

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Laut

Rumput laut adalah tanaman tingkat rendah yang tidak memiliki perbedaan susunan kerangka seperti akar-batang-daun. Meskipun wujudnya tampak seperti ada perbedaan, tetapi sesungguhnya merupakan bentuk thalus belaka dan rumput laut termasuk jenis alga (Winarno, 1990). Menurut Suriawiria (2003), rumput laut kadang-kadang juga disebut ganggang laut, tumbuh di wilayah pantai. Ada yang berwarna hijau, kemerahan, kecoklatan, biru kehijauan, dan sebagainya. Namun, yang nilai ekonomisnya tinggi untuk industri hanyalah rumput laut coklat dan merah. Rumput laut merah dan coklat memang merupakan salah satu bahan baku yang sangat potensial dan luas penggunaannya.

Beberapa jenis rumput laut yang terdapat di Indonesia yang memiliki arti ekonomis penting adalah: (1) Rumput laut penghasil agar-agar (*agarophyte*), yaitu *Gracilaria*, *Gelidium*, *Gilidiopsis*, dan *Hypnea*, (2) Rumput laut penghasil karagenan (*Carrageenophyte*), yaitu *Euचेuma spinosum*, *Euचेuma cottoni*, *Euचेuma striatum* dan (3) Rumput laut penghasil algin, yaitu *Sargassum*, *Macrocystis*, dan *Lessonia* (Astawan, 2004).

Menurut Aslan (1998), klasifikasi alga adalah sebagai berikut:

1. Alga merah terdiri dari: *Euचेuma* spp, *Gracilaria* spp, *Hypnea* spp, *Gigartina* spp, dan *Rhodomenia* spp.
2. Alga coklat terdiri dari: *Sargassum* spp, *Hormophysa* spp, dan *Turbinaria* spp.
3. Alga hijau terdiri dari: *Ulva* spp, *Enteromorpha* spp, dan *Caulerpha* spp.

2.2 Karakteristik *Gracilaria* spp

Gracilaria spp adalah rumput laut yang termasuk pada kelas alga merah (*Rhodophyta*). Algae jenis *Gracilaria* spp termasuk kelompok penghasil agar-agar (*agarophyt*). Kandungan agar-agarnya bervariasi menurut spesies dan lokasi pertumbuhannya yang umumnya berkisar antara 16% - 45%. Di Indonesia, spesies ini merupakan alga penting untuk bahan baku pabrik agar-agar, di samping mata dagangan (komoditas) ekspor. *Gracilaria* spp merupakan jenis rumput laut yang dapat dibudidayakan di muara sungai atau di tambak, meskipun habitat awalnya berasal dari laut (Anggadiredja, *et al.*, 2007).

Klasifikasi rumput laut menurut Soegiarto *et al.* (1985), sebagai berikut:

Division	: Rhodophyta
Klass	: Rhodophyceae
Ordo	: Bangiales
Family	: Bangiaceae
Genus	: <i>Gracilaria</i>
Species	: <i>Gracilaria</i> spp

Menurut Aslan (1998), ciri umum marga ini adalah :

1. Thallus berbentuk silindris atau gepeng dengan percabangan, mulai dari yang sederhana sampai pada yang rumit dan rimbun.
2. Bagian percabangan umumnya bentuk *thallus* agak mengecil.
3. Perbedaan bentuk, struktur dan asal usul pembentukan organ reproduksi sangat penting dalam perbedaan tiap spesies.
4. Warna thali beragam, mulai dari warna hijau coklat, merah, pirang, dan merah coklat.

5. Subtansi thali menyerupai gel atau lunak seperti tulang rawan.

2.3 Komposisi Kimia *Gracilaria* spp

Komponen kimia rumput laut bervariasi tergantung pada spesies, tempat tumbuh dan musim (Winamo, 1990). Sebagai sumber gizi, rumput laut memiliki kandungan karbohidrat (gula atau *vegetable gum*), protein, sedikit lemak, dan abu yang sebagian besar merupakan senyawa garam natrium dan kalium. Selain itu, rumput laut juga mengandung vitamin-vitamin seperti vitamin A, B₁, B₂, B₆, B₁₂, dan C; betakaroten; serta mineral, seperti kalium, kalsium, fosfor, natrium, zat besi, iodium (Anggadiredja, *et al.*, 2006).

Selanjutnya ditambahkan pula, bahwa kandungan utama rumput laut adalah karbohidrat yang sebagian besar terdiri dari senyawa gumi (semacam getah) maka hanya sebagian kecil saja yang dapat diserap dalam pencernaan manusia. Senyawa gumi ini terdiri dari residu D dan L-Galaktosa yang diikuti oleh ikatan $\beta(1-4)$ yang tidak terhidrolisis oleh α -Amilase dalam alat pencernaan manusia (Girindra, 1986).

Beberapa jenis rumput laut juga mengandung protein yang cukup tinggi. Analisis kandungan asam amino dan *Gracilaria verucosa* mengandung asam amino esensial lengkap dan jumlahnya relatif lebih tinggi dibandingkan yang ditetapkan oleh FAO/WHO. Dengan demikian, protein yang larut dalam alkali (*alkali soluble protein*) memiliki kualitas yang baik (Anggadiredja, *et al.*, 2006). Adapun komposisi gizi beberapa species *Gracilaria* spp disajikan dalam tabel 2 berikut:

Tabel 2. Komposisi Kimia *Gracilaria* di Indonesia

Kandungan	Species				
	<i>Gracilaria</i> spp.*	<i>G.</i> <i>confervoides</i> *	<i>G. gigas</i> *	<i>G.</i> <i>lichenoides</i> **	<i>G.</i> <i>verrucosa</i> **
Kadar air	19.01	24.95	12.90	13,85	11,60
Protein (6,25 N)	4.17	3.14	7.30	22,20	25,35
Karbohidrat	42.59	37.52	0.09	39,25	43,10
Lemak	9.54	0.52	4.94	01,20	01,05
Serat kasar	10.51	9.14	2.50	08,20	07,50
Abu	14.18	15.77	12.54	15,30	11,40

Sumber: * : Antoro dan Sutimantoro (1993); ** : Anggadiredja *et al.*, (2006)

2.4 Macam-Macam Species *Gracilaria*

Rumput laut marga *Gracilaria* banyak jenisnya masing-masing memiliki sifat morfologi dan anatomi yang berbeda serta dengan nama ilmiah yang berbeda pula, seperti *Gracilaria converfoilis*, *Gracilaria gigas*, *Gracilaria verucosa*, *Gracilaria arcinata*, *Gracilaria blotgetti*, *Gracilaria eucheomoides*, *Grciciitaria lichenoides*, *Gracilaria crassa*, *Gracilaria talnoides*, dan masih banyak lagi (Sugiarto, 1978).

Adapun ciri dan habitat beberapa spesies *Gracilaria* yang termasuk ekonomis penting sebagai berikut:

a. *Gracilaria gigas*

1. Nama daerah

Nama daerah untuk *G. gigas* yaitu sango-sango (Sulawesi Selatan).

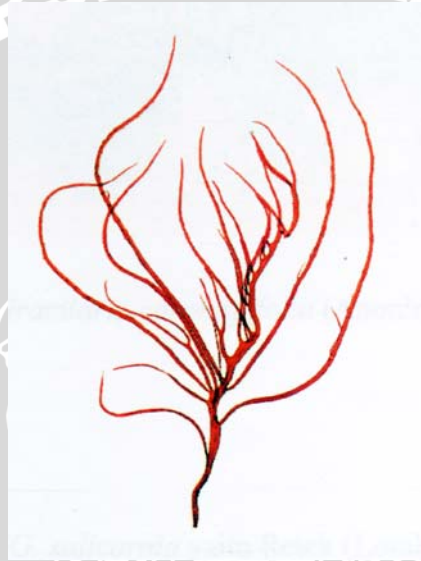
2. Ciri-ciri

Ciri-ciri *G. gigas* antara lain mempunyai *thallus* lebih besar dan *Gracilaria* lainnya, silindris, agak kasar dan kaku, serta berwarna hijau-kuning atau hijau.

Ukuran *thallus* panjang mencapai 30 cm dengan diameter 0,5-2 mm. Percabangan cenderung memusat ke pangkal, memanjang, berselang-seling, berulang-ulang searah., dan ujungnya runcing.

3. Habitat

G. gigas tumbuh di rataan terumbu karang dengan air jernih dan arus cukup. Salinitas ideal berkisar 20-28 per mil. Jenis ini dapat hidup di dekat muara sungai dan dapat dibudidayakan di dalam tambak.



Gambar 1. *Gracilaria gigas* (Anonymous, 2008)

b. *Gracilaria coronopifolia*

1. Nama daerah

Nama daerah untuk *G. coronopifolia* yaitu rambukasang (Garut- Jawa Barat).

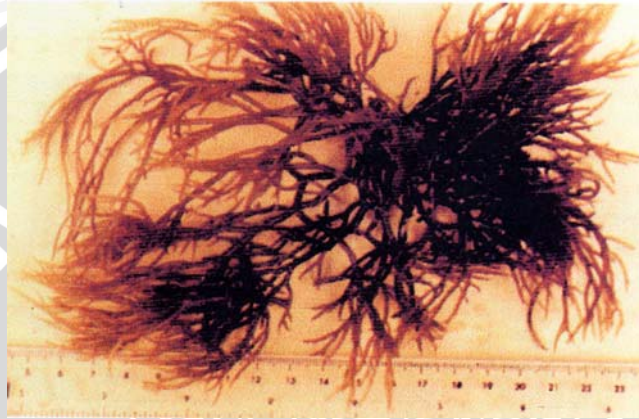
2. Ciri-ciri

Ciri-ciri *G. coronopifolia* antara lain thali silindris, licin, warna coklat-hijau atau coklat kuning (pirang), menempel pada substrat dengan cakram kecil.

Percabangan mendua bagian (dichotomous) berulang-ulang. Umumnya rimbun pada porsi bagian atas rumpun dan berwarna hijau-pirang.

3. Habitat

G. coronopifolia tumbuh pada batu di daerah terumbu karang.



Gambar 2. *Gracilaria coronopifolia* (Anonymous, 2008)

c. *Gracilaria salicornia*

1. Nama daerah

Nama daerah untuk *G. salicornia* yaitu Retek (Lombok).

2. Ciri-ciri

Ciri-ciri *G. salicornia* antara lain *thallus* bulat, licin, berbuku-buku atau bersegmen-segmen. Membentuk rumpun yang lebat berekspansi melebar (radial) dapat mencapai 25 cm. Ukuran *thallus* sekitar 1 - 1,5 mm, tinggi sekitar 15 cm.

3. Habitat

G. salicornia tumbuh pada batu kerikil di daerah rataaan terumbu berpasir (tumbuh menempel pada batu dan pasir) di daerah pasang surut. Sering terdampar

ke pantai karena tidak kuat menempel pada substrat atau menempel pada substrat yang labil, mudah terhempas ombak.



Gambar 3. *Gracilaria salicornia* (Anonymous, 2008)

d. Gracilaria foliifera

1. Nama daerah

Nama daerah untuk *G. foliifera* yaitu rambukasang (Garut- Jawa Barat).

2. Ciri-ciri

Ciri-ciri *G. foliifera* antara lain thali silindris pada bagian pangkal dan gepeng pada bagian atas, warna coklat hijau, cartilagenous. Percabangan mendua arah (dikhotornous) dan membentuk rumpun yang rimbun. Panjang thali dapat mencapai rata-rata 9 cm.

3. Habitat

G. foliifera tumbuh menempel pada batu di daerah rataan terumbu.

Sebarannya antara lain terdapat di daerah pantai selatan Jawa, Selat Sunda.



Gambar 4. *Gracilaria foliifera* (Anonymous, 2008)

e. Gracilaria arcuata

1. Nama daerah

Nama daerah untuk *G. arcuata* yaitu Ramen (Lombok); Rambukasang (Garut Jawa Barat).

2. Ciri-ciri

Ciri-ciri *G. arcuata* antara lain thali bulat silindris, licin, warna pirang-hijau, atau hijau jingga. Substansi *cartilaginous*, menempel pada substrat dengan *holdfast* berbentuk cakram. Rumpun merimbun di bagian atas dengan percabangan mengecil pada bagian pangkal, ujung runcing.

3. Habitat

G. arcuata umumnya tumbuh melekat pada batu dan tersebar di daerah rataan terumbu karang.



Gambar 5. *Gracilaria arcuata* (Anonymous, 2008)

f. *Gracilaria verrucosa*

1. Nama Daerah

Nama daerah untuk *G. verrucosa* yaitu bulung rambut (Bali) dan sango-sango (Sulawesi Selatan).

2. Ciri-ciri

Ciri-ciri *G. verrucosa* antara lain mempunyai *thallus* silindris, licin, dan berwarna kuning-cokelat atau kuning-hijau. Percabangan berselang tidak beraturan, memusat ke arah pangkal. Cabang lateral memanjang menyerupai rambut, ukuran panjang sekitar 25 cm dengan diameter *thallus* 0,5-1,5 mm.

3. Habitat

G. verrucosa tumbuh melekat pada substrat karang di terumbu karang berarus sedang, di samping juga dapat tumbuh di sekitar muara sungai. Jenis ini sudah dapat dibudidayakan di tambak, dengan salinitas ideal 20-28 per mil.



Gambar 6. *Gracilaria verrucosa* (Anonymous, 2008)

2.5 Budidaya *Gracilaria* spp

2.5.1 Pemilihan lokasi

Menurut Anggadiredja, *et al.*, (2006) persyaratan lokasi yang dapat dijadikan tempat untuk budidaya *Gracilaria* spp antara lain sebagai berikut:

1. Masih dipengaruhi oleh pasang surut air laut dengan maksud untuk memudahkan penggantian air di dalam tambak.
2. Dasar tambak berupa pasir bercampur sedikit lumpur.
3. Tambak yang ideal mempunyai saluran pemasukan dan pengeluaran air yang berbeda.
4. Salinitas air tambak berkisar 15-30 per mil.
5. Suhu air berkisar 20-28° C.
6. pH air berkisar 6-9.
7. Kedalaman air tambak dapat diatur minimal 0,50-1,0 m.

8. Kondisi air tidak terlalu keruh sehingga cahaya matahari dapat menembus ke dalam dasar air.
9. Bebas polusi.
10. Dekat dengan sumber air tawar.

Ditambahkan oleh Trono (1996) sebagian besar spesies *Gracilaria* bersifat *eurihalyn* dan kisaran salinitas optimalnya adalah 15-24 ppt. Salinitas air tambak meningkat saat musim panas hingga dapat mencapai 30 ppt dan menurun sampai 8 ppt saat musim hujan. Maka dan itu untuk mendapatkan salinitas yang optimal diperlukan sumber air tawar maupun air laut. Ukuran kolam untuk budidaya *Gracilaria* yaitu 1 hektar atau lebih kecil.

Kolam berukuran kecil lebih mudah dikelola daripada yang berukuran besar. Pengelolaannya juga lebih mudah jika dibudidayakan bersama udang atau kepiting. Faktor-faktor yang lingkungan yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut antara lain adalah : suhu, salinitas, gerakan air, pH perairan, dan kesuburan perairan (Asian, 2005).

a. Suhu

Suhu perairan mempengaruhi laju fotosintesis. Nilai suhu perairan yang optimal untuk laju fotosintesis berbeda pada setiap jenis. Secara prinsip suhu yang tinggi dapat menyebabkan protein mengalami denaturasi, serta dapat merusak enzim dan membran sel yang bersifat labil terhadap suhu yang tinggi. Pada suhu yang rendah, protein dan lemak membran dapat mengalami kerusakan sebagai akibat terbentuknya kristal di dalam sel (Nontji, 1991). Menurut Anggadiredja, *et al.*, (2006) suhu perairan yang baik untuk pertumbuhan *Gracilaria* berkisar 20 - 28°C.

b. Salinitas

Aslan (1998) menyatakan bahwa salinitas yang cocok untuk pertumbuhan rumput laut berkisar 31 - 35 ppt. Sedangkan menurut Anggadiredja, *et al.*, (2006) salinitas yang sesuai untuk pertumbuhan *Gracilaria* adalah 15 - 30 per mil.

c. Gerakan air

Arus merupakan gerakan mengalir suatu masa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin. perbedaan densitas air laut dan pasang surut yang bergelombang panjang dan laut terbuka (Cordova, 2007). Arus mempunyai peranan penting dalam penyebaran unsur hara di laut. Arus ini sangat berperan dalam perolehan makanan bagi alga laut karena arus dapat membawa nutrisi yang dibutuhkannya.

d. pH perairan

Keasaman atau derajat pH merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan alga laut, sama halnya dengan faktor-faktor lainnya. Penyebab utama perubahan pH perairan adalah karbon dioksida, yang dalam sistem biologis merupakan produk dan respirasi (Cordova, 2007). Aslan (2005) menyatakan bahwa kisaran pH maksimum untuk kehidupan organisme laut adalah 6,5 - 8,5. Adapun menurut Anggadiredja, *et al.* (2006) kisaran pH maksimum untuk pertumbuhan *Gracilaria* adalah 6-9.

e. Kesuburan perairan

Semua jenis tumbuhan membutuhkan 16 elemen penting untuk pertumbuhannya. Dari semua jenis elemen tersebut karbon dan oksigen terdapat dalam bentuk gas di permukaan air atau dari respirasi dan fotosintesis dalam air. Selain itu terdapat pula dalam bentuk ion (bi)carbonate terlarut dalam air. Adapun hidrogen selalu terdapat dalam bentuk senyawa (H_2O , HCO_3^- , NH_4^+) (Cordova, 2007).

Nitrogen biasanya adalah penentu utama produktifitas perairan. Adapun elemen lainnya lebih sering berpengaruh pada kebutuhan tanaman dalam keadaan tidak adanya nitrogen. Pada lingkungan asam atau netral, amonium ada dalam bentuk ion NH_4 . Pada lingkungan basa, amonium akan dilepas ke atmosfer. Ion NH_4 merupakan bentuk N yang dapat digunakan oleh berbagai organisme termasuk mikroorganisme (Sitaresmi, 2002). Ammonium diabsorpsi melalui nitrat sebagai sumber nitrogen yang berguna untuk rumput laut. Kehadiran ammonium kadang kala dapat menyebabkan penurunan penyerapan nitrat. Ammonium dibutuhkan oleh *Gracilaria* dalam konsentrasi yang relatif tinggi mencapai $150 \mu\text{M}$ ($=2,7 \text{ mg/l}$) (Cordova, 2007).

Phosphorous (P) tersedia dalam berbagai bentuk tapi terutama dalam bentuk ion fosfat HPO_4^- (97% pada pH 8,2 dan suhu 20°C), meskipun pada prinsipnya alga memperoleh phosphorous dalam bentuk ion orthophosphate (PO_4^{3-}), yang mengandung kurang dan 1% ion bebas. Phosphorous selalu tersedia pada pH diatas 7. Pada pH air laut, sekitar 8,2, PO_4^{2-} tersedia dalam jumlah maksimum untuk rumput laut. Akan tetapi, pada konsentrasi tinggi, nitrat ($>100 \text{ M}$) atau phosphate ($>1 \text{ M}$) akan menjadi mengganggu dan menekan keberadaan nutrient lainnya (Sitaresmi, 2002).

Ion utama lainnya yang dibutuhkan untuk pertumbuhan rumput laut adalah Kalsium (Ca^{2+}), Potassium (K^+), Sulphur (dalam bentuk SO_4^{2-}), Sodium (Na^+), dan Chlorine (Cl^-). Semua jenis ion tersebut melimpah dalam air laut. Selain itu beberapa jenis rumput laut juga membutuhkan nutrient organik, khususnya vitamin, seperti B_{12} , thiamin dan biotin, sebagai kofaktor pada reaksi enzim (Cordova, 2007).

2.5.2 Sarana, pengadaan dan pemilihan bibit

Pemilihan bibit dalam budidaya rumput laut merupakan hal yang sangat penting. Menurut Ariyanto (2005) hal-hal yang perlu diperhatikan adalah sebagai berikut :

1. Bibit yang berupa stek dipilih dan tanaman yang segar, dapat diambil dan tanaman yang tumbuh secara alami ataupun tanaman bekas budidaya. Diupayakan bibit harus baru dan masih muda.
2. Bibit unggul mempunyai ciri bercabang banyak.
3. Bibit sebaiknya dikumpulkan dan perairan pantai sekitar lokasi usaha budidaya dalam jumlah yang sesuai dengan luas area budidaya.
4. Pengangkutan bibit harus dilakukan dengan hati-hati dan cermat, dimana bibit harus tetap dalam keadaan basah ataupun terendam air.
5. Sebelum ditanam, bibit dikumpulkan pada tempat tertentu, seperti di keranjang atau jaring yang bermata kecil.
6. Sewaktu disimpan harus diperhatikan dengan saksama, hindari bahan bakar minyak, kehujanan, dan kekeringan.

2.5.3 Perawatan selama pemeliharaan

Hal-hal yang perlu diperhatikan selama pemeliharaan menurut Aslan (1998) adalah:

1. Pengawasan terhadap air di tambak dilakukan sebaiknya 2 - 3 hari sekali, khususnya terhadap ketinggian air, suhu, dan salinitas air.
2. Mengusahakan kedalaman tanaman dan permukaan air sekitar 30 - 50 cm pada musim hujan dan sekitar 40 - 80 cm pada musim kemarau.
3. Pada musim kemarau penggantian air sering dilakukan, sedangkan pada musim hujan penggantian air dilakukan sedemikian rupa untuk menjaga salinitas

tambak supaya tidak terlalu rendah. Salinitas tambak yang sesuai untuk pertumbuhan *Gracilaria* spp adalah 15 - 30 per mil (Anggadiredja, *et al.*, 2006).

4. Membersihkan tanaman rumput laut dan tanaman lain atau membuang kotoran yang menempel pada tanaman.
5. Apabila terserang gulma dan hama dapat dilakukan pemberantasan secara biologis dengan cara memasukkan Ikan Bandeng.
6. Sampel contoh dilakukan 1 minggu sekali untuk memeriksa tanaman juga untuk mengetahui laju pertumbuhan.

2.5.4 Cara panen

Panen umumnya dilakukan bila tanaman telah mencapai berat 400 - 600 gram atau 1 - 2 bulan sekali setelah panen pertama atau setelah panen berikutnya. Panen dapat dilakukan secara total, yaitu dengan mengangkat seluruh tanaman atau secara berkala dengan pemetikan sebagian dan tanaman yang sudah besar serta menyisihkan sebagian untuk tumbuh dan berkembang lagi (Ariyanto, 2005).

Menurut Anggadiredja *et al.* (2006), pada saat panen, air tambak tidak perlu dikeluarkan, apalagi bila ditanam dengan sistem polikultur bersama bandeng dan atau udang. Cara panennya sebagai berikut:

1. Angkat tanaman yang berada di dasar tambak menggunakan tangan.
2. Bilas rumput laut dengan air tambak untuk menurunkan jumlah lumpur dan kotoran lain. Kemudian, petik *thallus* muda yang selanjutnya digunakan bibit. Masukkan *thallus* muda dan tua dalam wadah terpisah. *Thallus* muda dapat langsung ditebar kembali secara merata.
3. Angkut rumput laut (*thallus* tua) yang telah dibilas untuk kemudian dijemur.

4. Sebaiknya rumput laut tidak terkontaminasi oleh kotoran supaya tidak menisak kualitasnya.

2.6 Umur Panen

Yunizal *et al.* (2000) menyatakan bahwa sebagai bahan baku pengolahan, rumput laut harus dipanen pada umur yang tepat. Rumput laut jenis *Gracilaria* spp pemanenan dilakukan setelah berumur 3 bulan, sedangkan jenis *Eucheuma* dipanen setelah berumur 1,5 bulan atau lebih. Rumput laut dipanen setelah tingkat pertumbuhannya mencapai puncak yaitu beratnya mencapai ± 600 g/rumpun. Lama pemeliharaan tergantung dari lokasi, jenis rumput laut serta metode penanaman. Kandungan karaginan pada *Eucheuma* sp dan agar-agar pada *Gracilaria* spp mencapai puncak tertinggi pada umur antara 6 - 8 minggu dengan cara pemanenan memotong bagian ujung tanaman yang sedang tumbuh (Anonymous, 1995).

Pemanenan dilakukan bila rumput laut telah mencapai berat tertentu, yakni sekitar empat kali berat awal (dalam waktu pemeliharaan 1,5 - 4 bulan). Untuk jenis *Eucheuma* sp dapat mencapai berat sekitar 500-600 g, maka jenis ini sudah dapat dipanen, masa panen tergantung dan metode dan perawatan yang dilakukan setelah bibit ditanam (Aslan 1998). Mukti (1987) menyatakan bahwa pemanenan sudah dapat dilakukan setelah 6 minggu yaitu saat tanaman dianggap cukup matang dengan kandungan polisakarida maksimum. Pemanenan rumput laut dilakukan secara keseluruhan (*full harvest*) tanpa bantuan alat mekanik. Kadi dan Atmaja (1988) menambahkan bahwa pemanenan rumput laut dapat dilakukan sekitar 1 - 3 bulan dari saat penanaman.

2.7 Agar-agar

Agar-agar adalah polisakarida yang ditemukan pada dinding sel alga merah dan biasanya mengandung monomer sulfat galaktosa (Anonymous, 2002). Agar-agar adalah produk gel yang diisolasi dan rumput laut merah melalui proses ekstraksi menggunakan air panas dalam suasana sedikit asam (Belitz dan Grosch, 1986). Agar-agar merupakan senyawa ester asam sulfat dan senyawa galaktan yang tidak larut dalam air dingin, tetapi larut dalam air panas yang membentuk gel (Poncomulyo, 2006).

Agar-agar merupakan hidrokoloid rumput laut yang memiliki kekuatan gel yang sangat kuat. Dilihat dan struktur molekul, agar-agar merupakan senyawa polisakarida dengan rantai panjang yang disusun oleh ulangan pasangan dua unit molekul *agarose* dan *agaropektin* (Anggadiredja, *et al*, 2006). Agar-agar ditemukan pada algae dengan proses ekstraksi menggunakan air pada temperatur dibawah *melting point* gelnya (Stanley, 2006). Agar-agar merupakan suatu asam sulfurik, ester digalactan linier. Bentuk gel diekstrak dan *agarophyt* yang berasal dan kelompok *Rhodophyceae*. Ditambahkan pula oleh Istini, *et al*, (2006) pada suhu 32-39°C, agar-agar akan berbentuk padatan dan mencair pada suhu 60°C-97°C pada konsentrasi 1,5%. Agar-agar adalah nama umum untuk polisakarida yang diekstrak dan berbagai jenis alga merah yang disusun oleh alternatif D dan L unit Galaktopiranososa (Anonymous, 2002). Agar-agar adalah produk kering tak berbentuk yang punya sifat seperti gelatin, merupakan hasil ekstraksi non nitrogen dan ganggang gelidium dan kelompok *agarophyte* lain. Molekul agar-agar terdiri dan rantai linear galaktan yaitu polimer galaktosa. Galaktan dapat berupa rantai linear yang netral ataupun sudah terekstraksi dengan metil / asam sulfat. Galaktan yang sebagian besar monomer galaktosanya membentuk ester dengan metil disebut agarose sedangkan galaktan yang teresterkan dengan asam sulfat disebut agaropektin (Winamo, 1996).

2.8 Komposisi Agar-agar

Menurut Soesanto, *et al*, (1978), agar-agar kaya akan karbohidrat, sedangkan kandungan proteinnya sangat sedikit. Struktur dasar tetap dan agar-agar merupakan rangkaian 3- β -D-galactopyranosa dan 1, -4, -3, 6 anhydro- α -L-galactopyranosa (Istini, *et al*, 1994). Molekul agar-agar terdiri dari rantai linier galaktan. Galaktan adalah polimer dari galaktose. Dalam menyusun agar-agar, galaktan dapat berupa rantai linier yang netral ataupun sudah terekstraksi dengan metil atau asam bentuk ester dengan metil disebut agarose. Sedangkan galaktan yang teresterkan dengan asam sulfat dikenai dengan agarophyte (Winarno, 1986). *Gracilaria* spp termasuk kelompok penghasil agar-agar (agarophyte). Kandungan agar-agarnya sangat beragam tergantung pada jenis dan lokasi tempat tumbuhnya & Kandungan nutrisi rumput laut bervariasi antar divisi, antar jenis, antar bagian pada tanaman. Protein terdapat dalam jumlah sedikit dan karbohidrat terdapat dalam jumlah besar serta merupakan komponen penyusun dinding sel dan ruangan intraseluler (Sugiarto, 1985). Komposisi kimia agar per 100 gram bahan secara umum dan Standar mutu agar-agar menurut Standar Industri Indonesia (SII) disajikan dalam Tabel 3 dan Tabel 4.

Tabel 3. Komposisi kimia agar-agar

Komposisi	Jumlah
Kalori (kal)	55,0
Protein (gram)	0,2
Lemak (gram)	0,1
Total karbohidrat	15,0
Serat (gram)	0,1
Abu (gram)	0,4
Kalsium (mg)	119,0
Fosfor (mg)	5,0
Besi (mg)	2,9
Sodium (mg)	10,0
Potasium (gram)	20,0
Thiamin (gram)	0,01
Riboflavin (gram)	0,04
Niacin (mg)	0,1

Sumber : Food Chemical Codex (1972)

Tabel 4. Standart mutu agar-agar menurut Standart 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	Dijinkan
Kekenyalan	baik

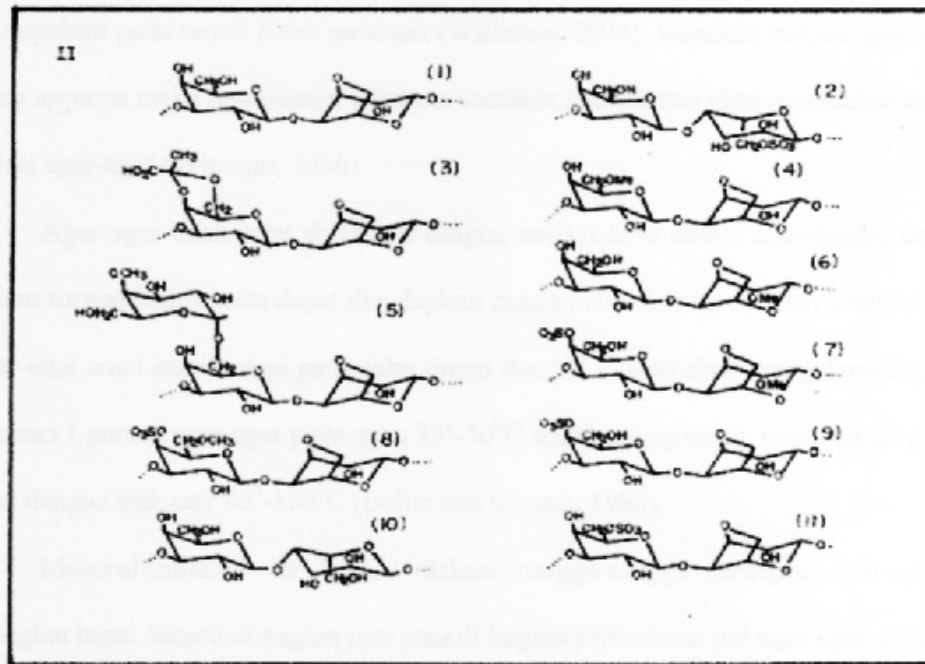
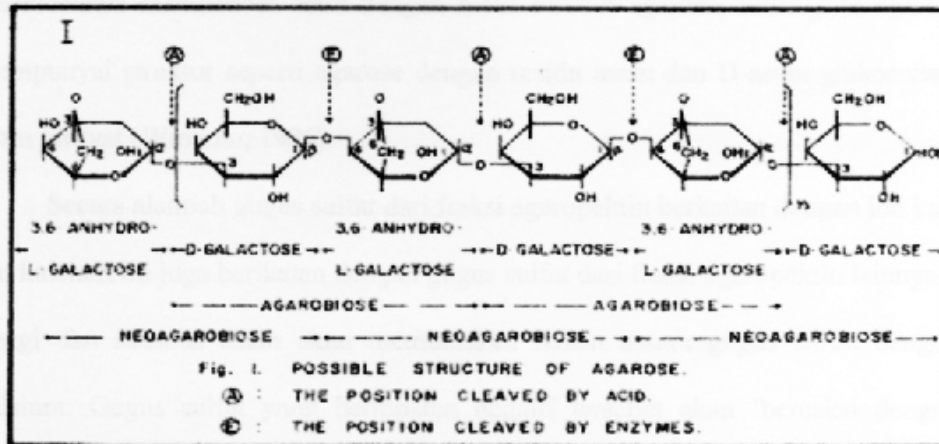
Sumber : Angka dan Suhartono (2000)

2.9 Struktur Agar-agar

Struktur dasar agar-agar yang disebut agarobiose pada dasarnya terdiri dari dua fraksi yaitu fraksi agaropektin yang bermuatan dan fraksi agarose yang netral (Zatnika, 1987). Struktur agar ditentukan oleh fraksi yang memiliki kemampuan membentuk gel terbesar yaitu agarose. Fraksi lainnya yang juga merupakan penyusun struktur agar adalah agaropektin. Perbandingan kedua komponen tersebut adalah tergantung pada jenis makroalgae penghasil agar-agar (umumnya kandungan agarose sekitar 55-66 %) (Anonymous, 2004).

Agarose merupakan komponen agar-agar yang bertanggung jawab atas daya gelasi agar-agar. Disamping itu, viskositas dan daya gelasi agar-agar tergantung pada produksi dan jenis rumput laut dan digunakan serta kandungan sulfat yang terdapat pada agar-agar tersebut akan mereduksi kapasitas gelasi agar-agar. Agaropektin lebih kompleks dan mungkin tersusun atas campuran polisakarida. Agaropektin mengandung residu sulfat 3-10 %. Agaropektin memiliki rantai yang hampir sama dengan rantai agarosa, tetapi beberapa residu 3,6-anhidro-L-galaktosa mungkin diganti oleh residu L-galaktosa sulfat dan terdapat penggantian sebagian dan residu D-galaktosa oleh asetat asam piruvat (Winamo, 1996)

Struktur kimia agarose disajikan pada gambar 7 di bawah ini.



Gambar 7. Struktur kimia agarose (Sumber : Armisen dan Galatas, 2000)

2.10 Fisika Kimia Agar-agar

Molekul agar-agar terdiri dari rantai linier galaktan. Galaktan adalah polimer galaktosa yang dihubungkan satu dengan yang lainnya melalui ikatan (1,4) membentuk agarose dan agaropektin dengan proporsi yang berbeda-beda. Galaktan yang monomer

galaktosanya membentuk ester dengan metil disebut agarose, sedangkan agaropektin mempunyai struktur seperti agarose dengan residu asam dan D-asam glukoronat serta asam piruvat (Winarno, 1996).

Secara alamiah gugus sulfat dan fraksi agaropektin berkaitan dengan ion kalsium. Ion kalsium ini juga berikatan dengan gugus sulfat dan fraksi agaropektin lainnya. Suhu tinggi dan suasana asam akan memutuskan ikatan antara gugus sulfat dengan ion kalsium. Gugus sulfat yang bermuatan negatif tersebut akan bereaksi dengan ion hidrogen yang berasal dari asam dan menyebabkan putusnya ikatan antara fraksi agaropektin pada rantai linier galaktan (Williams, 2004). Semakin banyak gugus sulfat yang terputus maka rantai linier galaktan semakin pendek dan akan mereduksi kapasitas gelasi agar-agar (Winarno, 1996).

Agar-agar tidak larut dalam air dingin, sedikit larut dalam *etanolamin*, dan larut dalam formaldehida serta dapat diendapkan dengan etanol encer. Dalam keadaan kering agar-agar amat stabil tetapi pada suhu tinggi dan pH rendah akan mengalami degradasi. Larutan 1 persen agar-agan pada suhu 35°-50°C sudah cukup untuk membentuk gel yang kuat dengan titik cair 80°-100°C (Belitz dan Grosch, 1986).

Molekul-molekul air berada dalam rongga-rongga jaringan agar-agar dan sebagian besar berada di bagian luar atau di bagian permukaan gel agar-agar. Bila gel di potong dengan pisau atau disimpan untuk beberapa hari, air tersebut dapat keluar dan gel dan peristiwa ini disebut dengan sineresis. Sineresis ini mengakibatkan perubahan komposisi dan tekstur gel tersebut sehingga menurunkan mutu gel. Sineresis terjadi terutama karena adanya asam atau suhu penyimpanan gel (Williams, 2004). Ditambahkan oleh Lestari dan Suhartono (2000), gel agar-agar bersifat *thermoreversible*, bila gel dipanaskan melewati titik cairnya maka gel akan mencair, tetapi bila larutan agar ini

dibiarkan dingin akan terbentuk gel kembali. Apabila gel agar ditempatkan pada udara dingin maka sejumlah air dibebaskan oleh gel dan ini terlihat di permukaan dengan penampakan pengerutan sol, fenomena demikian disebut *syneresis*.

Pembentukan gel sangat dipengaruhi beberapa faktor antara lain konsentrasi agar-agar, derajat keasaman, gula, dan banyaknya kandungan sulfat dalam agar-agar (Stephen, 1995). Menurut Glicksman (1983), mekanisme pembentukan gel terdiri dari tiga tahap, yaitu:

1. Pada saat larutan atau sol agarosa berada di atas titik leleh, struktur polimer membentuk suatu gulungan acak (*random coil*).
2. Pada pendinginan, gulungan acak akan membentuk pilinan ganda (*double heliks*) dimana pada keadaan ini atom-atom hidrogen dan kutub 3,6 anhidro-L-galaktosa mendesak molekul untuk membentuk pilinan. Interaksi pilinan-pilinan ini menyebabkan terbentuknya gel.
3. Pada pendinginan selanjutnya, pilinan ganda akan beragregasi membentuk struktur tiga dimensi sehingga membentuk gel menjadi lebih keras.

Sifat fisik dan rendemen *Gracilaria verrucosa* yang berasal dan beberapa lokasi yang berbeda disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Sifat fisik dan rendemen *Gracilaria verrucosa*

Lokasi	Rendemen (%)	1,5% larutan agar		
		Gel Temp (⁰ C)	Melt Temp (⁰ C)	Gel Strength (g/cm ²)
Mandapam*	23	40	55	41
Rameswaram*	43	40-44	80-83	173
Myanmar**	9-22	27-40	52-70	62-120

Sumber: * : Kalimuthu dan Ramalingam (1996); ** : Shwe dan Khine (1996)

2.11 Ekstraksi Agar-agar

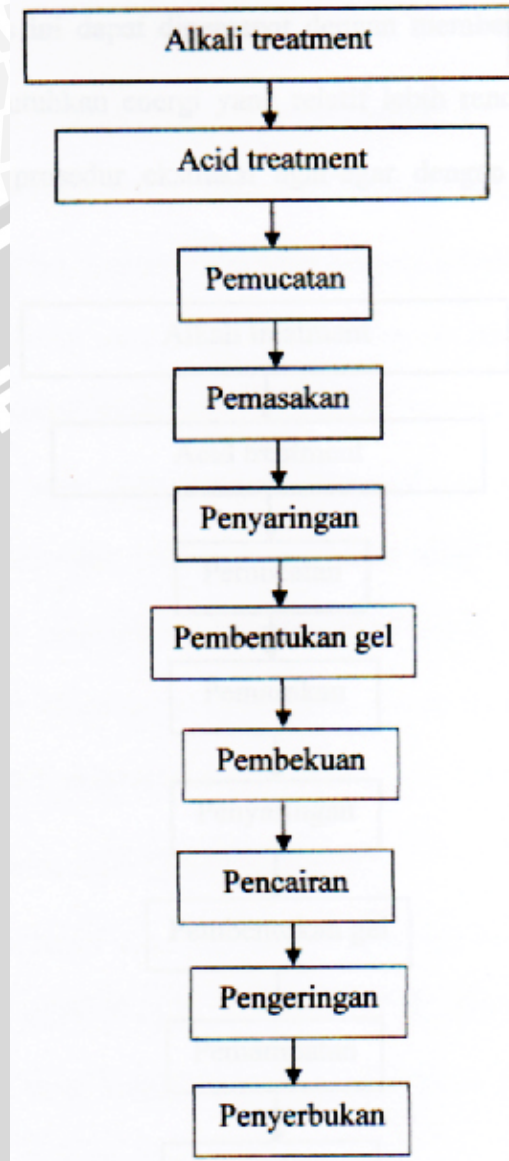
Langkah utama pembuatan agar dan agarophytes adalah : (1) Ekstraksi agar-agar dengan air panas; (2) Filtrasi untuk menghilangkan residu rumput laut; (3) Pemurnian (dengan metode *freeze-thaw* atau *gel-press*); (4) Pengerinan (Minghou, 2008). Ekstraksi agar-agar dari *Gracilaria* dilakukan dengan memanaskan rumput laut untuk memisahkan agar dan diikuti dengan pembekuan dan *thawing* yang dilakukan berulang untuk menghilangkan air. Untuk meningkatkan kekuatan gel, rumput laut mula-mula dimasak dalam alkali selama beberapa jam. Kemampuan agar-agar dan *Gracilaria* untuk membentuk gel dapat ditingkatkan dengan pra-perlakuan menggunakan alkali sebelum ekstraksi untuk mengubah α -galaktose 6 sulphate menjadi 3,6-anhydro- α -L-galaktose (Cordova, 2007).

Secara umum, proses ekstraksi agar-agar didasarkan pada fakta bahwa agar-agar tidak larut dalam air dingin dan larut dalam air panas. Prinsip ini hanya dapat menghasilkan kurang lebih 1% agar sebagai hasil ekstraksi. Oleh karena itu, pemisahan antara agar-agar dan air menjadi mustahil jika ingin mendapatkan hasil yang baik. Berdasarkan dua hal ini mustahil untuk mendeskripsikan metode ekstraksi yang memadai untuk semua jenis *agarophytes* (Perez and Barbaroux, 1996). Pada umumnya terdapat dua metode ekstraksi agar-agar:

1. Metode *freezing-thawing*

Metode ini berdasarkan pada fakta bahwa agar-agar di bawah 0°C menjadi tidak larut dalam air. Pada proses ini filtrat yang mengandung 1% agar dibekukan pada temperatur antara -2 sampai -10°C (Perez and Barbaroux, 1996). Ekstrak rumput laut yang umumnya mengandung antara 1% - 1,2% agar selama proses, akhirnya terkonsentrasi setelah *thawing* dan *straining* (dengan sentrifugasi) hingga mengandung 10% - 1,2% agar

(Armisen, *et al*, 2000). Adapun prosedur ekstraksi agar-agar dengan metode *freezing-thawing* sebagai berikut:

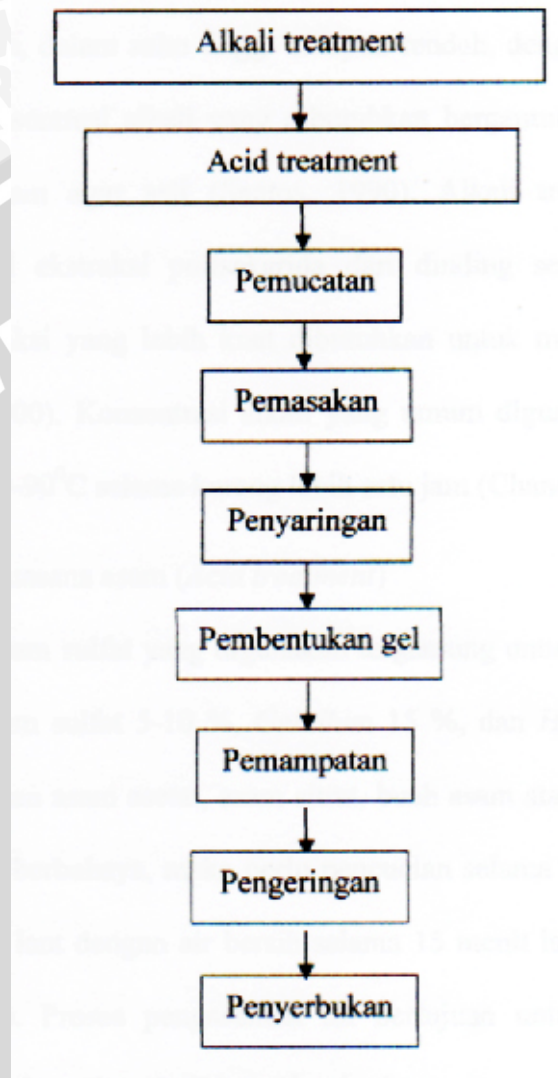


Gambar 8. Skema proses pengolahan tepung agar-agar dengan metode *freezing-thawing* (Thaw, 1995).

2. Metode *syneresis*

Syneresis adalah sifat gel yang cenderung menekan dan mengeluarkan cairan dan suatu gel. Proses ini dapat dipercepat dengan memberikan tekanan, yang dalam kasus ini

membutuhkan energi yang relatif lebih rendah (Perez and Barbaroux, 1996). Adapun prosedur ekstraksi agar-agar dengan metode sineresis sebagai berikut:



Gambar 9. Skema proses pengolahan tepung agar-agar dengan metode sineresis

(Thaw, 1995)

Secara umum, proses pengolahan rumput laut menjadi tepung agar-agar meliputi pencucian dan pemucatan, pelembutan, ekstraksi, penyaringan, dan penggilingan menjadi tepung agar (Winarno, 1990).

a) Perendaman dalam suasana basa (*Alkali treatment*)

Alkali treatment berfungsi untuk meningkatkan kemampuan pembentukan gel agar. Berdasarkan spesies *Gracilaria* spp yang berbeda sebaiknya digunakan konsentrasi alkali yang berbeda, dalam suhu tinggi maupun rendah, dengan durasi perlakuan yang berbeda pula. Konsentrasi alkali yang dibutuhkan bergantung pada banyaknya sulfat yang terdapat dalam agar (Santos, 1990). *Alkali treatment* dilakukan untuk mendapatkan hasil ekstraksi polisakarida dan dinding sel yang lebih baik. Pada *Gracilaria* spp reaksi yang lebih kuat dibutuhkan untuk meningkatkan kekuatan gel (Armisen *et al*, 2000). Konsentrasi alkali yang umum digunakan antara 3-5% NaOH pada temperatur 80-90°C selama kurang lebih satu jam (Chandrkrachang, 1996).

b) Pengkondisian suasana asam (*Acid treatment*).

Banyaknya asam sulfat yang digunakan tergantung untuk jenis rumput laut. Untuk *Gracilaria* spp asam sulfat 5-10 %, *Gelidium* 15 %, dan *Hypnea* 25 %. Selain asam sulfat bisa digunakan asam asetat, asam sitrat, buah asam atau daun asam. Oleh karena asam sulfat cukup berbahaya, maka perlu pencucian selama pengasaman yaitu dengan merendam rumput laut dengan air bersih selama 15 menit lalu ditiriskan (Indriani dan Suminarsih, 2003). Proses pengasaman ini bertujuan untuk memecah dinding sel sehingga agar mudah terekstrak. Disamping itu larutan asam asetat itu diharapkan dapat menghancurkan dan melarutkan kotoran sehingga rumput laut menjadi bersih (Winarno, 1996).

c) Pemasakan

Menurut Winarno (1990), pemasakan rumput laut dilakukan dalam satu bejana dengan menggunakan air bersih sebanyak 40 kali berat rumput laut kering, dengan penambahan asam cuka 0,5% dari berat air pada suhu sekitar 90°-100°C. Pemasakan dilakukan sampai mendidih, rumput laut hancur dan larut menjadi bubur encer (Poncomulyo, 2006). Selama pemasakan akan terjadi penghancuran dinding sel rumput laut dan menghasilkan bentuk pasta yang merupakan campuran dan agar-agar, dinding sel rumput laut yang hancur, garam-garam mineral dan bahan non agar-agar lainnya. Proses penghancuran dinding sel rumput laut bertujuan untuk memperluas permukaan rumput laut, sehingga mempermudah proses pelarutan agar-agar (Indriani dan Suminarsih, 2003).

d) Penyaringan dan pengepresan

Agar-agar yang telah masak disaring dengan *filter press filtrat*. Cairan agar-agar yang keluar ditampung dalam loyang dan didinginkan selama 7 jam (sampai membeku). Agar-agar yang sudah membeku dipotong dengan ketebalan 1 cm dan diletakkan diantara kain yang berukuran sama dengan loyang, kemudian disusun dalam alat pengepres sampai ketinggian 50 cm. Tumpukan tersebut dipres dengan cara memberi beban dibagian atasnya. Hasil pengepresan tersebut kemudian dijemur selama 1-2 hari (hingga kering). Dari 3 kg rumput laut kering akan dihasilkan 780 gram agar-agar atau 78 lembar agar-agar dengan berat 10 gram, sehingga rendemen yang dihasilkan 8-10% (Poncomulyo, 2006).

e) Penghalusan dan pengemasan

Untuk menghasilkan agar-agar bubuk, agar-agar lembaran yang sudah kering dihancurkan dengan menggunakan mesin penghancur sehingga berbentuk

agar-agar yang berukuran 5 x 5 mm. Agar-agar yang sudah hancur dimasukkan kedalam mesin pembuat bubuk (*mill*) hingga diperoleh agar-agar powder yang berwarna putih. Agar-agar tepung dimasukkan dalam kertas *glasin* yang dilapisi him, atau dapat juga dimasukkan dalam plastik polypropilene kemudian dibungkus kertas karton bergelombang (Winarno, 1990). Selain berbentuk powder, agar-agar ada yang berbentuk batangan yang prinsipnya hampir sama dengan pengolahan agar-agar berbentuk lembaran, tetapi tidak dilakukan pengepresan, hanya penyaringan. Hasil cetakan didinginkan dengan cara menjemurnya dibawah sinar matahari (Poncomulyo, 2006).

