

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Gracilaria verrucosa*

Gracilaria merupakan salah satu agrarofita yang memiliki nilai komersil. Keberadaan spesies ini cukup bervariasi yaitu sekitar seratus spesies tersebar di wilayah lautan baik tropis dan subtropis. Klasifikasi *G. verrucosa* menurut Kraft (2001) adalah sebagai berikut :

Phylum	: Rhodopyta
Subphylum	: Eurhodophytina
Class	: Rhodophycidae
Subclass	: Rhodymeniophycidae
Ordo	: Gracilariales
Family	: Gracilariaceae
Genus	: Gracilaria
Species	: <i>Gracilaria verrucosa</i>

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). Jasmanindar (2009) melaporkan bahwa, *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*

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). Komponen unsur-unsur mikro *G. verrucosa* dapat dilihat pada

Tabel 1.

Tabel1. Kandungan Unsur-unsur Mikro pada Ganggang Merah dan Cokelat

Unsur	Kisaran Kandungan dalam % Berat Kering	
	Ganggang Merah	Ganggang Cokelat
Klor	1,5 – 3,5	9,8 – 15,0
Kalium	1,0 – 2,2	6,4 – 7,8
Natrium	1,0 – 7,9	2,6 – 3,8
Magnesium	0,3 – 1,0	1,0 – 1,9
Belerang	0,5 – 1,8	0,7 – 2,1
Silikon	0,2 – 0,3	0,5 – 0,6
Fosfor	0,2 – 0,3	0,3 – 0,6
Kalsium	0,4 – 1,5	0,2 – 0,3
Besi	0,1 – 0,15	0,1 – 0,2
Iodium	0,1 – 0,15	0,1 – 0,2
Brom	0,005	0,03 – 0,14

Sumber : Indriani (2003)

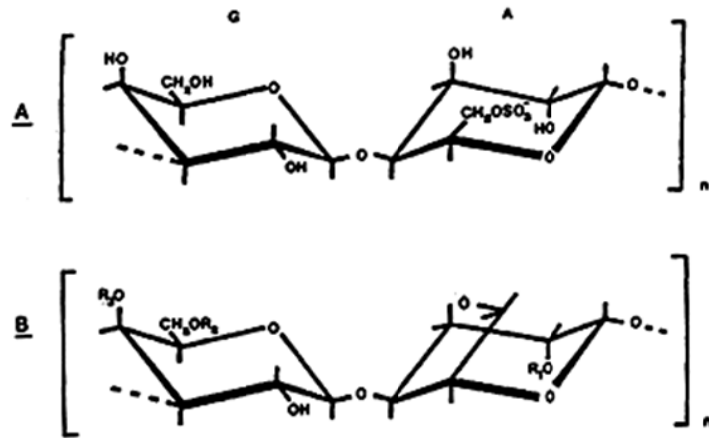
Menurut Sinulingga dan Darmanti (2010), ciri-ciri khusus dari *G. verrucosa* adalah talus berbentuk silindris dan permukaannya licin. Talus tersusun oleh jaringan kuat, bercabang-cabang dengan panjang kurang lebih 250 mm, garis tengah cabang antara 0,5-2,0 mm. percabangan *alternate* yaitu posisi tegak

percabangan yang berbeda tingginya, bersebelahan atau pada jarak tertentu berbeda satu dengan yang lain.

2.2 Agar-agar

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). Glicksman (1983) melaporkan bahwa agar-agar merupakan kompleks polisakarida linier yang mempunyai berat molekul 120.000 Dalton, tersusun dari beberapa jenis polisakarida seperti 3,6-ahidro-L-galaktosa, D-galaktopiranosida dan sejumlah kecil metal D-galaktosa. Agar-agar memiliki daya gelasi, viskositas, *gelling point* dan *melting point* yang sangat menguntungkan untuk digunakan pada industri pangan maupun non pangan. (Armisen dan Galatas, 2000).

Menurut Fernandez *et al.* (2007), 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 membentuk gel. Kemungkinan pembentuk gel dalam larutan air juga merupakan konsekuensi dari struktur air. Struktur kimia agar-agar dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Unit Disakarida Berulang Agar-agar
Sumber : FAO (1990)

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 (*G. gjeostedtii*) dan bagian B merupakan gambar berbagai macam agarobiose. (FAO, 1990)

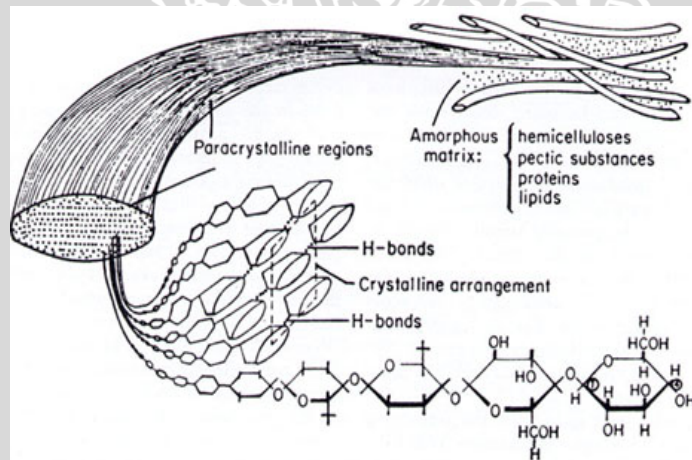
2.3 Agar-Agar dalam Komponen Struktur Tubuh Rumput Laut

Anatomi *thallus* di dalam tubuh *gracilaria* terbagi menjadi dua bagian di luar dinamakan *cortex* dan di dalam disebut *medulla*. Ukuran sel-sel bervariasi di dalam morfophyta *G. verrucosa* dan spesies *Gracilaria*. *Thallus* adalah *pseudoparenchymatous* dan menunjukkan sifat progresif ukuran sel dari *cortex* menuju *medulla*. (Withell et al., 1994)

Dinding polisakarida skeletal disusun dalam mikrofibril, tertanam dalam lebih amorf dan berlimpah matriks (Mackie, 1974). Tidak semua mikrofibril kita lihat di tingkat ultra adalah memang terbuat dari selulosa. Selain itu, distribusi dari label di dalam dinding tunggal atau talus suatu daerah menyediakan, tanpa perubahan yang disebabkan, sebuah peta lokasi selulosa. Hal ini dapat memasok rincian tak terduga

pada organisasi biokimia dari dinding sel alga. Di *Gracilaria* kami mencatat preferensial distribusi partikel emas di fibrillar yang zona dinding. Di *Cystoseira*, besar ruang antar diisi dengan mikrofibril tipis hampir tanpa label. Dengan demikian, dalam zona ini peran struktural jelas dipenuhi oleh polisakarida selain selulosa (Mariani et al., 1985).

Agar didefinisikan sebagai hidrokoloid sangat kental dari ganggang laut. Utamanya. Struktur secara kimiawi ditandai dengan unit berulang D-galaktosa dan 3-6, anhydro- L-galaktosa, dengan beberapa variasi, dan kandungan rendah ester sulfat. Agar merupakan campuran polisakarida yang terbuat dari *dextro* dan galaktosa bersatu linear. (Armisen dan Galatas, 1990)



Gambar 3. Dinding Sel Rumput Laut (Plant Biochemistry)

2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Ekstraksi Agar-agar

2.4.1 Bahan Baku

Bahan baku merupakan bagian yang penting dalam proses ekstraksi agar-agar. Jenis rumput laut, habitat, dan faktor lingkungan yang mempengaruhi bahan baku akan mempengaruhi ekstraksi agar-agar. 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 proses sintesis polisakarida. Hal ini menunjukkan hubungan terbalik antara rendemen agar dengan jumlah nitrogen yang tersedia.

Kekuatan gel dan rendemen agar berbeda tergantung dari lokasi, musim, spesies dan metode ekstraksi. Marinho-Soriano (2001) melaporkan bahwa tiga jenis *Gracilaria* berbeda yang diambil dari lokasi sama memiliki kekuatan gel berbeda. *G. gracilis* dan *G. dura* memiliki kekuatan gel yang tinggi karena adanya 3.6-anhidrogalaktosa yang tinggi umumnya berhubungan dengan kekuatan gel yang tinggi, sedangkan adanya sulfat berhubungan dengan kekuatan gel yang rendah.

2.4.2 Perendaman

Tujuan dari perendaman adalah untuk mempermudah melarutkan polisakarida dan melembabkan rumput laut yang ada. Hasil rendemen yang lebih rendah disebabkan lamanya waktu perendaman sehingga difusi beberapa agar ke dalam air. Selain itu korelasi negatif antara rendemen agar dengan jumlah sulfat berhubungan dengan peningkatan waktu perendaman yang menunjukkan

perubahan dalam struktur agar-agar yang berkorelasi positif dengan adanya metoksil pada agar-agar. Suhu perendaman juga mempengaruhi hasil agar-agar. Pada suhu perendaman yang lebih tinggi, rendemen yang rendah bisa disebabkan karena difusi agar-agar dalam air. Hasil rendemen pada suhu yang tidak terlalu tinggi terkait dengan perubahan struktur agar-agar sehingga memungkinkan adanya pelepasan sebagian polisakarida. Polisakarida memiliki ikatan hidrogen intraseluler yang dapat rusak karena panas sehingga mengubah struktur. *Gelling temperature* juga meningkat seiring dengan meningkatnya kadar metoksil sehingga *gelling temperature* menjadi rendah. Selain itu, suhu peredaman yang tinggi dapat mempengaruhi pembentukan gel. Kenaikan jumlah sulfat terkait dengan pemanasan yang menyebabkan perubahan struktur molekul agar-agar (Kumar dan Fotedar, 2009).

2.4.3 Rasio Air

Jumlah air yang digunakan sebagai pengestrak dalam proses pemasakan agar-agar bervariasi, tergantung pada jenis dan jumlah rumput laut yang digunakan. Rumput laut jenis keras, seperti *Gelidium sp.* Membutuhkan air pengestrak yang lebih banyak dibandingkan rumput laut lunak seperti *Gracilaria*. Hal ini dikarenakan untuk memecah dinding sel rumput laut yang keras dibutuhkan luas permukaan kontak antar dinding sel dengan air pengestrak yang besar. (Sukamulyo 1989)

Jumlah air yang digunakan pasti mempengaruhi hasil dari agar-agar yang dibuat. Rao dan Bekheet (1976) menjelaskan bahwa dengan peningkatan jumlah air untuk ekstraksi akan meningkatkan rendemen agar yang dihasilkan. Dalam proses yang sama, jumlah air tidak mempengaruhi kekuatan gel yang dihasilkan. Proses ini

berlaku pada perbandingan 1:30 dan optimum untuk rumput laut yang dijemur di bawah sinar matahari maupun yang tidak dijemur.

Rendemen agar-agar dan kekuatan gel berbeda nyata dengan perbedaan jumlah air yang digunakan. Volume air yang lebih banyak dapat mempermudah proses ekstraksi agar-agar. Rumput laut kering bisa membengkak menjadi 20 kali dari volume awal apabila terkena air (Jimenez- Escrig dan Sanchez-Muniz, 2000). Young *et al.* (1971), menyatakan bahwa rasio air 1:200 menghasilkan rendemen lebih rendah tetapi kekuatan gel lebih tinggi. Kekuatan gel yang lebih tinggi ini dapat dikaitkan dengan perubahan struktur agar dan jumlah sulfat di dalamnya. *Gelling temperature* menunjukkan korelasi negatif dengan kadar sulfat dan hal ini dipengaruhi adanya metoksil dalam agar-agar. Perubahan struktur agar-agar diakibatkan karena peningkatan volume air yang mempengaruhi lokasi kelompok metoksil dan sulfat dalam struktur agar-agar. Selain itu, *melting point* berkorelasi negatif dengan kekuatan gel, yang dimungkinkan karena adanya kandungan asam piruvat pada agar-agar. *Melting point* berkorelasi positif dengan kandungan asam piruvat dan mengubah struktur agar-agar.

2.3.4 Proses Ekstraksi

Waktu ekstraksi yang berbeda yang berbeda secara signifikan mempengaruhi hasil agar-agar. Efektifitas waktu ekstraksi yang berbeda dapat mempengaruhi sifat fisikokimia agar-agar. 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. (Istini *et al.*, 1994)

Waktu ekstraksi merupakan variabel paling penting dalam penentuan sifat agar-agar hasil ekstraksi. Waktu ekstraksi untuk mendapatkan rendemen maksimum

adalah 2-3 jam, yang dikonfirmasi dengan berbagai penelitian. Sebagai contoh, Thomas dan Krishnamurthy (1976) mempelajari pengaruh waktu ekstraksi (1-6 jam) pada *G. edulis* dan menemukan hasil maksimum dengan waktu ekstraksi 2-4 jam, Arvizu-Higuera *et al.* (2008), juga melaporkan agar-agar maksimal dihasilkan dengan waktu ekstraksi 2,5 jam untuk jenis *G. vermiculophylla*. (Kumar dan Fotedar, 2009)

2.4.5 Perlakuan Alkali

Perlakuan alkali mampu meningkatkan kualitas agar yang dihasilkan. Gel agar yang dihasilkan bersih dan transparan, abu dan sulfat rendah, dan kekuatan gel tinggi dimana agarosa yang terkandung lebih banyak. Hal ini dimungkinkan karena perubahan 1,4 galaktosa-6 sulfat menjadi 3,6-anhidrokalaktosa. (Rao dan Bekheet, 1976)

Lama perlakuan alkali memberikan efek terhadap rendemen agar hasil ekstraksi. Rendemen dan kekuatan gel agar menurun seiring dengan lamanya perlakuan alkali. Perlakuan alkali pada ekstraksi agar-agar umumnya menghilangkan golongan sulfat dan meningkatkan kandungan 3,6-anhidrokalaktosa, yang menyebabkan penurunan sulfat dengan peningkatan kekuatan gel. Perlakuan alkali meningkatkan *melting temperature* yaitu sekitar 92,4-99,7 °C dengan *gelling temperature* 37°C, histeresis 60°C dan kandungan 3,6-anhidrokalaktosa sebesar 44%. (Arvizu-Higuera *et al.*, 2008)

Perlakuan alkali mengubah L-galaktosa-6-sulfat menjadi 3,6-anhidro-L-galaktosa yang berfungsi sebagai peningkat kemampuan gel. Tetapi hal ini tidak berlaku untuk semua jenis *Gracilaria*. Contohnya pada *G. cliftonii*, sulfat yang terkandung lebih rendah dibanding spesies lain. Penurunan hasil rendemen *G. cliftonii* saat diberi perlakuan alkali dapat disebabkan oleh difusi agar ke air dan/atau

karena perbedaan suhu ekstraksi. Selain itu, penurunan rendemen agar-agar karena perlakuan alkali menunjukkan bahwa konsentrasi alkali yang berbeda dalam kombinasi dengan suhu perendaman bisa mengakibatkan beberapa degradasi polisakarida. (Kumar dan Fotedar, 2009)

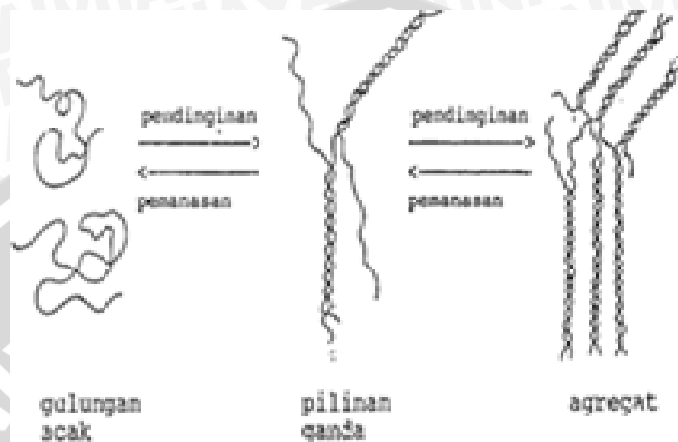
2.5 Karakteristik Agar-agar

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 di atas titik leleh gel, agitasi termal mengatasi kecenderungan untuk membentuk heliks dan polimer yang ada dalam larutan sebagai kumparan acak. Pada pendinginan, jaringan tiga dimensi menumpuk dimana heliks ganda membentuk titik-titik persimpangan dari rantai polimer. Pendinginan lebih lanjut mengarah ke agregasi dari titik-titik persimpangan. Penutupan cincin untuk membentuk 3,6-anhidro dan penghapusan dari C-6 kelompok sulfat meluruskan rantai dan menyebabkan keteraturan besar dalam polimer, sehingga meningkatkan kekuatan gel karena meningkatnya kemampuan membentuk helix ganda. (FAO, 2014)

Menurut Glicksman (1983) mekanisme pembentukan gel agar-agar sampai pada saat ini belum diketahui dengan pasti, tetapi diduga sama dengan pembentukan gel karagenan maupun agar-agar. Mekanisme pembentukan gel pada agar adalah sol terbentuk pada suhu di atas titik cair dan rantai polimernya berbentuk gulungan acak. Setelah sol dingin akan berubah menjadi gel saat struktur helixnya membentuk ikatan silang dan membentuk jaringan yang saling berhubungan. Dengan adanya pendinginan lebih lanjut, ikatan silang menjadi lebih

rapat dan kaku. Proses pembentukan gel pada agar-agar dapat dilihat pada **Gambar**

3.



Gambar 3. Mekanisme Pembentukan Gel pada Agar-agar

Menurut Anullman's (1998), pembentukan gel ini terjadi adalah sebagai akibat penggabungan molekul-molekul agarosa yang berupa gulungan-gulungan acak menjadi heliks ganda dan secara bersama-sama membentuk bagian-bagian yang terdiri dari beberapa rantai. Gel ini lebih kuat bila dibandingkan dengan gel karagenan. Kelarutan gel agar akan meningkat seiring dengan bertambahnya kadar agarosa. Kadar agarosa $< 10\%$ menyebabkan gel tidak terbentuk.

Sifat lain dari agar adalah stabilitas panas yang luar biasa pada $\text{pH} > 5$, Larutan agar mempunyai nilai viskositas antara 2-10 mPa.s apabila pada suhu 45°C , dengan konsentrasi larutan 1%. Sedangkan bobot molekul agar adalah berkisar antara 5.000 -150.000 Dalton. (Anullman's,1998)

2.5.1 Kadar Sulfat

Agar terdiri dari atas dua fraksi polimer yaitu agarosa dan agaropektin. Fraksi agarosa merupakan polimer netral bebas sulfat mampu membentuk gel. Agarosa

terdiri rantai D-galaktosa secara $\alpha - 1,4$ dengan 3,6 anhidro-L-galaktosa dan rantai D-galaktosa yang berikatan secara $\beta - 1,4$ dengan rantai 3,6 anhidro-L-galaktosa (Glicksman, 1983). Sementara itu, fraksi agaropektin merupakan polimer bermuatan mengandung sulfat sekitar 3-10% dan tidak mempunyai kemampuan untuk membentuk gel. Agarosa terdiri atas rantai lurus satuan disakarida agarobiosa. Pada umumnya presentase agarosa dalam agar di setiap jenis rumput laut berkisar 50-90%. Komposisi kimia agar-agar terdiri atas 14,07% air; 0,00% protein; 0,03% lemak; 1,92% kadar abu; dan 82,23% serat pangan. (Kurniawati, 2003)

Kandungan sulfat dapat dipengaruhi oleh jenis dan asal rumput laut, metode ekstraksi, serta umur panen. Peningkatan umur panen dapat memberi respon terhadap penurunan kandungan sulfat (Suryaningrum, 1988). Kandungan agarosa dan agaropektin pada agar-agar bervariasi tergantung dari jenis dan asal rumput laut yang digunakan sebagai bahan baku (Guiseley, 1968).

Kadar sulfat akan mempengaruhi kekuatan gel dari agar. Semakin tinggi kandungan ester sulfat, maka kekuatan gel yang terbentuk akan semakin rendah (Chapman dan Chapman, 1980). 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.

Sulfat merupakan salah satu zat pengotor dalam agar. Selama penyimpanan, sulfat dapat menimbulkan perubahan warna. Sulfat dalam agar dapat menghasilkan senyawa yang berwarna misalnya SO_2 dan senyawa yang berbau misalnya H_2S (Murti 2007). Untuk menurunkan kandungan sulfat dalam rumput laut, dapat

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

2.5.2 Viskositas

Viskositas agar-agar pada suhu dan konsentrasi konstan adalah fungsi langsung dari berat molekul rata-rata. Viskositas jarang melebihi 10-15 cP pada konsentrasi 1% dan suhu 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).

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 (Glicksman 1983). Viskositas dipengaruhi oleh jenis rumput laut penghasil agar dan kondisi selama proses panen. Umur panen mempengaruhi kandungan sulfat yang bertanggung jawab terhadap kekentalan. Kadar air yang tinggi menurunkan kekentalan larutan.

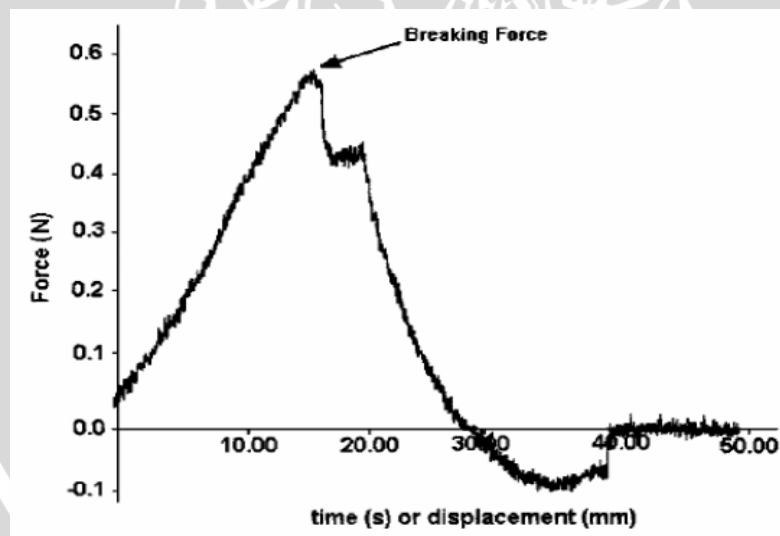
Viskositas larutan agar sangat bervariasi tergantung sumber bahan bakunya. Viskositas pada suhu di atas titik terbentuknya gel, relative konstan pada pH 4,5 sampai 9,0 dan tidak terlalu dipengaruhi oleh waktu atau kekuatan ion pada kisaran pH 6 sampai 8. Akan tetapi, sekali proses pembentukan gel dimulai,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

2.5.3 Kekuatan Gel

Gel strength (kekuatan gel) merupakan salah satu karakteristik gel. Pengukuran *gel strength* dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan jaringan (*network*) dari suatu gel (Sadar, 2004). Menurut Salvador dan Fiszman (1998), *gel strength*

dapat didefinisikan sebagai massa (dalam gram) yang dibutuhkan untuk memasukkan *probe* ke dalam gel. Nilai *gel strength* (*breaking force*) ditunjukkan oleh *peak* (puncak) pertama dimana terjadi penurunan yang signifikan saat *probe* berpenetrasi ke dalam gel.

Kekuatan gel dari agar ditentukan dari 1% gel menggunakan tester gel. Biasanya 1% dari agar *Gelidium* memberikan kekuatan gel berkisar antara 300 -500 g/cm². Agar *G. verrucosa*, kekuatan gel berkisar 50-300 g.cm³ dan bisa mencapai 500 g/cm² 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). Hubungan antara waktu gaya terhadap kekuatan gel dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Grafik hubungan waktu dan gaya yang menunjukkan kekuatan gel
Sumber : Salvador dan Fiszman (1998)

2.5.4 Gelling dan Melting Point

Gelling point dari agar jenis *Gelidium spp.* kisaran 28-31 °C dan *melting point* dari 80 °C sampai 90 °C, perbedaan antara dua suhu menjadi 51-60 °C, karena agar dari *Gracillaria spp.* dengan pembentuk gel dan mencair suhu berkisar 29 -42 °C dan 76-92 °C, masing-masing, perbedaan antara dua suhu menjadi 23-59 °C. Perbedaan antara *melting point* dan *gelling point* disebut sebagai *hysteresis*. 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 agarosa dari 0,5% menjadi 5%, suhu pembentuk gel meningkat 35 °C sampai 45 °C (FAO, 2014)

Agar-agar telah digunakan selama berabad-abad sebagai *gelling agent* dengan kemampuan yang tinggi. Kemampuannya untuk menghasilkan gel yang jelas, tidak berwarna, tidak berbau, dan alami tanpa bantuan dari koloid lainnya telah lama dimanfaatkan oleh industri makanan tidak hanya sebagai *stabilizer* dan pembentuk gel, tetapi juga dalam pembuatan permen, kaca, pelapis *icing*, dan salad *dressing*. Agar-agar membentuk gel pada 40 °C dan meleleh pada 80 °C (Aisonchem, 2014).

2.5.5 Spektra Infra Merah

Prinsip FTIR (Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red*) yaitu penyerapan sejumlah frekuensi sinar merah yang melalui cuplikan senyawa organik, sinar yang diserap akan menaikkan amplitude gerakan vibrasi dalam molekul. Sampel yang dianalisa menggunakan FTIR ini yaitu hasil perlakuan di salah satu ulangan. Tujuan analisa menggunakan FTIR yaitu untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada agar-agar.

Spektrum IR memiliki peran dalam pembedaan polisakarida pada alga. Pita absorpsi IR dari kelompok sulfat dari polisakarida alga akan ditampilkan pada gelombang 1240-1250 cm^{-1} . Umumnya untuk ester sulfat dan gelombang 805 cm^{-1} dikaitkan dengan sulfat pada C_2 dari 3,6-anhidro-galaktosa (Anderson *et al.*, 1968). Gelombang di 705 cm^{-1} dimungkinkan karena adanya sulfat pada C_4 galaktosa (Rohas *et al.*, 1986). Puncak absorbansi yang lemah pada gelombang 850 cm^{-1} mengindikasikan adanya gugus sulfat yang lemah pada 1,3 galaktosa (Zablackis and Santos, 1986). Absorbansi gelombang dapat dilihat pada **Tabel 3**

Tabel 3. Absorbansi Gelombang Beserta Gugus yang Terkandung pada Agar

Puncak Angka Gelombang	Gugus
2850-2970	Ikatan $\text{O}-\text{CH}_3$
2100-2260	$\text{C}\equiv\text{C}$
1690-1760	Golongan Metil
1610-1680	Deformasi Ikatan Amin
1600-1680	Deformasi Ikatan Amin
1500-1600	$\text{C}=\text{C}$ aromatic
1340-1470	$\text{C}-\text{H}$ alkana
1300-1370	Ikatan Ester Sulfat
1180-1360	Ikatan Ester Sulfat
1050-1300	Ikatan Ester Sulfat
690 - 900	Ikatan Karbon-sulfur / Cincin aromatik
675 - 995	3,6-anhydro-galaktosa

Sumber : (FAO, 1990)

2.5.6 Rendemen

Rendemen agar-agar dengan berbagai perlakuan waktu ekstraksi lebih tinggi dibanding rendemen agar-agar kontrol. Hal ini diduga karena waktu ekstraksi dilakukan pada kondisi optimum sehingga didapatkan rendemen yang tinggi daripada kontrol. Hal ini didukung oleh penelitian Arvizu-Higuera *et al.* (2008) yang melaporkan bahwa hasil rendemen maksimum diperoleh dengan waktu ekstraksi selama 2-4 jam.

Semakin lama waktu ekstraksi akan meningkatkan rendemen agar-agar, karena protopektin berubah menjadi pektin yang bersifat larut dalam jaringan tanaman meningkatkan selulosa sehingga rendemen pada waktu ekstraksi 4 jam memiliki rendemen paling tinggi. Waktu ekstraksi untuk setiap bahan tidak sama tergantung pada jumlah selulosa yang berikatan dengan protopektin. (Kertesz, 1951)

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

