

PENGARUH WAKTU PERENDAMAN TERHADAP KUALITAS AGAR-AGAR
Gracilaria verrucosa

SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN

Oleh :
ACHMAD NIZHAR WICAKSONO
NIM. 105080301111015



FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2014

**PENGARUH WAKTU PERENDAMAN TERHADAP KUALITAS AGAR-
AGAR *Gracilaria verrucosa***

SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERIKANAN

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya

Oleh :
ACHMAD NIZHAR WICAKSONO
NIM. 105080301111015



TEKNOLOGI HASIL PERIKANAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

MALANG

2014

SKRIPSI

PENGARUH WAKTU PERENDAMAN TERHADAP KUALITAS AGAR-
AGAR *Gracilaria verrucosa*

Oleh :

ACHMAD NIZHAR WICAKSONO

NIM. 105080301111015

Telah dipertahankan didepan penguji
Pada tanggal 11 Agustus 2014
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dosen Penguji I

(Dr. Ir. Hardoko, MS)

NIP. 19620108 1998802 1 001

Tanggal :

Dosen Penguji II

(Dr. Ir. Happy Nursyam, MS)

NIP. 19600322 198601 1 001

Tanggal :

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

(Dr. Ir. M. 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

(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS.)

NIP. 19620805 1986803 2 001

Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

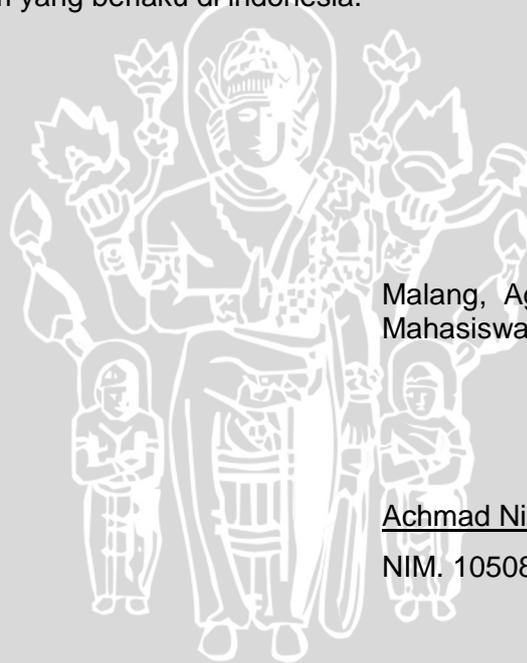
Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar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

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

Malang, Agustus 2014
Mahasiswa,

Achmad Nizhar Wicaksono

NIM. 105080301111015



UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam proses penelitian dan penyusunan skripsi ini penulis banyak menghadapi kesulitan karena terbatasnya kemampuan serta pengetahuan yang dimiliki, namun berkat bimbingan, arahan, koreksi dan saran dari berbagai pihak, akhirnya penulis skripsi ini dapat terselesaikan. Oleh karena itu penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada :

1. Allah S.W.T atas segala kemudahan yang diberikan.
2. Salam sujud penulis kepada Ibunda Hanifah, dan Ayahanda Budi Lahuri yang telah banyak berkorban dan senantiasa selalu mendo'akan tanpa henti serta memberi dukungan moral dan materi bagi penulis selama menempuh Study di Malang. Serta untuk saudaraku mbak Lina dan seluruh keluargaku.
3. Dosen Pembimbing (I dan II) masing-masing Dr. Ir. M. Firdaus, MP dan Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes yang telah banyak meluangkan waktu guna memberikan arahan kepada penulis selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini.
4. Dosen Penguji (I dan II) yang telah memberikan kritik dan sarannya guna perbaikan penulisan skripsi ini.
5. Teman-teman tim agar-agar Seto dan Ahda, tim marine yeast season 1 (Toni, Dewanti, Rini, Hesti) yang senantiasa selalu membantu proses penelitian skripsi ini dari awal sampai akhir. Demikian pula kepada bu Iwin yang selalu memotivasi penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Rekan-rekan mahasiswa Universitas Brawijaya Malang, Geng Cicak's (Hafid, Adi, Intan, Elisa, Dina, Atha, Pinctada, Elda, Arik Bajay), Tim perjuangan (Seto dan Ahda), sahabat Susi, Rizka, Cece, Tutut dan seluruhnya yang tidak bisa disebutkan satu-satu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan skripsi ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya.

Malang, Agustus 2014

Penulis

RINGKASAN

ACHMAD NIZHAR WICAKSONO. SKRIPSI. Pengaruh Lama Waktu Perendaman yang Berbeda Terhadap Kualitas Agar-agar *Gracilaria verrucosa* (di bawah bimbingan **Dr. Ir. Muhamad Firdaus, MP** dan **Dr. Ir. Dwi Setijawati, M.Kes**).

Gracilaria merupakan kelompok rumput laut agarofit yaitu rumput laut penghasil agar. *Gracilaria* telah dibudidayakan oleh nelayan ditambak namun pemanfaatannya belum optimal. *G. verrucosa* merupakan jenis rumput laut penghasil agar yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Agar-agar adalah senyawa makromolekul polisakarida yang terkandung dalam beberapa jenis rumput laut khususnya yang tergolong pada *red algae*. Agar-agar diekstrak dari ganggang laut yang berasal dari kelompok rhodophyceae, seperti *gracilaria* dan *gelidium*. Perendaman rumput laut bertujuan untuk melembabkan rumput laut dan kemudahan ketersediaan polisakarida yang terlarut. Waktu perendaman yang lebih lama dapat mengakibatkan difusi beberapa agar kedalam air sehingga menghasilkan rendemen agar yang rendah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh lama waktu perendaman terhadap kualitas agar-agar *G. verrucosa*.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Eksperimen dalam penelitian ini yaitu penggunaan waktu perendaman yang berbeda (0,5 jam ; 1 jam ; 1,5 jam) terhadap kualitas agar-agar *G. verrucosa*. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yakni variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas pada penelitian ini ialah waktu perendaman rumput laut *G. verrucosa*. Variabel terkontrolnya ialah suhu yang sama 25°C. Sedangkan variabel terikatnya yakni rendemen, kekuatan gel, viskositas, *gelling point*, *melting point*, kadar sulfat, dan spektra inframerah. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Sederhana dengan perlakuan waktu perendaman yang berbeda. Proses pembuatan agar-agar terbagi menjadi dua yakni pembuatan agar-agar dengan perlakuan perendaman dan pembuatan agar-agar standar sebagai kontrol. Hasil agar-agar dianalisis meliputi rendemen, kekuatan gel, viskositas, *gelling point*, *melting point*, kadar sulfat dan spektra inframerah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lama waktu perendaman memberikan hasil yang terbaik terhadap kualitas agar-agar *G. verrucosa*. Waktu perendaman 1 jam menghasilkan kualitas agar-agar yang lebih baik. Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik fisikokimia agar-agar dengan berbagai faktor lain untuk menghasilkan kualitas agar-agar *G. verrucosa* yang baik.

KATA PENGANTAR

Segala puji kehadiran Allah SWT atas petunjuk rahmat, dan hidayah-Nya, sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Sholawat serta salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan nabi Muhammad SAW, yang telah membimbing umatnya menuju jalan yang diridhoi Allah SWT.

Suatu kenikmatan yang tidak dapat dipungkiri, yang telah Allah SWT berikan kepada hamba-Nya, sehingga dapat menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh Lama Waktu Perendaman Terhadap Kualitas Agar-agar *Gracilaria verrucosa*”.

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

Malang, Agustus 2014

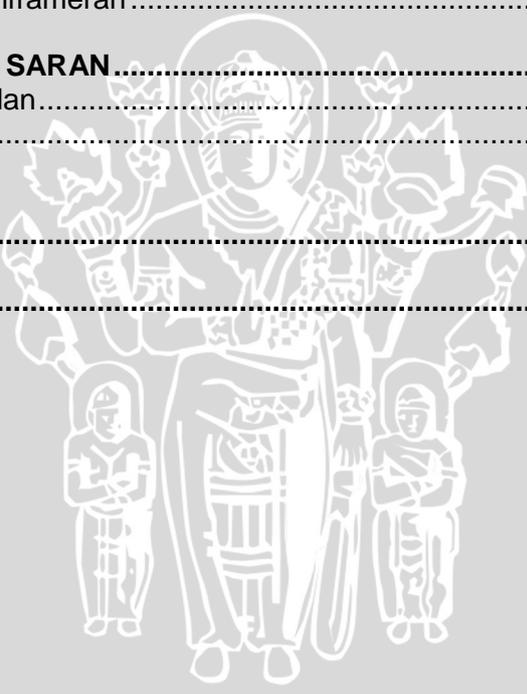
Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
UCAPAN TERIMAKASIH.....	iv
RINGKASAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Kegunaan.....	4
1.6 Tempat dan Waktu Pelaksanaan.....	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Gracilaria verrucosa</i>	5
2.2 Agar-agar	7
2.3 Fisikokimia Agar-agar.....	10
2.3.1 Kekuatan Gel (<i>Gel Strength</i>).....	10
2.3.2 <i>Gelling dan Melting Point</i>	11
2.3.3 Viskositas	13
2.3.4 Kadar Sulfat.....	13
2.3.5 Spektra Inframerah Agar-agar	14
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ekstraksi Agar-agar.....	16
2.4.1 Perendaman	16
2.4.2 Penambahan Basa	17
2.4.3 Ekstraksi	18
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	19
3.1 Materi Penelitian	19
3.1.1 Bahan.....	19
3.1.2 Alat.....	19
3.2 Metode Penelitian.....	19
3.2.1 Metode	19
3.2.2 Variabel	20
3.3 Prosedur Penelitian	20

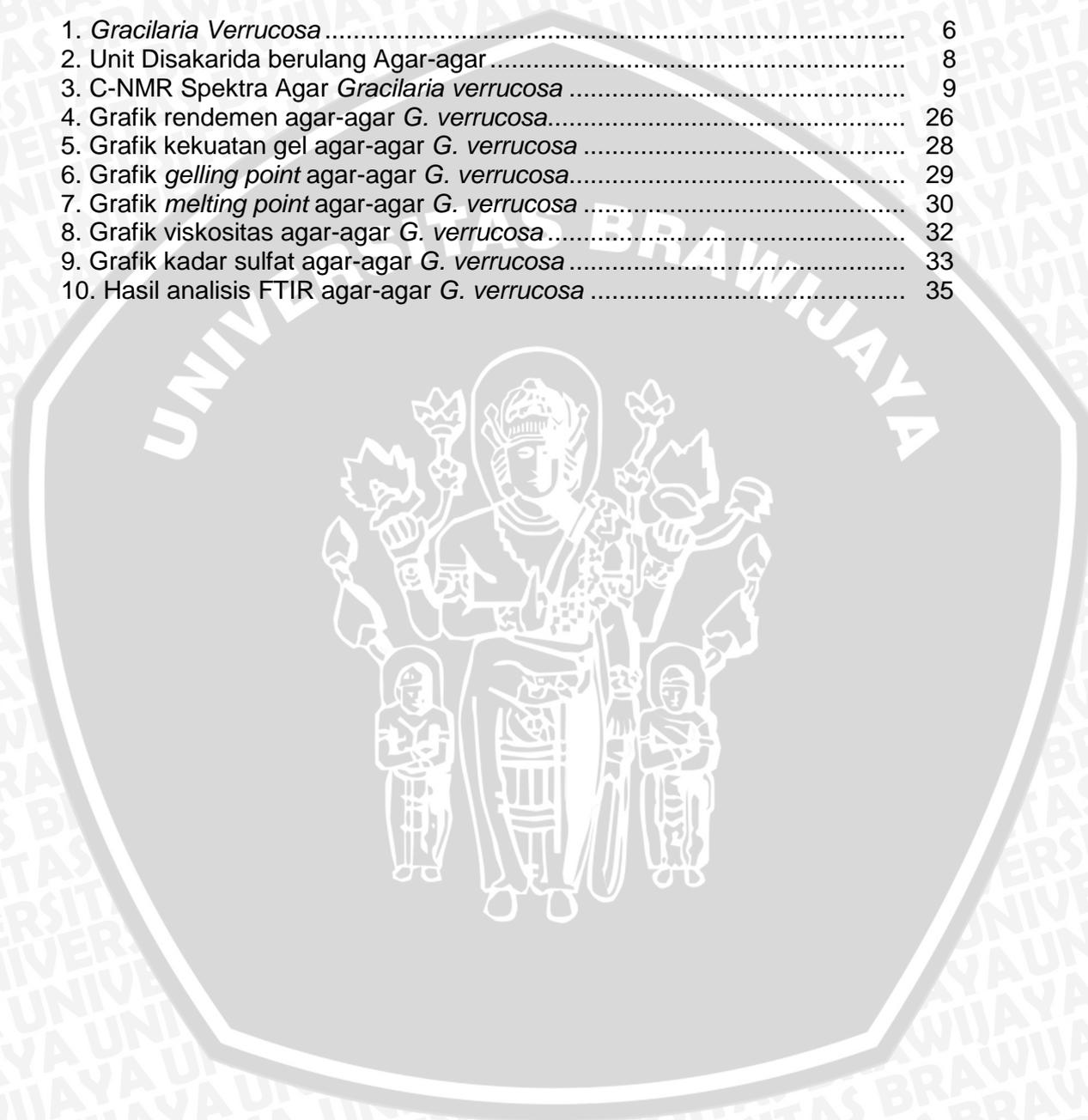


3.3.1 Persiapan Sampel	20
3.3.2 Proses Ekstraksi Agar	20
3.3.3 Persiapan dan Penambahan Alkali	20
3.4 Analisis Parameter Uji	21
3.4.1 Analisis Kekuatan Gel (<i>Gel Strength</i>)	21
3.4.2 Analisis <i>Gelling</i> dan <i>Melting Point</i>	22
3.4.3 Analisis Viskositas	23
3.4.4 Analisis Kadar Sulfat	23
3.4.5 Analisis Spektra Inframerah.....	24
3.5 Analisis Data.....	26
4. HASIL DAN PEMBAHSAN	27
4.1 Rendemen	27
4.2 Kekuatan gel.....	28
4.3 <i>Gelling point</i>	30
4.4 <i>Melting point</i>	31
4.5 Viskositas	33
4.6 Kadar Sulfat.....	34
4.7 Spektra Inframerah	36
5. KESIMPULAN DAN SARAN	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA.....	41
LAMPIRAN.....	45



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Gracilaria Verrucosa</i>	6
2. Unit Disakarida berulang Agar-agar	8
3. C-NMR Spektra Agar <i>Gracilaria verrucosa</i>	9
4. Grafik rendemen agar-agar <i>G. verrucosa</i>	26
5. Grafik kekuatan gel agar-agar <i>G. verrucosa</i>	28
6. Grafik <i>gelling point</i> agar-agar <i>G. verrucosa</i>	29
7. Grafik <i>melting point</i> agar-agar <i>G. verrucosa</i>	30
8. Grafik viskositas agar-agar <i>G. verrucosa</i>	32
9. Grafik kadar sulfat agar-agar <i>G. verrucosa</i>	33
10. Hasil analisis FTIR agar-agar <i>G. verrucosa</i>	35



DAFTAR TABEL

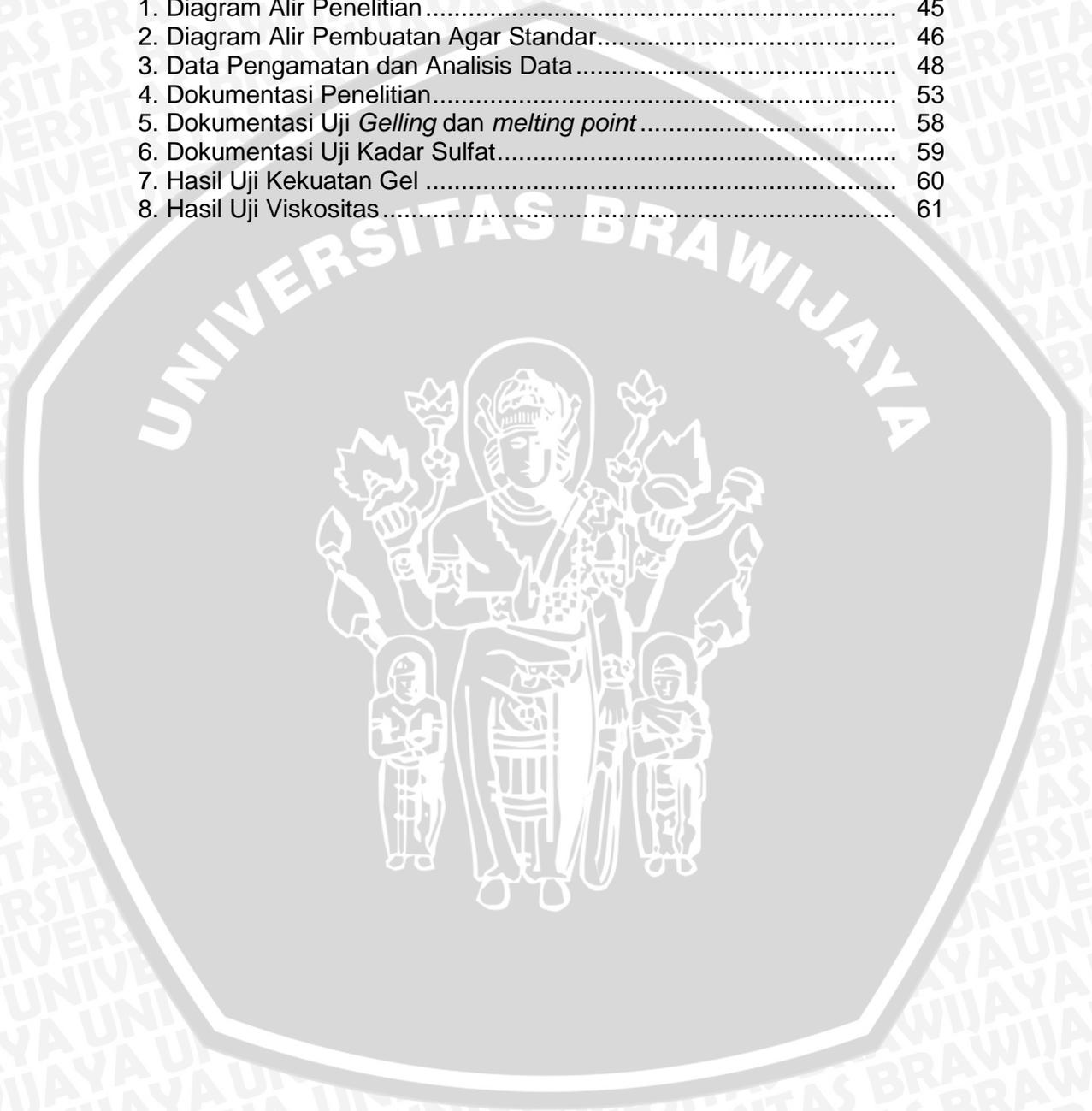
Tabel	Halaman
1. Komposisi Gizi <i>Gracilaria verrucosa</i>	6
2. SNI <i>Gracilaria verrucosa</i> Kering	6
3. SNI agar kertas	10
4. Perlakuan Penelitian Utama	21
5. Model Rancangan Percobaan	26



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran
Halaman

1. Diagram Alir Penelitian.....	45
2. Diagram Alir Pembuatan Agar Standar.....	46
3. Data Pengamatan dan Analisis Data.....	48
4. Dokumentasi Penelitian.....	53
5. Dokumentasi Uji <i>Gelling</i> dan <i>melting point</i>	58
6. Dokumentasi Uji Kadar Sulfat.....	59
7. Hasil Uji Kekuatan Gel.....	60
8. Hasil Uji Viskositas.....	61



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Gracilaria merupakan kelompok rumput laut agarofit yaitu rumput laut penghasil agar (Winarno, 1996). *Gracilaria* telah dibudidayakan oleh nelayan di tambak namun pemanfaatannya belum optimal. Kandungan utama rumput laut adalah polisakarida sebesar 40-70% bobot kering, bergantung pada jenis dan keadaan lingkungan tumbuh (Angka dan Suhartono, 2000).

Gracilaria merupakan salah satu jenis rumput laut merah (Rhodophyta) dengan anggota kurang lebih 2 jenis, antara lain *Gracilaria gigas* Harv. dan *Gracilaria verrucosa* Huds. Rumput laut *G. gigas* dan *G. verrucosa* merupakan jenis rumput laut penghasil agar yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan (Rasyid, 2004).

Agar-agar adalah fikokoloid pertama yang digunakan sebagai bahan tambahan makanan sekitar 300 tahun yang lalu. Fikokoloid merupakan produk gel yang diekstrak dari rumput laut telah digunakan di berbagai bidang industri karena sifat koloid yang dimilikinya. Selain agar-agar, koloid penting yang diproduksi oleh industri rumput laut adalah karaginan dan alginat yang digunakan sebagai pengental (*thickening*) dan pembentuk gel (*gelling agent*) pada makanan. Agar-agar merupakan bentuk koloid dari suatu polisakarida kompleks yang diekstrak dari beberapa jenis rumput laut merah yang disebut agarofit (Murdinah dan Sinurat, 2011).

Secara umum agar-agar diaplikasikan pada berbagai bidang yaitu 91% untuk kebutuhan pangan dan 9% untuk kebutuhan *bacteriological* dan *biotechnology*. Agar-agar telah dinyatakan aman oleh FDA atau

dikenal dengan istilah *Generally Recognized As Safe* (GRAS), dan *Acceptable Daily Intake* (ADI) yaitu agar-agar dinyatakan *not limited* (tidak dibatasi). Oleh karenanya aplikasi penggunaan agar-agar dalam bidang pangan menjadi sangat luas (Ramadhan, 2011).

Agar-agar diekstrak dari ganggang laut yang berasal dari kelompok rhodophyceae, seperti *glacilaria* dan *gelidium*. Agar-agar adalah produk kering tak berbentuk (*amorphous*) yang mempunyai sifat seperti gelatin yang berupa rantai linier galaktan. Galaktan merupakan polimer dari galaktosa. Rumus molekul agar-agar adalah $(C_{12}H_{14}O_5(OH)_4)_n$. Sifat paling menonjol dari agar-agar adalah larut di dalam air panas, yang apabila didinginkan sampai suhu tertentu akan membentuk gel (Distantina *et al.*, 2007).

Sifat-sifat agar antara lain dapat membentuk gel dalam larutan yang sangat encer misalnya 1% juga pada konsentrasi yang lebih rendah lagi yaitu 0,04%. Pada larutan 1,5% agar membentuk gel yang sangat stabil pada suhu 32 – 39°C dan tidak meleleh sampai suhu di bawah 85°C. Viskositas stabil pada pH 4,5 – 9 dan sangat dipengaruhi oleh ion kuat pada pH 6,0 – 8,0 (Rasyid *et al.*, 1999).

Perendaman rumput laut dalam larutan asam lebih baik dibanding dengan perendaman rumput laut dalam larutan alkali karena dapat mempercepat waktu ekstraksi, meningkatkan rendemen agar dan meningkatkan kekuatan gel agar. Perendaman rumput laut dalam larutan asam bertujuan untuk mempersiapkan pemisahan agar dari substansi nonagar (Yunizal, 2002).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil ekstraksi agar adalah rasio berat bahan dengan volume pelarut, suhu, pengadukan, waktu ekstraksi serta perendaman. Menurut Kumar dan Ravi (2009), waktu perendaman pada proses ekstraksi agar-agar *G. cliftonii*

menghasilkan waktu perendaman yang optimal pada waktu 1 jam. Sehingga pada penelitian ini rumput laut *G. verrucosa* dilakukan perendaman dengan perbedaan lama waktu yakni 1/2 jam ; 1 jam ; 1,5 jam untuk mengetahui karakteristik sifat fisikokimia agar-agar *G. verrucosa*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan waktu perendaman yang tepat guna meningkatkan kualitas agar-agar *G. verrucosa*.

1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman yang berbeda terhadap kualitas agar-agar *G. verrucosa*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang mendasari penelitian ini adalah:

H₀ : Waktu perendaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap kualitas agar-agar *G. verrucosa*.

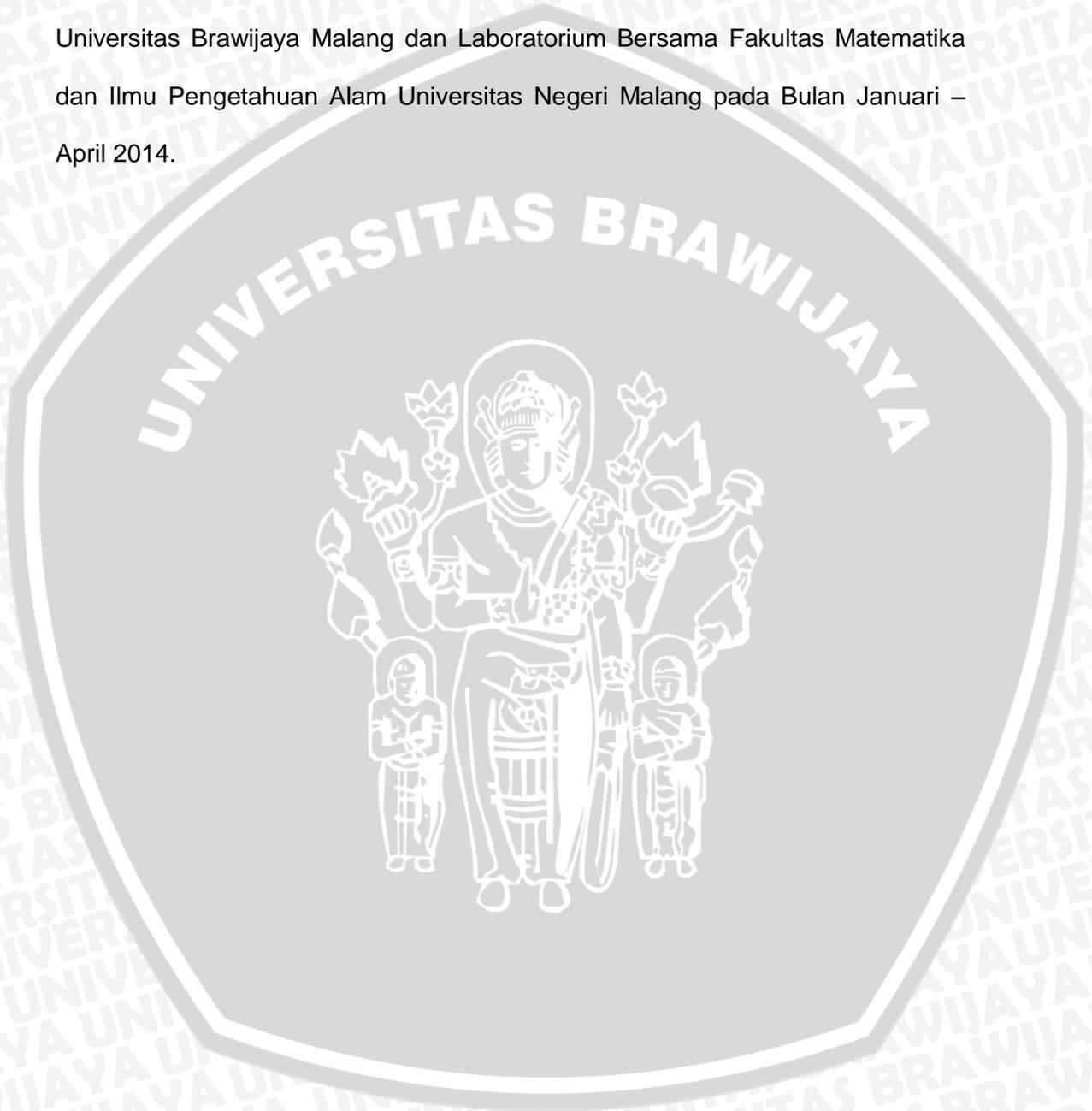
H₁ : Waktu perendaman yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kualitas agar-agar *G. verrucosa*.

1.5 Kegunaan

Hasil penelitian ini bisa digunakan untuk meningkatkan nilai guna rumput laut *G. verrucosa* sebagai sumber makanan berupa agar-agar dan dapat digunakan sebagai acuan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik sifat fisikokimia agar-agar *G. verrucosa*.

1.6 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang dan Laboratorium Bersama Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang pada Bulan Januari – April 2014.



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Gracilaria verrucosa*

Gracilaria merupakan salah satu agarofit yang memiliki nilai komersil. Keberadaan spesies ini cukup bervariasi yaitu sekitar seratus spesies tersebar di wilayah lautan baik tropis dan subtropis. Selain itu juga terdapat berbagai cara penamaan pada *Gracilaria* yang didasarkan pada morfologi, anatomi dan organ reproduksinya (Risjani, 2004).

G. verrucosa banyak mengandung unsur-unsur mineral mikro yang sangat diperlukan untuk tubuh, seperti *chlor*, kalium, magnesium, besi, iodin dan lain-lain. Penggunaan *G. verrucosa* akan dapat meningkatkan kandungan mineral makro dalam bahan pangan terutama kandungan iod. Selain itu karena kandungan serat kasarnya yang tinggi, yaitu sekitar 7.50-9.64 % yang memungkinkan *G. verrucosa* digunakan sebagai sumber *dietary fiber*. Serat pangan bukanlah nutrisi penting namun fungsinya sangat penting sebagai pengatur ekskresi sisa makanan dan dapat mempertahankan kesehatan tubuh (Joseph, 2002). Klasifikasi *G. verrucosa* adalah:

Division/phylum	: Rhodophyta
Class	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Family	: Gracilariaceae
Genus	: <i>Gracilaria</i>
Species	: <i>Gracilaria verrucosa</i>



Gracilaria verrucosa

Gambar 1. *Gracilaria verrucosa*
Sumber: Googleimage (2014)

Ciri-ciri *G. verrucosa* meliputi thallus silindris, licin dan berwarna kuning-hijau. Percabangan berseling tidak beraturan, memusat ke arah pangkal. Cabang lateral memanjang menyerupai rambut, ukuran panjang sekitar 25 cm dengan diameter thallus 0,5-1,5 mm (Anggadiredja *et al.*, 2005).

G. verrucosa banyak mengandung karbohidrat dibandingkan dengan lemak. Sehingga agar-agar yang terbuat dari *G. verrucosa* dapat dijadikan sebagai pengganti karbohidrat pada nasi. Kandungan gizi rumput laut *G. verrucosa* disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Gizi *Gracilaria verrucosa*

Komponen	Jumlah (%)
Kadar Air	11,60
Protein	25,35
Lemak	1,05
Karbohidrat	43,10
Abu	11,40
Serat	7,50

Sumber : Yunizal (2002)

Rumput laut *G. verrucosa* kering yang akan digunakan untuk ekstraksi agar-agar sedikit mengandung benda asing atau kimiawi, akan tetapi mengandung agar yang tinggi dibanding dengan rumput laut yang lain. Standar Nasional Indonesia (SNI) *Gracilaria verrucosa* kering dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Nasional Indonesia (SNI) *Gracilaria verrucosa* Kering

Jenis Uji	Persyaratan Mutu
Organoleptik	
Nilai minimum	7
Benda asing (garam, pasir, karang, kayu, rumput laut jenis lain), % (b/b maks)	5
Kimiawi	
Kadar air, % b/b maks	25
Agar, % b/b min	20

Sumber : Yunizal (2002)

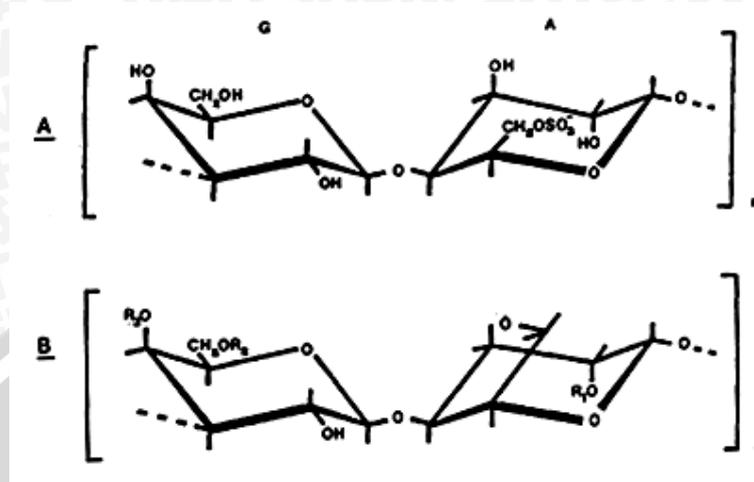
Jenis rumput laut yang sudah diolah menjadi agar-agar diantaranya *Gracilaria sp* dan *Gelidium sp*. *Gracilaria sp* paling banyak digunakan karena harganya murah dan agar-agar yang dihasilkan tiga kali lebih banyak dibanding dengan jenis lain. Rata-rata rendemen agar-agar yang dihasilkan dari rumput laut kering adalah 8-14% (Poncomulyo *et al.*, 2006).

2.2 Agar-agar

Agar-agar adalah senyawa makromolekul polisakarida yang terkandung dalam beberapa jenis rumput laut khususnya yang tergolong pada *red algae*. Senyawa agar-agar yang juga tergolong senyawa hidrokoloid, mempunyai sifat-sifat umum yaitu larut dalam air panas dan membentuk jeli kenyal bila didinginkan. Sifat tersebut dimungkinkan karena senyawa agar-agar merupakan rantai panjang polisakarida dan memiliki struktur molekul kombinasi berulang (*repeating unit*) secara bergantian dari dua unsur yaitu *agarose* bersifat netral yang kuat daya gelasnya (*gel strength*) dan *agaropectine*, bersifat asam yang lemah daya gelasnya (Olivia, 2009).

Agar-agar paling banyak digunakan sebagai senyawa hidrokoloid, terutama pada pangan, farmasi dan kosmetik. Dalam bidang mikrobiologi dan bioteknologi agar-agar lebih banyak digunakan dengan kemurnian yang tinggi dan hanya dipenuhi oleh produk impor, bahkan media pertumbuhan mikroorganisme dan preparasi kultur jaringan pun menggunakan agar-agar impor

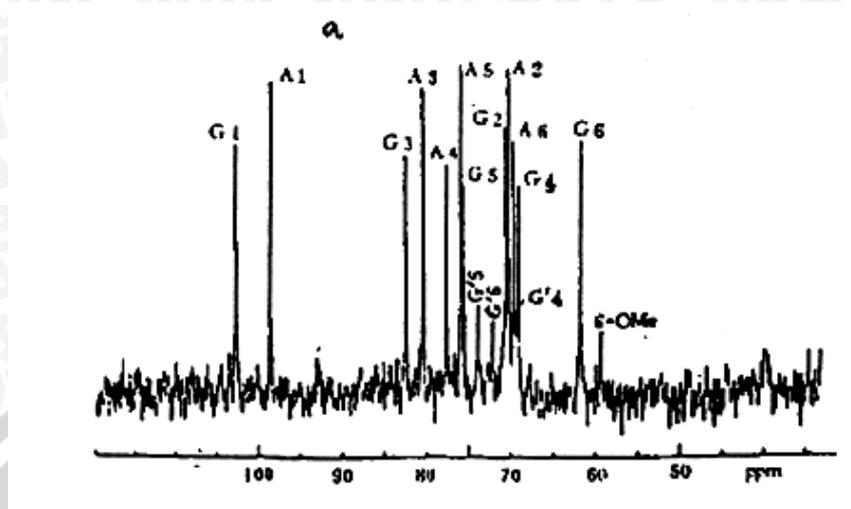
yang sangat banyak, yang merupakan tantangan bagi kita untuk merebutnya (Suptijah, 2002).



Gambar 2. Unit Disakarida Berulang Agar-agar

Gambar 2 memperlihatkan struktur agar-agar yaitu agarosa. Agarosa adalah komponen agar-agar yang responsif terhadap pembentukan gel. Agarosa merupakan suatu polisakarida netral yang disusun oleh unit dasar berulang D-galaktosa dengan ikatan β -1,3 dan 3,6-anhidro-L-galaktosa dengan ikatan α -1,4.

Menurut Tseng(1945),mendefinisikan agar sebagai amorf, gelatin-seperti, ekstrak non-nitrogen kering dari Gelidium dan agarophytes lainnya, menjadi ester asam sulfat dari galaktan linear, tidak larut dalam air dingin tetapi larut dalam air panas, satu persen larutan netral pada suhu 35°C hingga 50°C akan membentuk gel dan akan meleleh pada suhu 80°C sampai 100°C. Farmakope Amerika (1980) mendefinisikan agar sebagai ekstrak kering hidrofilik koloid yang diperoleh dari *Gelidium cartilagineum*, *Gracilaria confervoides*, dan ganggang terkait dari kelas Rhodophyceae.Komponen kimia agar telah dianalisis pada tahun 1859-1938 oleh banyak ilmuwan, dan diverifikasi terdiri dari D-galaktosa, 3, 6-anhydro-L-galaktosa dan sulfat. Dari tahun 1940-an sampai 1950-an galaktosa tersubstitusi seperti alkohol, sulfat dan piruvat galaktosa yang terbukti menjadi konstituen dari molekul agar (FAO, 2013).



Gambar 3. C-NMR spektra agar *Gracilaria verrucosa*

Gambar 3 memperlihatkan spektra agar *Gracilaria verrucosa* terutama terdiri dari 6-OCH₃-agarobiose unit disakarida berulang. Semua agarobiose menunjukkan pergeseran kimia yang spesifik dari beberapa atom karbon.

Fungsi utama agar-agar adalah sebagai bahan pemantap, penstabil, pengemulsi, pengental, pengisi, penjernih, pembuatan gel dan lain-lain. Agar-agar digunakan pada industri makanan, yaitu untuk meningkatkan viskositas sup dan saus serta dalam pembuatan *fruit jelly*. Di Eropa dan Amerika, agar-agar digunakan sebagai bahan pengental pada industri es krim, jeli, permen dan *pastry*. Agar-agar juga digunakan dalam pembuatan serbat, es krim dan keju untuk mengatur keseimbangan dan memberikan kehalusan. Di Jepang, agar-agar sering dimasak bersama nasi untuk menghasilkan “nasi agar-agar” yang lengket dan kaya serat pangan (*dietary fiber*) sehingga lebih menguntungkan bagi kesehatan. Agar-agar juga digunakan sebagai penjernih pada berbagai industri minuman seperti bir, anggur, kopi dan sebagai penstabil pada minuman coklat. Di bidang kesehatan seperti pada Perang Dunia II, agar-agar digunakan untuk membersihkan luka. Hal ini disebabkan dalam agar-agar terdapat

komponen yang dapat menghentikan penggumpalan darah, sehingga luka mudah untuk dibersihkan (Poncomulyo *et al.*, 2006).

Produk agar yang diperdagangkan harus memenuhi Standar Nasional Indonesia. Persyaratan mutu yang harus dipenuhi untuk produk agar kertas meliputi organoleptik, kimia, cemaran logam, dan fisika. Persyaratan mutu tersebut tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Syarat Mutu Agar Kertas (SNI 01-4105-1996)

Jenis Uji	Satuan	Persyaratan Mutu
a. Organoleptik		
- Nilai minimum		7
- Kapang		Tidak tampak
b. Kimia		
- Air, maksimum	% bobot/bobot	15
- Abu tak larut dalam asam, maksimum	% bobot/bobot	0,5
c. Cemaran logam		
- Timbal, maksimum	mg/kg	2,0
- Tembaga, maksimum	mg/kg	20,0
- Seng, maksimum	mg/kg	100,0
- Timah, maksimum	mg/kg	40,0
- Raksa, maksimum	mg/kg	0,5
- Arsen, maksimum	mg/kg	1,0
d. Fisika		
- Bobot bersih	-	Sesuai label
- <i>Gel strength</i> , minimum	g/cm ²	150

Sumber: Standar Nasional Indonesia, 1996

2.3 Fisikokimia Agar-agar

Karakteristik fisik agar-agar dalam bentuk kering adalah berwarna putih hingga kuning pucat, berbau khas agar-agar. Karakteristik kimia agar-agar meliputi kandungan gizi, sifat kelarutan dan daya cerna. Hal yang terpenting dari agar-agar adalah sifat *gelling agentnya* dan aplikasinya dalam *range* suhu yang cukup luas. Agarosa memiliki kekuatan gel lebih tinggi dibandingkan agaropektin. Agarose memiliki *double helix*, struktur tersebut beragregasi membentuk rangka tiga dimensi, yang berkaitan dengan molekul air sehingga menghasilkan gel yang *thermoreversible* (Ramadhan, 2011).

Karakteristik gel agar-agar bersifat rigid, rapuh mudah dibentuk dan memiliki titik cair tertentu. Keasaman (pH) sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, pH semakin menurun kekuatan gel agar-agar semakin lemah sampai dengan pH 2,5. Kandungan gula menghasilkan gel yang lebih keras tetapi menghasilkan tekstur yang kurang kohesif (Rosulva, 2008).

Menurut Aslan (1998), agar memiliki sifat khas yaitu tidak larut dalam air dingin, namun larut dalam air panas. Sifat menonjol dari agar adalah sifat gelasi (kemampuan membentuk gel), viskositas (kekentalan), *melting point* (suhu mencairnya gel) yang sangat menguntungkan dalam dunia industri pangan maupun nonpangan. Selain itu agar seberat 1,5 g dalam 100 mL air akan membentuk gel stabil pada suhu 32-39° C dan tidak meleleh sampai suhu di bawah 85 °C. Dalam keadaan kering agar sangat stabil, sedangkan pada suhu tinggi dan pH rendah akan mengalami degradasi.

2.3.1 Kekuatan Gel (*Gel Strength*)

Kekuatan gel merupakan beban maksimum yang dibutuhkan untuk memecah matrik polimer pada daerah yang dibebani. Proses pembentukan gel terjadi karena adanya ikatan antar rantai polimer sehingga membentuk struktur tiga dimensi yang mengandung pelarut pada celah-celahnya (Indriawati, 2007).

Keasaman (pH) sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, pH semakin menurun kekuatan gel agar-agar semakin lemah sampai dengan pH 2,5. Kandungan gula menghasilkan gel yang lebih keras sehingga didapatkan tekstur yang kurang kohesif. Mekanisme pembentukan gel agar-agar adalah tiga buah atom hidrogen pada residu 3,6-anhidro-L-galaktosa membentuk struktur heliks. Interaksi antar struktur heliks inilah yang menyebabkan pembentukan gel. Penggantian senyawa L-galaktosa sulfat oleh senyawa 3,6-anhidro-L-galaktosa mengakibatkan kekakuan pada struktur heliks sehingga gel terbentuk. Perlakuan alkali dapat mengubah gugus sulfat yang ada pada posisi C-6 menjadi 3,6-

anhidro-L-galaktosa sehingga dapat memberikan kekuatan gel yang lebih tinggi (Glicksman 1983). Kekuatan gel dapat bertambah dengan penambahan umur panen (Winarno, 1996).

Karakteristik gel agar-agar bersifat rigid, rapuh mudah dibentuk dan memiliki titik cair tertentu. Keasaman (pH) sangat mempengaruhi kekuatan gel agar-agar, pH semakin menurun kekuatan gel agar-agar semakin lemah sampai dengan pH 2,5. Kandungan gula menghasilkan gel yang lebih keras tetapi menghasilkan tekstur yang kurang kohesif (Rosulva, 2008).

2.3.2 *Gelling dan Melting Point*

Gelling point adalah temperatur saat terjadinya peralihan dari fasa sol ke fasa gel dimana pada keadaan ini terjadi perubahan konformasi gulungan acak menjadi rantai berpilin ganda. Pilinan ganda selanjutnya akan beragregasi membentuk struktur tiga dimensi. Sedangkan *melting point* adalah temperatur saat terjadinya penguraian daerah simpulan menjadi struktur pilinan ganda dan selanjutnya berubah menjadi konformasi gulungan acak (Amnidar, 1989).

Gelling point dari agar jenis *Gelidium spp.* berkisar 28-31°C dan *melting point* dari 80°C sampai 90°C. Pada agar jenis *Gracilaria spp.* dengan suhu pembentuk gel berkisar 29-42°C dan mencair suhu dan 76-92°C. Perbedaan antara *melting point* dan *gelling point* disebut sebagai histeresis. Suhu pembentuk gel agar-agar berkorelasi dengan isi metoksil. Semakin tinggi kadar metoksil di *Gracilaria*, agarosa menunjukkan suhu gel yang lebih tinggi. Misalnya, ketika kandungan metoksil dalam peningkatan agarose dari 0,5% menjadi 5%, suhu pembentuk gel akan meningkat dari 35° C sampai 45°C (FAO, 2013).

Menurut Tensiska (1992), Temperatur pembentukan gel (*gelling point*) berkorelasi positif dengan kandungan metoksil agar-agar. Temperatur pembentukan gel agar-agar berkisar 32 – 39 °C. Sedangkan temperatur leleh gel (*melting point*) adalah temperatur saat gel agar-agar berubah menjadi fase sol.

Agar-agar mempunyai temperatur leleh antara 60 – 97°C pada konsentrasi 1,5 persen. Perbedaan temperatur leleh gel dipengaruhi oleh jenis rumput laut, kondisi tempat tumbuh dan metode proses produksi. Temperatur leleh gel agar-agar berkorelasi positif dengan konsentrasi dan berat molekul agar-agar.

2.3.3 Viskositas

Viskositas agar pada suhu dan konsentrasi konstan adalah fungsi langsung dari berat molekul rata-rata. Viskositas jarang melebihi 10-15 cP. Pada konsentrasi 1% pada 60-90 °C. Biasanya viskositas lebih rendah dan kekuatan gel lebih besar untuk larutan agar. Berat molekul rata-rata berkisar antara 8.000 sampai 100.000 (FAO, 2013).

Viskositas didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan geser suatu cairan. Suspensi koloid dalam larutan dapat meningkat dengan cara mengentalkan cairan sehingga terjadi absorpsi dan pengembangan koloid. Viskositas dipengaruhi oleh jenis rumput laut penghasil agar dan kondisi selama proses panen. Umur panen mempengaruhi kandungan sulfat yang bertanggungjawab terhadap kekentalan. Kadar air tinggi menurunkan kekentalan larutan (Rosulva, 2008).

Agar merupakan suatu jenis gum yaitu senyawa polimer yang dapat dilarutkan ke dalam air sehingga memberikan pengaruh suatu larutan atau suspensi kental. Agar bersifat tidak larut dalam air dingin tetapi larut dalam air mendidih. Viskositas larutan agar dipengaruhi oleh suhu, pH, dan bahan baku. Apabila sudah terbentuk gel, viskositas pada suhu konstan akan meningkat dengan peningkatan umur gel (Yunizal, 2002).

2.3.4 Kadar Sulfat

Kadar sulfat merupakan parameter yang digunakan untuk berbagai jenis tepung yang terdapat dalam alga merah. Alkali dapat mengkatalis hilangnya gugus sulfat pada C-6 membentuk 3,6 anhydrogalaktosa. Penggunaan alkali

dapat mengikat gugus sulfat yang mempunyai sifat hidrofilik sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel hasil ekstraksi rumput laut. Tetapi dalam bidang pangan rendahnya kadar sulfat sangat baik bagi manusia terutama dalam bidang kesehatan (Noor *et al.*, 2003).

Semakin kecil kandungan sulfat, maka nilai viskositasnya juga semakin kecil, tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat. Adanya garam-garam yang terlarut dalam agar akan menurunkan gugus sulfat sepanjang rantai polimer. Penurunan gugus ini menyebabkan rendahnya gaya tolakan (*repulsion*) antar gugus-gugus sulfat, sehingga sifat hidrofilik polimer semakin lemah dan menyebabkan viskositas larutan menurun (Saputra, 2008).

Susunan senyawa agar-agar dapat berupa rantai linear galaktan yang netral ataupun sudah terekstraksi dengan metil atau asam sulfat. Galaktan yang sebagian monomer galaktosanya membentuk ester dengan metil disebut agarosa, sedangkan galaktan yang teresterkan dengan asam sulfat dikenal dengan agaropektin. Berdasarkan kandungan esternya, agar-agar dapat dibedakan dengan karagenan. Agar-agar memiliki kandungan ester sulfat lebih rendah (2-5%) sedangkan karagenan mempunyai kandungan ester sulfat 20-50% (Ramadhan, 2011).

2.3.5 Spektra Inframerah

Spektra inframerah menjelaskan berbagai unit disakarida berulang yang terdapat pada agarosa dalam molekul agar yang berbeda. Agar-agar yang diisolasi dari spesies *Gracilaria sp.* mengalami pergeseran spektra dari atom karbon dalam agarosa yang terkandung dalam agar-agar. Gugus struktural berbentuk serabut unit disakarida berulang dapat mudah dipastikan (FAO, 2013).

Agar adalah polisakarida yang berisi kelompok sulfat maksimum 9% yang merupakan campuran polimer agarosa dan agaropektin. Spektrum inframerah memiliki perbedaan peran pada polisakarida alga. Pita serapan inframerah dari

sulfat polisakarida alga akan ditampilkan pada angka gelombang 1240-1250 cm^{-1} umumnya untuk ester sulfat dan pada angka gelombang 805 cm^{-1} dikaitkan dengan sulfat pada C_2 dari 3,6 anhidrogalaktosa. Absorbansi pada 2960, 2845, 1640, dan 895-900 cm^{-1} juga diamati dalam spektrum inframerah agar-agar. absorbansi pada 2960 cm^{-1} dikaitkan dengan CH_2 , absorbansi pada 2845 dikaitkan dengan O-CH dan puncak 2920 terdapat alkohol agar. Puncak 2830-2815 dikaitkan dengan kelompok O- CH_3 dan pada puncak 1780 adalah kelompok 6 mono metil dari agar-agar. Pada puncak 1640 berikatan dengan air dan pada puncak 930-1070 biasanya dihubungkan dengan 3,6 anhydrogalaktosa (Balkan *et al.*, 2005).

Fourier Transform-Infra Red Spectroskopy atau yang dikenal dengan FT-IR merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menganalisa komposisi kimia dari senyawa-senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semikonduktor, sampel biologi, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral. FT-IR mampu menganalisa suatu material baik secara keseluruhan, lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, serbuk, serat, dan bentuk yang lainnya dari suatu material. Spektroskopi FT-IR tidak hanya mempunyai kemampuan untuk analisa kualitatif, namun juga bisa untuk analisa kuantitatif. Dasar lahirnya spektroskopi FT-IR adalah dengan mengasumsikan semua molekul menyerap sinar infra merah, kecuali molekul-molekul monoatom (He, Ne, Ar, dll) dan molekul-molekul homopolar diatomik (H_2 , N_2 , O_2 , dan lain-lain). Molekul akan menyerap sinar infra merah pada frekuensi tertentu yang mempengaruhi momen dipolar atau ikatan dari suatu molekul (Fernandez, 2011).

Spektroskopi inframerah transformasi fourier (FTIR) memiliki potensi untuk analisis kualitatif maupun kuantitatif senyawa kimia. FTIR menggunakan sifat vibrasi dalam molekul untuk menghasilkan sidik jari yang fitur-fiturnya didefinisikan dari gugus fungsi yang ada dalam contoh. Kekhasan spektrum FTIR

membuatnya dapat dipakai untuk mengklasifikasikan contoh berdasarkan asal atau aktivitasnya. Namun, spektrum FTIR merupakan suatu set data multivariat yang besar, dan agar berguna sebagai pola sidik jari atau untuk kuantifikasi metabolit diperlukan serangkaian teknik kemometrik yang dapat mengubah spektrum FTIR menjadi informasi yang diinginkan (Widiastuty, 2006).

Prinsip FTIR adalah ketika sampel berinteraksi dengan sinar (radiasi elektromagnetik), maka ikatan kimia pada panjang gelombang tertentu akan menyerap sinar ini dan akan bervibrasi. Vibrasi ini dapat berupa vibrasi tekuk atau vibrasi ulur. Absorban atau vibrasi ini dihubungkan dengan ikatan tunggal atau gugus fungsi dari molekul untuk identifikasi senyawa yang tidak diketahui (Hidayat, 2011).

2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ekstraksi Agar-agar

2.4.1 Perendaman

Perendaman rumput laut bertujuan untuk melembabkan rumput laut dan kemudahan ketersediaan polisakarida larut. Konstituen rumput laut adalah polisakarida yang merupakan polimer hidrofilik. Air bereaksi dengan polisakarida eksternal dan internal rumput laut yang juga bervariasi sesuai dengan spesies (Kumar dan Ravi, 2009).

Perendaman rumput laut dalam larutan asam lebih baik dibanding dengan perendaman rumput laut dalam larutan alkali karena dapat mempercepat waktu ekstraksi, meningkatkan rendemen agar dan meningkatkan kekuatan gel agar. Perendaman rumput laut dalam larutan asam bertujuan untuk mempersiapkan pemisahan agar dari substansi nonagar (Yunizal, 2002).

Menurut Distantina *et al.*, (2001) menyatakan bahwa lama waktu perendaman tidak mempengaruhi rendemen agar-agar. Semakin meningkatnya kadar HCL (0,01 n – 0,5 N) rendemen agar-agar yang diperoleh semakin tinggi.

Selain itu penggunaan asam asetat sebagai larutan perendaman semakin besar maka kecepatan ekstraksi semakin cepat pula, dan asam asetat memberikan yield yang lebih besar dibandingkan dengan HCL. Ditambahkan oleh Kumar dan Ravi (2009), lebih lama waktu perendaman dapat mengakibatkan difusi beberapa agar ke dalam air sehingga menghasilkan rendemen agar yang rendah. Dalam korelasi negatif antara rendemen agar dan kandungan sulfat menyatakan peningkatan waktu perendaman menunjukkan perubahan dalam struktur agar menjadi bentuk sulfat yang merupakan bagian penting dari rantai molekul agar.

2.4.2 Penambahan Basa

Penambahan alkali pada ekstraksi agar saat tahap perendaman perlu dilakukan karena alkali terdifusi ke dalam jaringan selulosa rumput laut, dan terjadi reaksi perubahan struktur kimia prekursor (rumput laut) menjadi struktur agar ideal (Kusuma *et al.*, 2013). Ditambahkan oleh Kumar dan Ravi (2009), penambahan alkali dapat mengkonversi L-galaktosa-6-sulfat menjadi 3,6-anhydro-L-galaktosa yang bertanggung jawab untuk peningkatan kemampuan membentuk gel.

Larutan alkali mempunyai dua fungsi yaitu membantu ekstraksi polisakarida dari rumput laut dan berfungsi untuk mengkatalis hilangnya gugus-6-sulfat dari unit monomernya dengan membentuk 3-6-anhidrogalktosa sehingga mengakibatkan kenaikan kekuatan gelnya. Ekstraksi yang dilakukan dengan NaOH 2% mempunyai gel 3-5 kali lebih kuat jika dibanding dengan air. Disamping itu alkali berfungsi untuk mencegah terjadinya hidrolisis agar-agar (Mustamin, 2012).

Secara umum, perendaman dengan alkali dapat meningkatkan kekuatan gel agar-agar meskipun rendemennya lebih rendah dibandingkan dengan asam. Sedangkan perendaman dengan asam menghasilkan rendemen yang tinggi namun kekuatan gel agar-agarnya rendah. Selain itu, dengan alkali maka gugus

hidroksil pada prekursor (rumput laut) akan menjadi terionisasi dan mengakibatkan gugus sulfat lepas dan membentuk ikatan jaringan agar-agar ideal (Distantina *et al.*, 2008).

2.4.3 Ekstraksi

Ekstraksi merupakan suatu cara untuk memisahkan campuran beberapa zat menjadi komponen-komponen yang terpisah. Ekstraksi merupakan metode pemisahan satu atau lebih senyawa yang diinginkan dari larutan atau padatan yang mengandung campuran senyawa-senyawa tersebut secara fisik maupun kimiawi (Perwatasari, 2011).

Ekstraksi agar-agar dari rumput dilakukan dalam air pada suhu didih. Hal ini didasarkan pada sifat gel dan kelarutannya dalam air panas (Klose dan Glicksman, 1975). Ditambahkan oleh Kumar dan Ravi (2009), semakin besar volume air pembengkakan rumput laut lebih baik sehingga memungkinkan agar yang akan diekstraksi lebih mudah. Rumput laut kering dapat membengkak menjadi sekitar 20 kali volume bahan kering ketika terkena air.

Proses ekstraksi dapat berlangsung dalam suasana asam, basa maupun netral. Menurut Matsushashi (1977) tanpa penambahan asam diduga proses ekstraksi akan lebih mudah yaitu pada pH 7, suhu 100^oC selama 1-4 jam. Namun ekstraksi pada pH netral ini dilakukan untuk rumput laut yang telah diberi perlakuan asam.

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Bahan

Bahan penelitian yang digunakan terdiri dari bahan utama dan bahan tambahan. Bahan yang digunakan yaitu rumput laut jenis *Gracilaria verucosa*, CaO 0,5%, NaOH, kertas label, akuades, kertas saring, pH paper, tissue, plastik, air, kain blacu, HNO₃, HCHO 40%, HCL, B_aCL₂ 0,25 M, KCL, karet, *alumunium foil*.

3.1.2 Alat

Alat yang digunakan berupa alat pada saat proses pengolahan dan alat untuk analisa. Alat pengolahan proses terdiri dari *beaker glass* 500 mL dan 1000 mL, gelas ukur 100 mL, cawan petri, spatula, sendok bahan, nampan, baskom, oven, *waterbath*, blender, timbangan digital, *thermometer*, *stopwatch*, loyang, freezer, saringan, jirigen, gunting, pisau, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gotri, corong, erlenmeyer 250 mL, kurs porselin, *crushable tank*, *muffle*, desikator, timbangan analitik, kamera.

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Metode

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode eksperimen adalah mengadakan serangkaian kegiatan percobaan untuk mendapatkan suatu hasil yang menegaskan kedudukan hubungan kausal antara variabel yang diselidiki (Surachmad, 1975). Eksperimen dalam penelitian ini yaitu penggunaan waktu perendaman yang berbeda terhadap kualitas agar-agar *G. verrucosa*.

3.2.2 Variabel

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yakni adalah variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah kondisi-kondisi atau karakteristik yang oleh peneliti dimanipulasi dalam rangka untuk menerangkan hubungannya dengan fenomena yang diobservasi sedangkan variabel terikat adalah kondisi atau karakteristik yang berubah atau muncul ketika penelitian mengintroduksi, mengubah atau mengganti variabel bebas (Narbuko dan Achmadi, 1999).

Variabel bebas pada penelitian ini ialah waktu perendaman rumput laut *G. verrucosa*. Variabel terkontrol ialah suhu yang sama 25°C. Sedangkan variabel terikatnya yakni sifat fisikokimia agar-agar (Kekuatan gel, viskositas, *gelling* dan *melting point*, kadar sulfat dan Spektra inframerah).

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Sampel

Sampel *G. verrucosa* yang didapat dari desa Kupang kecamatan Jabon Sidoarjo, direndam dengan larutan CaO 0,5% selama 2 jam lalu dicuci dengan air keran untuk menghilangkan kotoran. Setelah sampel bebas dari kotoran kemudian sampel rumput laut bersih yang dikeringkan didalam oven selama 8 jam pada suhu 60°C dan disimpan dalam kantong plastik tertutup yang kemudian akan digunakan untuk ekstraksi agar.

3.3.2 Proses Ekstraksi Agar

a. Waktu Perendaman

Rumput laut kering yang sudah bersih, disiapkan menjadi 3 sampel masing-masing berat 20 gram. Selanjutnya ketiga sampel direndam selama ½ jam, 1 jam, 1,5 jam pada suhu 25°C. Ekstraksi dilakukan dua kali dengan merebus semua sampel selama 1 jam pada suhu 80° C dan ekstraksi kedua selama 2,5 jam pada suhu 100°C di *waterbath*.

b. Persiapan dan Penambahan Alkali

Selanjutnya dilarutkan 3% NaOH dan akuades dari berat kering rumput laut.. Sampel kering seberat 20 gram direndam pada larutan alkali dengan konsentrasi 3% selama 3 jam pada suhu kamar dalam 400 mL *beaker glass*. Selanjutnya *beaker glass* dimasukkan dalam waterbath pada suhu 80°C. Masing-masing setelah penambahan alkali, sampel dicuci dengan air keran selama 1 jam untuk menghilangkan kelebihan alkali. Ekstraksi dilakukan dengan merebus sampel selama 2,5 jam dalam 400 mL akuades pada pH 7,0-7,5. Ekstrak disaring menggunakan kain saring/ kain blacu dan dimasukkan dalam wadah plastik (500mL). Filtrat dibiarkan membentuk gel pada suhu kamar selama semalam dan dicairkan. Tahap akhir agar dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 24 jam, kemudian didinginkan dan ditimbang untuk menghitung persen rendemen agar-agar.

Pada penelitian utama bertujuan untuk mengetahui efektivitas waktu perendaman terhadap karakteristik sifat fisikokimia agar-agar *G. verrucosa*. Adapun perlakuannya meliputi waktu perendaman selama 1 ½ jam ; 1 jam ; 1,5 jam dengan tiga kali ulangan. Perlakuan penelitian utama dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 4. Perlakuan Penelitian Utama

NO	Perlakuan (jam)	Ulangan		
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3
1	0,5			
2	1			
3	1,5			

3.4 Analisis Parameter Uji

3.4.1 Analisis Kekuatan Gel (*Gel Strength*) (FMC corp, 1997)

Pengukuran kekuatan gel (kekerasan) lembaran dilakukan secara obyektif dengan menggunakan *texture analyzer* (TA-XT21). Tingkat kekerasan

sampel dinyatakan dalam gram *force* tiap cm^2 (g/cm^2) yang berarti besarnya gaya tekan untuk memecah deformasi produk. sampel diletakkan dibawah *probe* berbentuk silinder pada tempat penekanan, dengan sisi lebar ke atas. kemudian dilakukan penekanan terhadap sampel dengan *probe* silinder tersebut. Kecepatan alat ketika menekan sampel 1,5 mm/s. Tekanan dilakukan sebanyak satu kali. Hasil pengukuran akan tercetak pada kertas grafik dan dapat dilihat tinggi saat sampel benar-benar pecah. Nilai kekerasan dihitung dengan cara mengalikan tinggi grafik pada penekanan pertama dengan konversinya.

3.4.2 Analisis *Gelling* dan *Melting Point*

Prinsip penentuan *gelling point* adalah mengukur titik jendal dari sampel dengan menggunakan *thermometer* digital hanna. Prosedur kerja *gelling point* menurut Suryaningrum dan Utomo (2002) sebagai berikut:

- Larutan agar-agar dengan konsentrasi 6,67% (b/b).
- Akuades 15 mL dalam gelas ukur.
- Dipanaskan pada suhu 100°C dalam waterbath
- Suhu diturunkan secara perlahan dengan cara menempatkan pada wadah yang sudah diisi es.
- Titik jendal diukur pada saat larutan agar-agar mulai membentuk gel diukur menggunakan thermometer digital hanna.

Prinsip penentuan *melting point* adalah mengukur titik leleh dari sampel dengan cara memanaskan gel sampel dalam waterbath. Kerja *melting point* menurut Suryaningrum dan Utomo (2002) sebagai berikut:

- Larutan agar-agar konsentrasi 6,67% (b/b).
- Akuades sampel dinkubasi pada suhu 10°C selama 2 jam.
- Panaskan gel agar-agar dalam waterbath untuk mengetahui titik lelehnya.

- Gotri diletakkan diatas gel agar-agar ketika gotri jatuh kedasar agar-agar maka suhu tersebut dinyatakan sebagai titik leleh agar-agar.

3.4.3 Analisis Viskositas

Prinsip penentuan viskositas adalah untuk mengetahui besarnya tahanan bahan terhadap tekanan yang ada menggunakan viscometer brookfield.

Prosedur kerja viskositas menurut AOAC (1995) sebagai berikut:

- Larutan agar-agar konsentrasi 1,5% dipanaskan dalam bak air mendidih sambil diaduk secara teratur sampai suhu 75°C.
- Spindle dipanaskan terlebih dahulu pada suhu 75°C kemudian dipasang *viscometer brookfield*.
- Spindle yang telah panas dalam larutan panas diatur sampai tepat, viskometer dihidupkan dan suhu larutan diukur.
- Suhu larutan yang mencapai 75°C nilai viskositas diketahui dengan pembacaan viskometer skala 1 sampai 100.
- Pembacaan viskometer dilakukan setelah satu menit putaran penuh 2 kali untuk spindle no 1 dan tombol penekan jarum ditekan, kemudian dibaca angka yang ditunjukkan oleh jarum tersebut (A). angka konversi dari viskositas adalah poise (1 poise = 100 cP).

Nilai viskositas dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Viskositas (cP)} = A \times (1 \text{ poise} = 100 \text{ cP}).$$

3.4.4 Analisis Kadar Sulfat (AOAC, 1995)

Prinsip dengan metode Gravimetri dengan sedikit modifikasi. Prosedur kerja sebagai berikut:

- Sampel agar kering 0,5 g dimasukkan dalam tabung erlenmeyer.
- Ditambahkan 10 ml larutan HNO₃ pekat.

- Dipanaskan pada suhu 123^oC selama 30 menit, sehingga didapatkan volume 2-3 mL.
- Kemudian didinginkan lalu ditetesi larutan HCHO 40% 2-3 tetes.
- Ditambahkan 0,5 mL larutan HCL terkonsentrasi.
- Ditambahkan akuades sampai 200 mL.
- Dipanaskan sampai mendidih.
- Dititrasi dengan BaCl₂ 0,25 M (±10 tetes)
- Dibiarkan selama 5 jam.
- Endapan disaring dengan kertas saring, kemudian dimasukkan dalam oven pengering/pengabuan dengan suhu 700^oC selama 1 jam.
- Selanjutnya dimasukkan dalam desikator selama 15 menit.
- Ditimbang untuk menentukan berat BaSO₄.

Presentase kadar sulfat dihitung dalam persamaan sebagai berikut:

$$\text{Kadar Sulfat} = \frac{P \times 41,16 \times 100\%}{\text{Berat sampel}}$$

$$P = \text{Berat endapan BaSO}_4 \text{ (gram)}$$

3.4.5 Analisis FTIR (Hadik, 2008)

Prinsip FTIR adalah ketika sampel berinteraksi dengan sinar (radiasi elektromagnetik), maka ikatan kimia pada panjang gelombang tertentu akan menyerap sinar ini dan akan bervibrasi. Vibrasi ini dapat berupa vibrasi tekuk atau vibrasi ulur. Absorban atau vibrasi ini dihubungkan dengan ikatan tunggal atau gugus fungsi dari molekul untuk identifikasi senyawa yang tidak diketahui.

Prosedur kerjanya sebagai berikut:

- Pembuatan Pelet KBr
KBr yang digunakan yaitu jenis Spektro Grade, langkah pertama KBr dioven pada suhu 105^oC ± 1 jam, selanjutnya ditumbuk halus : apabila sampel

padat maka langsung dicampurkan ke dalam KBr tersebut serta ditumbuk halus bersama KBr, dengan perbandingan KBr : Sampel (10:1). Setelah KBr ditumbuk halus kemudian dicetak/dipres pada alat pengepresan pellet siap diukur pada FT-IR, namun apabila sampel cair maka setelah KBr menjadi pellet barulah sampel ditetaskan (antara 2-3 tetes), dan siap diukur pada FT-IR.

Prosedur penggunaan FTIR- 8400S SHIMADZU (Hadik, 2008).

- Tahap Awal

FTIR dihubungkan pada sumber tegangan 220 volt, selanjutnya dinyalakan alat FTIR dengan menekan tombol ON diikuti dengan menyalakan komputer, dipilih program {IR SOLUTION} dan diklik 2x pada program {IR SOLUTION} untuk masuk ke dalam program. Dilanjutkan memilih menu {MEASUREMENT} yang ada pada *Function Tabs*, dan memilih menu {MEASUREMENT} yang ada pada *Menu Bardengan* mengklik {INITIALIZE} kemudian tunggu sampai komputer terhubung dengan alat FTIR.

- Pengukuran Sampel

Sebelum dilakukan pengukuran sampel, *Sample Compartment* (ruangan didalam alat yang disediakan untuk tempat sampel) dikosongkan terlebih dahulu dan diklik background {BKG} serta ditunggu hingga proses scanning selesai. Langkah selanjutnya membuka *sample compartment* dan masukkan sampel, kemudian ditutup alat FT-IR dan tunggu hingga proses *scanning* selesai. Untuk mencetak hasil, klik menu FILE dan dipilih PRINT selanjutnya dipilih bentuk TEMPLATE yang diinginkan dan tekan ENTER.

- Tahap Akhir

Untuk keluar dari program IR solution, diklik menu FILE dan dipilih CLOSE atau menutup tampilan yang ada, serta diklik EXIT. Selanjutnya komputer dimatikan diikuti FTIR.

3.5 Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan menggunakan ANOVA (Analysis of Variance) yang bertujuan untuk mengetahui ada tidaknya perbedaan yang terjadi diantara faktor perlakuan yang digunakan beserta interaksinya.

Tabel 5. Model Rancangan Percobaan

NO	Perlakuan (jam)	Ulangan			Total	Rata-rata
		Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3		
1	N1	(N1)	(N1)	(N1)	TN1	RN1
2	N2	(N2)	(N2)	(N2)	TN2	RN2
3	N3	(N3)	(N3)	(N3)	TN3	RN3

Keterangan:

- N1 : Perlakuan perendaman dengan waktu 0,5 jam
- N2 : Perlakuan perendaman dengan waktu 1 jam
- N3 : Perlakuan perendaman dengan waktu 1,5 jam

Penelitian ini menggunakan analisis data statistik dengan metode Analysis of Variance (ANOVA), dengan model analisa sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

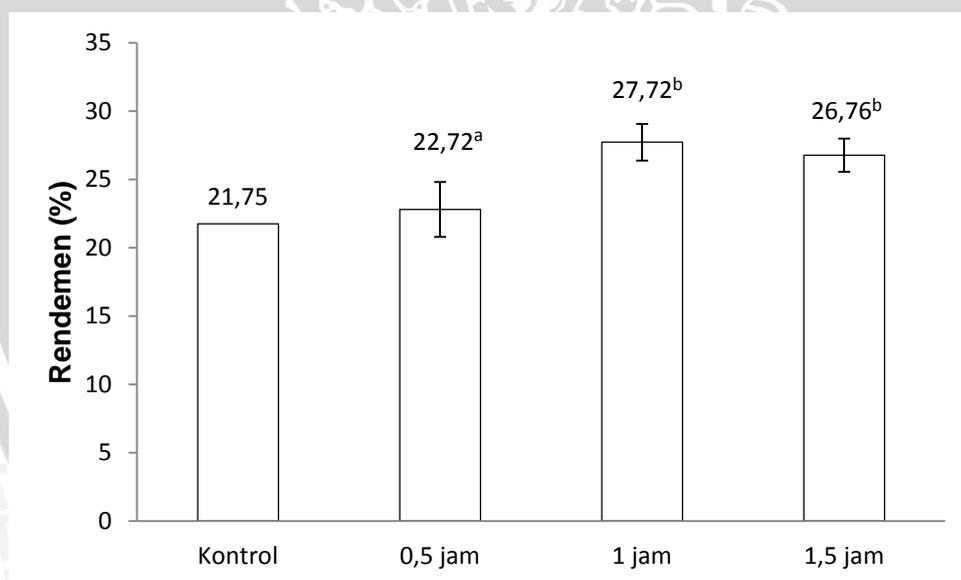
Dimana:

- Y_{ij} : Hasil pengamatan (parameter kualitas agar-agar *G. verrucosa*)
- μ : Nilai rata-rata umum
- T_i : Pengaruh waktu perendaman pada taraf ke-i terhadap parameter
- ϵ_{ij} : Pengaruh galat percobaan pada taraf ke-i dan ulangan pada taraf ke-i
- i : Perbedaan waktu perendaman
- j : Ulangan (1, 2, 3)

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Rendemen

Nilai rendemen dapat digunakan untuk melihat produk dari segi ekonomi. Semakin tinggi nilai rendemen maka semakin tinggi nilai ekonomisnya, sebaliknya semakin rendah nilai rendemen maka semakin rendah pula nilai ekonomisnya. Data pengamatan dan analisis data rendemen agar-agar pada berbagai perlakuan dan kontrol dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil analisis data menunjukkan bahwa rendemen agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan waktu perendaman tidak berbeda nyata ($p < 0,05$). Rendemen agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan perendaman dan kontrol pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Persentase rendemen agar-agar *G. verrucosa* kontrol dan berbagai perlakuan waktu perendaman

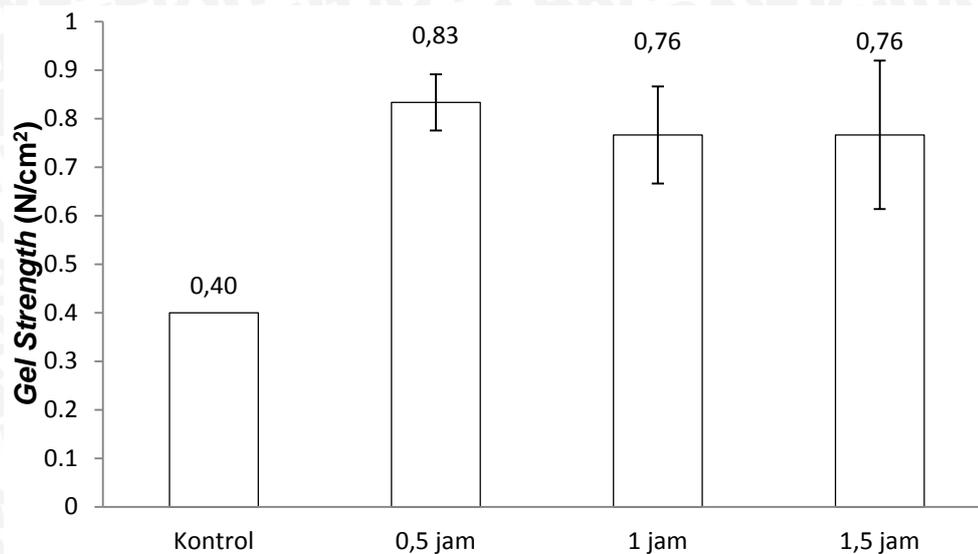
Gambar 4 memperlihatkan bahwa rendemen agar-agar dengan berbagai perlakuan waktu perendaman lebih tinggi dibanding dengan rendemen agar-agar kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa lama waktu perendaman yang berbeda mengakibatkan agar-agar yang terdapat dalam rumput laut terekstrak dengan

baik pada proses perendaman. Menurut Yunizal (2004), bahwa rendemen yang tinggi bisa dipengaruhi oleh faktor tingginya kadar air, kadar abu dan kadar dari selulosa.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu perendaman dapat menurunkan persentase rendemen agar-agar *G. verrucosa*. Hal ini dimungkinkan lama perendaman juga dipengaruhi oleh musim panen rumput laut. Rendahnya rendemen yang diperoleh juga dapat disebabkan oleh tingginya kandungan komponen yang larut dalam air. Menurut oleh Rosulva (2008), tinggi rendahnya rendemen agar-agar dipengaruhi oleh spesies rumput laut, iklim, dan usia panen. Agar merupakan polisakarida yang terakumulasi dalam dinding sel rumput laut penghasil agar atau agarofit, oleh karenanya kandungan agar yang terdapat dalam rumput laut dipengaruhi oleh musim.

4.2 Kekuatan gel (*Gel strength*)

Kekuatan gel merupakan beban maksimum yang dibutuhkan untuk memecah matrik polimer pada daerah yang dibebani. Kemampuan membentuk gel merupakan salah satu sifat agar-agar yang menjadi dasar penggunaannya dalam berbagai industri. Data pengamatan dan analisis data kekuatan gel agar-agar pada berbagai perlakuan dan kontrol dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kekuatan gel agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan waktu perendaman tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Kekuatan gel agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan perendaman dan kontrol pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Nilai kekuatan gel agar-agar *G. verrucosakontrol* dan berbagai perlakuan waktu perendaman

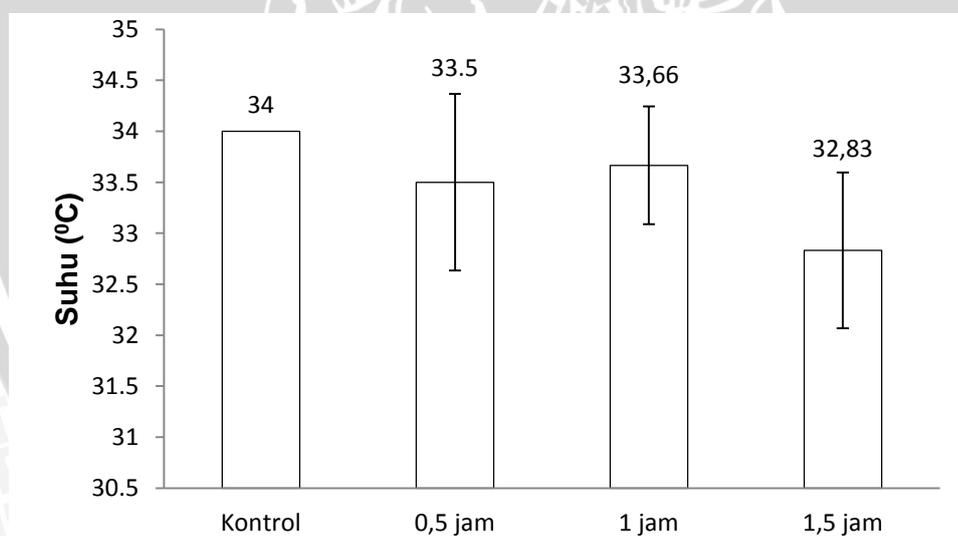
Gambar 5 memperlihatkan bahwa nilai kekuatan gel agar-agar dengan berbagai waktu perendaman lebih tinggi dibanding dengan nilai kekuatan gel agar-agar kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama waktu perendaman akan membersihkan sisa-sisa sulfat dari garam-garam sulfat sehingga menghasilkan kekuatan gel yang tinggi. Menurut Distantina *et al.*, (2008) kadar sulfat di dalam agar-agar sangat mempengaruhi *gel strength*, karena sifat sulfat sangat hidrofilik sehingga dengan banyaknya kadar sulfat dalam agar-agar akan menurunkan kekuatan gel agar-agar.

Gambar 5 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu perendaman dapat menurunkan nilai kekuatan gel. Hal ini dimungkinkan semakin lama perendaman komponen asing yang tidak larut dalam air tidak dapat menjendal dan masih tingginya kandungan sulfat dalam agar yang dihasilkan dalam penelitian ini. Menurut Rosulva (2008), Sulfat merupakan salah satu zat pengotor dalam agar. Selama penyimpanan, sulfat dapat menimbulkan perubahan warna. Sulfat dalam agar dapat menghasilkan senyawa yang berwarna dan senyawa yang berbau. Untuk menurunkan kandungan sulfat dalam rumput laut, dapat

dilakukan praperlakuan yaitu perendaman NaOH 0,25% selama semalam sebelum proses ekstraksi.

4.3 Gellingpoint

Gelling point adalah temperatur saat terjadinya peralihan dari fasa sol ke fasa gel dimana pada keadaan ini terjadi perubahan konformasi gulungan acak menjadi rantai berpilin ganda. Pilinan ganda selanjutnya akan beragregasi membentuk struktur tiga dimensi. Data pengamatan dan analisis data suhu *gelling point* agar-agar pada berbagai perlakuan dan kontrol dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil analisis data menunjukkan bahwa suhu *gelling point* agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan waktu perendaman tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Suhu *gelling point* agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan perendaman dan kontrol pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Suhu *gelling point* agar-agar *G. verrucosa* kontrol dan berbagai perlakuan waktu perendaman

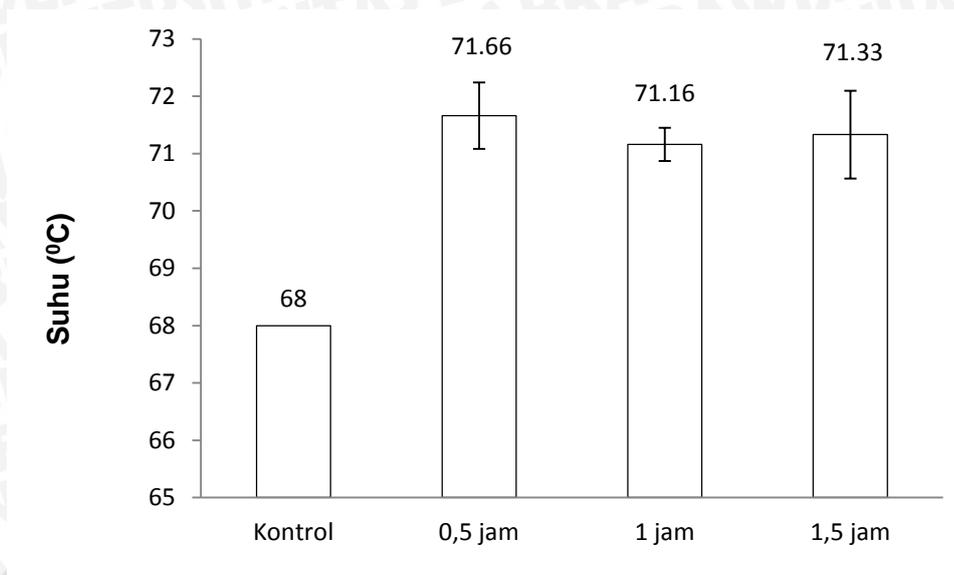
Gambar 6 memperlihatkan bahwa suhu puncak *gelling point* agar-agar pada berbagai waktu perendaman memiliki nilai yang sama dengan suhu *gelling point* agar-agar kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama

perendaman, kandungan metoksil pada agar-agar akan meningkat. Menurut Amnidar (1989), Titik pembentukan gel berhubungan dengan kadar metoksil yang terkandung dalam agar-agar. Peningkatan kadar metoksil pada agarosa akan meningkatkan titik pembentukan gel. Ditambahkan oleh Tensiska (1992), temperatur pembentukan gel agar-agar berkisar 32-39°C. Temperatur pembentukan gel berkorelasi positif dengan kandungan metoksil agar-agar.

Gambar 6 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu perendaman dapat menurunkan suhu pembentukan gel pada agar-agar *G. verrucosa*. Hal ini dimungkinkan lama perendaman rumput laut mengakibatkan tingginya kandungan komponen yang larut dalam air tetapi tidak dapat menjendal. Menurut Kumar dan Ravi (2009), suhu yang tinggi dapat memecah ikatan metoksil agar sehingga suhu pembentuk gel lebih rendah. Disamping itu kandungan sulfat yang lebih tinggi dan suhu perendaman yang tinggi dapat mempengaruhi suhu pembentuk gel yang menyebabkan perubahan dalam struktur molekul agar.

4.4 *Melting point*

Melting point adalah temperatur saat terjadinya penguraian daerah simpulan menjadi struktur pilinan ganda dan selanjutnya berubah menjadi konformasi gulungan acak. Data pengamatan dan analisis data suhu *melting point* agar-agar pada berbagai perlakuan dan kontrol dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil analisis data menunjukkan bahwa suhu *melting point* agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan waktu perendaman tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Suhu *melting point* agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan perendaman dan kontrol pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Suhu *melting point* agar-agar *G. verrucosa* kontrol dan berbagai perlakuan waktu perendaman

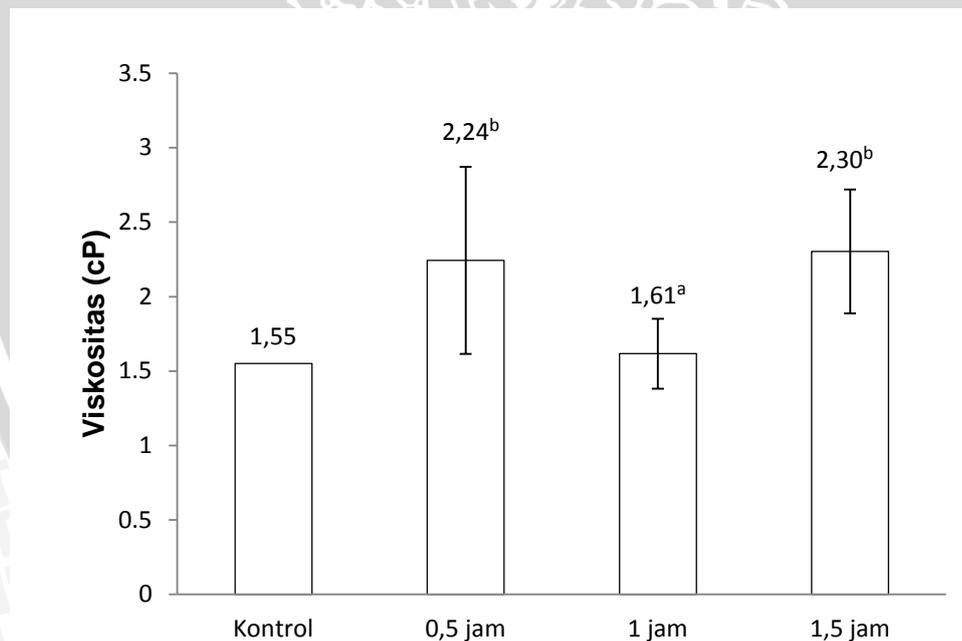
Gambar 7 memperlihatkan bahwa suhu *melting point* agar-agar dengan berbagai perlakuan perendaman lebih tinggi dibanding agar-agar kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa lama perendaman menyebabkan konsentrasi dan berat molekul agar-agar berkorelasi positif. Menurut Murdinah dkk (2012), titik cair agar jauh lebih tinggi daripada suhu pembentukan gel, misalnya 1,5% larutan agar akan membentuk gel dengan pendinginan 32°C sampai 39°C dan tidak mencair dibawah suhu 85°C . Fenomena tersebut dinamakan histeresis. Fenomena histeresis merupakan karakteristik alami dari agar yang dapat dimanfaatkan dalam aplikasi pangan, khususnya yang menggunakan proses panas.

Gambar 7 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu perendaman dapat meningkatkan suhu *melting point*. Hal ini dimungkinkan saat proses perendaman terjadi ikatan hidrogen yang lebih banyak antar rantai polimer yang berdekatan, sehingga terbentuk jaringan polimer yang kompleks dan kuat. Menurut Glicksman (1982), ikatan hidrogen terjadi antara oksigen pada atom karbon kedua dari suatu rantai polimer polisakarida dengan oksigen pada atom karbon kedua rantai polimer polisakarida lainnya. Akibat adanya ikatan hidrogen

ini akan terbentuk jaringan polimer yang kompleks, sehingga untuk mengurai jaringan tersebut dibutuhkan temperature yang tinggi.

4.5 Viskositas

Viskositas didefinisikan sebagai perbandingan antara tekanan geser suatu cairan. Viskositas agar-agar pada suhu dan konsentrasi konstan adalah fungsi langsung dari berat molekul rata-rata. Data pengamatan dan analisis data viskositas agar-agar pada berbagai perlakuan dan kontrol dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil analisis data menunjukkan bahwa viskositas agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan waktu perendaman berbeda nyata ($p < 0,05$). Viskositas agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan perendaman dan kontrol pada peneliti dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Nilai viskositas agar-agar *G. verrucosa* kontrol dan berbagai perlakuan waktu perendaman

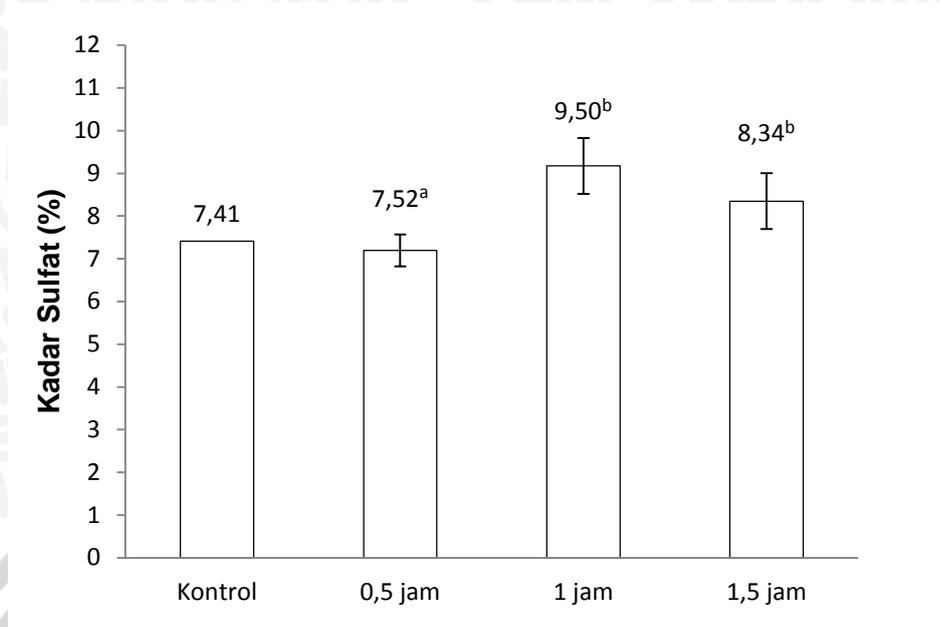
Gambar 8 memperlihatkan bahwa nilai viskositas agar-agar pada berbagai waktu perendaman lebih tinggi dibanding agar-agar kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama perendaman membantu pembentukan gelyang relatif

konstan. Menurut Murdinah dkk (2012), viskositas larutan agar sangat bervariasi tergantung sumber bahan bakunya. Viskositas pada suhu di atas titik terbentuknya gel, relatif konstan pada pH 4,5 sampai 9,0 dan tidak terlalu dipengaruhi oleh waktu atau kekuatan ion pada kisaran pH 6 sampai 8. Akan tetapi, sekali proses pembentukan gel dimulai, viskositas pada suhu konstan meningkat sesuai waktu.

Gambar 8 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu perendaman dapat meningkatkan nilai viskositas agar-agar. Hal ini dimungkinkan lama perendaman dapat mengikat komponen yang terdapat dalam agar-agar yang tidak bisa larut dalam air sehingga komponen asing ikut larut dalam air. Menurut Noor *et al.*, (2003) menyatakan kandungan sulfat yang tinggi akan menyebabkan terjadinya lebih banyak gaya tolak antara gugus sulfat yang bermuatan negatif, sehingga rantai polimer kaku dan tertarik kencang. Hal ini akan mengakibatkan peningkatan kekentalan.

4.6 Kadar sulfat

Kadar sulfat merupakan parameter yang digunakan untuk berbagai jenis tepung yang terdapat dalam alga merah. Sulfat dalam agar-agar akan mempengaruhi kualitas agar yaitu akan mengurangi kekuatan gel dan kandungan 3,6-anhidro-L-galaktosa. Sehingga semakin rendah kadar sulfat yang dihasilkan maka semakin baik kualitas agar-agar yang dihasilkan. Data pengamatan dan analisis data kadar sulfat agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan waktu perendaman dan kontrol dapat dilihat pada Lampiran 3. Hasil analisis data menunjukkan bahwa kadar sulfat agar-agar *G. verrucosa* pada berbagai perlakuan waktu perendaman sangat berbeda nyata ($p < 0,01$). Kadar sulfat agar-agar pada berbagai perlakuan waktu perendaman dan agar-agar kontrol pada penelitian dapat dilihat Gambar 9.



Gambar 9. Persentase kadar sulfat agar-agar *G. verrucosus* kontrol dan berbagai perlakuan waktu perendaman

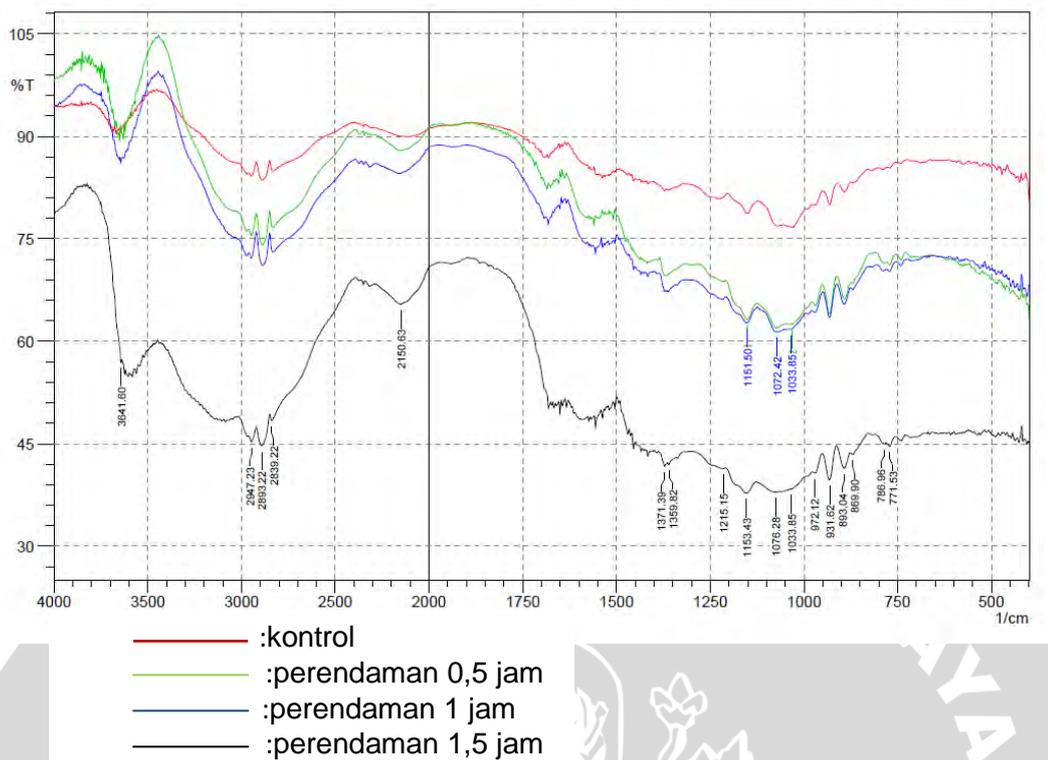
Gambar 9 memperlihatkan bahwa kandungan sulfat agar-agar dengan berbagai perlakuan waktu perendaman lebih tinggi dibanding agar-agar kontrol. Perbedaan kadar sulfat yang dihasilkan disebabkan pada saat proses perendaman komponen asing yang terdapat dalam rumput laut tidak larut dalam air. Kadar sulfat merupakan parameter yang digunakan untuk berbagai jenis tepung yang terdapat dalam alga merah. Alkali dapat mengkatalis hilangnya gugus sulfat pada C-6 membentuk 3,6 anhydrogalaktosa. Penggunaan alkali dapat mengikat gugus sulfat yang mempunyai sifat hidrofilik sehingga dapat meningkatkan kekuatan gel hasil ekstraksi rumput laut (Noor *et al.*, 2003). Ditambahkan oleh Kumar dan Ravi (2009), ada korelasi negatif antara rendemen agar dan kandungan sulfat yaitu bahwasemakin lama waktu perendaman menunjukkan perubahan dalam struktur agar menjadi bentuk sulfat yang merupakan bagian penting dari rantai molekul agar.

Gambar 9 memperlihatkan bahwa semakin lama waktu perendaman dapat menurunkan kandungan sulfat. Hal ini dimungkinkan semakin lama

perendaman akan dapat menurunkan kandungan sulfat agar-agar. Konsentrasi sulfat dalam agar-agar dapat dipengaruhi oleh perbedaan jenis dan asal rumput laut, metode ekstraksi, serta umur panen. Menurut Nelson *et al.*, (1983) melakukan perendaman rumput laut selama 15 jam pada air dengan tujuan agar rumput laut yang akan diekstrak berwarna putih. Perendaman dilakukan untuk melanjutkan pembersihan rumput laut dari kotoran-kotoran yang mungkin masih melekat. Selain itu senyawa lain seperti logam berat yang mungkin ada pada bahan baku keluar pada saat proses ekstraksi.

4.7 Spektra Inframerah Agar-agar

Spektrofotometer FTIR dapat digunakan untuk analisa sampel yang berupa padatan, cairan, dan gas. Spektrum inframerah tersebut dihasilkan dari pentransmisiian cahaya yang melewati sampel. Spektra inframerah yang diperoleh kemudian diplot sebagai intensitas fungsi energi, panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}). Hasil dari identifikasi spektra inframerah agar-agar *G. verrucosa* kontrol dan berbagai perlakuan waktu perendaman dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Spektra inframerah agar-agar *G. verrucosa* kontrol dan berbagai perlakuan waktu perendaman

Gambar 10 memperlihatkan bahwa hasil identifikasi spektra inframerah pada agar-agar kontrol dan berbagai perlakuan perendaman muncul absorbansi yang hampir sama akan tetapi perlakuan perendaman muncul puncak yang sangat tajam terutama pada perlakuan 1,5 jam. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lama perendaman gugus yang terdapat dalam agar-agar telah mengalami pergeseran. Menurut Amnidar (1989), lama perendaman menyebabkan unit disakarida berulang agarosa yang terdapat dalam molekul agar berbeda, sehingga berpengaruh terhadap perubahan bentuk galaktosa terutama dari L-galaktosa-6-sulfat menjadi 3,6-anhidro-galaktosa.

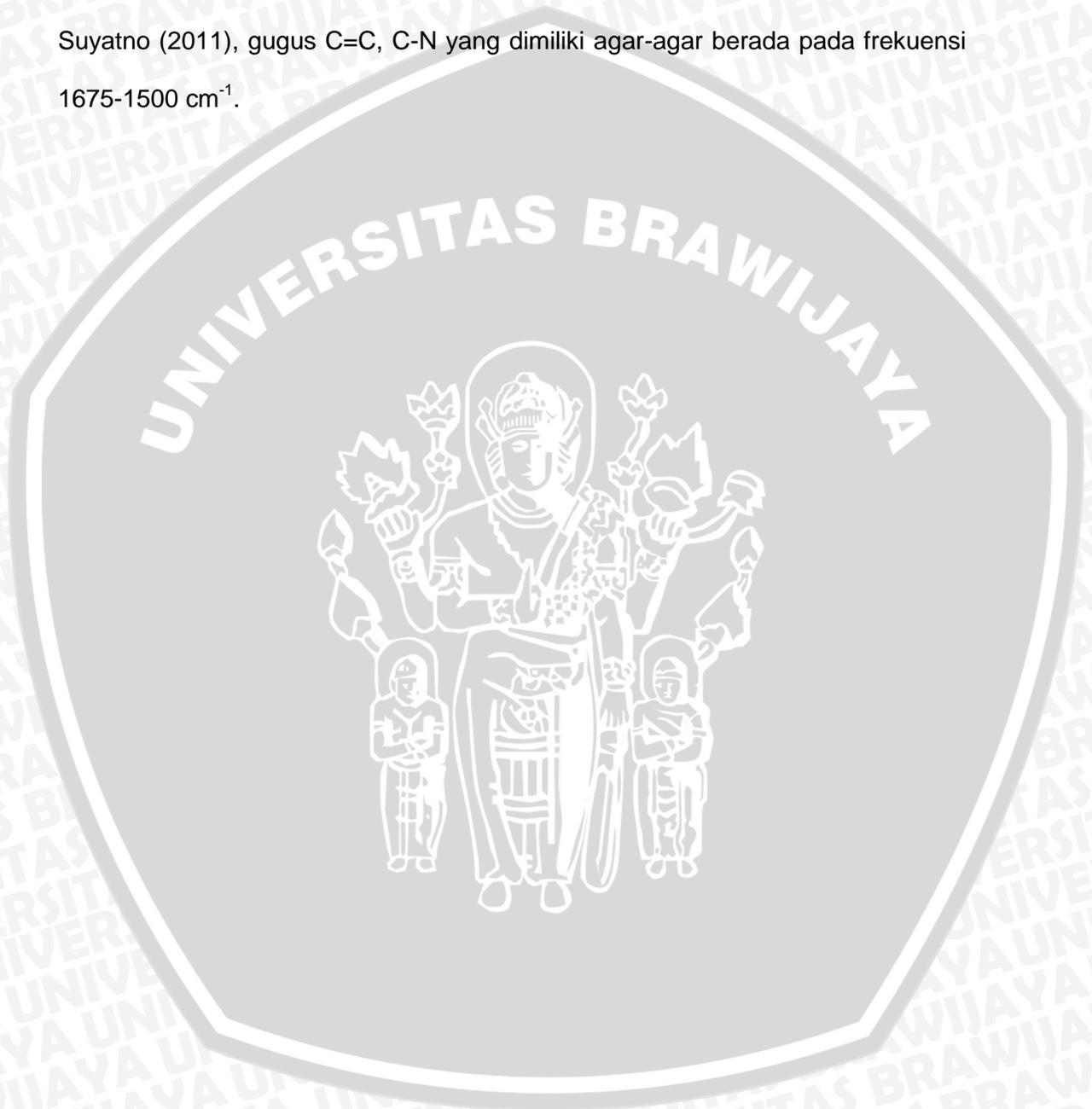
Hasil spektra inframerah agar-agar kontrol dan berbagai waktu perendaman yaitu muncul puncak pada angka gelombang 2850-2970 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C-H alkana. Muncul puncak pada angka gelombang 3500-3650 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus O-H asam

karboksilat monomer. Muncul puncak pada angka gelombang 1500-1600 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C-C cincin aromatik. Muncul puncak pada angka gelombang 1050-1300 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C-O alkohol/eter/asam karboksilat/ester. Adanya pergeseran gugus tersebut dimungkinkan karena perendaman dengan penambahan basa dan pengeringan berpengaruh terhadap perubahan gugus pada agar-agar. Hal ini sesuai menurut Balkan *et al.*, (2005) yaitu spektrum inframerah memiliki peran untuk perbedaan polisakarida agar-agar. Pita absorpsi inframerah dari kelompok sulfat agar polisakarida ditampilkan pada 1240-1250 cm^{-1} umumnya untuk ester sulfat dan 805 cm^{-1} dikaitkan dengan sulfat pada C₂ dari 3,6 anhydro galaktosa. Absorbansi pada 1060, 1180, 1070 dan 1370 cm^{-1} diberikan pada kelompok O-CH₃, sedangkan absorbansi pada 2920 cm^{-1} menunjukkan kelompok yang sangat tinggi kandungan alkohol.

Gambar 10 memperlihatkan bahwa hasil identifikasi spektra inframerah pada berbagai perlakuan waktu perendaman yaitu semakin lama perendaman absorbansi yang didapat semakin tajam. Hal ini dimungkinkan lama perendaman dapat memecah ikatan polisakarida pada struktur agar. Menurut FAO (2013), agar tidak hanya terdiri dari polisakarida akan tetapi terdiri dari serangkaian kompleks polisakarida seperti sulfat galaktan dan asam piruvat yang mampu membentuk gel dan membentuk suatu struktur agarosa yang ideal pada saat proses ekstraksi.

Hasil spektra inframerah agar-agar pada berbagai perlakuan waktu perendaman muncul puncak paling tinggi pada angka gelombang 3590-3650 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus O-H alkohol monomer/fenol dan muncul puncak paling rendah pada angka gelombang 675-995 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C-H alkena. Akan tetapi ada perbedaan yaitu pada perlakuan 0,5 jam dan 1 jam sama-sama muncul puncak pada angka gelombang 1610-1680

cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C=C alkena dan pada perlakuan 1,5 jam muncul puncak pada angka gelombang 1180-1360 cm^{-1} yang menunjukkan adanya gugus C-N amina/amida. Hal ini dimungkinkan semakin lama waktu perendaman mengakibatkan pergeseran gugus yang cukup jauh. Menurut Suyatno (2011), gugus C=C, C-N yang dimiliki agar-agar berada pada frekuensi 1675-1500 cm^{-1} .



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada penelitian tentang pengaruh lama waktu perendaman terhadap kualitas agar-agar *G. verrucosa* didapatkan hasil bahwa ekstraksi agar-agar *G. verrucosa* dengan perlakuan lama waktu perendaman 1 jam menghasilkan kualitas yang lebih baik.

5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik fisikokimia agar-agar dengan berbagai faktor lain untuk menghasilkan kualitas agar-agar *Gracilaria verrucosa* yang baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Amnidar. 1989. *Mempelajari Pengaruh Konsentrasi NaOH dan Waktu pada Perlakuan Alkali terhadap Mutu Agar-agar dari Rumput Laut Gracilaria verrucosa*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Anggadiredja J.T, Zalnika, A. Purwoto, H. Istini, S. 2008. Rumput Laut: Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Angka, S.L dan Suhartono, M.T. 2000. Bioteknologi Hasil Laut. Bogor: PKSPL-IPB.
- AOAC. 1995. Official Methods For Analysis. Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist.
- Aslan, L. M. 1998. Rumput Laut. Kanisius. Yogyakarta.
- Balkan, G. Burak, C. Kasim, C.G. 2005. Fractionation of Agarose and *Gracilaria verrucosa* Agar and Comparison of Their IR Spectra with Different Agar. *Acta Pharmaceutica Turcica*. **47**: 93-106
- Distantina, S. Fadilah. Dyartanti, R.E. Artati, K.E. 2007. Pengaruh Rasio Berat Rumput Laut-Pelarut Terhadap Ekstraksi Agar-agar. *Ekullibrum*. **6** (2): 53-58
- Distantina, S. Anggraeni, D.R. dan Fitri, L.E. 2008. Pengaruh Konsentrasi dan Jenis Larutan Perendaman terhadap Kecepatan Ekstraksi dan Sifat Gel Agar-agar dari Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*. *Jurnal Rekayasa Proses*. **2** (1): 11-16
- FAO. 2013. Training Manual on Gracilaria Culture and Seaweed Processing in China. Romw. 37-42.
- Fernandez B.R. 2011. Spektroskopi Infra Merah (FT-IR) Dan Sinar Tampak (UV-Vis). Program Studi Kimia. Pasca Sarjana Universitas Andalas. Padang.
- FMC Corp. 1997. Carrageenan. Marine Colloid Monograph Number One. Marine Colloids Division FMC Corporation. Springfield, New Jersey. USA. 23-29.
- Gliksman, M. 1983. Food Hydrocolloid Vol II. CRC Press. Inc. Boca Raton. Florida. 199 hlm.
- Google image. 2014. *Gracilaria verrucosa*. <http://googleimage.Gracilaria.verrucosa.com>. Diakses pada tanggal 18 Januari 2014 pukul 10.00 WIB.
- Hadik. 2008. Petunjuk Penggunaan Alat FTIR (*Fourier Transform Infra Red*). Laboratorium Instrumen Jurusan Kimia Fakultas MIPA. Universitas Brawijaya. Malang.

- Hidayat, A. 2011. Fraksionasi Golongan Flavonoid dari Daun Kepel (*Stelechocarpus burahol*) yang Berpotensi sebagai Antibakteri. Departemen Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.
- Joseph, G. 2002. Manfaat Serat Makanan Bagi Kesehatan Kita. Makalah Falsafah Sains, Mei 2002. Bogor: Sekolah Pascasarjana IPB.
- Klose, R.E dan M. Gliksman. 1975. Gums dalam Handbook of Additive. 2nd. CRC Press, Ohio
- Kumar, V dan Ravi, F. 2009. Agar Extraction Process for *Gracilaria cliftonii*. Curtin Aquatic Research Laboratories. *Journal Carbohydrate Polymers* **78** : 813-819.
- Matsuhashi, T. 1977. Acid Pretreatment of Agarophytes Provider Improvement in Agar Extraction. *J. Food Science*. Vol **42** : 5.
- Murdianah dan Sinurat, E. 2011. Sifat Fungsional Formula Kappa dan Iota Karaginan Dengan Gum. *Jurnal Pascapanen dan Bioteknologi. Kelautan dan Perikanan* **1** (1) : 1-8.
- Murdinah. Siti N.K.A. Nurhayati. Subaryono. 2012. Membuat Agar dari Rumput Laut *Gracilaria sp.* Penebar Swadaya Jakarta.
- Mustamin, ST.F. 2012. *Studi pengaruh Konsentrasi KOH dan Lama Ekstraksi Terhadap Karakteristik Karagenan dari Rumput Laut (Euचेuma cottonii)*. Skripsi Program Studi Ilmu dan Teknologi Pangan. Jurusan Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanudin. Makasar.
- Narbuko, C. Achmadi, A. 1999. Metodologi penelitian, Jakarta, Bumi Aksara.
- Nelson, S.G. Yang, S.S. Wang, C.Y. dan Chiang, Y.M. 1983. Yield and Quality of Agar from Species of *Gracilaria* (Rhodophyta) Collected from Taiwan and Micronesia. *Mar* **24**: 361.
- Noor, R.A. Waryat. Marseno, W.D. 2003. Teknologi Pengolahan Rumput Laut (*Euचेuma cottonii*) Menjadi tepung Karagenan. *Penerapan Teknologi Tepat Guna Dalam Mendukung Agribisnis*. 489-494
- Olivia. 2009. Seluk Beluk Food Supplement. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Perwatasari, D.D. 2011. *Kajian Aktivitas Antioksidan dan Antimikroba Fraksi Ekstrak Daun dan Ranting Jarak Pagar (Jatropha curcas L.) serta Pemanfaatannya pada Produk Personal Hygiene*. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Poncomulyo, T. Maryani, H. Kristiani, L. 2006. Budidaya dan Pengolahan Rumput Laut. Jakarta: PT. Agro Media Pustaka.
- Rahmasari, V. 2008. *Pemanfaatan Air Abu Sabut Kelapa dalam Pembuatan Agar-agar Kertas dari Rumput Laut Gracilaria sp.* Program Studi Teknologi

Hasil Perikanan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Ramadhan. W. 2011. *Pemanfaatan Agar-agar Tepung Sebagai Texturizer pada Formulasi Selai Jambu Biji Merah (Psidium guajava L.) lembaran Dan pendugaan Umur Simpannya*. Departemen teknologi Hasil Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Rasyid, A. 2004. Beberapa Catatan tentang Agar. *Oseania* **29** (2): 1-7.

Rasyid. A. Rachmat, R. Murniasih, T. 1999. Karakteristik Polisakarida Agar Dari *Gracilaria sp* Dan *Gelidium sp*. Prosiding Pra Kipnas VII Forum Komunikasi I Ikatan Fikologi Indonesia (IFI). Serpong, Gedung DRN. Puspiptek: hlm. 57 – 62.

Risjani, Y. 2004. *Potensi Sumberdaya Rumput laut Di Jawa Timur dan Jenis-jenis Ekonomis Penting*. Universitas Brawijaya. Fakultas Perikanan. Malang.

Rosulva. I. 2008. *Pembuatan Agar Bakto Dari Rumput Laut Gelidium sp. Dengan Khitosan Sebagai Absorben*. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Saputra, R. 2008. *Pengaruh Konsentrasi Alkali Dan Rasio Rumput Laut Alkali terhadap Viskositas dan kekuatan Gel Semi refined Carrageenan (SRC) dari Rumput Laut Eucheuma Cottonii*. Program Studi Keteknikan Pertanian. Jurusan Teknologi Pertanian. Fakultas Pertanian. Universitas hasanudin. Makassar.

Suptijah, P. 2002. *Pengaruh Penambahan Berbagai Konsentrasi Kitosan Terhadap Mutu Agar Bakto Gracilaria sp*. Departemen Teknologi Hasil Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Surachmad. 1975. Pengantar Penelitian Ilmiah Dasar. Bandung : Teknik Tarsito.

Suryaningrum, T. D. dan Utomo, BSB. 2002. Petunjuk Analisis Rumput Laut dan Hasil Olahannya. Jakarta: Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Perikanan dan Kelautan.hlm. 23-24.

Suyatno. 2011. *Spektroskopi Inframerah (IR)*. Program Studi Pendidikan Sains. Program Pascasarjana. Universitas Negeri Surabaya. Surabaya

Tensiska. 1992. *Pengaruh Pemucatan Terhadap Derajat Putih Dan Kekuatan Gel Agar-agar Gracilaria verrucosa*. Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Widiastuty. W. 2006. *Teknik Spektroskopi Inframerah Transformasi Fourier Untuk Penentuan Profil Kadar Xantorizol Dan Aktivitas Antioksidan Temulawak*. Departemen Kimia. Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Pertanian Bogor.

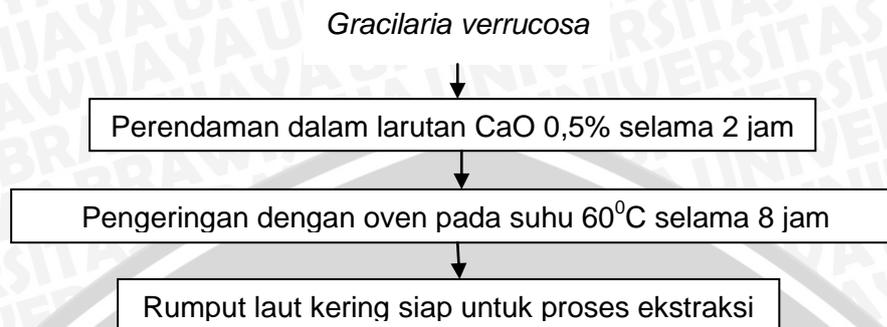
Winarno, F.G. 1996. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.

Yunizal. 2002. Teknologi Ekstraksi Agar-agar Dari Rumput Laut Merah (*Rhodophyceae*). Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Pusat Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.

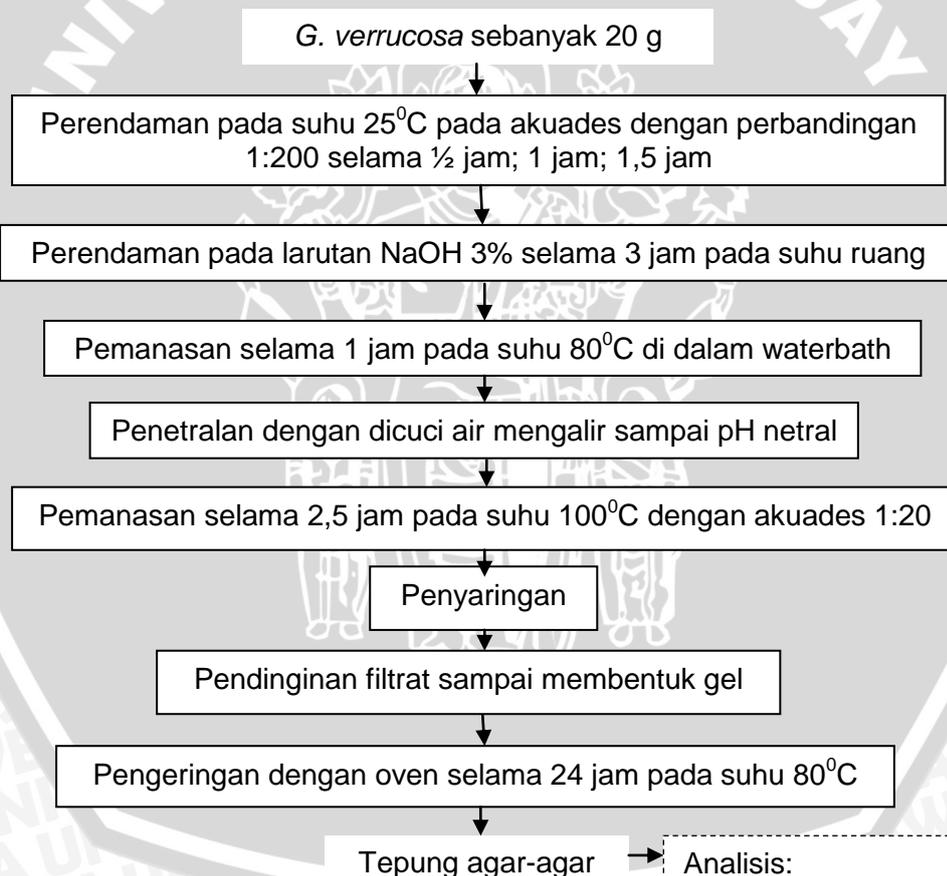


Lampiran 1. Diagram Alir Penelitian

A. Persiapan Sampel



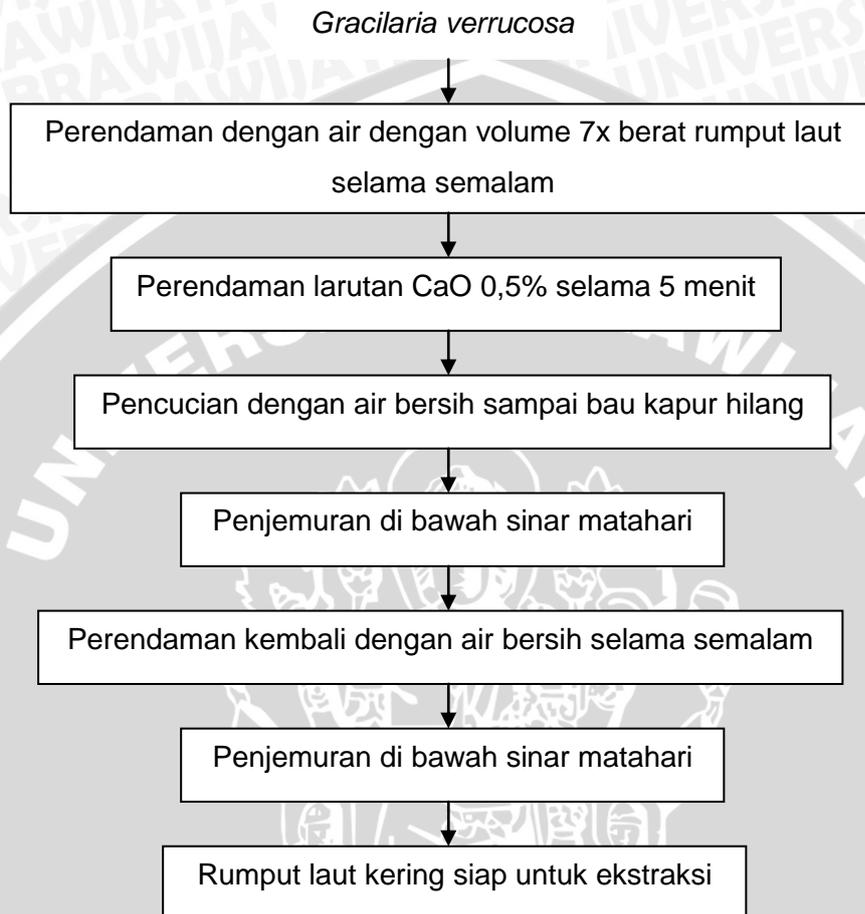
B. Ekstraksi



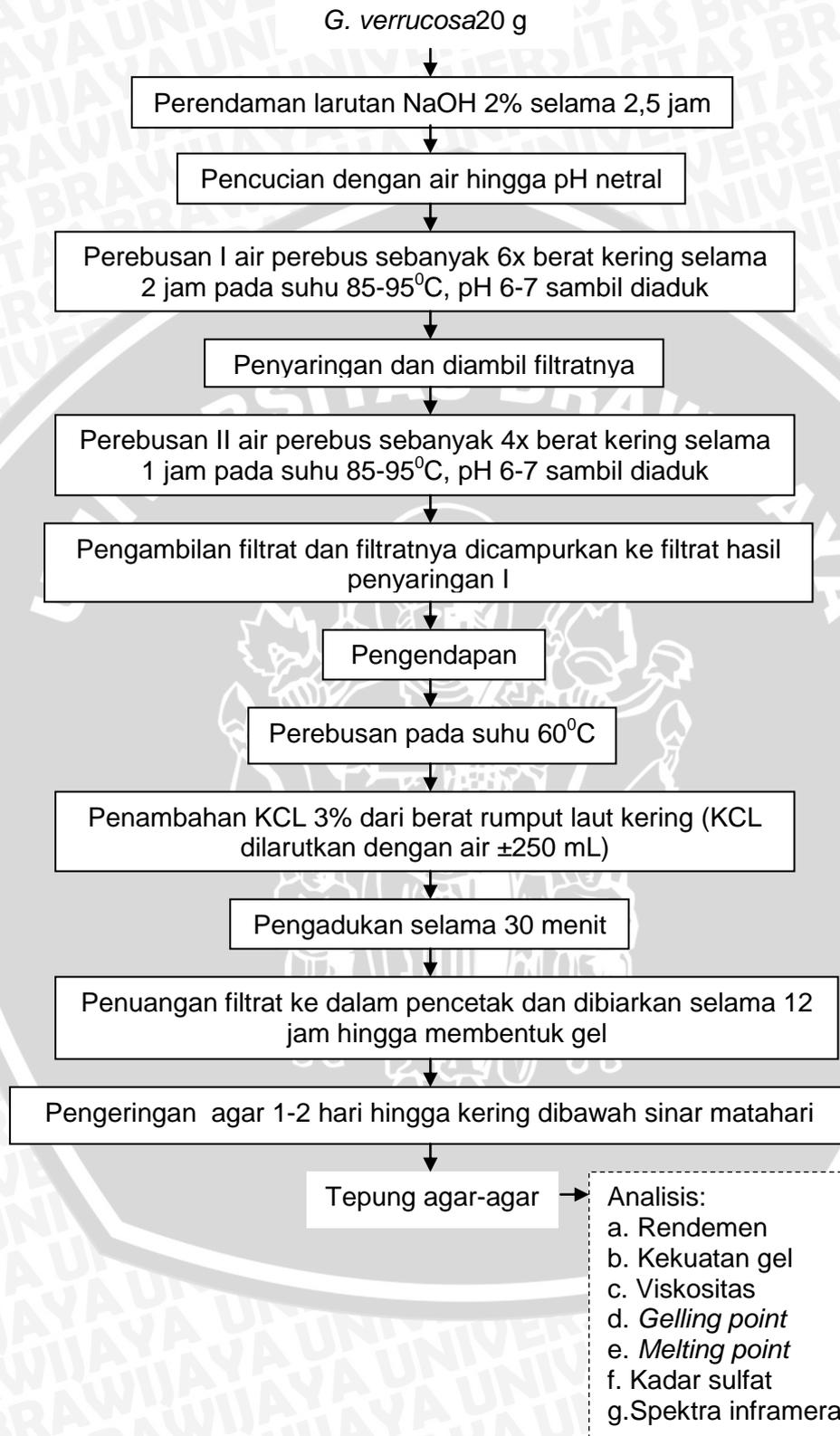
- Analisis:
- Rendemen
 - Kekuatan gel
 - Viskositas
 - Gelling point
 - Melting point
 - Kadar sulfat
 - Spektra inframerah

Lampiran 2. Diagram Alir Pembuatan Agar Standar Menurut Murdinah *et al.*, (2012)

A. Persiapan Sampel



B. Ekstraksi



Lampiran 3. Data Pengamatan dan Hasil Analisis Data

a) Rendemen

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
0,5 jam	22,025	23,075	21,275	68,375	22,79	2,012668
1 jam	26,550	29,175	27,425	83,425	27,71	1,336585
1,5 jam	25,650	28,050	26,600	80,300	26,76	1,208649
				231,825		

Sumber Ragam	db	JK	KT	F hitung	Uji F	
					5%	1%
Perlakuan	2	40,95875	20,47948	8,418344	5,14	10,92
Galat	6	14,59625	2,432708			
Total	8	55,555				

FK	5971,426
JK Total	55,555
JK Perlakuan	40,95875
JK Galat	14,59625
KT Perlakuan	20,47938
KT Galat	2,432708
F Hitung	8,418344

Uji BNT

$$BNT_{\alpha} = t_{(\alpha, v)} \cdot \frac{\sqrt{2 (KT Galat)}}{r}$$

$$BNT_{\alpha} = t_{(0,05, 6)} \cdot \frac{\sqrt{2 (2,432708)}}{3}$$

$$= 2,447 \cdot \frac{\sqrt{2 (2,432708)}}{3}$$

$$= 3,96$$

Perlakuan	Rata-rata
½ jam	22,72a
1 jam	27,71b
1.5 jam	26,76b
BNT 5%	3,96

b) Kekuatan gel (*Gel strength*)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
0,5 jam	0,9	0,8	0,8	2,5	0,833333	0,057735
1 jam	0,7	0,9	0,8	2,4	0,8	0,1
1,5 jam	0,8	0,6	0,8	2,2	0,766667	0,115470
				4,8		

Sumber Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	5%	1%
Perlakuan	2	0,015556	0,007778	0,875	5,14	10,92
Galat	6	0,053333	0,008889			
Total	8	0,068889				

FK	5,601111
JK Total	0,068889
JK Perlakuan	0,015556
JK Galat	0,053333
KT Perlakuan	0,007778
KT Galat	0,008889
F Hitung	0,875000

c) *Gelling point*

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
0,5 jam	34,5	33	33	100,5	33,5	0,866025
1 jam	33	34	34	101	33,66667	0,577350
1,5 jam	33,5	32	33	98,5	32,83333	0,763763
				300		

Sumber Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	5%	1%
Perlakuan	2	1,166667	0,583333	1,05	5,14	10,92
Galat	6	3,333333	0,555556			
Total	8	4,5				

FK	10000
JK Total	4,5
JK Perlakuan	1,166667
JK Galat	3,333333
KT Perlakuan	0,583333
KT Galat	0,555556
F Hitung	1,05

d) *Melting point*

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
0,5 jam	71	70	70	211	71,66	0,577350
1 jam	71	71	71,5	213,5	71,16	0,288675
1,5 jam	71,5	71	70	212,5	71,33	0,763763
				642,5		

Sumber Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	1,055556	0,555556	1,583333	5,14	10,92
Galat	6	2	0,333333			
Total	8	3,055556				

FK	45085,44
JK Total	3,055556
JK Perlakuan	1,055556
JK Galat	2
KT Perlakuan	0,527778
KT Galat	0,333333
F Hitung	1,583333

e) *Kadar sulfat*

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
0,5 jam	7,4088	7,4088	6,7624	21,58	7,193333	0,373199
1 jam	9,0552	9,8784	8,5856	27,5192	9,173067	0,65441
1,5 jam	7,7624	9,0552	8,2320	25,0496	8,349867	0,65441
				69,1488		

Sumber Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	5%	1%
Perlakuan	2	5,934572	2,967286	13,33026	5,14	10,92
Galat	6	1,335587	0,222598			
Total	8	7,926136				

FK	610,8938
JK Total	7,926136
JK Perlakuan	5,934572
JK Galat	1,335587
KT Perlakuan	2,967286
KT Galat	0,222598
F Hitung	13,33026

Uji BNT

$BNT_{\alpha} = t_{(\alpha, v)} \cdot \frac{\sqrt{2(KT \text{ Galat})}}{r}$	Perlakuan	Rata-rata
	$BNT_{\alpha} = t_{(0,05, 6)} \cdot \frac{\sqrt{2(0,222598)}}{3}$	½ jam
1 jam		9,17b
1.5 jam		8,34b
$= 2,447 \cdot \frac{\sqrt{2(0,222598)}}{3}$	BNT 5%	0,4894
$= 0,4894$		

f). Viskositas

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	sd
	I	II	III			
0,5 jam	2,66	1,52	2,55	6,73	2,243	0,6288349
1 jam	1,36	1,67	1,82	4,85	1,616	0,2345918
1,5 jam	2,74	2,26	1,91	6,91	2,303	0,4166933
				184,90		

Sumber Ragam	db	JK	KT	Uji F		
				F hitung	F tabel	
					5%	1%
Perlakuan	2	0,8678222	0,433911	6	5,14	10,92
Galat	6	1,2482	0,072319			
Total	8	2,116022				

FK	3798,668
JK Total	2,116022
JK Perlakuan	0,867822
JK Galat	1,248200
KT Perlakuan	0,433911
KT Galat	0,072319
F Hitung	6

Uji BNT

$$BNT_{\alpha} = t_{(\alpha, v)} \cdot \frac{\sqrt{2 (KT Galat)}}{r}$$

$$BNT_{\alpha} = t_{(0,05, 6)} \cdot \frac{\sqrt{2 (0,072319)}}{3}$$

$$= 2,447 \cdot \frac{\sqrt{2 (0,072319)}}{3}$$

$$= 0,537$$

Perlakuan	Rata-rata
½ jam	2,243b
1 jam	1,616a
1.5 jam	2,303b
BNT 5%	0,537

Lampiran 4. Ekstraksi Agar-agar

1. Pembuatan agar-agar perlakuan



a) Perendaman rumput laut *G. verrucosa* dalam larutan CaO 0,5% selama 2 jam



b) Pengeringan sampel rumput laut



c) Penimbangan sampel sebanyak 20 gram



d) Perendaman dengan waktu berbeda perbandingan 1:20 (0,5jam, 1jam, 1,5jam)



e) Penimbangan NaOH sebesar 30 gram



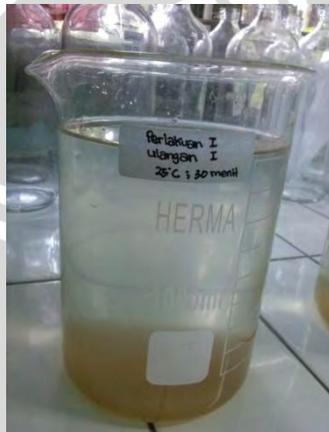
f) Perendaman dengan larutan NaOH selama 3 jam



g) Proses ekstraksi suhu 80°C selama 1 jam



h) Proses pemblenderan



i) Hasil sampel yang telah diblender



j) Proses ekstraksi suhu 100°C selama 2,5 jam



k) Penyaringan filtrat



l) Pendinginan filtrat sampai membentuk gel



m) Pengeringan sampel agar-agar dalam oven suhu 60-80°C selama 24 jam



n) Hasil pengovenan agar-agar

2. Pembuatan agar-agar standar



a) Preparasi sampel



b) Pengeringan sampel



c) Penimbangan sampel



d) Penimbangan NaOH 2%



e) Perendaman larutan NaOH selama 2,5 jam



f) Perebusan I selama 2 jam



g) Hasil filtrat Perebusan I



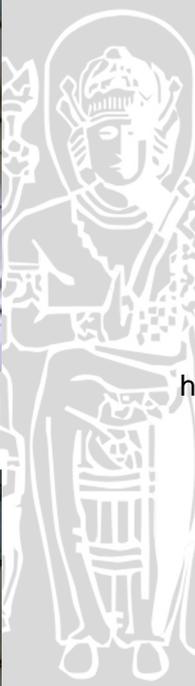
h) Perebusan II selama 1 jam



i) Hasil filtrat perebusan II



j) Penambahan KCL 3% ke dalam filtrat

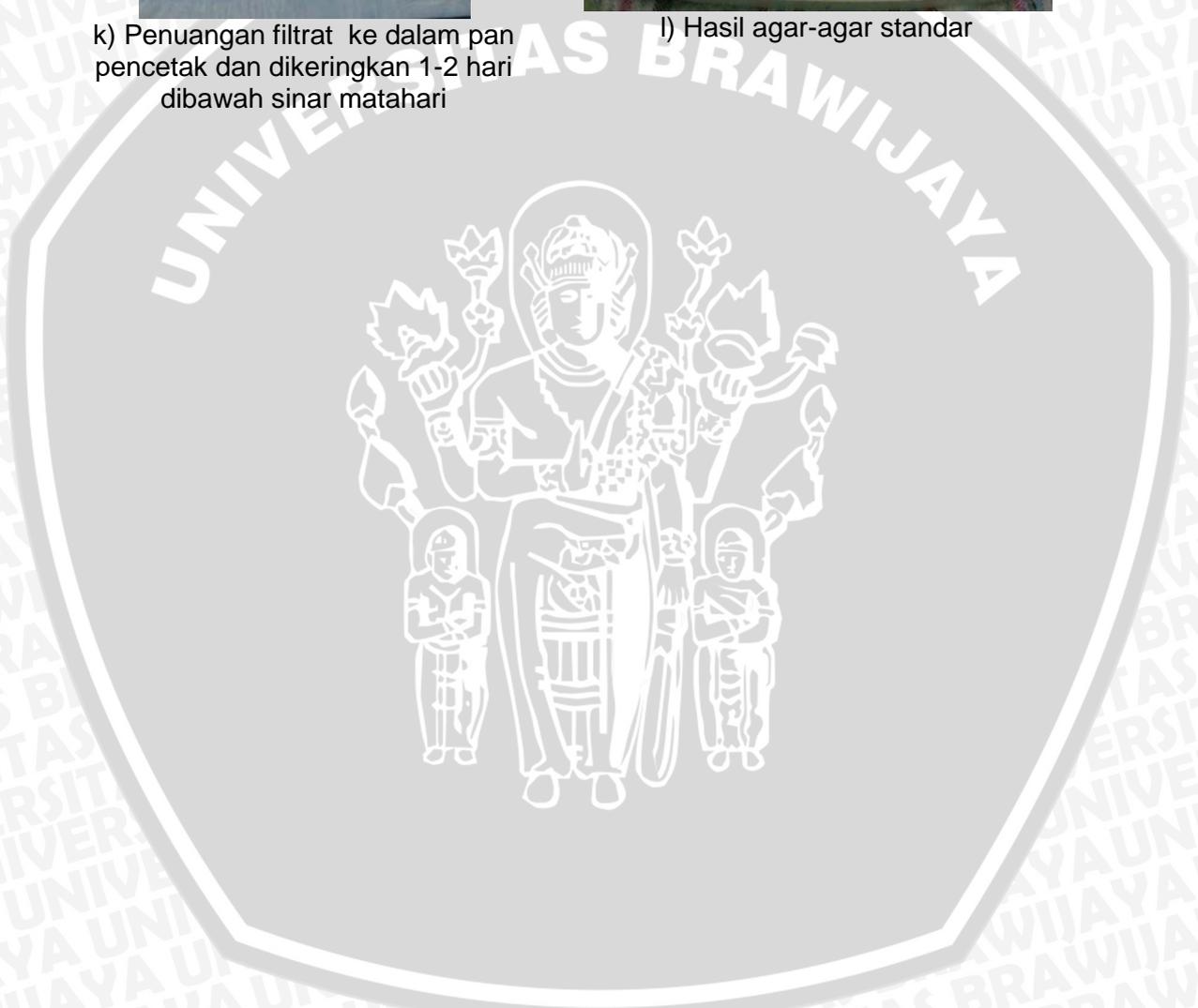




k) Penuangan filtrat ke dalam pan pencetak dan dikeringkan 1-2 hari dibawah sinar matahari



l) Hasil agar-agar standar



Lampiran 5. Dokumentasi uji gelling dan melting point



a) Penimbangan sampel sebanyak 1 gram



b) Pencampuran sampel dalam tabung reaksi dengan akuades 15 mL



c) Pemanasan sampel dalam waterbathsampai membentuk gel



d) Hasil dari *gelling point* sampel sudah membentuk gel



e) Hasil *melting point* dengan adanya gotri didasar agar-agar



f) Pengukuran suhu *melting point* menggunakan termometer

Lampiran 6. Dokumentasi uji kadar sulfat



a) Penimbangan sampel sebanyak 0,5 gram



b) Penambahan reagen sulfat



c) Pendinginan selama 5 jam suhu ruang



d) Hasil endapan



e) Pengabuan endapan pada muffle suhu 700°C selama 1 jam



f) Hasil akhir endapan BaSO₄