

**PENGARUH SALINITI KE ATAS PENGHASILAN BIOMASS, KANDUNGAN  
AGAR DAN KEKUATAN GEL AGAR PADA RUMPAI LAUT *GRACILARIA*  
*EDULIS* DAN *GRACILARIA MANILAENSIS***

**OLEH**

**HALIZA BINTI MOHD HASHIM**

**PUSAT PENGAJIAN SAINS KAJIHAYAT**

**UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**MAC 2004**

## **PENGHARGAAN**

Bismillahirrahmanirrahim

Syukur ke hadrat Ilahi kerana akhirnya dapat juga saya menyempurnakan tesis bagi projek tahun akhir ini. Jutaan terima kasih diucapkan kepada Dr. Misni Surif selaku penyelia kepada tajuk projek ini kerana telah memberikan banyak nasihat, bimbingan dan tunjuk ajar dan semangat kepada saya.

Tidak lupa juga ribuan terima kasih kepada Kak Kim selaku pembantu penyelidikan yang banyak menolong dan memberik tunjuk ajar sepanjang projek ini dilakukan.

Akhir sekali, kepada mak ayah yang banyak menyokong dari belakang, berkorban masa dan wang ringgit demi kejayaan anakmu ini. Terima kasih tidak terhingga atas segala pengorbanan kalian. Begitu juga kepada rakan-rakan seperjuangan yang turut memberikan bantuan secara langsung atau tidak. Hanya ALLAH yang dapat membalas jasa anda semua.

Sekian. Terima kasih.

## ABSTRAK

Kajian terhadap kesan saliniti yang berbeza iaitu 10‰, 20‰ dan 30‰ terhadap biomass, penghasilan agar dan kekuatan gel agar pada *Gracilaria edulis* dan *Gracilaria manilaensis* yang telah dikultur selama dua minggu telah dijalankan. Daripada keputusan kajian yang diperolehi, saliniti yang berbeza telah mempengaruhi nilai biomass, penghasilan agar dan kekuatan gel agar. Nilai biomass *G. edulis* yang paling tinggi ialah pada saliniti 30‰ ( $10.56 \pm 0.46\%$ ) diikuti dengan saliniti 20‰ dan 10‰ manakala bagi *G. manilaensis* pula nilai biomass tertinggi adalah pada saliniti 30‰ ( $9.96 \pm 0.86\%$ ) diikuti pada saliniti 20‰ dan 10‰. Penghasilan agar tertinggi bagi kedua-dua spesies ini adalah pada saliniti 30‰ ( $25.6 \pm 0.70\%$ , *G. edulis*) diikuti pada saliniti 20‰ dan 10‰ ( $23.4 \pm 0.92\%$ , *G. manilaensis*). Kekuatan gel agar paling tinggi diperolehi pada saliniti 30‰ ( $350.00 \pm 10.00 \text{ g/cm}^2$ , *G. edulis*), diikuti dengan saliniti 20‰ dan 10‰ ( $136.67 \pm 11.55 \text{ g/cm}^2$ , *G. manilaensis*). Namun begitu, nilai biomass, hasil agar dan kekuatan gel agar adalah tidak begitu berbeza bagi kedua-dua spesies ini.

## ABSTRACT

Effect of different salinity (10 ‰, 20 ‰ and 30 ‰) on biomass, agar yield and gel strength of *Gracilaria edulis* and *Gracilaria manilaensis* after two weeks cultivation had been studied. Different salinity affect the biomass, agar yield and agar strength. The highest *G. edulis* biomass was on 30 ‰ salinity ( $10.56 \pm 0.46\%$ ), followed by 20‰ salinity and 10 ‰ salinity and for *G. manilaensis*, the highest biomass was on 30‰ salinity ( $9.96 \pm 0.86\%$ ) followed by 20‰ salinity and 10‰ salinity. The highest agar yield for these two species of *Gracilaria* was on 30‰ ( $25.6 \pm 0.70\%$ , *G. edulis*) followed by 20‰ salinity and 10‰ salinity ( $23.4 \pm 0.92\%$ , *G. manilaensis*). The highest gel strength was found on 30‰ salinity ( $350.00 \pm 10.00 \text{ g/cm}^2$ , *G. edulis*), followed by 20‰ salinity and 10 ‰ salinity ( $136.67 \pm 11.55 \text{ g/cm}^2$ , *G. manilaensis*). However, there were not too much different in the biomass, agar yield and gel strength for both species.

## SENARAI RAJAH

<u>Rajah</u>		<u>Muka surat</u>
Rajah 2.1	: Struktur kimia agar yang menunjukkan unit-unit ulangan bagi agar.	12
Rajah 2.2	: Struktur kimia agarosa.	13
Rajah 2.3	: Struktur kimia agaropektin.	14

## SENARAI JADUAL

<u>Jadual</u>		<u>Muka surat</u>
Jadual 4.1	: Peratus berat kering <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> yang dikultur pada saliniti yang berbeza.	25
Jadual 4.2	: Kandungan agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> yang telah dikultur pada saliniti yang berbeza.	27
Jadual 4.3	: Kekuatan gel agar ( $\text{g/cm}^2$ ) <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> yang dikultur pada saliniti yang berbeza.	28
Jadual 4.4	: Peratus berat kering (Biomass), peratus kandungan hasil agar dan kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> yang dikutip daripada Pulau Gazembo.	30
Jadual 4.5	: Peratus berat kering (%) (Biomass), kandungan agar (%) dan kekuatan gel agar ( $\text{g/cm}^2$ ) <i>G. edulis</i> mengikut beberapa kaedah pengeringan sampel yang berbeza.	31

## SENARAI PLAT

<u>Plat</u>		<u>Muka surat</u>
Plat 3.1 :	<i>Gracilaria edulis</i>	22
Plat 3.2 :	<i>Gracilaria manilaensis</i>	22
Plat 3.3 :	<i>Gracilaria edulis</i> yang dipungut daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang.	23
Plaat 3.4 :	<i>Gracilaria changii</i> yang dipungut daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang.	23
Plat 3.5 :	Kawasan persampelan di Pulau Gazembo, Pulau Pinang.	24
Plat 3.6 :	Alat Nikkansui	24

## SENARAI LAMPIRAN

<u>Lampiran</u>	<u>Muka surat</u>
Lampiran 1: Peratus berat kering (Biomass) <i>G. edulis</i> yang dikultur pada saliniti yang berbeza selama dua minggu.	42
Lampiran 2: Peratus berat kering (Biomass) <i>G. manilaensis</i> setelah dikultur pada saliniti yang berbeza selama dua minggu.	43
Lampiran 3: Peratus berat kering (Biomass) <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> yang dikultur pada saliniti yang berbeza selama dua minggu (graf).	44
Lampiran 4: Peratus kandungan agar (%) <i>G. edulis</i> yang dikultur pada saliniti berbeza selama dua minggu. Peratus kandungan agar (%) <i>G. manilaensis</i> yang dikultur pada saliniti berbeza selama dua minggu.	45
Lampiran 5: Peratus kandungan agar (%) <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> yang dikultur pada saliniti berbeza selama dua minggu (graf).	46
Lampiran 6: Kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> ( $\text{g/cm}^2$ ) yang dikultur pada saliniti yang berbeza selama dua minggu. Kekuatan gel agar <i>G. manilaensis</i> ( $\text{g/cm}^2$ ) yang dikultur pada saliniti yang berbeza selama dua minggu.	47

Lampiran 7:	Kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> (g/cm <sup>2</sup> ) yang dikultur pada saliniti yang berbeza selama dua minggu (graf).	48
Lampiran 8:	Peratus berat kering (Biomass) <i>G.edulis</i> dan <i>G. changii</i> yang diperolehi daripada Pulau Gazembo. Peratus kandungan agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> yang diperolehi daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang.	49
Lampiran 9:	Kekuatan gel agar (g/cm <sup>2</sup> ) <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> yang diperolehi daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang.	50
Lampiran 10:	Peratus berat kering (Biomass) <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> yang diperolehi daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang (graf).	51
Lampiran 11:	Peratus kandungan agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> yang diperolehi daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang.(graf)	52
Lampiran 12:	Kekuatan gel agar (g/cm <sup>2</sup> ) <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> yang diperolehi daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang.(graf)	53
Lampiran 13:	Peratus berat kering (Biomass) <i>G. edulis</i> mengikut kaedah pengeringan sampel yang berbeza. Peratus penghasilan agar (%) <i>G. edulis</i> yang diekstrak mengikut beberapa kaedah pengeringan sampel yang berbeza.	54

Lampiran 14:	Kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> (g/cm <sup>2</sup> ) yang diekstrak mengikut kaedah pengeringan sampel yang berbeza.	55
Lampiran 15:	Peratus penghasilan agar (%) <i>G. edulis</i> yang diekstrak mengikut beberapa kaedah pengeringan sampel yang berbeza.(graf)	56
Lampiran 16:	Kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> (g/cm <sup>2</sup> ) yang diekstrak mengikut kaedah pengeringan sampel yang berbeza.	57
Lampiran 17:	Analisis perbandingan min; Ujian T- sampel berpasangan bagi peratus berat kering <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> .	58
Lampiran 18:	Analisis perbandingan min; Ujian T- sampel berpasangan bagi peratus kandungan agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> .	59
Lampiran 19:	Analisis perbandingan min; Ujian T- sampel berpasangan bagi kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i> .	60
Lampiran 20:	Analisis perbandingan min; Ujian T- satu sampel bagi peratus berat kering <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> .	61
Lampiran 21:	Analisis perbandingan min; Ujian T- satu sampel bagi peratus kandungan agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> .	62
Lampiran 22:	Analisis perbandingan min; Ujian T- satu sampel bagi kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> .	63
Lampiran 23:	Analisis perbandingan min; Ujian T- satu sampel bagi peratus berat kering <i>G. edulis</i> berdasarkan kaedah pengeringan sampel yang berbeza.	64

- Lampiran 24: Analisis perbandingan min; Ujian T- satu sampel bagi peratus kandungan agar *G. edulis* berdasarkan kaedah pengeringan sampel yang berbeza. 65
- Lampiran 25: Analisis perbandingan min; Ujian T- satu sampel bagi kekuatan gel agar *G. edulis* berdasarkan kaedah pengeringan sampel yang berbeza. 66

## KANDUNGAN

PENGHARGAAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
SENARAI RAJAH	iv
SENARAI JADUAL	v
SENARAI PLAT	vi
SENARAI LAMPIRAN	vii
KANDUNGAN	xi
1.0 PENGENALAN	1
2.0 TINJAUAN BACAAN	4
2.1 Rumpai laut	4
2.2 Kepentingan rumpai laut	5
2.2.1 Kepentingan ekologi	5
2.2.2 Kepentingan ekonomi	6
2.3 Agar-agar	9
2.3.1 Struktur kimia agar	11
2.3.2 Struktur kimia agarosa	12
2.3.3 Struktur kimia agaropektin	13
2.3.4 Kandungan sulfat	14
	xi

2.3.5	Faktor-faktor yang mempengaruhi penghasilan dan kualiti agar	14
3.0	BAHAN DAN KAEDAH	17
3.1	Pengumpulan stok	17
3.2	Pengkulturan <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i>	17
3.3	Penentuan peratus berat kering <i>Gracilaria</i> spp.	18
3.4	Pengekstrakkan agar	19
3.5	Penghasilan agar daripada kaedah pengeringan sampel yang berbeza	20
3.6	Penentuan kekuatan gel agar	20
4.0	KEPUTUSAN	25
4.1	Kesan saliniti terhadap berat kering (Biomass) <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i>	25
4.2	Kesan saliniti ke atas penghasilan agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i>	26
4.3	Kesan saliniti ke atas kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. manilaensis</i>	27
4.4	Penentuan peratus berat kering (Biomass), peratus kandungan agar dan kekuatan gel agar <i>G. edulis</i> dan <i>G. changii</i> yang dikutip daripada Pulau Gazembo	29

4.5	Penentuan peratus berat kering, kandungan agar dan kekuatan gel agar berdasarkan kaedah pengeringan sampel yang berbeza iaitu sampel segar, sampel yang dikeringkan dalam udara dan sampe yang dikeringkan dalam oven	30
5.0	PERBINCANGAN	33
6.0	KESIMPULAN	37
7.0	RUJUKAN	38
	LAMPIRAN	42

Bab 1

---

PENGENALAN

## 1.0 PENGENALAN

Penanaman rumpai laut agarofit memang sudah tidak asing lagi bagi beberapa buah negara pengeluar utama di dunia. Penanamannya bukan sahaja dapat mengekalkan stok semulajadi tetapi juga dapat meningkatkan produk penghasilannya di pasaran dunia. Namun begitu, minat untuk mengusahakan penanaman sumber ini masih terlalu kurang di negara kita. Ini adalah mungkin disebabkan kurangnya kesedaran rakyat Malaysia tentang potensinya dan mungkin juga disebabkan harganya di pasaran dalam negara adalah terlalu murah jika dibandingkan dengan sumber-sumber lain seperti ikan dan udang. Selain daripada itu, kos teknologi yang digunakan dalam menghasilkan produk daripada sumber ini juga dianggap tinggi yang menyebabkan perusahaan penanaman sumber ini kurang mendapat sambutan para pengusaha tempatan.

Di luar negara pula, permintaan terhadap sumber ini adalah terlalu tinggi namun bekalannya adalah terhad. Produk daripada sumber ini banyak digunakan dalam pelbagai bidang terutamanya industri makanan dan pengkulturan tisu. Maka tidak hairanlah jika harga produk daripada sumber rumpai laut ini begitu mahal di pasaran antarabangsa.

Di Malaysia, sumber rumpai laut ini dilihat mampu dan berpotensi untuk dijadikan sebagai tanaman komersial. Ini adalah disebabkan oleh kedudukan geografi Malaysia dan keadaan ekologi perairan lautnya yang amat sesuai untuk penanaman dan pertumbuhan sumber ini. Selain daripada itu, spesies semulajadi yang diperolehi di perairan Malaysia juga bermutu tinggi. Oleh itu, adalah menjadi harapan agar

penanamannya dapat memberikan pulangan yang lumayan kepada pengusaha tempatan. Walau bagaimanapun, dalam merealisasikan kejayaan dalam penanaman sumber ini, galakan dan dorongan yang padu dan bersungguh-sungguh daripada pelbagai pihak yang terlibat adalah amat diperlukan. Selain daripada itu, kajian dan penyelidikan haruslah dilakukan secara berterusan untuk menghasilkan teknik penanaman yang lebih baik dan efisien dalam memastikan penghasilan baka yang berkualiti dan bermutu tinggi.

Spesies rumpai laut yang berpotensi untuk dikomersialkan di Malaysia ialah *Gracilaria changii*. Spesies rumpai laut yang terdapat di Malaysia ini merupakan antara rumpai laut agarofit yang mengandungi agar-agar yang bermutu tinggi (Faazaz, 1986). Terdapat penyelidik dari Institut Penyelidikan Perikanan, Jabatan Perikanan Pulau Pinang yang telah mengutip spesies *G. changii* dan *G. fastigiata* di lima kawasan iaitu di Middle Bank (Pulau Pinang), Tanjung Dawai, Ban Merbuk dan Teluk Bayu di Kedah dan di Pulau Carrie Di Selangor. Hasil daripada pemprosesan, didapati bahawa spesies *Gracilaria* ini mempunyai kandungan agar yang tinggi iaitu 21.1% bagi *G. changii* dan 15.8% bagi *G. fastigiata* (Ramli, 1996).

Habitat utama rumpai laut di persekitaran laut cetek seperti kawasan persisiran pantai, teluk dan pulau serta persekitaran laut yang kaya dengan nutrien menjadikan Malaysia mampu untuk menjadi sebuah negara yang berpotensi menjalankan penanaman rumpai laut agarofit secara komersial. Berdasarkan permintaan yang tinggi di pasaran dunia dan juga peningkatan bagi kegunaan dalam negara, maka rumpai laut agarofit dan produknya berpotensi menjadi salah satu bahan eksport utama negara pada masa akan

datang. Tumbuhan vaskular tanpa akar yang jasadnya lebih dikenali sebagai talus ini sememangnya mempunyai pelbagai kepentingan ekologi dan kepentingan ekonomi. Atas dasar itulah kajian ke atas *G. edulis*, *G. manilaensis* dan *G. changii* ini dilakukan untuk mengkaji penghasilan dan kekuatan gel agar kerana rumpai laut daripada spesies ini mempunyai potensi yang baik untuk dikomersialkan dan mempunyai kepentingan yang penting bukan sahaja dari sudut ekologi malahan juga dari sudut ekonomi. Semoga perusahaan penanaman rumpai laut ini akan menjadi suatu perusahaan komersial dan dapat menarik lebih ramai pengusaha di Malaysia.

Bab 2

---

TINJAUAN BACAAN

## 2.0 TINJAUAN BACAAN

### 2.1 Rumpai laut

Rumpai laut merupakan tumbuhan tidak bervaskular daripada kumpulan alga. Kehadiran kumpulan ini kurang dirasai berbanding tumbuh-tumbuhan yang lain memandangkan flora ini mendiami dasar-dasar lautan ataupun hidup terlindung di celah-celah batu di kawasan pantai.

Rumpai laut yang juga dikenali sebagai alga samudera terdiri daripada divisi *Chlorophyta* ( alga hijau ), *Phaeophyta* ( alga perang ) dan *Rhodophyta* ( alga merah ). Alga merah ( *Rhodophyta* ) merupakan kumpulan alga yang terbesar dan dianggarkan terdapat lebih kurang 2500 spesies manakala alga perang dianggarkan lebih kurang 1000 spesies dan alga hijau sebanyak 900 spesies.

Rumpai laut dapat dilihat bukan sahaja dari segi saiz dan bentuk malah dari segi warna. Satu sifat yang nyata yang dapat dilihat ialah sebahagian besar rumpai laut ini melekat dan mencengkam kuat pada substrat dengan bantuan organ pelekat. Tumbuhan ini boleh hidup di atas pelbagai substrat seperti pasir, lumpur, batu, serpihan batu karang atau kerikil. Kadangkala rumpai laut boleh hidup secara epifit pada tumbuhan vaskular dan juga pada rumpai laut lain. Ada juga yang menggunakan tubuh haiwan ( epizoik ) sebagai tempat untuk hidup (Ismail,1995).

Walaupun begitu, rumpai laut mempunyai peranan ekologi yang penting dalam ekosistem yang didiami. Melalui proses fotosintesis, tumbuhan ini dapat menukarkan bahan tak organik kepada bahan organik yang kemudiannya dapat digunakan oleh hidupan samudera yang mempunyai jaringan makanan dengan tumbuhan ini. Rumpai laut ini juga digunakan oleh sebahagian organisma samudera sebagai tempat tinggal dan juga sebagai tempat pembiakan. Oksigen yang dihasilkan boleh digunakan bukan sahaja oleh organisma samudera itu sendiri malah juga boleh digunakan oleh organisma yang hidup di daratan.

## **2.2 Kepentingan rumpai laut**

### **2.2.1 Kepentingan ekologi**

Rumpai laut memainkan peranan penting dalam ekologi samudera. Kewujudan rumpai laut terutama alga perang mempunyai kesan penenang terhadap laut. Tumbuhan ini kadangkala boleh hidup dengan begitu banyak sehingga membentuk hutan di dasar laut dan bertindak sebagai benteng yang mampu membendung dan mengurangkan daya ombak yang merempuh pantai. Selain itu, ia juga bertindak untuk menstabilkan pinggir pantai dan mengurangkan hakisan.

Rumpai laut juga menyediakan habitat yang sesuai untuk berbagai-bagai jenis hidupan laut seperti ketam, buran laut, tapak sulaiman, teritip, bunga karang dan alga

kecil yang lain. Bentuknya yang rimbun mampu memberikan perlindungan daripada ombak dan juga pemangsa organisma-organisma ini.

Alga merah koralin mempunyai peranan yang tersendiri terutama kepada terumbu karang kerana tumbuhan ini mempunyai endapan kalsium karbonat pada dinding sel yang penting untuk pertumbuhan terumbu batu karang, malah kadangkala sumbangan kalsium karbonat ini lebih besar daripada yang diberikan oleh haiwan karang.

Selain itu, alga yang membentuk kerak di permukaan terumbu membantu dalam membina terumbu batu karang dan mengekalkan struktur ini. Alga ini bertindak seperti simen yang mengukuhkan struktur longgar terumbu batu karang dan menjadikan terumbu kukuh dan dapat menahan tindakan ombak yang kuat ( Ismail, 1995 )

### **2.2.2 Kepentingan ekonomi**

Rumpai laut telah digunakan oleh manusia sebagai makanan sejak berkurun-kurun lamanya. Rumpai laut terutamanya alga merah dan alga perang boleh dijadikan sebahagian daripada diet dan cara memakannya bergantung kepada budaya sesebuah negara. Rumpai laut ini boleh dimakan secara mentah, dimasak atau dikeringkan. Tumbuhan ini merupakan sumber yang baik bagi beberapa vitamin dan mineral selain mempunyai kandungan karbohidrat yang tinggi.

Rumpai laut menghasilkan beberapa jenis bahan kimia bak kanji yang dikenali sebagai fikokoloid. Fikokoloid ini digunakan dengan meluas dalam industri pembuatan makanan. Kemampuannya membentuk gel walaupun pada suhu rendah menjadikan fikokoloid begitu berharga. Bahan-bahan komersial ini mempunyai banyak kepentingan dalam industri terutama sebagai bahan penebal (pengental), pengampai, penstabil dan pembentuk gel.

Rumpai laut mempunyai nilai dagangan kepada manusia terutama dalam industri penghasilan fikokoid. Fikokoid ialah bahan kimia bak kanji yang dihasilkan oleh rumpai laut dan bahan ini begitu berharga disebabkan kemampuannya membentuk ampai lekit atau gel walaupun pada kepekatan yang rendah. Agar-agar, karagenan dan asid alginik yang dihasilkan oleh beberapa rumpai laut mempunyai banyak kegunaannya dalam industri.

Salah satu fikokoloid terpenting ialah algin (terdiri daripada asid alginik dan garam alginat). Algin digunakan sebagai bahan penstabil dan pengemulsi dalam industri cat dan kosmetik dan dalam pembuatan hasil tenusu seperti aiskrim dan keju. Ia juga digunakan sebagai agen pengampai dalam pembuatan bahan pengilat, farmasi, dadah dan antibiotik selain sebagai agen penstabil dalam pemprosesan susu getah dan pencetakan tekstil.

Karagenan adalah fikokoloid yang diperolehi daripada alga merah seperti *Chondrus* di Atlantik Utara dan *Eucheuma* di kawasan tropika. Secara kimia, karagenan

menyerupai agar-agar tetapi mempunyai kandungan abu yang tinggi dan memerlukan kepekatan yang tinggi untuk membentuk gel. Karagenan digunakan sebagai agen penstabil dalam aiskrim, ubat gigi, sirap, ubat batuk, minuman keras dan hasil tenusu selain memperbaiki tekstur roti dan sup.

Agar-agar adalah satu lagi fikokoloid yang boleh diekstrak daripada alga merah seperti *Gelidium*, *Gracilaria*, *Pterocladia* dan *Gelidiella*. Kebolehan membentuk gel dengan mudah membuatnya sesuai digunakan untuk melindungi ikan dan daging yang ditinkan dan sebagai medium mengkultur bakteria dan kulat.

Beberapa jenis rumpai laut terutamanya alga perang dan alga merah telah dijadikan sebagai sumber makanan sejak berkurun-kurun lamanya. Ada juga beberapa jenis spesies yang boleh digunakan sebagai makanan haiwan dan dijadikan baja. Sebagai makanan haiwan, makroalga seperti *Ascophyllum*, *Laminaria* dan *Fucus* boleh diberikan kepada kambing, lembu, kuda, ayam dan babi. Pertumbuhan haiwan ternakan boleh meningkat dengan cepat memandangkan rumpai laut kaya dengan vitamin dan mineral. Manakala rumpai laut seperti *Fucus* yang kaya dengan kalium, fosforus, unsur surih dan bahan pertumbuhan biasanya dibiarkan reput di ladang atau dicampurkan dengan bahan organik yang lain sebelum dihasilkan baja. Marikultur rumpai laut merupakan satu perniagaan yang menguntungkan terutama di negara-negara China, Jepun dan Korea.

Rumpai laut juga mempunyai kepentingan dalam bidang perubatan. Rumpai laut seperti *Macrocystis*, *Laminaria*, *Fucus*, *Sargassum*, *Turbinaria*, *Hormophysa* dan

*Hydroclathrus* telah digunakan sejak berkurun-kurun lamanya untuk mengubati beberapa penyakit seperti beguk, disentri, cirit-birit dan masalah usus kecil dan pundi. Sesetengah spesies rumpai laut mempunyai nilai antibiotik, antibakteria, antikulat, antitumor, vermifuj dan ubat cacing dan sesetengah spesies pula boleh merendahkan tekanan darah dan aras kolesterol plasma (Ismail,1995).

### 2.3 Agar-agar

Agar adalah nama umum bagi polisakarida yang diekstrak daripada sesetengah jenis alga merah dan membentuk unit-unit D - dan L - galaktopiranososa. Perkataan agar adalah berasal daripada perkataan Melayu yang bermaksud alga merah daripada genus *Eucheuma*. Tetapi menurut Chapman (1980), perkataan agar dalam bahasa Melayu adalah merujuk kepada alga merah dari spesies *Gracilaria lichenoides*. Namun begitu, pernyataan ini tidak dapat diterima kerana genus *Eucheuma* digunakan secara meluas dalam perusahaan karagenan di Malaysia. Istilah ‘agar-agar’ dari perkataan Melayu ini adalah merujuk kepada ekstrak daripada *Eucheuma* dan apa yang menariknya ianya adalah hasil karagenan dan bukannya agar (Armisen, 1991).

Menurut Chapman (1980), Tseng (1944) telah mendefinisikan agar sebagai suatu bahan amorfus kering , bak gelatin, ekstrak tak bernitrogen daripada *Gelidium* dan agarofit lain, suatu ester asid sulfurik berantai galaktan linear, tidak larut dalam air sejuk tetapi larut dalam air panas, 1% larutan pada suhu 35-55 ° C membentuk gel yang tegar,

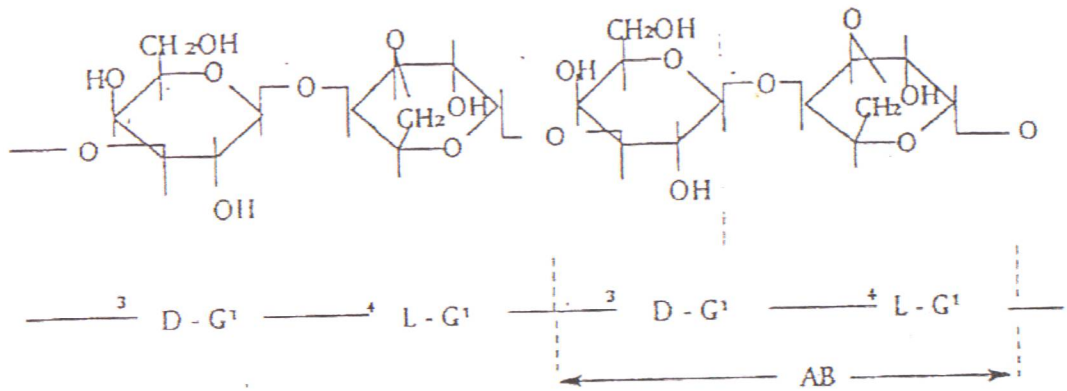
melebur pada suhu melebihi 80° C, terdiri daripada polisakarida neutral separa metilasi (agarosa) dan ester asid sulfurik (agaropektin) berantai galaktan linear.

Genus *Gracilaria* boleh dijumpai dengan banyaknya di kawasan temperat. Apa yang menarik tentang spesies *Gracilaria* yang terdapat di negara temperat ialah ianya menghasilkan agar yang mempunyai kekuatan gel yang lebih tinggi berbanding dengan agar daripada spesies tropika. Buktinya ialah spesies *Gracilaria* di negara-negara sejuk tumbuh dengan begitu perlahan dan memberikan masa untuk molekul-molekul gula untuk membentuk polimer dan membentuk molekul yang lebih besar berbanding dengan spesies di tropika. Sesetengah spesies tropika menghasilkan agar dengan kekuatan gel yang tinggi setelah menjalani rawatan yang tertentu. Kajian yang telah dilakukan oleh Doty & Santos (1983) menyatakan bahawa agar daripada *G. cylindrica* mempunyai kekuatan gel yang tinggi, suhu gel yang rendah dan takat lebur hampir menyamai semua jenis agar *Gelidium*. Kajian juga menunjukkan terdapat sesetengah spesies *Gracilaria* tropika yang boleh menjadi bahan mentah untuk menghasilkan agar bukan sahaja untuk industri makanan tetapi juga untuk persediaan bagi bakteriologi gred agar dan juga agaros (Santos, 1990).

### 2.3.1 Struktur kimia agar

Bahan kimia semulajadi bagi agar yang berlainan bergantung kepada sumber rumpai laut, persekitaran di mana rumpai laut tersebut tumbuh dan bagaimana agar itu disediakan. Araki (1965) telah melaporkan bahawa agar daripada *Gelidium amansii* adalah campuran dua polisakarida yang berlainan iaitu satu daripada agarosa semulajadi yang mana terdiri daripada  $\beta$  - D - galaktopiranosa dan 3,6 - anhidro -  $\alpha$  - L - galaktopiranosa yang dihubungkan dengan ikatan 1,4 dan agaropektin yang lain yang telah dicas (Rajah 2.1). Agaropektin mengandungi sisa-sisa galaktopiranosa dengan sulfat dan lain-lain kehadiran kumpulan yang telah dicaskan.

Duckworth dan Yaphe (1971) telah memecahkan agar Difco Bacto dengan menggunakan DEAE - Sephadex A-50 dan menunjukkan bahawa agar mengandungi campuran kompleks polisakarida dan 3,6 - anhidro -  $\alpha$  - L - galaktopiranosa yang dihubungkan dengan ikatan 1,4 yang dicaskan pada darjah yang berbeza-beza dengan sulfat, piruvat dan galaktan sulfat. Agarosa pula ialah campuran molekul agar yang mempunyai kandungan cas yang paling rendah dan berkebolehan membentuk gel yang paling tinggi. Kekuatan gel agar menurun dengan peningkatan sulfat dan pengurangan dalam kepekatan 3,6 - anhidro -  $\alpha$  - L galaktosa seperti yang dikatakan oleh Yaphe (1984).



Rajah 2.1: Struktur kimia agar yang menunjukkan unit-unit ulangan bagi agar. (Araki, 1956)

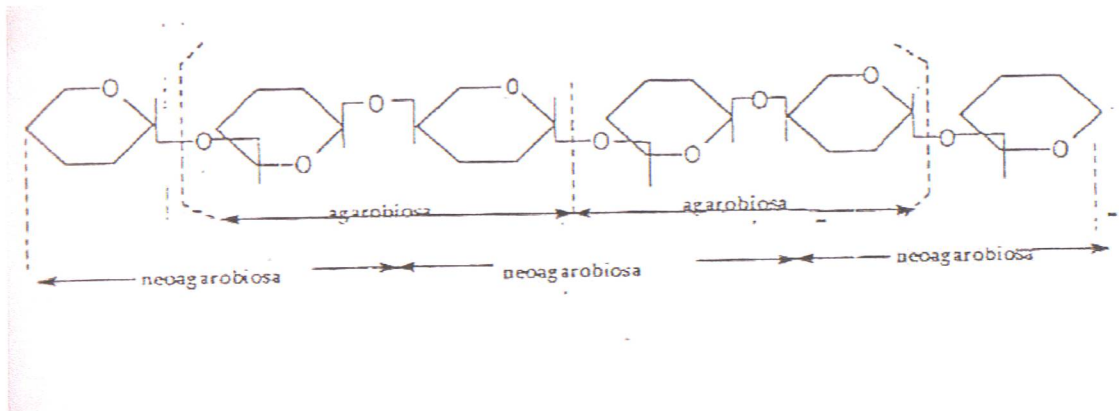
D-G =  $\beta$ -D- galaktopiranosa

AB = agarobiosa

L-G = 3,6-anhidro -  $\alpha$ - L- galaktopiranosa

### 2.3.2 Struktur kimia agarosa

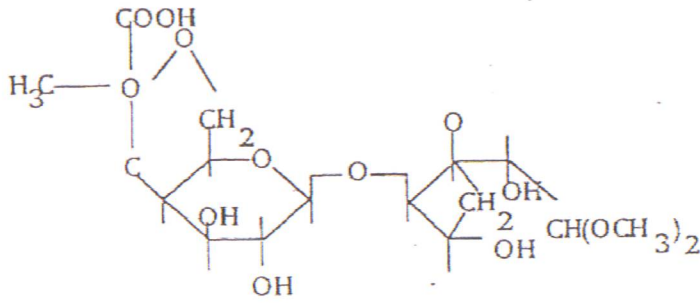
Agarosa adalah campuran molekul agar yang mempunyai kandungan cas paling rendah, mempunyai keupayaan membentuk gel yang tinggi, terpisah daripada keseluruhan molekul agar yang berbeza dalam takat penukargantian dengan kumpulan bercas (Rajah 2.2). Agarosa neutral yang ideal hanya akan berlaku pada kepekatan agar yang rendah (Duckworth & Yaphe, 1971). Kepekatan agarosa dalam agar boleh ditentukan dengan menjalankan kaedah pemisahan dan fraksinasi agar melalui penukaran anion.



Rajah 2.2: Struktur kimia agarosa (Araki, 1956)

### 2.3.3 Struktur kimia agaropektin

Walaupun mempunyai struktur kimia yang hampir sama dengan agarosa, namun agaropektin lebih kompleks kerana penukargantian residu 3,6-anhidro- $\alpha$ -L-galaktopiranososa dengan residu gula tersulfat menyebabkan kandungannya lebih rendah jika dibandingkan dengan agarosa (Rajah 2.3). Agaropektin tidak bertindak dalam pembentukan gel tetapi berperanan untuk menjadikan sesuatu komponen likat. Walau bagaimanapun, kelikatan ini bergantung kepada spesies alga, kaedah pemprosesan dan kandungan sulfat dalam sesuatu alga itu. Kandungan sulfat yang tinggi akan merendahkan keupayaan untuk membentuk gel.



Rajah 2.3: Struktur kimia agaropektin. (Araki, 1956)

#### 2.3.4 Kandungan sulfat

Komponen yang diperlukan dalam komposisi agar ialah sulfat yang berfungsi sebagai penentu kekuatan gel sesuatu agar. Peningkatan sulfat akan mengurangkan kekuatan gel agar. Oleh itu dapat disimpulkan bahawa kandungan sulfat berkadar songsang dengan kekuatan gel agar.

#### 2.3.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi penghasilan dan kualiti agar.

Penghasilan agar bergantung kepada faktor-faktor seperti jenis spesies, pH, fasa pertumbuhan dan jenis pengekstrakkan yang dilakukan ke atas rumpai laut tersebut (Diaz & Andres, 1989). Asare (1980) juga ada mengatakan bahawa faktor yang mempengaruhi

kualiti agar adalah perbezaan spesies dan musim. Kim & Henriquez (1979) dan Whyte *et. al.*, (1981) pula mengatakan bahawa fasa pertumbuhan mempengaruhi kualiti agar secara langsung. Murano *et. al.* (1993) telah melakukan kajian untuk membandingkan antara kaedah pra-rawatan secara peningkatan wap mendadak dengan kaedah biasa dalam mengasingkan agar daripada makroalga *G. dura*. Mereka mendapati bahawa jumlah hasil agar yang diperolehi selepas pengekstrakkan secara peningkatan mendadak wap adalah lebih tinggi.

Kualiti agar menunjukkan variasi atau kepelbagaian yang tinggi diakibatkan oleh persekitaran dan pengkhususan spesies (Daughterty & Bird, 1988). Beliau juga ada menyatakan bahawa pada saliniti 17‰, *G. verrucosa* strain G-16 menghasilkan produktiviti dan kekuatan gel yang rendah berbanding dengan saliniti atau kemasinan air laut yang lebih tinggi. Bird (1988) pula telah mengkaji kesan suhu, keamatan cahaya, saliniti dan pembekalan nutrien terhadap *Gracilaria* spp. dan mendapati bahawa penghasilan agar terbaik adalah pada suhu 24°C, pada keamatan cahaya yang baik dan pembekalan nutrien pada medium kultur. Menurut beliau lagi, saliniti 33‰ memberikan penghasilan dan kualiti agar yang lebih baik berbanding pada saliniti yang lebih rendah iaitu 17‰. Israel *et. al.* (1999) pula telah mengkaji kesan saliniti dan pH ke atas pertumbuhan dan hasil agar daripada *G. tenuistipitata* dan mendapati bahawa peningkatan hasil agar dan kekuatan gel berhubung kait dengan kadar pertumbuhan yang tinggi.

Shafeei *et. al.* (1994) pula telah mengkaji kualiti agar *G. changii* yang diekstrak di bawah pelbagai rawatan asid – alkali. Daripada kajian tersebut, didapati bahawa kekuatan gel agar bagi sampel yang dirawat di dalam larutan asid lemah dan diikuti dengan merendam sampel di dalam larutan alkali panas adalah lebih tinggi berbanding dengan kekuatan gel agar bagi sampel yang dirawat dengan larutan alkali NaOH panas dan diikuti dengan larutan asid HCl lemah. Walau bagaimanapun, Diaz & Andres (1989) mendapati bahawa kaedah mengekstrak agar adalah faktor terpenting yang mempengaruhi kualiti agar.

## Bab 3

---

### BAHAN DAN KAEDAH

### **3.0 BAHAN DAN KAEDAH**

#### **3.1 Pengumpulan stok**

*Gracilaria* spp. yang digunakan untuk ujikaji dipungut di Pulau Gazembo, Pulau Pinang (Plat 3.5) semasa air surut dan juga diambil daripada kolam air payau di Sungai Layar, Sungai Petani. Di lapangan, rumpai laut dibersihkan daripada epifit dan lumpur sebelum dibawa balik ke makmal. Di makmal, rumpai laut diasingkan mengikut spesies dan sebanyak 300g daripada setiap spesies diletakkan di dalam akuarium yang berisipadu 35 liter bersaiz 43cm x 28cm x 30cm. Akuarium diisi dengan 25 liter air laut serta diberikan pengudaraan dengan menggunakan pam akuarium dan diletakkan di bawah sinar matahari.

#### **3.2 Pengkulturan *G. edulis* dan *G. manilaensis***

Tiga replikat seberat 300g rumpai laut *G. edulis* (Plat 3.1) dan tiga replikat seberat 300 g rumpai laut *G. manilaensis* (Plat 3.2) yang diperolehi daripada kolam air payau Sungai Layar dikultur pada saliniti yang berbeza iaitu pada saliniti 10‰, 20‰, 30‰. Setiap replikat bagi setiap spesies dikultur di dalam akuarium bersaiz 43cm x 28cm x 30cm yang mengandungi 25 liter air laut pada kemasinan yang dikehendaki. Dua replikat daripada setiap spesies dikultur pada saliniti 10‰, dua replikat pada saliniti 20‰ dan dua replikat lagi pada saliniti 30‰. Kesemua pengkulturan dijalankan untuk jangka waktu dua minggu dan media kultur (air laut) ditukar pada minggu pertama untuk mengekalkan kandungan nutrien. Oleh sebab dalam ujikaji ini menggunakan air laut yang

mempunyai saliniti 30‰, air paip ditambahkan bagi mendapatkan saliniti 10‰ dan 20‰. Setiap akuarium diberikan pengudaraan dengan menggunakan pam akuarium dan diletakkan di bawah pancaran cahaya matahari yang mempunyai keamatan yang sekata.

Selepas tempoh dua minggu, kesemua rumpai laut tersebut dituai. Sebanyak 5 replikat sampel dari saliniti yang berbeza yang berat setiap satunya 5.0g disediakan untuk menentukan peratus berat keringnya. Baki rumpai laut seberat 275 g dibungkus dalam aluminium foil dan dikeringkan di dalam oven pada suhu 80 C untuk tempoh 3 hari. Setelah mendapat berat kering, penentuan peratus berat kering dapat ditentukan dan pengekstrakkan agar bolehlah dijalankan bagi setiap sampel daripada saliniti yang berbeza.

### 3.3 Penentuan peratus berat kering *Gracilaria* spp.

Lima replikat 5.0g sampel *Gracilaria* spp. setiap satu diambil daripada ujikaji yang tertentu. Sebelum penimbangan dijalankan, setiap sampel dibersihkan dan dilap dengan berhati-hati menggunakan kertas tisu terlebih dahulu. Setelah bacaan berat basah direkodkan, setiap sampel dibungkus dengan kertas aluminium dan dimasukkan ke dalam oven pada suhu 80°C untuk selama sekurang-kurangnya 3 hari sebelum ditimbang untuk menentukan berat keringnya. Nisbah berat kering : berat basah dicari untuk mendapatkan peratusan berat kering rumpai laut.

$$\text{Peratusan berat kering} = \frac{\text{Berat kering (g)}}{\text{Berat basah (g)}} \times 100\%$$

### 3.4 Pengekstrakkan agar

Kaedah yang digunakan untuk mengekstrakkan agar dalam kajian ini ialah kaedah pengekstrakkan air panas. Sepuluh gram (10g) kering *Gracilaria* spp. yang telah dipotong-potong dimasukkan ke dalam bikar 1 liter yang mengandungi 750ml air suling dan dididihkan selama 1½ jam. Ekstrak yang terhasil dituras melalui 4 lapisan kain kapas. Sisa turasan dididihkan semula di dalam 500 ml air suling selama 1½ jam lagi dan ekstrak yang terhasil ini dituras sekali lagi seperti turasan pertama. Hasil turasan pertama dan kedua disatukan dan dibekukan selama semalaman di dalam peti sejuk. Agar yang telah disejukbekukan ini kemudiannya dinyahsejukbekukan pada suhu bilik. Agar dibasuh dengan 500 ml air suling sebanyak dua kali dan dibekukan sekali lagi selama semalaman sebelum dikeringkan di dalam oven pada suhu 60°C. Peratus agar yang diperolehi daripada ekstrak dikira berdasarkan formula berikut:-

$$\text{Peratusan penghasilan agar (\%)} = \frac{\text{Berat agar yang diperolehi(g)}}{\text{Berat kering rumpai laut yang digunakan (g)}} \times 100\%$$

### 3.5 Penghasilan agar daripada kaedah pengeringan sampel yang berbeza.

900g berat basah sampel *G. edulis* (Plat 3.1) ditimbang. Sampel *G. edulis* ini kemudiannya dibahagikan kepada 3 bahagian yang setiap satunya seberat 300g. Tiga ratus gram (300g) yang pertama dibahagikan pula kepada tiga replikat yang setiap

satunya seberat 100g. Setiap replikat sampel ini dicincang dan diekstrakkan terus untuk mendapatkan agarnya. Tiga ratus gram (300g) yang kedua pula dimasukkan ke dalam oven dan dikeringkan pada suhu 80°C selama sekurang-kurangnya satu minggu. Apabila telah kering, sampel ini dibahagikan kepada tiga replikat sebelum diekstrak kandungan agarnya. Tiga ratus gram (300g) yang terakhir (yang ketiga) dikeringkan pada suhu bilik iaitu dengan mendedahkannya kepada udara persekitaran untuk selama sekurang-kurangnya dua minggu. Apabila telah kering, sampel ini dibahagikan kepada tiga replikat. Seterusnya langkah pengekstrakkan dilakukan (Lihat 3.4).

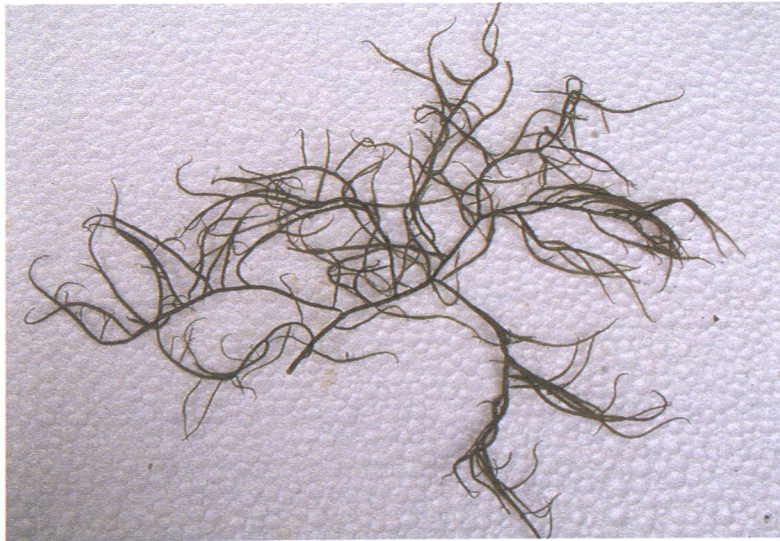
### **3.6 Penentuan kekuatan gel agar.**

Dalam menentukan kekuatan gel agar, kaedah yang digunakan ialah kaedah Nikkansui (Kim, 1970). Sampel agar yang akan diuji disediakan dengan melarutkan 3.0g agar yang diperoleh dalam kaedah 3.5 di dalam 200ml air suling untuk menghasilkan larutan berkepekatan 1.5%. Agar dibiarkan melebur secara perlahan-lahan di dalam air panas dan dibiarkan mendidih selama 15 minit untuk memastikan semua agar telah melebur. Pendidihan dilakukan di dalam kelalang bulat bertapak rata 500ml dan disambungkan kepada kondenser untuk memastikan pemeruapan air tidak berlaku ke atas sampel. Larutan agar yang panas ini kemudiannya dimasukkan ke dalam bikar 250ml dan dibiarkan sejuk untuk membentuk gel pada keadaan horizontal sebelum dimasukkan ke dalam inkubator pada suhu 20°C untuk selama 15 jam.

Semasa pengukuran kekuatan gel agar dilakukan, alat Nikkansui (Plat 3.6) diletakkan pada posisi horizontal dan skrew dikawal. Pengawal pemberat pada sebelah kanan digerakkan dan penambahan berat yang digunakan ditambahkan secara perlahan-lahan. Agar-agar diletakkan pada tengah-tengah paksi alat yang digunakan. Pada awalnya, pemberat yang digunakan ialah pemberat yang dianggarkan seimbang dengan kekuatan agar-agar tersebut. Masa akan direkodkan jika permukaan agar-agar tidak pecah setelah 20 saat berlalu. Pemberat akan ditambah secara sedikit-sedikit. Jika pemecahan permukaan agar-agar terjadi sebelum 20 saat maka pemberat perlu dikurangkan dan pengukuran dilakukan sekali lagi. Pengukuran diulang sehingga berat yang maksimum diperoleh iaitu pemberat yang dapat memecahkan permukaan agar-agar dalam tempoh 20 saat. Selepas mendapat ukuran bacaan pemberat, 100g ( berat beban awal sebelum pemberat ditambahkan ) ditambahkan kepada nilai pemberat yang digunakan dan jumlah nilai inilah yang mewakili nilai kekuatan gel agar tersebut.



Plat 3.1 : *Gracilaria edulis*



Plat 3.2 : *Gracilaria manilaensis*



Plat 3.3 : *Gracilaria edulis* yang dipungut daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang



Plat 3.4 : *Gracilaria changii* yang dipungut daripada Pulau Gazembo, Pulau Pinang.



Plat 3.5 : Kawasan persampelan di Pulau Gazembo, Pulau Pinang.



Plat 3.6 : Alat Nikkansui