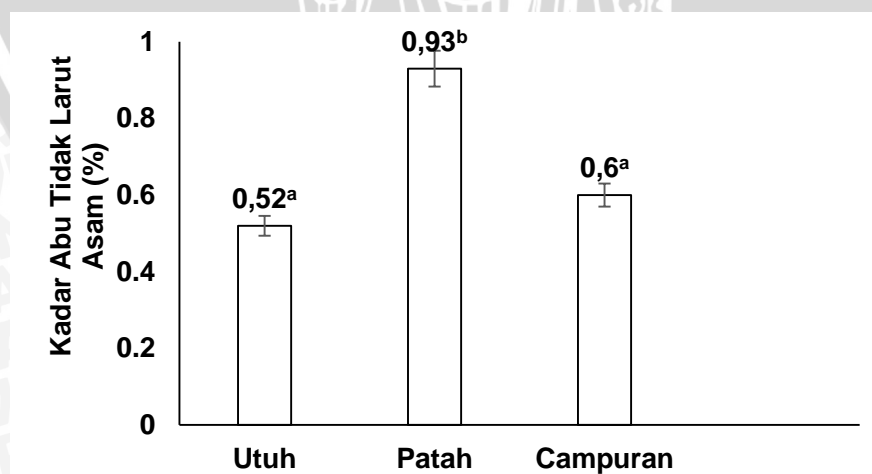
Sudarmadji *et al.*, (2003) menjelaskan, abu merupakan zat anorganik dari sisa hasil pembakaran suatu bahan organik, dan penentuan kadar abu ada hubungannya dengan kandungan mineral suatu bahan yang akan digunakan. Ditambahkan oleh Wenno *et al.*, (2012), rumput laut sebagai penghasil karaginan termasuk bahan pangan yang mengandung mineral cukup tinggi karena kemampuannya dalam menyerap garam-garam mineral yang berasal dari lingkungannya. Sejalan dengan rendemen, bahan baku yang dikeringkan dengan perlakuan utuh tidak banyak kehilangan komponen mineralnya seperti kalium, kalsium, fosfor, zat besi, natrium, dan yodium. Sehingga karaginan yang dihasilkan masih banyak mengandung komponen mineral tersebut yang dapat meningkatkan kadar abu.

Penggunaan KCl pada proses presipitasi juga dapat mempengaruhi tingginya kadar abu pada karaginan yang dihasilkan. Hakim *et al.*, (2011) menyatakan, adanya ion kalium dari penggunaan KCl pada proses presipitasi merupakan penyebab tingginya kadar abu karaginan, sehingga semakin tinggi konsentrasi KCl, maka kadar abu juga semakin meningkat, karena kalium merupakan unsur mineral yang tidak terbakar.

Rata-rata kadar abu total karaginan yang dihasilkan dari penelitian ini masih memenuhi standar kadar abu karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO yaitu sekitar 15 – 40% (FAO, 2007). Namun, kadar abu total yang dihasilkan ini lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Widyastuti (2010) pada umur panen 30 hari yaitu 29,59%.

4.4 Kadar Abu Tidak Larut Asam

Data dan analisis kadar abu tidak larut asam karaginan dapat dilihat pada Lampiran 5. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap kadar abu tidak larut asam karaginan yang dihasilkan. Berikut rata-rata kadar abu tidak larut asam karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.



Gambar 12. Kadar abu tidak larut asam karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 12. menunjukkan bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah menghasilkan karaginan dengan kadar abu tidak larut asam lebih tinggi dibandingkan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh maupun campuran antara patah dan utuh. Hal ini diduga disebabkan karena pada perlakuan patah lebih banyak terkontaminasi pasir atau mineral logam berat yang tidak larut asam dan tidak hilang saat rumput laut dicuci.

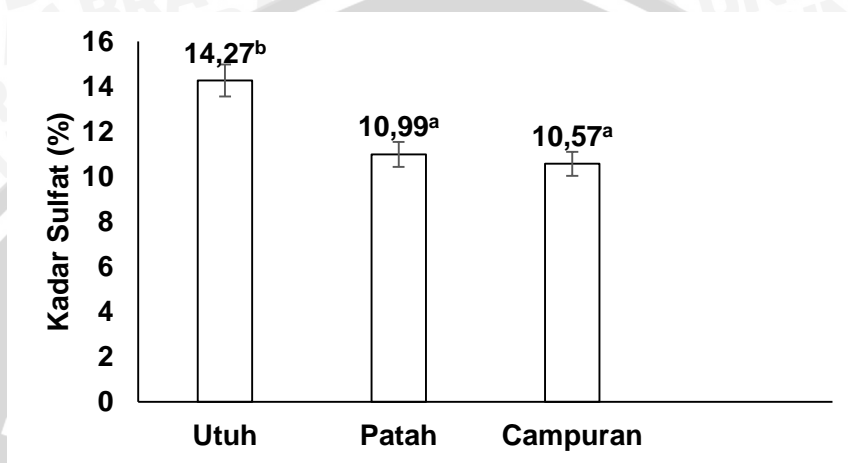
Kadar abu tidak larut asam adalah garam-garam klorida yang tidak larut asam yang sebagian adalah garam-garam logam berat dan silika. Kadar abu tidak larut asam tinggi menunjukkan adanya kontaminasi residu mineral atau logam yang tidak dapat larut dalam asam pada suatu produk seperti silika yang ditemukan di alam yaitu kuarsa, pasir dan batu (Diharmi *et al.*, 2011).

Tingginya kadar abu tidak larut asam pada perlakuan patah kemungkinan disebabkan karena adanya kontaminasi residu mineral atau logam yang tidak larut asam seperti pasir, batu, dan mineral logam berat. Pasir atau logam berat ini melekat pada bahan saat rumput laut dipurut. Karena pemurutan dengan alat yang terbuat dari besi memungkinkan dapat mengakibatkan tali ris yang terbuat dari plastik tergores dan potongan goresannya melekat pada *thallus* yang patah dan tidak hilang saat dicuci dan tidak tereduksi secara optimal pada saat pengolahan, sehingga karaginan yang dihasilkan kadar abu tidak larut asamnya meningkat.

Rata-rata kadar abu tidak larut asam yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih tinggi dari hasil penelitian Hakim *et al.*, (2011), yaitu 0,83% pada perlakuan terbaiknya yaitu dengan perbandingan air 1:20, konsentrasi KCL 1% dan suhu presipitasi 30°C. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan karena perbedaan kondisi bahan baku yang digunakan. Tetapi kadar abu tidak larut asam pada penelitian ini masih memenuhi kisaran standart mutu karaginan yang ditetapkan FAO (2007) dan FCC (1981) yaitu kurang dari sama dengan 1 %.

4.5 Kadar Sulfat

Data dan analisis kadar sulfat karaginan dapat dilihat pada Lampiran 6. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan memberikan pengaruh yang nyata ($p>0,05$) terhadap kadar sulfat karaginan yang dihasilkan. Berikut rata-rata kadar sulfat karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.



Gambar 13. Kadar sulfat karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 13. menunjukkan bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh menghasilkan karaginan dengan kadar sulfat lebih tinggi dibandingkan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah maupun campuran antara patah dan utuh. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada perlakuan utuh kandungan sulfatnya tidak hilang saat dikeringkan, dan ketika diekstraksi cairannya lebih kental sehingga pengurangan sulfatnya sedikit.

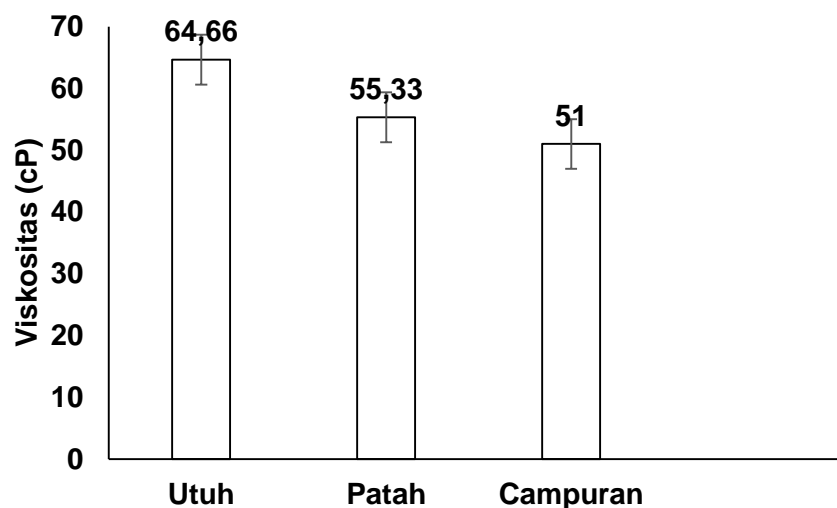
Kadar sulfat dalam karaginan yang dihasilkan dengan pelarut air dapat diasumsikan sebagai kadar sulfat yang ada dalam rumput laut *E. cottonii*. Asumsi ini sesuai penjelasan pengaruh alkali dalam reaksi pengurangan sulfat dalam karaginan. Transformasi gugus sulfat yang terikat dalam gugus galaktosa oleh ion Na^+ atau K^+ akan membentuk garam Na_2SO_4 atau K_2SO_4 di larutan (Distantina *et al.*, 2009). Hakim *et al.*, (2011) menjelaskan, semakin besar perbandingan air pengestrak maka kadar sulfat semakin menurun. Hal ini

disebabkan karena, air pengestrak yang masih mengandung kation K^+ sisa pemasakan dalam KOH yang bereaksi dengan gugus sulfat (OSO_3) membentuk K_2SO_4 sedikit yang larut air, sehingga dapat menaikkan kadar sulfat karaginan.

Rata-rata kadar sulfat karaginan yang dihasilkan dari penelitian ini tidak memenuhi standar kadar sulfat karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO yaitu sekitar 15 – 40% (FAO, 2007). Rendahnya kadar sulfat ini kemungkinan disebabkan karena rumput laut dipanen pada umur 30 hari. Marseno *et al.*, (2010) menjelaskan, respon fisiologis tanaman terhadap kebutuhan karaginan sebagai penyusun jaringan terjadi secara intensif. Kadar sulfat terendah terjadi pada umur panen 30 hari, dan naik setelah umur panen 45 hari sampai 60 hari, tetapi kenaikannya tidak nyata. Respon fisiologis tanaman terjadi secara alamiah pada jaringan tanaman. Webber *et al.*, (2010) menunjukkan, kandungan sulfat karaginan komersial dan karaginan asli masing-masing adalah 21,65% dan 20,02% dan *kappa* karaginan 20%.

4.6 Viskositas

Data dan analisis viskositas karaginan dapat dilihat pada Lampiran 7. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p>0,05$) terhadap viskositas karaginan yang dihasilkan. Berikut rata-rata viskositas karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.



Gambar 14. Viskositas karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

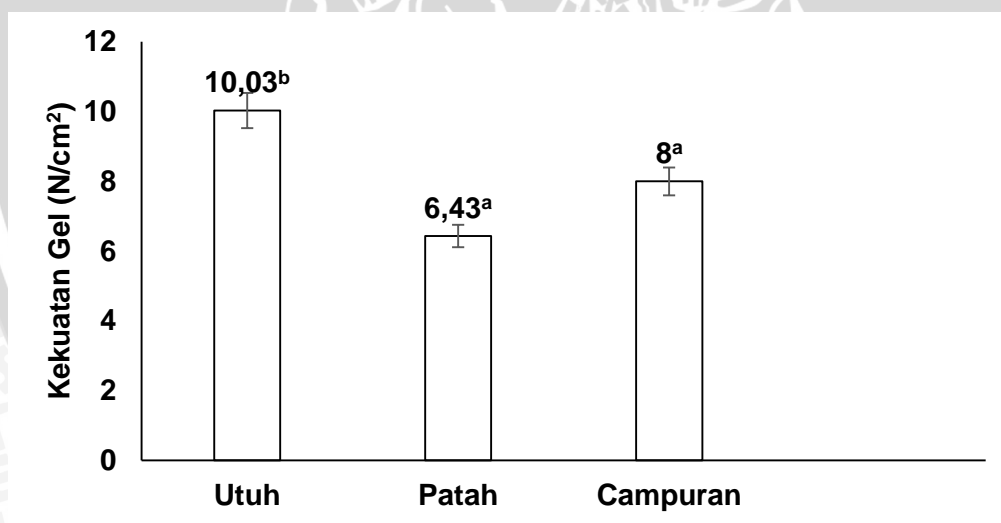
Gambar 14. menunjukkan bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh menghasilkan karaginan dengan viskositas lebih tinggi dibandingkan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah maupun campuran antara utuh dan patah. Hal ini diduga disebabkan karena pada perlakuan utuh kandungan sulfatnya tidak hilang saat dikeringkan, sehingga dapat meningkatkan nilai viskositas karaginan yang dihasilkan. Oviantari dan Parwata (2007) menjelaskan, rumput laut yang dikeringkan dalam plastik banyak kehilangan komponen penyusunnya, terlihat dari hasil pengamatan rumput laut tersebut mengeluarkan banyak cairan kental yang berwarna coklat kemerahan.

Wenno *et al.*, (2012) menjelaskan, viskositas larutan karaginan juga dapat disebabkan kandungan sulfatnya. Kadar sulfat pada perlakuan utuh juga lebih tinggi dibandingkan patah maupun campuran. Viskositas pada karaginan disebabkan oleh adanya daya tolak menolak antara grup sulfat yang bermuatan negatif disepanjang rantai polimernya, sehingga menyebabkan rantai polimer kaku dan tertarik kencang, sehingga molekul-molekul air terikat pada molekul karaginan yang meningkatkan viskositas karaginan.

Rata-rata viskositas yang dihasilkan dalam penelitian ini lebih rendah dibanding viskositas dari hasil penelitian Harun *et al.*, (2013) pada umur panen 30 hari yaitu 85 cP. Tetapi rata-rata viskositas karaginan yang dihasilkan dari penelitian ini masih memenuhi standar viskositas karaginan yang telah ditetapkan oleh FAO yaitu minimal 5 cP (FAO, 2007). Semakin kecil kandungan sulfat suatu karaginan, maka nilai viskositasnya akan semakin kecil pula, tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat (Kasim, 2013).

4.7 Kekuatan Gel (*Gel Strength*)

Data dan analisis kekuatan gel karaginan dapat dilihat pada Lampiran 8. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap kekuatan gel karaginan yang dihasilkan. Berikut rata-rata kekuatan gel tepung karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.



Gambar 15. Kekuatan gel karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 15. menunjukkan bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh menghasilkan karaginan dengan kekuatan gel lebih tinggi dibandingkan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah maupun campuran antara patah dan utuh. Hal ini kemungkinan disebabkan karena pada

perlakuan utuh, komponen penyusun karaginan seperti galaktosa, 3,6-anhidrogalaktosa dan ester sulfat tidak banyak yang hilang saat bahan baku dikeringkan, sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel yang dihasilkan.

Pembentukan gel merupakan hasil *crosslinking* antara rantai *heliks* yang berdekatan, dengan grup sulfat menghadap ke bagian luar. Kelarutan dalam air sangat dipengaruhi kadar grup sulfat (bersifat hidrofilik) dan kation dalam karaginan. Kation yang terionisasi yang dijumpai dalam karaginan adalah sodium (Na), potassium (K), calcium (Ca), dan magnesium (Mg). Banyaknya fraksi sulfat dan keseimbangan kation dalam air menentukan kekentalan atau kekuatan gel yang dibentuk karaginan (Campo *et al.*, 2009). Wenno *et al.*, (2012) menjelaskan bahwa peningkatan kekuatan gel berbanding lurus dengan 3,6-anhidrogalaktosa dan berbanding terbalik dengan kandungan sulfatnya. Adanya 3,6-anhidrogalaktosa menyebabkan sifat beraturan dalam polimer dan sebagai akibatnya akan mempertinggi potensi pembentukan *heliks* rangkapnya.

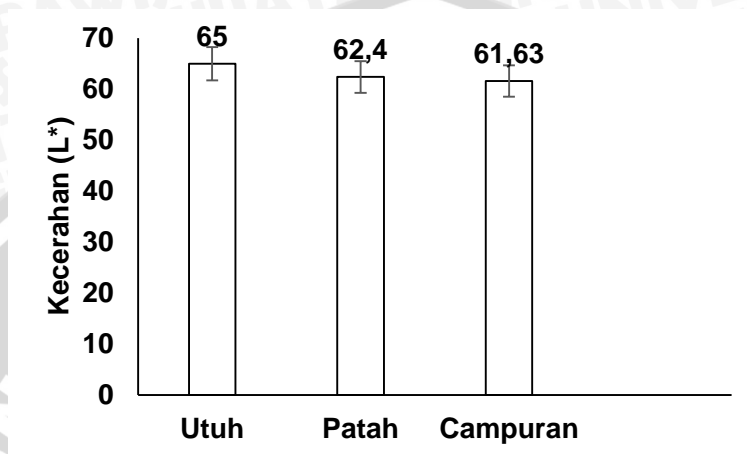
Kekuatan gel yang didapatkan dari hasil penelitian ini lebih rendah dibanding standard spesifikasi kekuatan gel karaginan yaitu 11,768 N/cm², tetapi lebih tinggi dibanding hasil penelitian Novianto *et al.*, (2013) yang membuat karaginan murni dengan proses mikrofiltrasi, yaitu memiliki rata-rata kekuatan gel tertinggi 1,49 N/cm².

4.8 Derajat Warna Karaginan

Data dan analisis derajat warna karaginan dapat dilihat pada Lampiran 9. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap derajat warna tepung karaginan yang dihasilkan, baik derajat kecerahan (L^*), derajat kemerahan/kehijauan (a^*), dan derajat kekuningan/kebiruan (b^*). Berikut adalah rata-rata derajat warna tepung karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.

➤ **Kecerahan (L^*)**

Data dan analisis tingkat kecerahan (L^*) dapat dilihat pada Lampiran 9. Rata-rata tingkat kecerahan (L^*) tepung karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 16.

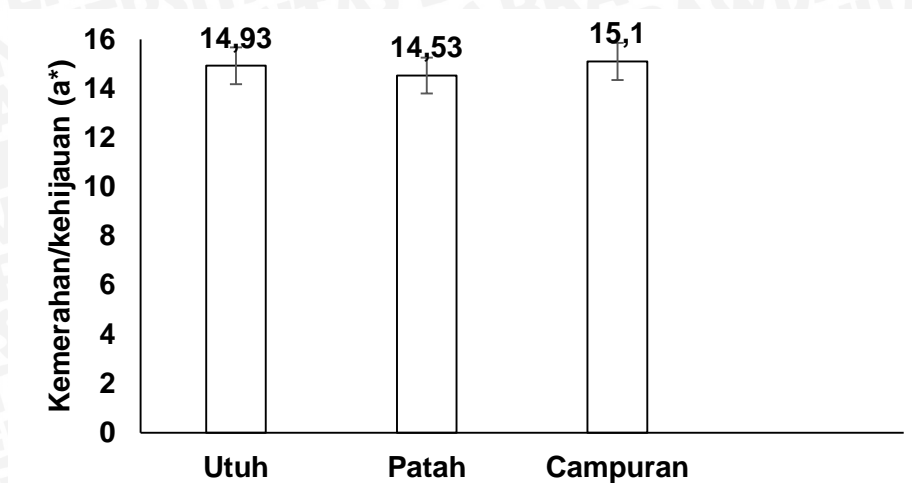


Gambar 16. Kecerahan (L^*) karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 16. menunjukkan bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh menghasilkan karaginan dengan tingkat kecerahan lebih tinggi dibandingkan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah maupun campuran antara patah dan utuh. Dari hasil pengamatan, terlihat bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh memiliki warna yang mirip dengan rumput laut sebelum dikeringkan yaitu hijau tua. Berbeda dengan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah, setelah dikeringkan warnanya menjadi putih pucat kekuningan. Sehingga pada proses ekstraksi, warna alami rumput laut dapat meningkatkan kecerahan dari karaginan yang dihasilkan.

➤ **Kemerahan/kehijauan (a^*)**

Data dan analisis tingkat kemerahan/kehijauan (a^*) dapat dilihat pada Lampiran 10. Rata-rata tingkat kemerahan/kehijauan (a^*) tepung karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 17.

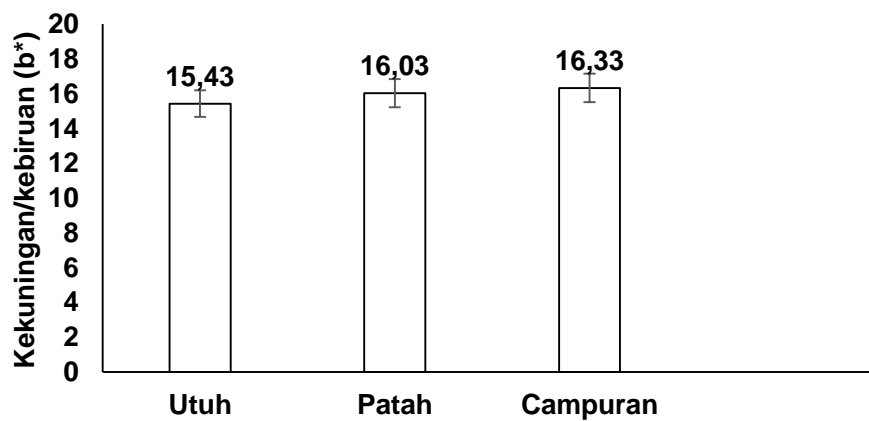


Gambar 17. Kemerahan/kehijauan (a*) karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 17. menunjukkan bahwa perlakuan campuran antara utuh dan patah menghasilkan tingkat kemerahan/kehijauan lebih tinggi dibanding perlakuan patah maupun utuh. Dari hasil pengamatan, terlihat bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh memiliki warna yang mirip dengan rumput laut sebelum dikeringkan yaitu hijau tua. Berbeda dengan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah, setelah dikeringkan warnanya menjadi putih pucat kekuningan. Sehingga ketika keduanya dicampur, kombinasi warnanya akan menghasilkan tingkat kemerahan atau kehijauan yang lebih tinggi. Hal ini terlihat dari warna gelnya, yaitu cenderung kehijauan.

➤ **Kekuningan/kebiruan (b*)**

Data dan analisis tingkat kekuningan/kebiruan (b*) dapat dilihat pada Lampiran 11. Rata-rata tingkat kekuningan/kebiruan (b*) tepung karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku dapat dilihat pada Gambar 18.



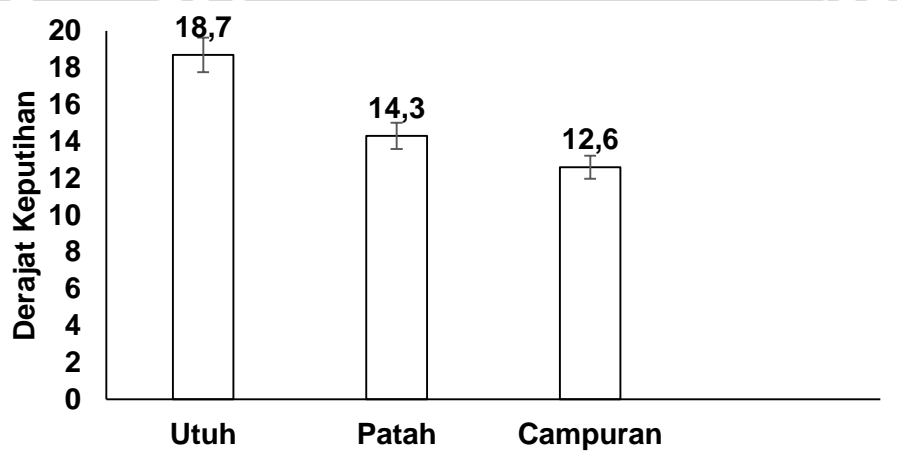
Gambar 18. Kekuningan/kebiruan (b^*) karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 18. menunjukkan bahwa perlakuan campuran antara utuh dan patah menghasilkan tingkat kemerahan/kehijauan lebih tinggi dibanding perlakuan patah dan utuh. Dari hasil pengamatan, terlihat bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh memiliki warna yang mirip dengan rumput laut sebelum dikeringkan yaitu hijau tua. Berbeda dengan rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan patah, setelah dikeringkan warnanya menjadi putih pucat kekuningan. Sejalan dengan tingkat kemerahan/kehijauan, warna kombinasi akan menghasilkan tingkat warna yang cenderung kekuningan/kebiruan. Berbeda dengan tingkat kecerahan, kecerahan ditentukan oleh warna dasar bahan yang digunakan, jika menggunakan satu warna dasar maka hasilnya akan sama, ketika menggunakan dua warna dasar maka akan menghasilkan warna dari kombinasi keduanya.

Dari ketiga komponen tersebut dapat diketahui besarnya derajat keputihan tepung karaginan dengan menggunakan persamaan (Eom *et al.*, 2013) yaitu derajat keputihan sama dengan kecerahan (L^*) dikurangi tiga kali tingkat kekuningan/kebiruan (b^*). Chan *et al.*, (2013) menjelaskan, derajat (L^*) mewakili derajat ringan, sedangkan 100 menunjukkan putih, dan 0 menunjukkan hitam. Kemerahan diwakili oleh $+(a^*)$, sedangkan $-(a^*)$ menunjukkan kehijauan.

Kekuningan diwakili oleh $+(b^*)$, sementara kebiruan diwakili oleh $-(b^*)$. Secara umum tepung karaginan berwarna putih atau kuning cerah, sehingga nilai kecerahan (L^*) dan kekuningan (b^*) lebih penting dalam menggambarkan derajat warna karaginan.

Data dan analisis derajat keputihan karaginan dapat dilihat pada Lampiran 12. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa antar perlakuan tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap derajat keputihan tepung karaginan yang dihasilkan. Berikut rata-rata derajat keputihan tepung karaginan dengan perbedaan teknik pemurutan bahan baku.



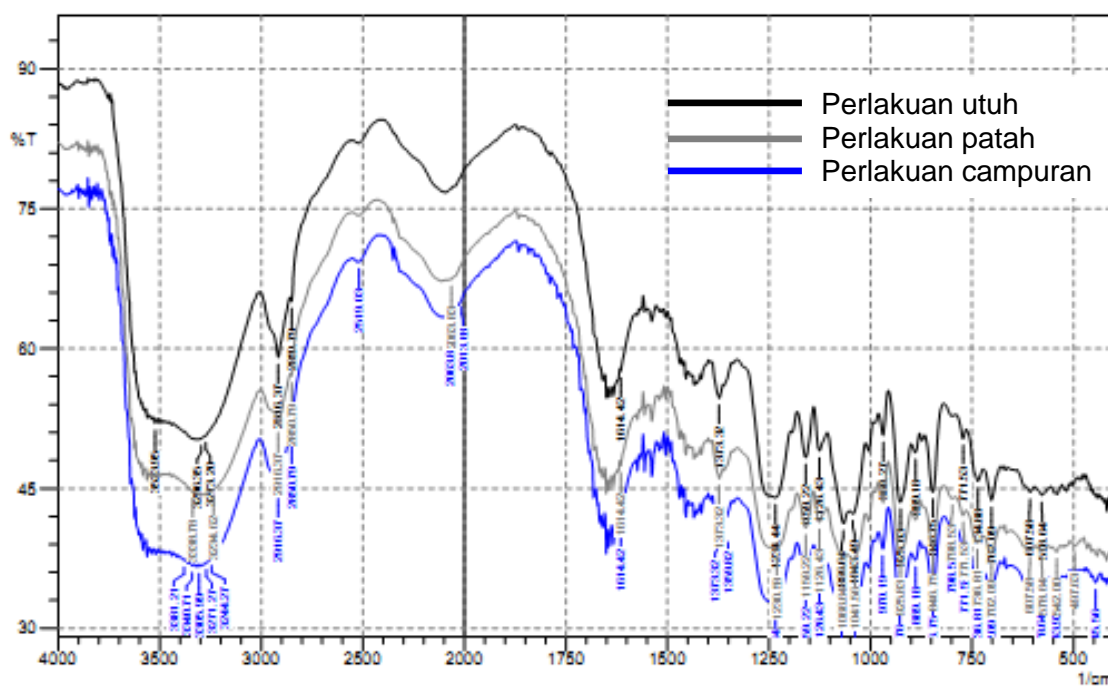
Gambar 19. Derajat keputihan karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Gambar 19. menunjukkan bahwa perlakuan dengan bahan baku utuh menghasilkan warna dengan derajat keputihan lebih tinggi dibanding perlakuan patah maupun campuran. Seperti yang sudah dijelaskan di atas, dari hasil pengamatan, terlihat bahwa rumput laut yang dikeringkan dengan perlakuan utuh memiliki warna yang mirip dengan rumput laut sebelum dikeringkan yaitu hijau tua. Sehingga pada proses ekstraksi, warna alami rumput laut dapat meningkatkan derajat keputihan dari karaginan yang dihasilkan.

Kasim (2012) menjelaskan, karaginan ketika diekstraksi dari rumput laut, akan menghasilkan serbuk berwarna kuning kecoklatan hingga putih, berbentuk serbuk yang baik yang sedikit berbau dan tidak berasa. Hasil penelitian (Chan *et al.*, 2013) menunjukkan, *kappa* karaginan yang dihasilkan dari rumput laut yang berasal Sabah Malaysia secara signifikan memiliki warna yang berbeda dengan karaginan komersial dalam tingkat kecerahan (L^*), kemerahan (a^*), dan kekuningan (b^*). Derajat kecerahan (L^*) tertinggi yang didapat sebesar 88,87, derajat kemerahan (a^*) tertinggi yang didapat sebesar 2,18, derajat kekuningan (b^*) tertinggi yang didapat sebesar 13,13, yaitu masing-masing pada karaginan komersial. Karaginan hasil penelitiannya memiliki warna yang lebih gelap dari karaginan komersial, yaitu kecerahan (L^*) sebesar 82,69, kemerahan (a^*) sebesar 2,10, dan kekuningan (b^*) sebesar 17,16.

4.9 Spektra Infra Merah Karaginan

Penggunaan spektroskopi FTIR akan menunjukkan adanya serapan yang sangat kuat terhadap gugus fungsi karaginan. Semua jenis karaginan memiliki gugus fungsi ester sulfat dan ikatan glikosidik. Ester sulfat dalam spektra infra merah berada pada wilayah $1210 - 1260 \text{ cm}^{-1}$, dan ikatan glikosidik berada pada wilayah $1010 - 1080 \text{ cm}^{-1}$. Sampel yang digunakan adalah *E. cottonii* dan banyak diketahui mengandung karaginan jenis *kappa*. *Kappa* karaginan memiliki gugus fungsi 3,6-anhidrogalaktosa dan galaktosa 4 sulfat yang tidak dimiliki karaginan jenis lain. Gugus fungsi 3,6-anhidrogalaktosa dalam spektra infra merah berada pada wilayah $925 - 935 \text{ cm}^{-1}$ dan galaktosa 4 sulfat berada pada wilayah $810 - 850 \text{ cm}^{-1}$. Berikut hasil spektra FTIR karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku.



Gambar 20. Spektra FTIR karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

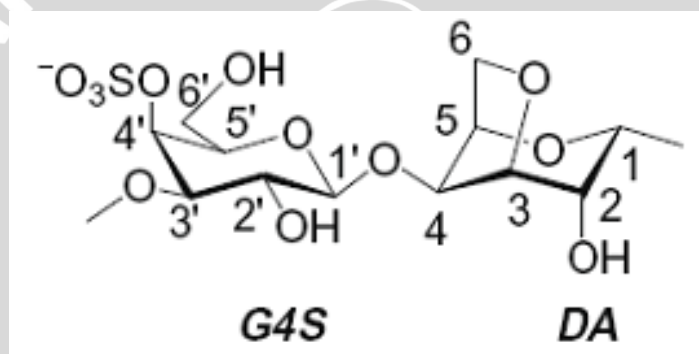
Gambar 20. menunjukkan hasil spektra infra merah karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku. Panjang gelombang dari tiap gambar menunjukkan gugus fungsi yang terkandung dalam karaginan. Panjang gelombang beserta gugus fungsinya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Panjang gelombang dan gugus fungsi karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)	Gugus fungsi	Panjang gelombang absorbansi			
		Standard <i>kappa</i> karaginan*	Utuh	Patah	Campuran
840 – 850	Galaktosa 4 sulfat	844,9	846,75	846,75	846,75
925 – 935	3,6 anhidrogalaktosa	929,8	925,83	925,83	927,76
1010 – 1080	Ikatan glikosidik	1068,7	1066,64	1066,64	1068,56
1210 – 1260	Ester sulfat	1261,8	1234,44	1230,58	1234,44

* Setijawati (2014)

Tabel 3. memperlihatkan bahwa karaginan dengan perbedaan kondisi bahan baku mengandung gugus-gugus yang mirip dengan gugus fungsi standard *kappa* karaginan, dan masuk pada wilayah gelombang yang dimiliki oleh gugus fungsi *kappa* karaginan. Sen dan Ersa (2010) menjelaskan, adanya serapan pada panjang gelombang 805 cm^{-1} menunjukkan 3,6 anhidrogalaktosa 2 sulfat sebagai indikasi ketidakmurnian *kappa* karaginan. Sedangkan pada hasil penelitian ini, pada semua perlakuan tidak menunjukkan adanya serapan pada panjang gelombang 805 cm^{-1} , sehingga dapat dikatakan bahwa hasil yang didapat adalah murni *kappa* karaginan. Data serapan FTIR dapat dilihat pada Lampiran 13. Hal ini juga dapat dilihat pada struktur *kappa* karaginan berikut ini.



Gambar 21. Struktur *kappa* karaginan (Distantina *et al.*, 2010)

Gambar 21. menunjukkan, pada struktur *kappa* karaginan terdapat gugus galaktosa 4 sulfat (G4S) dan 3,6 anhidrogalaktosa (DA), serta tidak mengandung gugus galaktosa 2 sulfat dan gugus 3,6 anhidrogalaktosa 2 sulfat yang dimiliki oleh *iota* karaginan. Marseno *et al.*, (2010) menjelaskan, *iota* karaginan mengandung gugus galaktosa 2 sulfat dan gugus 3,6 anhidrogalaktosa 2 sulfat.

Menurut Uy *et al.*, (2005) spektrofotometer FTIR menunjukkan adanya berkas absorpsi yang sangat kuat pada daerah $1210\text{-}1260\text{ cm}^{-1}$ karena ikatan (S=O) pada ester sulfat dan daerah $1010\text{-}1080\text{ cm}^{-1}$ dianggap ikatan glikosidik pada semua jenis karaginan. Karaginan yang menunjukkan lebar spektrum $840\text{-}850\text{ cm}^{-1}$ adalah galaktosa-4-sulfat, dan lebar $925\text{-}935\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan 3,6

anhidrogalaktoza yang dimiliki karaginan jenis *kappa*. Hasil penelitian Setijawati (2014) menunjukkan, karakteristik *kappa* karaginan dari *E. cottonii* memiliki serapan ester sulfat pada bilangan gelombang 1258 cm^{-1} , ikatan glikosidik pada 1070 cm^{-1} , 3,6 anhidrogalaktoza (AG) di $937,7\text{ cm}^{-1}$ dan galaktosa 4 sulfat pada bilangan gelombang $847,7\text{ cm}^{-1}$. Serapan paling luas dan tajam pada bilangan gelombang $1210 - 1260\text{ cm}^{-1}$ yaitu serapan ester sulfat.

Penelitian ini menghasilkan karaginan dengan gugus fungsi yang hampir sama. Pada perlakuan utuh mengandung gugus sulfat pada panjang gelombang $1234,44\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 44,005%), ikatan glikosidik pada panjang gelombang $1066,64\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 41,233%), gugus 3,6 anhidrogalaktoza pada panjang gelombang $925,83\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 43,549%), dan gugus galaktosa 4 sulfat pada panjang gelombang $846,75\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 44,597%). Data serapan FTIR perlakuan utuh dapat dilihat pada Lampiran 13.

Karaginan pada perlakuan patah mengandung gugus sulfat pada panjang gelombang $1230,58\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 38,432%), ikatan glikosidik pada panjang gelombang $1068,56\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 37,377%), gugus 3,6 anhidrogalaktoza pada panjang gelombang $925,83\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 38,201%), dan gugus galaktosa 4 sulfat pada panjang gelombang $846,75\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 38,778%). Data serapan FTIR perlakuan patah dapat dilihat pada Lampiran 14.

Karaginan pada perlakuan campuran mengandung gugus sulfat pada panjang gelombang $1234,44\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 32,803%), ikatan glikosidik pada panjang gelombang $1068,56\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 31,929%), gugus 3,6 anhidrogalaktoza pada panjang gelombang $927,76\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 33,329%), dan gugus galaktosa 4 sulfat pada panjang gelombang $846,75\text{ cm}^{-1}$ (transmitansi 34,221%). Data serapan FTIR perlakuan campuran dapat dilihat pada Lampiran 15. Marseno *et al.*, (2010) menjelaskan, semakin besar nilai transmitansi maka nilai absorbansi akan semakin kecil. Sehingga dari data yang dihasilkan dapat

diperkirakan jumlah gugus teridentifikasi pada karaginan dengan perlakuan utuh lebih kecil dibandingkan karaginan hasil perlakuan patah dan campuran.

Hasil analisis spektroskopi FTIR ini juga dapat membuktikan bahwa dengan perlakuan utuh memiliki kadar sulfat, tingkat kekuatan gel (*gel strength*), dan viskositas yang lebih tinggi dibanding perlakuan patah maupun campuran seperti yang sudah dijelaskan di atas. Hal ini dapat dijelaskan sebagai berikut.

Jika dilihat dari analisis FTIR, rasio absorbansi (A) ester sulfat terhadap glikosidik pada perlakuan utuh (A=1234,44) adalah 2,269, sedangkan pada perlakuan patah (A=1230,58) dan campuran (A=1234,44) masing masing adalah 1,567 dan 1,224. Nilai ini mengidentifikasi bahwa kadar ester sulfat dalam karaginan dengan perlakuan utuh lebih banyak dibandingkan karaginan dari perlakuan patah maupun campuran. Sedangkan rasio absorbansi 3,6 anhidrogalaktosa (AG) terhadap glikosidik pada perlakuan utuh (A=925,83) adalah 8,844, sedangkan pada perlakuan patah (A=925,83) dan campuran (A=927,76) masing masing adalah 6,724 dan 7,142.

Peningkatan kekuatan gel karaginan berbanding lurus dengan 3,6-anhidrogalaktosa dan berbanding terbalik dengan kandungan sulfatnya. Semakin kecil kandungan sulfat karaginan maka semakin kecil pula viskositasnya tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat (Yasita dan rachmawati, 2009). Data percobaan menunjukkan pada perlakuan utuh memiliki kadar sulfat sebesar 14,27%, viskositas dan kekuatan gel masing-masing 64,66 cP dan 10,03 N/cm². Sedangkan pada perlakuan patah memiliki kadar sulfat 10,99%, viskositas 55,33 cP dan kekuatan gel 6,43 N/cm². Pada perlakuan campuran memiliki kadar sulfat 10,57%, viskositas 51 cP dan kekuatan gel 8 N/cm². Hal ini membuktikan bahwa kadar sulfat berbanding lurus dengan viskositas, dan berbanding terbalik dengan kekuatan gel (*gel strength*), terbukti juga dengan hasil FTIR seperti yang sudah dijelaskan di atas.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kondisi bahan baku *E. cottonii* berbeda pada umur panen 30 hari berpengaruh terhadap kualitas karaginan yang dihasilkan. Perlakuan utuh menghasilkan kualitas karaginan yang paling baik, yaitu memiliki rata-rata rendemen 16,80%, kadar air 11,57%, kadar abu total 26,84%, kadar abu tidak larut asam 0,52%, kadar sulfat 14,27%, viskositas 64,66 cP, kekuatan gel 10,03 N/cm² dan derajat keputihan 18,7.

5.2 Saran

Perlakuan utuh menghasilkan kualitas karaginan yang paling baik. Hal ini perlu disampaikan kepada petani rumput laut sebagai usaha pengembangan teknologi pemanenan rumput laut guna menghasilkan bahan baku karaginan yang berkualitas tinggi dan disukai oleh produsen pengolah rumput laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Anam, C., Sirojudin dan K. Sofjan F. 2007. Analisis Gugus Fungsi Pada sampel Uji, Bensin dan Spiritus Menggunakan Metode Spektroskopi FTIR. *Berkala Fisika*. 10(1): 79-85.
- Anggadiredja, J. T., A. Zalnika, H. Purwoto, dan S. Istini. 2006. Rumput Laut. Penebar Swadaya. Jakarta.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 1995. Official Methods of Analysis 16th edition. New York.
- Arifin, H., Nelvi A., Dian H., dan Roslinda R. 2006. Standarisasi Ekstrak Etanol Daun *Eugenia cumini* Merr. *J. Sains Tek. Far.* 11(2): 88-93.
- Arisandi, A., Marsoedi, Happy N., dan Aida S. 2011. Pengaruh Salinitas yang Berbeda terhadap Morfologi, Ukuran dan Jumlah Sel, Pertumbuhan serta Rendemen karaginan *Kappaphycus alvarezii*. *Ilmu Kelautan*. 16 (3): 143-150.
- _____, Marsoedi, Happy N., dan Aida S. 2012. Kajian Sitologi dan Rendemen Karaginan *Kappaphycus alvarezii* hasil Kultur Jaringan Pada Perlakuan pH yang Berbeda. *Artikel Seminar Nasional Kedaulatan Pangan dan Energi*. 9 hal.
- Armita, D. 2011. Analisis Perbandingan Kualitas Air di Daerah Budidaya Rumput Laut dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut, di Dusun Malelaya Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Bunga, S. M., Roike. I. M., Johanna W. H., Lita A.D.Y M., Alexander H. W. dan Nurmeilita T. 2013. Karakteristik Sifat Fisika Kimia Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Pada Berbagai Umur Panen yang Diambil Dari Daerah Perairan Desa Arakan Kabupaten Minahasa Selatan. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*. 1(2): 54-58.
- Campo, V. L., Kawano, D. F., Silva Junior, D.B., Carvalho, I. 2009. Carrageenans: Biological Properties, Chemical Modifications and Structural Analysis. *Carbohydrate Polymers*. 77: 167-180.
- Chan, S. W., Hamed M., Farah S. T., Tau C. L and Chin P. T. 2013. Comparative Study on the Physicochemical Properties of k-carrageenan Extracted from *Kappaphycus alvarezii* (doty) doty ex Silva in Tawau, Sabah, Malaysia and Commercial k-carrageenans. *Food Hydrocolloids* 30. 581-588.
- Diharmi, A., Dedi F., Nuri A., dan Endang S. H. 2011. Karakteristik Karaginan Hasil Isolasi *Eucheuma spinosum* (Alga merah) Dari Perairan Semenep Madura. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 16(1): 117-124.

- Distantina, S., Fadillah, Y. C. Danarto., Wiratni, dan M. Fahrurrozi. 2009. Pengaruh Kondisi Proses Pada Pengolahan *Eucheuma cotoonii* Terhadap Rendemen dan Sifat Gel Karaginan. *Ekuilibrum*. 8(1): 35-39.
- _____, Fadillah, Rochmadi, M. Fahrurrozi, dan Wiratni. 2010. Proses Ekstraksi Karaginan dari *Eucheuma cottonii*. *Seminar Rekayasa Kimia dan Proses*. C-21: 1-6.
- Djaeni, M., A. Prasetyaningrum, dan A. Mahayana. 2012. Pengerinan Karaginan Dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* Pada Spray Dryer Menggunakan Udara yang Didehumidifikasi dengan Zeolit Alam Tinjauan: Kualitas Produk dan Efisiensi Energi. *Momentum*. 8(2): 28-34.
- Eom, S., Kim J., Son B., Dong H. Y., Jeong M. H., Oh J., Kim B., and Kong C. 2013. Effects of Carrageenan on the Gelatinization of Salt-Based Surimi Gels. *Fisheries and Aquatic Science*. 16(3): 143-147.
- Fahrul. 2006. Pelatihan Budidaya Laut Coremap Tahap II Kabupaten Selayar: Panen dan Pascapanen. Yayasan Mattirotasi'. Makassar.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2007. Carragenan. Prepared at the 68th JECFA and published in FAO JECFA Monographs 4.
- Fatimah, S. 2012. Aplikasi Teknologi OHMIC Dalam Ekstraksi Karaginan Murni (*Refined Carrageenan*) dari Rumput Laut *Eucheuma cottonii* [Skripsi]. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Ghufron, M dan Kordi, K. 2010. A to Z Budi Daya Biota Akuatik Untuk Pangan, Kosmetik dan Obat-obatan. Lily Publisher. Yogyakarta.
- Hakim, A. R., Singgih W., Fifi A., dan Rosmawaty P. 2011. Pengaruh Perbandingan Pengekstrak, Suhu Presipitasi, dan Konsentrasi Kalium Klorida (KCL) Terhadap Mutu Karaginan. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan*. 6(1): 1-12.
- Harun, M., Roike I. M., dan I. K. Suwetja. 2013. Karakteristik Fisika Kimia Karaginan Rumput Laut Jenis *Kappaphycus alvarezii* Pada Umur Panen yang Berbeda di Perairan Desa Tihengo Kabupaten Gorontalo Utara. *Jurnal Media Teknologi Hasil Perikanan*. 1(1): 7-12.
- Hidayati, P.W. 2002. Mempelajari Pengaruh Penambahan Hidrogen Peroksida (H₂O₂) dan Khitosan sebagai Bahan Penjernih pada Proses Pembuatan Tepung Karaginan dari Rumput Laut Jenis *Eucheuma cottonii* [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Hudha, M. I., Risa S., dan Suci D. S. 2012. Ekstraksi Karaginan Dari Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*) dengan Variasi Suhu Pelarut dan Waktu Operasi. *Berkala Ilmiah Teknik Kimia*. 1(1): 17-20.
- Imeson, A. 1992. Thickening and Gelling Agents For Food. Chapman & Hall. Hong Kong.

- Itung, M. dan Marthen D. P. 2003. Pengolahan Pasca Panen Rumput Laut Jenis *Euचेuma* dan *Gracilaria* Untuk Tujuan Ekspor. *Marina Chimica Acta*. 4(1): 5-8.
- Kasim, S. 2013. Pengaruh Konsentrasi Natrium Hidroksida Terhadap Rendemen Karaginan yang Diperoleh dari rumput Laut Jenis *Euचेuma spinosum* Asal Kota Bau-Bau. *Majalah Farmasi dan Farmakologi*.17(1): 1-8.
- Kusumastuti, A. 2011. Pengenalan Pola Gelombang Khas Dengan Interpolasi. *Jurnal CAUCHY*. 2(1): 7-12.
- Marseno, D. W., Maria S. M., dan Haryadi. 2010. Pengaruh Umur Panen Rumput Laut *Euचेuma cottonii* Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Fungsional Karaginan. *Agritech*. 30(4): 212-217.
- Novianto, D. K., Y. Dinarianasari, Aji P. 2013. Pemanfaatan Membran Mikrofiltrasi untuk Pembuatan *Refined Carrageenan* dari Rumput Laut Jenis *Euचेuma cottonii*. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 2(3): 109-114.
- Oviantari, M. V., dan I. P. Parwata. 2007. Optimalisasi Produksi *Semi-Refined Carrageenan* dari Rumput Laut *Euचेuma cottonii* dengan Variasi Teknik Pengeringan dan Kadar Air Bahan Baku. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Sains & Humaniora*. 1(1): 62-71.
- Pebrianata, E. 2005. Pengaruh pencampuran Kappa dan Iota Karaginan Terhadap Kekuatan Gel dan Viskositas Karaginan Campuran [Skripsi]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Phillips, G. O. dan P. A. Williams. 2001. Handbook of Hydrocolloids, Second Edition. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
- Sambas, Z. 2010. Budidaya Rumput Laut. zaldibiaksambas.file.wordpress.pdf. (diakses 7 Mei 2015)
- Sastrosupadi, A. 2000. Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian. Kanisius. Yogyakarta.
- Sen, M., dan Ersu N. E. 2010. Determination of Critical Gelation Conditions of *k-carrageenan* by Viscosimetric and FT-IR Analysis. *Food Research International*. 43: 1361-1364
- Serdiati, N. dan Widiastuti, I. M. 2010. Pertumbuhan dan Produksi Rumput Laut *Euचेuma cottonii* pada Kedalaman Penanaman yang Berbeda. *Media Litbang Sulteng III* (1): 21-26.
- Setijawati, Dwi. 2014. Carrageenan from *Euचेuma sp* and Concentration Difference as Encapsulation Material Toward *Lactobacillus acidophilus* Viability at Simulation *GI Tract* pH Condition. *Journal of Basic and Applied Scientific Research*. 4(6): 261-268.
- Sudariastuty, E.. 2011. Materi Penyuluhan Pengolahan Rumput Laut. Kepala Pusat Penyuluhan Kelautan dan Perikanan. Jakarta.

- Sudarmadji, S., Haryono dan Suhardi. 2003. *Prosedur Analisa Untuk Bahan Makanan dan Pertanian*. Angkasa. Bandung.
- Uy, S. F., Allan J. E., Mohammad M. M., Richard B. K., and Gregory T. C. 2005. Seaweed Processing Using Industrial single-Mode Cavity Microwave Heating: a Preliminary Investigation. *Carbohydrate Research*. 1357-1364.
- Venugopal, V. 2011. *Marine Polysaccharides, Food Applications*. CRC Press. New York.
- Webber, V., S. M. de Carvalho, P. J. Ogliari, L. Hayashi, P. L. M. Barreto. 2012. Optimization of the Extraction of Carrageenan from *Kappaphycus alvarezii* Using Respon Surface Methodology. *Ciência Tecnologia de Alimentos Campinas*. 32(4): 812-818.
- Wenno, M. R., Johanna L. T., dan Cynthia G. C. L. 2012. Karakteristik Kappa Karaginan dari *Kappaphycus alvarezii* Pada Berbagai Umur Panen. *JPB Perikanan*. 7(1): 61-68.
- Widyastuti, S. 2010. Sifat Fisik dan Kimiawi Karaginan yang Diekstrak dari Rumput Laut *Euचेuma cottonii* dan *E. spinosum* Pada Umur Panen yang Berbeda. *Agroteknos*. 20(1): 41-50.
- Winarno, F.G. 1994. *Pangan, Gizi, Teknologi dan Konsumen*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Wiratmaja, I G., Kusuma, I. G. B. W., dan Winaya, I. N. S. 2011. Pembuatan Etanol Generasi Kedua dengan Memanfaatkan Limbah Rumput Laut *Euचेuma cottonii* Sebagai Bahan Baku. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Cakra M*. 5(1): 75-84.
- WWF Indonesia. 2014. *Budidaya Rumput Laut – Kotoni (Kappaphycus alvarezii), Sacol (Kappaphycus striatum) dan Spinosum (Euचेuma denticulatum)*. Versi 1.
- Yasita, D., dan Rachmawati, I. D. 2009. Optimasi Proses Ekstraksi Pada Pembuatan Karaginan Dari Rumput Laut *Euचेuma cottonii* untuk Mencapai *Foodgrade*. *e-journal Universitas Diponegoro*. Semarang.
- Zada, A. 2009. Pengaruh Diet Rumput Laut *Euचेuma sp.* Terhadap Jumlah Eritrosit Tikus Wistar dengan Diabetes Aloksan. Laporan Akhir Karya Tulis Ilmiah. Universitas Diponegoro. Semarang.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi pembuatan karaginan



Keterangan:

1. *E. cottonii* ditimbang sebanyak 100 g
2. Pencucian dengan air mengalir
3. Ekstraksi I dengan KOH 8%
4. Pencucian sampai netral
5. Ekstraksi II dengan akuades (1:20)
6. Penyaringan
7. Filtrat
8. Perendaman filtrat dengan larutan KCl 1%
9. Penyaringan dan pencucian
10. Pengeringan
11. Penepungan
12. Karaginan



Lampiran 2. Analisis ragam rendemen

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	19,58	16,37	14,46	50,41	16,80	2,587
P	11,45	11,26	10,44	33,15	11,05	0,536
C	12,38	11,32	15,09	38,79	12,93	1,944

$$FK = \frac{122,35^2}{9} = 1663,280$$

$$JKT = 19,58^2 + 16,37^2 + \dots + 15,09^2 - FK$$

$$= 1736,443 - 1663,280 = 73,163$$

$$JKP = \frac{50,41^2 + 33,15^2 + 38,79^2}{3} - FK$$

$$= 1714,918 - 1663,280 = 51,638$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 73,163 - 51,638 = 21,525$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	51,638	25,819	7,197*	5,14	10,92
Galat	6	21,525	3,587			
Total	8	73,163				

*→berbeda nyata

Uji BNT

$$BNT\alpha = t_{\alpha(db\ galat)} \times \sqrt{\frac{2(KTG)}{ulangan}}$$

$$BNT\alpha = t_{0,05(6)} \times \sqrt{\frac{2(3,587)}{3}}$$

$$= 2,447 \times \sqrt{2,391}$$

$$= 2,447 \times 1,546$$

$$= 3,783$$



Perlakuan	Rata-rata	Notasi
Utuh	16,80	a
Campuran	12,93	b
Patah	11,05	b
BNT 5%	3,783	



Lampiran 3. Analisis ragam kadar air

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	10,53	11,70	12,49	34,72	11,57	0,986
P	11,23	9,62	10,25	31,10	10,36	0,081
C	9,12	10,15	13,32	32,59	10,86	2,188

$$FK = \frac{98,41^2}{9} = 1076,05$$

$$JKT = 10,53^2 + 11,70^2 + \dots + 13,32^2 - FK$$

$$= 1091,11 - 1076,05 = 15,06$$

$$JKP = \frac{34,74^2 + 31,10^2 + 32,59^2}{3} - FK$$

$$= 1078,26 - 1076,06 = 2,21$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 15,06 - 2,21 = 12,85$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	2,21	1,105	0,516	5,14	10,92
Galat	6	12,85	2,141			
Total	8	15,06				



Lampiran 4. Analisis ragam kadar abu total

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	25,27	28,25	27,00	80,52	26,84	1,496
P	26,41	22,25	23,52	72,18	24,06	2,131
C	28,90	25,16	25,08	79,14	26,38	2,182

$$FK = \frac{231,84^2}{9} = 5972,198$$

$$JKT = 25,27^2 + 28,25^2 + \dots + 25,08^2 - FK$$

$$= 6008,618 - 5972,192 = 36,42$$

$$JKP = \frac{80,52^2 + 72,18^2 + 79,14^2}{3} - FK$$

$$= 5985,520 - 5972,198 = 13,322$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 36,42 - 13,322 = 23,098$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	13,322	6,661	1,73	5,14	10,92
Galat	6	23,098	3,849			
Total	8	36,42				



Lampiran 5. Analisis ragam kadar abu tidak larut asam

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	0,40	0,65	0,55	1,58	0,52	0,116
P	0,91	0,70	1,20	2,81	0,93	0,251
C	0,68	0,52	0,61	1,81	0,60	0,080

$$FK = \frac{6,2^2}{9} = 4,27$$

$$JKT = 0,40^2 + 0,65^2 + \dots + 0,61^2 - FK$$

$$= 4,72 - 4,27 = 0,45$$

$$JKP = \frac{1,58^2 + 2,81^2 + 1,81^2}{3} - FK$$

$$= 4,55 - 4,27 = 0,28$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 0,45 - 0,28 = 0,17$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	0,28	0,14	7*	5,14	10,92
Galat	6	0,17	0,02			
Total	8	0,45				

*→berbeda nyata

Uji BNT

$$BNT\alpha = t_{\alpha(db \text{ galat})} \times \sqrt{\frac{2(KTG)}{\text{ulangan}}}$$

$$BNT\alpha = t_{0,05(6)} \times \sqrt{\frac{2(0,02)}{3}}$$

$$= 2,447 \times \sqrt{2,391}$$

$$= 2,447 \times 0,115$$

$$= 0,281$$

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
Patah	0,93	a
Campuran	0,60	b
Utuh	0,52	b
BNT 5%	0,281	



Lampiran 6. Analisis ragam kadar sulfat

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	12,42	14,54	15,85	42,82	14,27	1,725
P	12,85	9,68	10,44	32,97	10,99	1,655
C	10,31	11,47	9,94	31,72	10,57	0,798

$$FK = \frac{107,51^2}{9} = 1284,266$$

$$\begin{aligned} JKT &= 12,42^2 + 14,54^2 + \dots + 9,94^2 - FK \\ &= 1321,618 - 1284,266 = 37,352 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKP &= \frac{42,82^2 + 32,97^2 + 31,72^2}{3} - FK \\ &= 1308,911 - 1284,266 = 24,645 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JKG &= JKT - JKP \\ &= 37,352 - 24,645 = 12,707 \end{aligned}$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	24,645	12,322	5,82	5,14	10,92
Galat	6	12,707	2,117			
Total	8	37,352				

*→berbeda nyata

Uji BNT

$$BNT\alpha = t_{\alpha(db \text{ galat})} \times \sqrt{\frac{2(KTG)}{\text{ulangan}}}$$

$$BNT\alpha = t_{0,05(6)} \times \sqrt{\frac{2(2,117)}{3}}$$

$$= 2,447 \times \sqrt{1,411}$$

$$= 2,447 \times 1,187$$

$$= 2,904$$

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
Utuh	14,27	a
Campuran	10,99	b
Patah	10,57	b
BNT 5%	2,904	



Lampiran 7. Analisis ragam viskositas

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	32	65	97	194	64,66	32,5
P	55	47	64	166	55,33	8,5
C	54	61	38	153	51	11,78

$$FK = \frac{513^2}{9} = 29241$$

$$JKT = 32^2 + 65^2 + \dots + 38^2 - FK$$

$$= 32069 - 29241 = 2828$$

$$JKP = \frac{194^2 + 166^2 + 153^2}{3} - FK$$

$$= 29533 - 29241 = 292$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 2828 - 292 = 2536$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	292	146	0,345	5,14	10,92
Galat	6	2536	422			
Total	8	2828				



Lampiran 8. Analisis ragam kekuatan gel (*gel strenght*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	10,7	10,6	8,8	30,1	10,03	1,069
P	6,2	6,6	6,5	19,3	6,43	0,208
C	7,6	9,2	7,2	24	8	1,058

$$FK = \frac{73,4^2}{9} = 598,617$$

$$JKT = 10,7^2 + 10,6^2 + \dots + 7,2^2 - FK$$

$$= 622,78 - 598,617 = 24,163$$

$$JKP = \frac{30,1^2 + 19,3^2 + 24^2}{3} - FK$$

$$= 618,166 - 598,617 = 19,549$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 24,163 - 19,549 = 4,614$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	19,549	9,774	12,71*	5,14	10,92
Galat	6	4,614	0,769			
Total	8	24,163				

*→berbeda nyata

Uji BNT

$$BNT\alpha = t_{\alpha(db \text{ galat})} \times \sqrt{\frac{2(KTG)}{\text{ulangan}}}$$

$$BNT\alpha = t_{0,05(6)} \times \sqrt{\frac{2(0,769)}{3}}$$

$$= 2,447 \times \sqrt{0,512}$$

$$= 2,447 \times 0,715$$

$$= 1,749$$

Perlakuan	Rata-rata	Notasi
Utuh	10,03	a
Campuran	8	b
Patah	6,43	b
BNT 5%	1,749	



Lampiran 9. Analisis ragam tingkat kecerahan (L*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	68,0	63,6	63,4	195	65	2,6
P	62,4	63,3	61,5	187,2	62,4	0,9
C	57,5	63,4	64,0	184,9	61,63	3,5

$$FK = \frac{567,1^2}{9} = 35733,601$$

$$JKT = 68,0^2 + 63,6^2 + \dots + 64,0^2 - FK$$

$$= 35793,23 - 35733,601 = 59,629$$

$$JKP = \frac{195^2 + 187,2^2 + 184,9^2}{3} - FK$$

$$= 35752,283 - 35733,601 = 18,682$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 59,629 - 18,682 = 40,947$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	18,682	9,341	1,368	5,14	10,92
Galat	6	40,947	6,824			
Total	8	59,629				



Lampiran 10. Analisis ragam tingkat kemerahan/kehijauan (a*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	15,1	15,2	14,5	44,8	14,93	0,378
P	15,0	14,6	14,0	43,6	14,53	0,503
C	14,8	15,2	15,3	45,3	15,1	0,264

$$FK = \frac{133,7^2}{9} = 1986,187$$

$$JKT = 15,1^2 + 15,2^2 + \dots + 15,3^2 - FK$$

$$= 1987,63 - 1986,187 = 1,443$$

$$JKP = \frac{44,8^2 + 43,6^2 + 45,3^2}{3} - FK$$

$$= 1986,696 - 1986,187 = 0,509$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 1,443 - 0,509 = 0,934$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	0,509	0,254	1,638	5,14	10,92
Galat	6	0,934	0,155			
Total	8	1,443				



Lampiran 11. Analisis ragam tingkat kekuningan/kebiruan (b*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	13,2	16,1	17,0	46,3	15,43	1,985
P	16,2	15,9	16,0	48,1	16,03	0,152
C	15,7	16,5	16,8	49	16,33	0,568

$$FK = \frac{143,4^2}{9} = 2284,84$$

$$JKT = 13,2^2 + 16,1^2 + \dots + 16,8^2 - FK$$

$$= 2294,68 - 2284,84 = 9,84$$

$$JKP = \frac{46,3^2 + 48,1^2 + 49^2}{3} - FK$$

$$= 2286,1 - 2284,84 = 1,26$$

$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 9,84 - 1,26 = 8,58$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	1,26	0,63	0,44	5,14	10,92
Galat	6	8,58	1,43			
Total	8	9,84				

Lampiran 12. Analisis ragam derajat keputihan ($W = L^* - 3b^*$)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	sd
	I	II	III			
U	28,4	15,3	12,4	56,1	18,7	8,524
P	13,8	15,6	13,5	42,9	14,3	1,135
C	10,4	13,9	13,6	37,9	12,6	1,939

$$FK = \frac{136,9^2}{9} = 2082,401$$

$$JKT = 28,4^2 + 15,3^2 + \dots + 13,6^2 - FK$$

$$= 2296,78 - 2082,401 = 214,379$$

$$JKP = \frac{56,1^2 + 42,9^2 + 37,9^2}{3} - FK$$

$$= 2141,343 - 2082,401 = 58,942$$

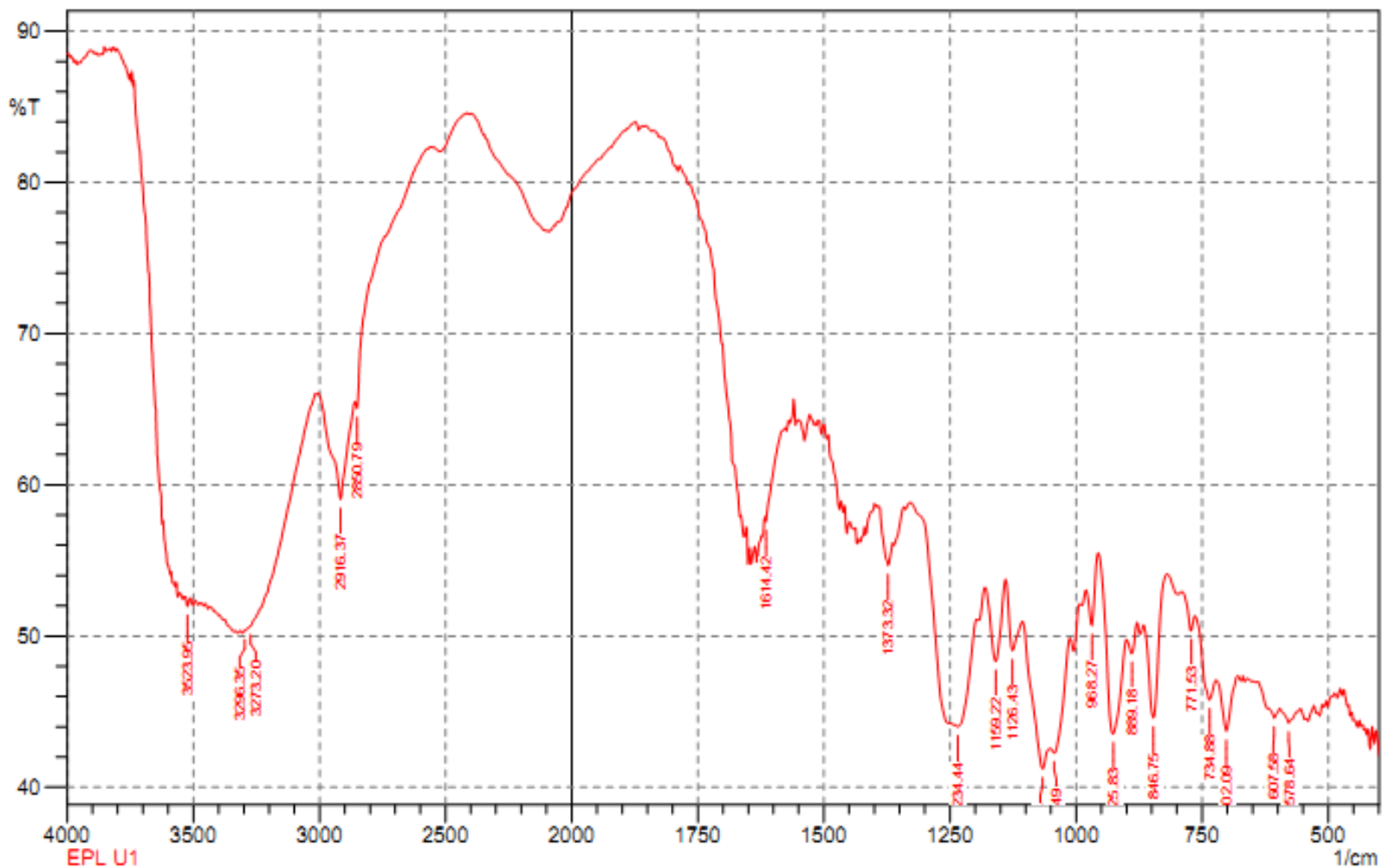
$$JKG = JKT - JKP$$

$$= 214,379 - 58,942 = 155,437$$

ANOVA

SK	db	JK	KT	F hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	58,942	29,471	1,137	5,14	10,92
Galat	6	155,437	25,906			
Total	8	214,379				

Lampiran 13. Spektra FTIR karaginan perlakuan utuh



Lampiran 14. Data serapan FTIR karaginan perlakuan utuh

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	578.64	44.245	0.976	596	555.5	14.137	0.177
2	607.58	44.591	0.588	617.22	597.93	6.709	0.053
3	702.09	43.715	3.493	721.38	680.87	13.802	0.603
4	734.88	45.789	2.512	763.81	723.31	13.015	0.496
5	771.53	50.369	1.33	788.89	765.74	6.675	0.11
6	846.75	44.597	7.587	866.04	821.68	13.736	1.303
7	889.18	48.865	1.468	898.83	879.54	5.88	0.138
8	925.83	43.549	8.844	954.76	900.76	17.403	2.253
9	968.27	50.691	3.575	979.84	956.69	6.438	0.31
10	1043.49	42.285	1.424	1049.28	1012.63	12.683	0.421
11	1066.64	41.233	3.724	1105.21	1051.2	19.045	1.044
12	1126.43	49.037	3.546	1138	1107.14	9.211	0.488
13	1159.22	48.331	5.138	1178.51	1139.93	11.39	0.906
14	1234.44	44.005	2.269	1249.87	1197.79	17.517	0.765
15	1373.32	54.679	2.369	1388.75	1363.67	6.365	0.285
16	1614.42	57.582	0.623	1616.35	1577.77	8.18	0.013
17	2850.79	65.061	1.15	2858.51	2742.78	16.232	0.057
18	2916.37	59.039	6.681	3005.1	2860.43	29.4	3.087
19	3273.2	50.676	0.118	3275.13	3018.6	62.147	1.336
20	3296.35	50.353	0.049	3298.28	3275.13	6.867	0.008
21	3523.95	51.972	0.597	3535.52	3512.37	6.508	0.043

Comment;

EPL U1

Date/Time; 4/10/2015 1:09:13 PM

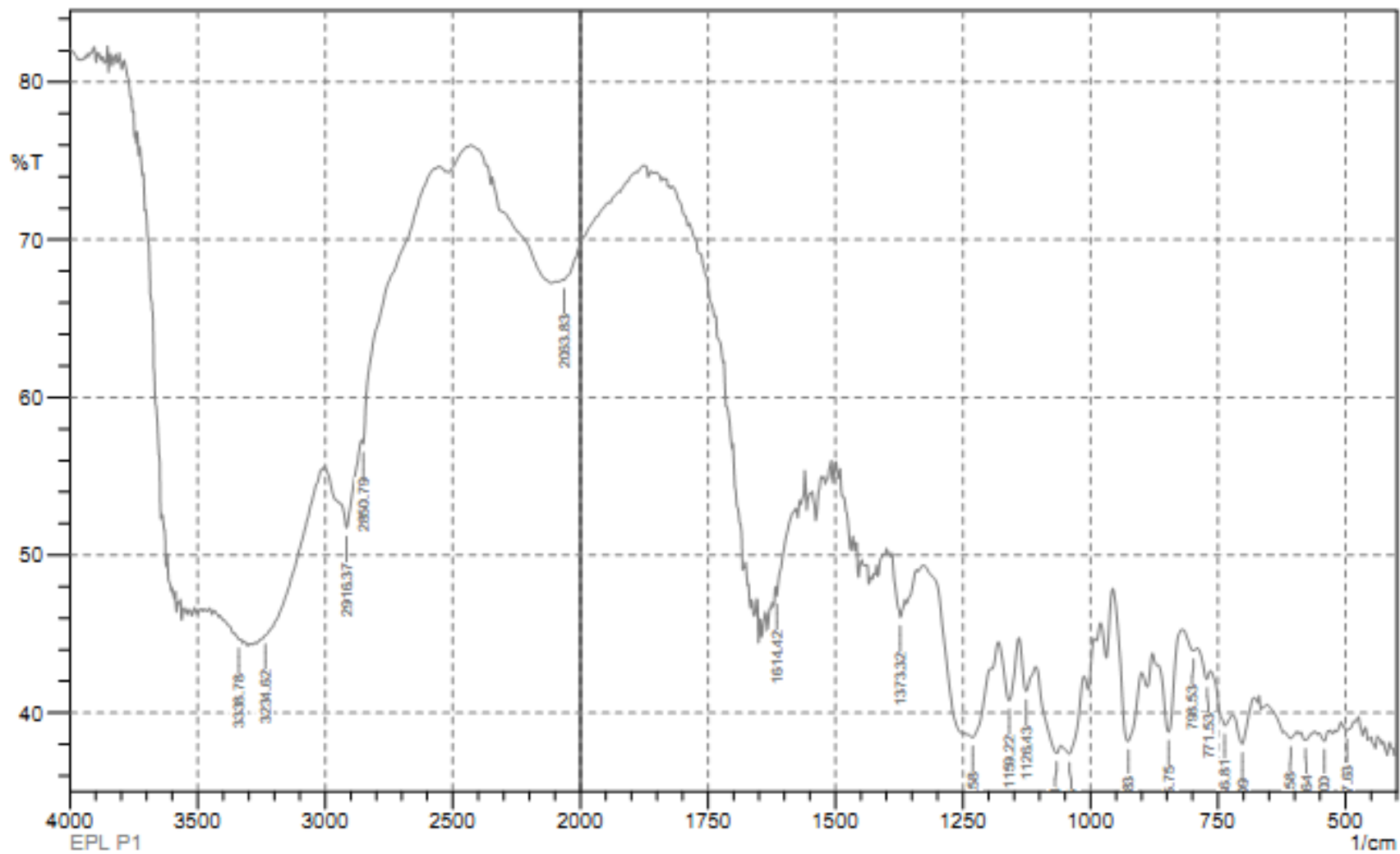
No. of Scans; 40

Resolution; 4 [1/cm]

Apodization; Happ-Genzel

User; Lab Sentral UM

Lampiran 15. Spektra FTIR karaginan perlakuan patah



Lampiran 16. Data serapan FTIR karaginan perlakuan patah

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	497.83	38.875	0.575	509.21	484.13	10.228	0.1
2	542	38.22	0.551	549.71	530.42	7.987	0.058
3	578.64	38.266	0.485	586.36	561.29	10.393	0.073
4	607.58	38.376	0.429	619.15	596	9.58	0.064
5	702.09	38.015	2.361	721.38	680.87	16.438	0.504
6	736.81	39.193	1.59	763.81	723.31	15.977	0.361
7	771.53	42.118	0.889	788.89	765.74	8.514	0.1
8	798.53	43.952	0.471	819.75	790.81	10.199	0.071
9	846.75	38.778	5.217	866.04	821.68	16.79	1.051
10	925.83	38.201	6.724	956.69	900.76	21.46	2.079
11	1041.56	37.377	2.099	1056.99	1014.56	17.499	0.661
12	1066.64	37.443	1.301	1105.21	1058.92	18.909	0.596
13	1126.43	41.363	2.646	1139.93	1107.14	12.199	0.438
14	1159.22	40.771	3.832	1180.44	1141.86	14.332	0.804
15	1230.58	38.432	1.567	1246.02	1197.79	19.329	0.539
16	1373.32	46.058	2.253	1388.75	1363.67	8.195	0.319
17	1614.42	47.429	0.855	1616.35	1583.56	9.722	0.026
18	2063.83	67.435	0.182	2067.69	1944.25	19.377	0.202
19	2850.79	57.046	0.62	2856.58	2571.11	47.584	0.026
20	2916.37	51.723	2.71	2939.52	2858.51	21.645	0.807
21	3234.62	44.914	0.098	3236.55	3014.74	68.093	1.226
22	3338.78	44.644	0.116	3356.14	3332.99	8.076	0.014

Comment;

EPL P1

Date/Time: 4/14/2015 1:52:43 PM

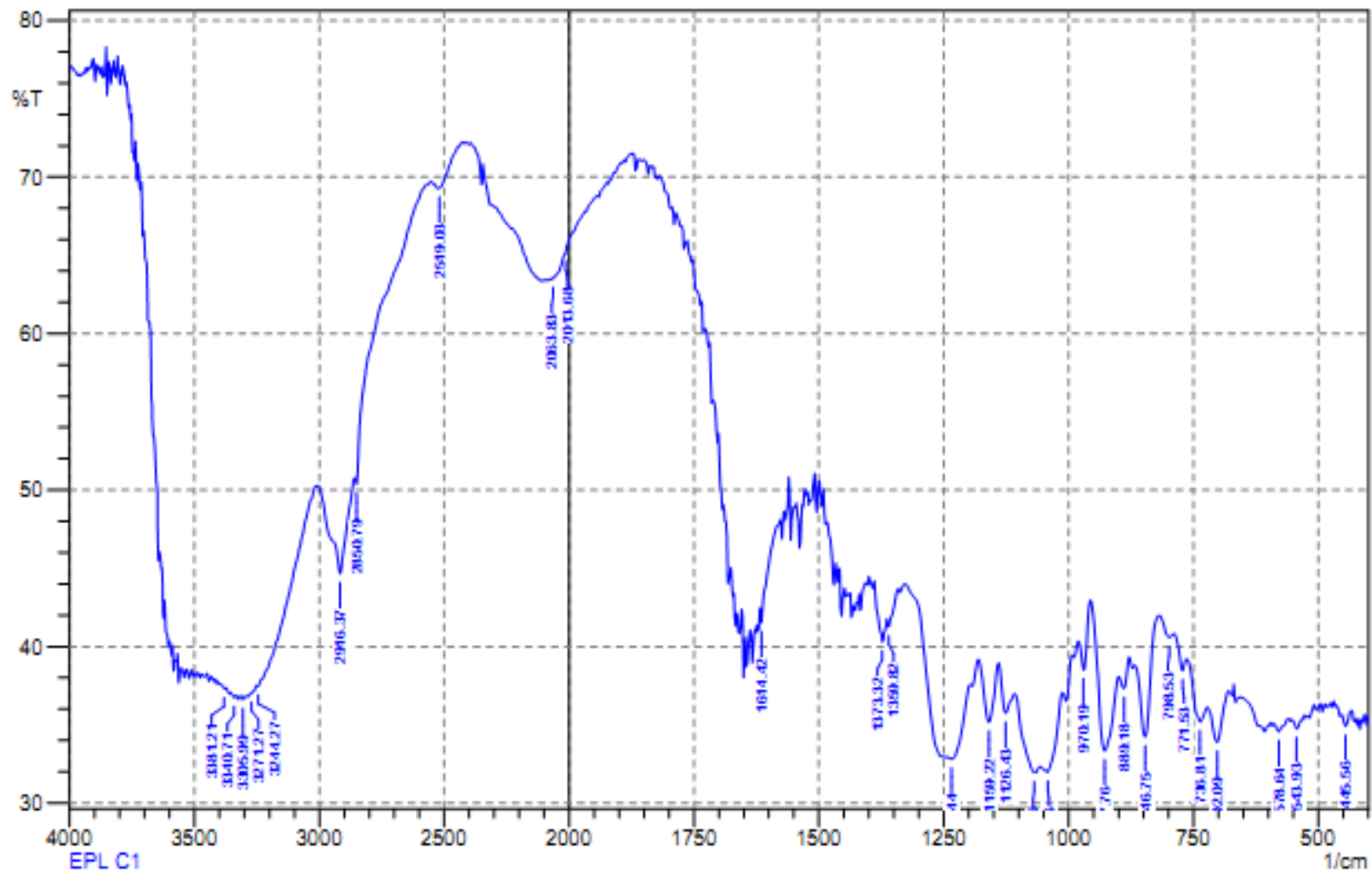
No. of Scans; 40

Resolution: 4 [1/cm]

Apodization; Happ-Genzel

User; Lab Sentral UM

Lampiran 17. Spertra FTIR karaginan perlakuan campuran



Lampiran 18. Data serapan FTIR karaginan perlakuan campuran

	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	445.56	34.886	0.866	453.27	433.98	8.71	0.102
2	543.93	34.744	0.574	551.64	534.28	7.914	0.088
3	578.64	34.552	0.514	586.36	559.36	12.335	0.081
4	702.09	33.884	2.711	721.38	680.87	18.323	0.663
5	736.81	35.185	1.952	763.81	723.31	17.716	0.491
6	771.53	38.441	1.133	788.89	765.74	9.353	0.123
7	798.53	40.587	0.527	817.82	790.81	10.448	0.084
8	846.75	34.221	5.873	866.04	819.75	19.543	1.327
9	889.18	37.328	1.359	898.83	879.54	8.116	0.173
10	927.76	33.329	7.142	954.76	900.76	23.719	2.41
11	970.19	38.519	2.904	979.84	956.69	9.141	0.357
12	1041.56	31.972	1.844	1055.06	1012.63	20.147	0.646
13	1068.56	31.929	1.44	1107.14	1056.99	23.9	0.697
14	1126.43	35.741	2.34	1139.93	1109.07	13.44	0.43
15	1159.22	35.172	3.832	1180.44	1141.86	16.707	0.937
16	1234.44	32.803	1.224	1246.02	1197.79	22.414	0.577
17	1359.82	41.251	0.85	1363.67	1342.46	7.921	0.096
18	1373.32	40.291	1.993	1388.75	1365.6	8.874	0.301
19	1614.42	41.521	1.18	1616.35	1577.77	13.137	0.032
20	2013.68	65.042	0.114	2015.61	1969.32	8.191	0
21	2063.83	63.506	0.12	2065.76	2019.47	8.943	0.074
22	2519.03	69.305	0.132	2522.89	2443.81	11.971	0.051
23	2850.79	50.347	0.781	2856.58	2571.11	57.995	0.036
24	2916.37	44.645	5.926	3005.1	2858.51	47.179	3.713
25	3244.27	37.467	0.334	3250.05	3016.67	85.741	1.317
26	3271.27	37.011	0.093	3275.13	3251.98	9.942	0.024
27	3305.99	36.605	0.239	3311.78	3292.49	8.39	0.024
28	3340.71	36.726	0.205	3354.21	3332.99	9.203	0.028
29	3381.21	37.29	0.139	3396.64	3375.43	9.055	0.013

Comment;

EPL C1

Date/Time; 4/14/2015 1:45:50 PM

No. of Scans; 40

Resolution; 4 [1/cm]

Apodization; Happ-Genzel

User; Lab Sentral UM