

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Gracilaria verrucosa*

Rumput laut *Gracilaria verrucosa* mengandung agar, atau disebut juga agarofit sebagai hasil metabolisme primernya. Agar-agar diperoleh dengan melakukan ekstraksi rumput laut pada suasana asam atau basa serta diproduksi dan dipasarkan dalam berbagai bentuk, misalnya, agar-agar tepung, agar-agar kertas dan agar-agar batangan dan diolah menjadi berbagai bentuk kue, pudding, jelly, dan dijadikan bahan tambahan dalam industri farmasi. Kandungan serat aga-agar relatif tinggi, sehingga agar-agar dikonsumsi pula sebagai makanan diet. Melalui proses tertentu agar-agar diproduksi juga untuk kegunaan di laboratorium sebagai media kultur bakteri atau kultur jaringan (Angkasa et al, 2011). Menurut Kraft (2001), klasifikasi *G. verrucosa* adalah sebagai berikut :

Phylum	: Rhodophyta
Subphylum	: Eurhodophytina
Class	: Rhodophyceae
Subclass	: Rhodymeniophycidae
Ordo	: Gracilariales
Family	: Gracilariaceae
Genus	: <i>Gracilaria</i>
Species	: <i>Gracilaria sp</i>

Menurut Sinulingga dan Darmanti (2010), ciri-ciri khusus dari *G. verrucosa* adalah thalus berbentuk silindris dan permukaannya licin. Thalus tersusun oleh jaringan kuat, bercabang-cabang dengan panjang kurang lebih 250 mm, garis tengah cabang antara 0,5-2,0 mm. percabangan *alternate* yaitu posisi tegak percabangan yang berbeda tingginya, bersebelahan atau pada jarak tertentu berbeda satu dengan yang lain, kadang-kadang hamper *dichotomous* dengan pertulangan lateral yang memanjang menyerupai rumput.

Rumput laut jenis *G. verrucosa* merupakan salah satu jenis alga merah (*Rhodophyta*) yang tumbuh di daerah tropik dan subtropik yang tumbuh dominan di perairan laut dangkal (Komarawidjaja dan Kurniawan, 2008). Dan menurut Jasmanindar (2009), *G. verrucosa* merupakan jenis alga merah yang mempunyai nilai ekonomis dan telah dibudidayakan. Identitas rumput laut ini ditandai dengan thallus silindris, licin, berwarna kuning coklat atau kuning hijau. Percabangan berselang seling tidak beraturan, kadang-kadang berulang-ulang memusat ke bagian pangkal. Ciri yang membedakan *G. verrucosa* dari *G. gigas* maupun jenis *Gracilaria* lainnya adalah cabang-cabang lateralnya yang memanjang menyerupai rambut. Ukuran panjang sekitar 25 cm dan diameter thallus sekitar 0,5-1,5 mm. Habitat rumput laut ini menempel pada substrat batu atau benda lainnya. Gambar *G. verrucosa* dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1. *Gracilaria verrucosa***

Sjafrie (1990), menyatakan bahwa *G. verrucosa* umumnya hidup sebagai fitobentos, melekat dengan bantuan cakram pelekat pada substrat padat. Terdapat dari kurang lebih 100 spesies yang menyebar luas di perairan tropis sampai subtropis. Hal ini menyebabkan beberapa ilmuwan menyebutnya sebagai spesies yang kosmopolit. *G. verrucosa* hidup di daerah litoral dan sublitoral, sampai kedalaman tertentu, yang masih dapat dicapai oleh penetrasi cahaya matahari. Beberapa jenis hidup di perairan keruh, dekat muara sungai.

Seperti alga kelas lainnya, morfologi rumput laut *G. verrucosa* tidak memiliki perbedaan antara akar, batang dan daun. Secara alami *G. verrucosa* hidup dngan melekat pada thallusnya pada substrat yang berbentuk pasir, lumpur, karang, kulit kerang, karang mati, batu maupun kayu, pada kedalaman sampai sekitar 10 sampai 15 meter di bawah permukaan yang mengandung garam laut pada konsentrasi sekitar 12-30 ppt. Dan suhu optimum untuk pertumbuhan adalah 20-28 °C sifat-sifat oseanografi, seperti sifat kimia-fisika air dan substrat serta dinamika atau pergerakan air, merupakan faktor-faktor yang sangat menentukan pertumbuhan *G. verrucosa* (Angkasa *et al*, 2011).

*Gracilaria* merupakan salah satu jenis rumput laut yang paling banyak digunakan dalam pembuatan agar karena harganya lebih murah dan menghasilkan agar-agar tiga kali lipat dari jenis lainnya, misal *Gelidium* dan *Hypnea* (Astawan, 2004). Komposisi gizi *G. verrucosa* dapat dilihat pada Tabel 1. dan kandungan unsur-unsur mikro pada ganggang merah dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 1. Komponen Gizi *Gracilaria verrucosa***

Komponen	Jumlah (%)
Kadar Air	11,6
Protein	25,35
Lemak	1,05
Karbohidrat	43,10
Abu	11,40
Serat	7,50

Sumber : Yunizal (2002)

Tabel 1. diatas menunjukkan bahwa komponen gizi *G.verrucosa*, dimana kandungan tertinggi adalah karbohidrat. Sedangkan kandungan terendah adalah lemak.

**Tabel 2. Kandungan Unsur Mikro pada Ganggang Merah**

Unsur	Kisaran dalam % Berat
	Kering
	Ganggang Merah
Klor	1,5 – 3,5
Kalium	1,0 – 2,2
Natrium	1,0 – 7,9
Magnesium	0,3 – 1,0
Belerang	0,5 – 1,8
Silikon	0,2 – 0,3
Fosfor	0,2 – 0,3
Kalsium	0,4 – 1,5
Besi	0,1 – 0,15
Iodium	0,1 – 0,15
Brom	0,005

Sumber : Indriani (2003)

Tabel 2. memperlihatkan unsur-unsur mikro pada ganggang merah. Kandungan unsure mikro ganggang merah lebih sedikit jika dibandingkan ganggang cokelat.

## 2.2 Agar-agar

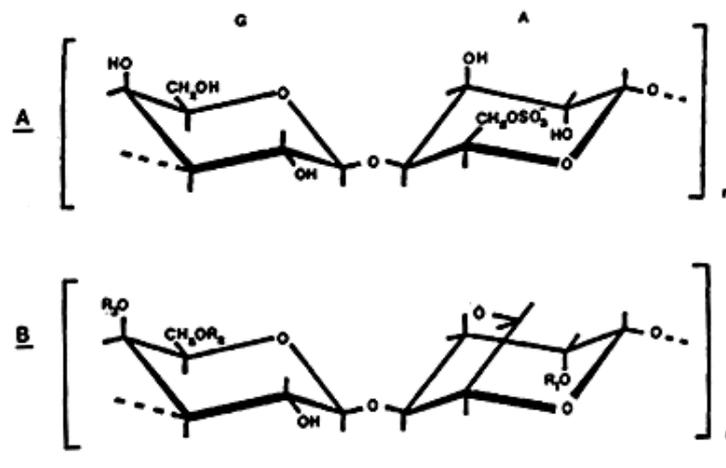
Agar-agar adalah produk kering tak berbentuk (*amorphous*), mempunyai sifat-sifat seperti gelatin dan merupakan hasil ekstraksi dari rumput laut jenis tertentu. Molekul agar-agar terdiri dari molekul linier galaktan. Galaktan adalah polimer galaktosa. Dalam menyusun senyawa agar-agar, galaktan dapat berupa rantai linier yang netral ataupun yang sudah terekstraksi dengan metal atau asam sulfat. Galaktan yang sebagian monomer galaktosnya membentuk ester dengan metal disebut *agarose*. Sedangkan galaktan yang teresterkan dengan asam sulfat dikenal sebagai *agaropectin* (Astawan, 2004).

Agar-agar merupakan produk ekstraksi rumput laut merah (*agarophyte*) (Winarno, 1990). Agar-agar disebut sebagai gelosa atau gelosa bersulfat dengan rumus molekul  $C_6H_{10}O_5$  atau  $(C_6H_{10}O_5)_n H_2SO_4$ . Selain mengandung polisakarida sebagai senyawa utama, agar-agar juga mengandung kalsium dan mineral lainnya

(Angka dan Suhartono, 2000). Agar-agar merupakan kompleks polisakarida linier yang mempunyai berat molekul 120.000, tersusun dari beberapa jenis polisakarida, antara lain: 3,6-anhidro Lgalaktosa, D-galaktopiranase dan sejumlah kecil metal D-galaktosa.

Agar-agar senyawa ester asam sulfat dari senyawa galaktan, tidak larut dalam air dingin, tetapi larut dalam air panas dengan membentuk gel. Fungsi utama agar-agar adalah sebagai bahan pemantap, penstabil, pengemulsi, pengisi, penjernih, dan pembuat gel. Beberapa industri yang memanfaatkan sifat kemampuan membentuk gel dari agar-agar adalah industry makanan, farmasi, kosmetik, kulit, fotografi, dan media penumbuh bakteri (Distantina, 2008).

Agarosa merupakan salah satu dari dua komponen utama dari agar *polygalactoside*, komponen lainnya adalah agaropektin. Agarosa adalah fraksi gel agar-agar dan terdiri dari unit berulang (agarobiose) b-D galaktopiranosil dan kelompok 3,6-anhidro-aL-galaktopiranosil. Agaropektin memiliki struktur serupa tetapi mengandung 5-10% ester sulfat dan residu lainnya. Agarosa gel bersifat termoreversibel bila dilarutkan dalam air dan memainkan peran utama dalam sifat mekanis dari cairan agar-agar. Gelasi dapat terjadi hanya ketika bagian dari rantai bentuk memerintahkan daerah (persimpangan). Dalam pelarut organik, agarosa biasanya tidak larut dan tidak dapat membentuk gel. Kemungkinan pembentuk gel dalam larutan airjuga merupakan konsekuensi dari struktur air (Fernandez *et al.*, 2007). Gambar 2 menggambarkan struktur agarobiose dan agarobiose yang mengulang unit dan prekursor dari agarobiose diisolasi dari spesies *Gracilaria* yang berbeda, dikonfirmasi oleh struktur kimia dan C-NMR metode spektroskopi. Bagian A menunjukkan prekursor biogenetis dari agarobiose (*Gracillaria gjeostedtii*) dan bagian B merupakan gambar berbagai macam agarobiose.



**Gambar 2. Unit Disakarida Berulang Agar-agar**

Pada tahun 1945 Dr Tseng mendefinisikan agar sebagai *amorf*, seperti gelatin, ekstrak non-nitrogen kering dari *Gelidium* dan *agarophytes* lainnya, menjadi ester asam sulfat dari galaktan linear, tidak larut dalam dingin tetapi larut dalam air panas, satu persen larutan netral pada 35 °C hingga 50 °C untuk pembentukan gel, meleleh pada 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-anhidro-L-galaktosa dan sulfat. Tahun 1940-an sampai 1950-an galaktosa tersubstitusi seperti alkohol, sulfat dan *pyruvated galactoses* yang terbukti menjadi konstituen dari molekul agar (FAO, 2014). Pada penelitian ini menggunakan suhu 100 °C, 105 °C, 110 °C diasumsikan dapat melunakkan komponen struktural hemiselulosa, sehingga dapat membuka konformasi dinding sel.

Komponen utama agar-agar yaitu agarosa dan agaropektin. Agarosa adalah suatu polisakarida netral yang terdiri dari rangkaian D-galaktosa dengan ikatan  $\beta$ -1,3 dan L-galaktosa dengan ikatan  $\alpha$ -1,4. Agarosa merupakan komponen yang membuat agar menjendal. Komponen ini tidak mengandung

sulfat dan persentase agarosa dalam ekstrak agar berkisar antara 50 - 80 %, sedangkan agaropektin adalah polimer sulfat dan bersifat lebih kompleks. Agaropektin mengandung residu sulfat 3 - 10 %, asam glukuronat dan asam piruvat. Agaropektin memiliki rantai yang hampir sama dengan rantai agarosa, tetapi beberapa residu 3,6-anhidro-L-galaktosa digantikan oleh L-galaktosa sulfat dan sebagian residu D-galaktosa digantikan oleh asetal asam piruvat (Glicksman 1983). Komposisi kimia agar-agar dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3. Komposisi Kimia Agar-agar**

Unsur	Komposisi
Air (%)	16 – 20
Abu (%)	3,4 – 3,6
Protein (%)	2,3 – 5,9
Lemak (%)	0,3 – 0,5
Karbohidrat (%)	67,8 – 76,1
Serat kasar (%)	0,9 – 2,1

Sumber: Astawan (2007).

## 2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ekstraksi Agar-agar

### 2.3.1 Bahan Baku

Bahan baku merupakan bagian yang paling utama dalam proses ekstraksi agar-agar. Jenis rumput laut, habitat, dan lingkungan yang memengaruhi bahan baku akan memengaruhi hasil ekstraksi agar-agar pula. Menurut marinho-Soriano dan Bourret (2003), jenis *Gracilaria* dan musim pemanenan akan mempengaruhi ekstraksi agar-agar. Rendemen agar tertinggi didapatkan dari *Gracilaria* yang dipanen pada musim panas dan musim semi yang berhubungan dengan tingginya temperatur dan salinitas perairan. Jumlah nitrogen yang rendah pada musim panas dan musim semi mengindikasikan bahwa sintesis protein terbatas dalam mendukung sintesis polisakarida. Jenis *G. bursapastoris* yang dipanen ada musim gugur atau musim dingin memiliki kekuatan gel yang tinggi dan berkolerasi dengan kandungan nitrogen yang mengindikasikan rendemennya lebih rendah dan berbeda dengan *G. gracilis* yang

dipanen pada musim semi atau musim panas yang menghasilkan kekuatan gel yang lebih tinggi.

Pada penelitian Marinho-Soriano (2001), menunjukkan bahwa tiga jenis *Gracilaria* yang berbeda dan diambil dari lokasi yang sama memiliki kekuatan gel yang berbeda. *G. bursapastoris* menghasilkan kekuatan gel rendah yang dimungkinkan karena adanya sulfat didalam ikatan polimernya. *G. gracilis* dan *G. dura* memiliki kekuatan gel yang tinggi. Adanya 3,6-anhidrogalaktosa yang tinggi, sedangkan adanya sulfat berhubungan dengan rendahnya kekuatan gel.

Hasil ekstraksi dipengaruhi oleh interaksi salinitas dan suhu lingkungan *Gracilaria*. Salinitas yang rendah meningkatkan rendemen agar-agar hasil ekstraksi. Rendemen agar rendah dihasilkan dari interaksi salinitas dan suhu yang tertinggi. Umumnya pada bulan Mei sampai pertengahan Juli yaitu pada saat musim panas, rumput laut yang dipanen akan menghasilkan rendemen yang rendah. Dari sudut pandang budidaya, lokasi budidaya *G. verrucosa* merupakan hal yang penting, yaitu lokasi dengan suhu perairan antara 22-32 °C dengan salinitas perairan yang konstan (Daugherty dan Bird, 1988).

### 2.3.2 Perendaman

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).

Tujuan dari perendaman adalah untuk melembabkan rumput laut dan mempermudah untuk melarutkan polisakarida yang ada. Semakin lama waktu perendaman dapat mengakibatkan difusi sehingga hasil rendemen yang didapat lebih rendah. Waktu perendaman yang lama juga akan mempengaruhi *gelling*

*temperature* agar-agar yang berkolerasi positif dengan adanya metoksil pada agar-agar. Pada suhu perendaman yang lebih tinggi, akan menghasilkan rendemen rendah yang disebabkan karena difusi agar-agar dalam air. Hal ini dimungkinkan adanya perubahan struktur agar-agar lepasnya sebagian polisakarida. Selain itu, suhu perendaman yang tinggi dapat mempengaruhi pembentukan gel. Kenaikan jumlah sulfat terkait dengan pemanasan yang menyebabkan perubahan struktur molekul agar-agar (Kumar dan Fotedar, 2009).

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.

### 2.3.3 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).

Tujuan ekstraksi adalah memisahkan bahan padat dan bahan cair suatu zat dengan bantuan pelarut (Tohir, 2010). Prinsip pemilihan pelarut adalah *like dissolve like*, artinya pelarut polar akan melarutkan senyawa polar dan pelarut non-polar akan melarutkan senyawa non-polar (Achmadi, 1992).

Suhu ekstraksi yang berbeda secara signifikan mempengaruhi hasil agar-agar. Rendemen agar yang diamati pada suhu ekstraksi yang berbeda dapat berkorelasi dengan penurunan rendemen agar-agar. Rendemen pada suhu ekstraksi 70 °C menunjukkan bahwa cukup banyak agar-agar yang terekstraksi dengan penambahan perlakuan alkali. Suhu ekstraksi berkorelasi kuat dengan hasil agar-agar. Selain itu *melting point* juga menunjukkan korelasi positif dengan suhu ekstraksi yang menunjukkan perubahan struktur karena suhu tinggi. Kekuatan gel berkorelasi negatif dengan sulfat dan berkorelasi positif dengan *gelling temperature*, dengan adanya perubahan struktur L-galaktosa-6-sulfat menjadi 3,6-anhidro-L-galaktosa. Waktu ekstraksi merupakan variabel paling penting dalam penentuan sifat agar-agar hasil ekstraksi. Rendemen agar secara signifikan menurun pada waktu ekstraksi 1 dan 1,5 jam. Waktu ekstraksi untuk mendapatkan rendemen maksimum adalah 2-3 jam, yang dikonfirmasi dengan berbagai penelitian (Kumar dan Fotedar, 2009).

Menurut Harbone (1984), metode ekstraksi meliputi :

1. Maserasi : metode ekstraksi dengan cara merendam sampel dalam pelarut dengan atau tanpa pengadukan.
2. Diakolasi : metode ekstraksi dengan penambahan tekanan udara
3. Dekoksi (rebus) : metode ekstraksi paling sederhana dan mudah dilakukan menggunakan bahan yang larut air dan stabil terhadap panas.
4. Ekstraksi lengkap : metode ekstraksi yang melibatkan ekstraksi berturut-turut menggunakan pelarut non polar, semi polar dan pelarut polar.
5. Arus balik : metode ekstraksi secara berkesinambungan dimana sampel dan pelarut saling bertemu melalui gerakan aliran yang berlawanan.

6. Sonikasi : metode ekstraksi menggunakan gelombang suara atau getaran dengan frekuensi antara 20 KHz-2000 KHz.

#### 2.4 Karakteristik Agar-agar

Agar memiliki kemampuan untuk membentuk gel pada pendinginan dari larutan panas (30 – 40 °C) dan mencair ke bentuk sol setelah pemanasan sampai 90 – 95 °C. pada suhu diatas titik leleh gel, agitasi termal mengatasi kecenderungan untuk membentuk heliks dan poimer yang ada dalam larutan sebagai kumparan acak. Pada pendinginan, jaringan tiga dimensi menumpuk imana heliks ganda membentuk titik-titik persimpangan dari rantai polimer. Pendinginan lebih lanjut mengarah ke agregasi dari titik-titik persimpangan. Kehadiran sulfat di C-6 dari residu 1,4-L-galaktosa seperti dalam precursor agarosa, bertindak sebagai 'Kink' untuk mencegah *double helix* dari proses pembentukan. Penutupan cincin untuk membentuk 3,6-anhidro dan penghapusan C-6 kelompok sulfat meluruskan rantai dan menyebabkan keteraturan besar dalam polimer, sehingga meningkatkan kekuatan gel karena meningkatnya kemampuan membentuk helix ganda (FAO, 2014). Standar mutu agar-agar secara umum dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 4. Standar mutu agar-agar menurut Standar Industri Indonesia (SII)**

Spesifikasi	Batasan
Kadar air	15-24%
Kadar abu maksimum	4%
Kadar karbohidrat (galaktosa) minimum	30%
Kandungan logam berat (Cu, Hg, Pb)	-
Kandungan arsen	-
Zat warna tambahan	Dijijinkan
Kekenyalan	Baik

Sumber : Angka dan Suhartono (2000)

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 agent*nya 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).

**Tabel 5. Standar mutu agar-agar**

Product	Speed Agar 80	Grand Agar	Quick Soluble Agar
Produced by :	Mitsui sugar (Japan)	Hispanagar (Spain)	INA (Japan)
Kelembaban	10,20%	10,20%	15,40%
Debu	1,40%	1,00%	1,60%
Kejernihan larutan <sup>a</sup>	68 NTU	3,75 NTU	10,9 NTU
pH (1,5% larutan)	6,61	7,29	6,79
pH (1,5% gel)	4,47	6,07	5,93
Viskositas (1,5 larutan 60 °C) <sup>b</sup>	10 cps	10 cps	19 cps
Suhu gel (1,0% larutan)	36,0 °C	31,9 °C	38,1 °C
Suhu leleh (1,0% larutan)	75,9 °C	85,7 °C	82,7 °C
Kekuatan gel 1,5% ° (larut suhu 100 °C, 20 menit)	550 g/cm <sup>2</sup>	1.200 g/cm <sup>2</sup>	1.240 g/cm <sup>2</sup>
Kekuatan gel 1,5% ° (larut suhu 85 °C, 5 menit)	530 g/cm <sup>2</sup>	980 g/cm <sup>2</sup>	1.020 g/cm <sup>2</sup>
Kekuatan gel 1,5% ° (larut suhu 90 °C, 3 menit)	560 g/cm <sup>2</sup>	1.100 g/cm <sup>2</sup>	1.180 g/cm <sup>2</sup>

(a) Turbidimeter HACH 2100P

(b) Viscosimeter Brookfield mod. LVF at 60 °C

(c) Cherri Burrell Gel Tester

Sumber : (Philips dan William, 2000)

Karakteristik agar-agar dapat ditentukan dengan mengetahui kadar sulfat, viskositas, kekuatan gel, gelling dan melting point, dan gugus fungsional agar-agar.

#### 2.4.1 Kadar Sulfat

Sulfat atau gugus sulfat pada alga penghasil agar terakumulasi pada dinding sel dari alga. Sulfat terikat bersama dengan agar (agarosa dan agaropektin) dan gugus sulfat disekresikan oleh badan golgi dari sel alga

penghasil agar (Philips dan William, 2000). Pada saat ekstraksi, komponen agar yang berisi sulfat dikeluarkan dari sel rumput laut penghasil agar.

Kandungan sulfat dalam rumput laut dipengaruhi oleh habitat, metode ekstraksi dan umur panen. Proses ekstraksi mempengaruhi kadar sulfat dari rumput laut (Angka dan Suhartono, 2000).

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).

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).

#### **2.4.2 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 Dalton (FAO, 2014).

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).

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).

#### 2.4.3 Kekuatan Gel

Kekuatan gel dari agar ditentukan dari 1% gel menggunakan tester gel. Biasanya 1% dari *Gelidium* memberikan kekuatan gel berkisar antara 300 - 500 g/cm<sup>2</sup>. Agar *G. verrucosa*, kekuatan gel berkisar 50-300 g/cm<sup>2</sup> dan bisa mencapai 500 g/cm<sup>2</sup> atau lebih setelah modifikasi alkali. Kekuatan gel agar-agar bervariasi dengan konsentrasi yang digunakan, jenis dan lokasi tumbuh dari *agarophytes* dan proses produksi (FAO, 2014).

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).

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).

#### 2.4.4 **Gelling dan Melting Point**

*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, 2014).

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.

#### 2.4.5 Gugus Fungsional Agar-agar

Gugus fungsional agar-agar terdiri dari campuran polisakarida yang tersusun dari dua fraksi utama yaitu agarose dan agaropektin. Rasio antara kedua polimer dalam agar berkisar 50 – 90%. Agaropektin mengandung muatan sulfat sedangkan agarose umumnya bebas sulfat. Agaropektin lebih kompleks dan merupakan campuran beberapa polisakarida. Agaropektin mengandung 3 - 10% sulfat. Seringkali di dalam agaropektin terdapat rangkaian agarose, dan 3,6-anhidro-L-galaktose digantikan oleh L-galaktose sulfat (Rasyid, 1999).

**Tabel 6. Gugus Fungsional Penyusun Agar-agar**

Agar	Unit Gula Penyusun
Agarosa	D-galaktosa
	L-galaktosa
Agaropektin	3,6-anhidrogalaktosa
	D-xilosa
	D-galaktosa
	L-galaktosa
	3,6-anhidrogalaktosa
	D-xilosa
	Galaktosa sulfat
	Asam piruvat

Sumber : Glicksman (1983)

Dengan menggunakan spektra inframerah dapat 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, 2014).