

**KAJIAN VISKOSITI KE ATAS LARUTAN *Eucheuma spinosum* DAN
EKSTRAKAN KARAGENAN SEPARA TULENNYA**

WONG LIE MEI

**LATIHAN ILMIAH YANG DIKEMUKAKAN UNTUK MEMENUHI
SEBAHAGIAN DARIPADA SYARAT MEMPEROLEHI IJAZAH
SARJANA MUDA SAINS MAKANAN DENGAN KEPUJIAN
(BIDANG TEKNOLOGI MAKANAN DAN BIOPROSES)**

**SEKOLAH SAINS MAKANAN DAN PEMAKANAN
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH
KOTA KINABALU**

2005



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS

DUL: Kajian viskosititi ke atas larutan Eucheuma spinosum dan ekstrak Karagenan para tulennya

ZAH: Sarjana Muda Sains Makanan Dengan Kepujian Dalam Bidang Teknologi Makanan Dan Bioproses.
SESI PENGALAN: 2002/2003

a WONG LIE MEI

(HURUF BESAR)

Agakku membenarkan tesis (LPS/ Sarjana/ Doktor Falsafah) ini di simpan di Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hak milik Universiti Malaysia Sabah.
2. Perpustakaan Universiti Malaysia Sabah dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. ** Sila tandakan (/)

SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

TIDAK TERHAD

Disahkan oleh

(TANDATANGAN PUSTAKAWAN)

(TANDATANGAN PENULIS)

mat Tetap: CF-G-02, Jln Wanitaan 3A,Bandar Baru Ampang,5000 Selangor Darul Ehsan.Dr. Lee Tav Shug

Nama Penyelia

TARikh: 28-4-2005Tarikh: 28-4-2005

ATAN: * Potong yang tidak berkenaan.

- * Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampiran surat daripada pihak berkuasa/organsasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh tesis ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.
- * Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (WPSM).

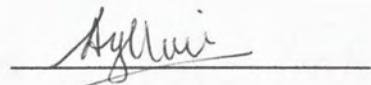


UMS
UNIVERSITI
MALAYSIA
SABAH

PENGAKUAN

Saya akui karya ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali nukilan dan ringkasan yang setiap satunya telah saya jelaskan sumbernya.

26 Februari 2005



(WONG LIE MEI)

NO. MATRIK: HN2002-4866



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGAKUAN PEMERIKSA
DIPERAKUAN OLEH

TANDATANGAN

1. PENYELIA

(DR. LEE JAU SHYA)



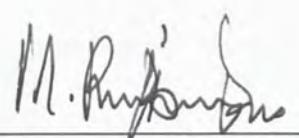
2. PEMERIKSA 1

(EN. OTHMAN HASSAN)



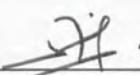
3. PEMERIKSA 2

(EN. MOHD. ROSNI SULAIMAN)



4. DEKAN

(PROF. MADYA DR. MOHD. ISMAIL B. ABDULLAH)



UMS
UNIVERSITI MALAYSIA SABAH

PENGHARGAAN

Di sini, saya ingin merakam setinggi-tinggi penghargaan kepada Dr. Lee Jau Shya selaku penyelia bagi projek ini yang telah memberi bimbingan dan tunjuk ajar yang amat berguna dalam menyiapka projek ini. Tanpa kerjasama daripada beliau tidak mungkin projek ini dapat disiapkan.

Selain itu, ucapan terima kasih ingin saya tujukan kepada Dekan, semua pensyarah dan pembantu makmal Sekolah Sains Makanan dan Pemakanan yang terlibat secara langsung ataupun tidak dalam memberikan bantuan dari segi tenaga mahupun pandangan. Begitu juga dengan Cik Siti dari Institut Penyelidikan Marin Borneo yang membekalkan rumpai laut untuk saya sepanjang kajian ini serta pembantu makmal Sekolah Kejuruteraan dan Teknologi Maklumat, Cik Noridah yang sudi meminjam bahan kimia dan memberi tunjuk ajar kepada saya.

Tidak lupa juga mengucapkan terima kasih kepada ibu bapa saya dan adik-beradik saya yang banyak memberi kata-kata semangat dan dorongan kepada saya dalam sepanjang menjalankan projek ini. Untuk rakan-rakan seperjuangan saya terutama sekali Norazilah, Nik Norashikin, Sharifah Nor Hanim, Priscilla Dinang Anak Kasim, Chai Yin Fen serta rakan-rakan lain yang selalu membantu saya dalam menyiapkan projek ini, memberi banyak pandangan dan nasihat kepada saya.

Akhir kata, kepada semua pihak yang terlibat dalam membantu saya menyempurnakan projek ini terutama bagi mereka yang menolong saya dalam merempuh segala dugaan dan rintangan. Sekali lagi ingin saya ucapkan ribuan terima kasih dan jasa baik mereka akan saya kenangi buat selama-lamanya.

Sekian, terima kasih.

ABSTRAK

Kajian viskositi ke atas larutan *Eucheuma spinosum* dan ekstrakan karagenan separa tulennya (SRC) telah dijalankan untuk membandingkan kedua-dua larutan daripada segi kesan kepekatan, suhu, pH (pH 1 hingga 13), kelajuan gelendung dan sifat kebersandaran pada masa (*time dependency*). SRC dihasilkan melalui pengekstrakan alkali dengan menggunakan 0.2M larutan natrium hidroksida pada pH 13 dengan suhu 80°C selama satu jam. Analisis FTIR telah mengesahkan iota karagenan yang hadir dalam SRC *Eucheuma spinosum*. Peratusan perolehan SRC yang diperolehi melalui pengekstrakan adalah sebanyak 5.8-7.3% dengan kandungan kelembapan sebanyak $8.20 \pm 0.07\%$. Sementara itu, peratusan perolehan serbuk rumpai laut adalah 23.6-28.7% dengan kandungan kelembapan $8.74 \pm 0.37\%$. Viskositi ketara larutan rumpai laut dan SRC telah meningkat dengan peningkatan kepekatan (1.2 hingga 4.4% w/w) di mana terdapatnya hubungan korelasi positif antara kesan kepekatan dengan viskositi larutan rumpai laut ($r=0.973^{**}$) dan SRC ($r=0.878^{**}$). Sebaliknya, kesan suhu dan kelajuan gelendung pula menunjukkan penurunan dalam viskositi ketara larutan rumpai laut dan SRC dengan peningkatan suhu (40 hingga 80°C) dan kelajuan gelendung (20, 30, 50, 60 dan 100 rpm). Korelasi antara suhu dengan larutan rumpai laut dan SRC adalah $r=-0.893^{**}$ dan $r=-0.888^{**}$ masing-masing. Di samping itu, korelasi antara kelajuan gelendung dengan larutan rumpai laut dan SRC adalah $r=-0.856^{**}$ dan $r=-0.922^{**}$. Larutan rumpai laut dan SRC tidak menunjukkan sifat kebersandaran pada masa ($p>0.05$) pada tempoh pengukuran 1 minit hingga 60 minit. Perbandingan antara viskositi ketara larutan rumpai laut dengan SRC bagi semua kesan yang dikaji menunjukkan perbezaan signifikan ($p<0.05$) kecuali pada pH 13. Kedua-dua larutan menunjukkan kepekatan tertinggi sekitar pH 5 (pH 5.10 untuk rumpai laut dan pH 5.66 untuk SRC). Telah diperhatikan kedua-duanya juga mengalami pemecahan struktur glikosida di dalam rantai karagenan pada medium yang sangat berasid ataupun beralkali, maka viskositi ketara mereka amat rendah pada pH sekitar 1 hingga 3 dan pH 13. Umumnya, larutan SRC jauh lebih likat daripada larutan rumpai laut akibat kehadiran iota karagenan yang tinggi dalam SRC selepas pengekstrakan alkali. Daripada kajian ini, dapat disimpulkan larutan rumpai laut *Eucheuma spinosum* dan SRCnya adalah bersifat penipisan-rich (*shear-thinning*).

VISCOSITY STUDY ON *Eucheuma spinosum* AND ITS EXTRACTED SEMI-REFINED CARRAGEENAN SOLUTIONS

ABSTRACT

A viscosity study have been carried out on the *Eucheuma spinosum* and its extracted semi-refined carrageenan (SRC) solutions in order to compare both solutions as affected by the effect of concentration, temperature, pH (pH 1 to 13), rotational speed as well as time dependency behaviour. The SRC was produced through alkaline extraction by using 0.2M sodium hydroxide at pH 13 with temperature 80°C for one hour. FTIR analysis proved the presence of iota carrageenan in the *Eucheuma spinosum* SRC. The percentage of recovery for SRC through extraction was 5.8-7.3% with moisture content about $8.20 \pm 0.07\%$. Meanwhile, the percentage recovery of seaweed powder was 23.6-28.7% with moisture content about $8.74 \pm 0.37\%$. The apparent viscosities for seaweed and SRC solutions increased with the increase of concentration (1.2 to 4.4% w/w), in which a positive correlation relationship was observed between the concentration and viscosity of both seaweed ($r=0.973^{**}$) and SRC ($r=0.878^{**}$). In contrast, the effect of temperature and rotational speed showed a decrease in apparent viscosities for both solutions with the increase of temperature (40 to 80°C) and rotational speed (20, 30, 50, 60 and 100 rpm). Correlation between temperature with seaweed and SRC solutions was $r=-0.893^{**}$ and $r=-0.888^{**}$ respectively. Likewise, the correlation between rotational speed with seaweed and SRC solutions were $r=-0.856^{**}$ and $r=-0.922^{**}$. The seaweed and SRC solutions did not show any time dependency behaviour ($p<0.05$) during the measurement period of 1 to 60 minutes. The comparison between apparent viscosities of both seaweed and SRC solutions at all the effects being studied showed significant difference ($p<0.05$) except at pH 13. Both solutions showed the highest concentration around pH 5 (pH 5.10 for seaweed and pH 5.66 for SRC). Both solutions were found to undergo breakage of glycoside structure in carrageenan chain at high acid or alkaline medium. Therefore, their apparent viscosities were very low at pH around 1 to 3 and pH 13. Generally, SRC solution was much more viscous than seaweed solution due to the presence of iota carrageenan in SRC after alkaline extraction. From this study, it can be concluded that the *Eucheuma spinosum* seaweed and its SRC solutions are of shear-thinning behaviour.

KANDUNGAN

	HALAMAN
HALAMAN JUDUL	i
PENGAKUAN	ii
PENGESAHAN	iii
PENGHARGAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KANDUNGAN	vii
SENARAI JADUAL	x
SENARAI RAJAH	xi
SENARAI PERSAMAAN	xii
SENARAI SIMBOL	xiii
SENARAI LAMPIRAN	xiv
BAB 1: PENGENALAN	1
BAB 2: ULASAN KEPUSTAKAAN	4
2.1 Rumpai laut	4
2.1.1 <i>Eucheuma spinosum</i>	8
2.1.2 Kegunaan	10
2.1.3 Karagenan	12
2.1.3.1 Struktur	13
2.1.3.2 Kegunaan karagenan	14
2.2 Kesan karagenan ke atas viskosititi	16
2.3 Viskosititi	17
2.4 Kelakuan aliran bendalir	19



2.4.1 Bendalir Newtonian	20
2.4.2 Bendalir bukan Newtonian	21
2.5 Faktor-faktor yang mempengaruhi viskositi	22
BAB 3: BAHAN DAN KAEADAH	25
3.1 Bahan dan radas	25
3.2 Kaedah	27
3.2.1 Penghasilan serbuk rumpai laut	27
3.2.2 Penghasilan serbuk SRC	27
3.2.3 Penentuan kandungan kelembapan	29
3.2.4 Analisis spektrum inframerah	29
3.2.5 Penyediaan larutan rumpai laut dan SRC	29
3.2.6 Penentuan viskositi	30
3.2.6.1 Kesan kepekatan	31
3.2.6.2 Kesan suhu	31
3.2.6.3 Kesan pH	31
3.2.6.4 Kesan kelajuan gelendum	31
3.2.6.5 Kesandaran pada masa	32
3.3. Analisis statistik	33
BAB 4: HASIL DAN PERBINCANGAN	34
4.1 Peratusan perolehan serbuk rumpai laut dan SRC	34
4.2 Penentuan kandungan kelembapan	34
4.3 Analisis spektrum inframerah	35
4.4 Penentuan viskositi ketara	37
4.4.1 Kesan kepekatan	37
4.4.2 Kesan suhu	39
4.4.3 Kesan pH	

4.4.4 Kesan kelajuan gelendung	43
4.4.5 Kebersandaran pada masa	44
BAB 5: KESIMPULAN	46
RUJUKAN	48
LAMPIRAN	51



SENARAI JADUAL

NO. JADUAL		HALAMAN
2.1 Ciri-ciri khusus bagi <i>Chlorophyta</i> , <i>Phaeophyta</i> dan <i>Rhodophyta</i>		5
2.2 Eksport rumpai laut dan alga lain mengikut negara utama pada tahun 2003		7
2.3 Import rumpai laut dan alga lain dari negara utama ke negeri Sabah		8
2.4 Aplikasi karagenan ke atas produk makanan dan bukan makanan		15
3.1 Bahan kimia yang digunakan bersama dengan jenama dan negara pengeluarnya		26
3.2 Alat dan Radas yang digunakan bersama dengan jenama dan modelnya		26
3.3 Penyediaan larutan penimbal dari pH 1 sehingga 13		32



SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	HALAMAN
2.1 <i>Eucheuma spinosum</i>	9
2.2 Perubahan struktur nu karagenan menjadi iota karagenan	14
2.3 Makromolekul karagenan yang tidak berinteraksi apabila larut dalam larutan	17
2.4 Satu plot menunjukkan hubungan di antara tegasan rincih dengan kadar rincih bagi bendalir Newtonian	20
3.1 <i>Eucheuma spinosum</i> yang digunakan dalam penghasilan serbuk rumpai laut dan SRC	25
3.2 SRC yang sudah dikeringkan	28
3.3 Viskometer jenama Brookfield (HADV 230) digunakan untuk mengukur viskosititi	30
4.1 Spektrum FTIR bagi serbuk rumpai laut dan SRC yang diekstrak daripada <i>Eucheuma spinosum</i>	36
4.2 Graf menunjukkan viskosititi ketara melawan kepekatan bagi dua jenis larutan	38
4.3 Graf menunjukkan viskosititi ketara melawan suhu bagi larutan rumpai laut dan SRC	40
4.4 Graf menunjukkan viskosititi ketara melawan pH bagi larutan rumpai laut dan SRC	42
4.5 Graf menunjukkan viskosititi ketara melawan kelajuan gelendum bagi kedua-dua jenis larutan	44
4.6 Graf menunjukkan viskosititi ketara melawan masa bagi larutan rumpai laut dan SRC	45



SENARAI PERSAMAAN

NO. PERSAMAAN	HALAMAN
2.1 Persamaan viskosititi asas	18
2.2 Persamaan viskosititi dinamik	18
2.3 Persamaan viskosititi kinematik	19
2.4 Persamaan viskosititi relatif	19
2.5 Persamaan viskosititi yang umum	20
3.1 Persamaan peratusan perolehan bagi serbuk rumpai laut	27
3.2 Persamaan peratusan perolehan bagi serbuk SRC	28



SENARAI SIMBOL

mPa.s = milipascal sesaat

% = peratus

kg = kilogram

°C = darjah Celcius

ml = mililiter

cm⁻¹ = per sentimeter

M = kemolaran

% w/w = peratusan berat per berat

rpm = putaran seminit

g = gram

SENARAI LAMPIRAN

NO. LAMPIRAN		HALAMAN
A	Keputusan viskositi ketara bagi larutan rumpai laut dan SRC dengan kepekatan yang berbeza	51
B	Keputusan viskositi ketara bagi larutan rumpai laut dan SRC pada suhu yang berbeza	52
C	Keputusan viskositi ketara bagi larutan rumpai laut dan SRC dengan pH yang berlainan	53
D	Keputusan viskositi ketara bagi larutan rumpai laut dan SRC pada kelajuan gelendung yang berbeza	54
E	Keputusan viskositi ketara bagi larutan rumpai laut dan SRC dalam satu jam	55
F	Ujian korelasi Pearson (<i>Bivariate correlation</i>) bagi larutan rumpai laut dan SRC	56
G	Ujian-t sampel bebas (<i>Independent group t-test</i>) bagi larutan rumpai laut dan SRC	58
H	Ujian analisis varians satu hala (ANOVA) bagi larutan rumpai laut dan SRC	63



BAB 1

PENGENALAN

Rumpai laut boleh dikategorikan sebagai kumpulan alga kerana merupakan tumbuhan yang sangat ringkas tanpa perbezaan akar, batang atau daun (Rabanal & Trono, 1983). Rumpai laut sudah lama dikenali dan dimanfaatkan oleh manusia, iaitu sejak zaman pemerintahan Shen Nung di China sekitar tahun 2700 Masihi. Pada zaman itu, masyarakat di timur telah mula memanfaatkan rumpai laut sebagai ubat dan juga sebagai bahan makanan. Berdasarkan catatan orang Eropah yang pertama kali belayar ke perairan Indonesia pada tahun 1292, mereka mendapati penduduk di kepulauan tersebut telah mengumpul alga laut sejak berabad-abad lamanya untuk mengantikan sayuran dalam pengambilan makanan sehari-hari (Laode, 1991).

Terdapat tiga jenis rumpai laut yang boleh dikategorikan mengikut warna iaitu rumpai laut merah (divisi Rhodophyta), rumpai laut hijau (divisi Chlorophyta) dan rumpai laut perang (divisi Phaeophyta) (Ahmad, 1995). Di Malaysia, rumpai laut biasanya digunakan sebagai bahan makanan, baja dan ubat tradisional (Buekill, 1966). Ini adalah kerana rumpai laut bukan sahaja mengandungi kandungan protein yang tinggi, bahkan juga merupakan sumber yang baik bagi beberapa vitamin dan mineral (Kanazawa, 1963; Baharuddin, 1987).

Karagenan merupakan bahan tambahan makanan semula jadi yang boleh didapati daripada pengekstrakan rumpai laut merah. Karagenan separa tulen (SRC) dapat dihasilkan dengan pengekstrakan secara alkali daripada rumpai laut. Kemudian, ia dikisarkan menjadi serbuk dan digunakan sebagai agen pemekat dalam makanan. Banyak kajian mengenai viskositi karagenan telah dilakukan

(Michèle, Hoshahili & Ramaswamy, 2001; Ozdemir & Sadikoglu, 1998; Yanes, Durán & Costell, 2002). Kajian yang telah dilakukan termasuk kajian ciri-ciri reologi bagi kepekatan larutan karagenan dengan penambahan berlainan jenis bahan gantian sukrosa seperti isomalt dan juga kesan kepekatan dan suhu ke atas ciri-ciri reologi larutan karagenan.

Perkataan *viscous* adalah berasal daripada bahasa Latin *viscum* yang membawa maksud gam. Perkataan yang mempunyai kaitan dengannya adalah *viscid*. Ia biasanya digunakan untuk menerangkan suatu bahan lekit. Di samping itu, perkataan *viscid* bererti 'bergeseran' juga pernah digunakan untuk memperihalkan aliran likat (Amer, 1989). Viskositi atau nama biasanya dikenali sebagai kelikatan, merupakan sifat bendalir yang menimbulkan daya yang merintangi pergerakan relatif lapisan-lapisan yang bersebelahan dalam bendalir (Earle, 1993). Ia juga bermaksud suatu geseran dalam bendalir. Ia mungkin berubah semasa proses pemanasan, penyejukan, pempasteuran dan sebagainya. Maka, kefahaman mengenai kajian viskositi terhadap bahan pemekat yang digunakan perlu diketahui kerana ia akan mempengaruhi tekstur produk akhir. Antara faktor-faktor yang mempengaruhi viskositi larutan karagenan ialah suhu, kepekatan larutan, pH, jenis karagenan dan sebagainya. Suhu yang rendah akan mempengaruhi viskositi suatu bendalir semasa mengalir dalam paip pemprosesan makanan.

Eucheuma spinosum tanpa diekstrak telah didapati mempunyai keupayaan pemekatan yang digunakan dalam penghasilan beberapa makanan oleh masyarakat tempatan. Walau bagaimanapun, ciri-ciri viskositinya tidak pernah dikaji seperti ekstrakan karagenannya. Melalui kajian ini, maklumat mengenai ciri-ciri viskositi rumput laut boleh dikumpul dan dibandingkan dengan ciri-ciri viskositi SRC. Semua maklumat tersebut boleh dijadikan sebagai rujukan kepada mereka yang ingin

menggunakan rumpai laut tanpa pengekstrakan ini sebagai agen pemekat dalam produk makanan.

Secara umumnya, terdapat dua objektif yang ingin dicapai dalam projek ini iaitu:

1. Mengkaji kesan kepekatan, suhu, pH, kelajuan gelendung dan kebersandaran pada masa ke atas viskositi untuk kedua-dua larutan *Eucheuma spinosum* dan larutan SRC.
2. Membuat perbandingan ciri-ciri viskositi di antara larutan *Eucheuma spinosum* dengan SRC yang diekstrakkan daripada *Eucheuma spinosum*.



BAB 2

ULASAN KEPUSTAKAAN

2.1 Rumpai laut

Rumpai laut diklasifikasikan ke dalam tiga kumpulan yang berdasarkan kepada warnanya seperti hijau, perang, dan merah. Ahli-ahli botani merujuk kepada kumpulan tersebut sebagai alga hijau (*Chlorophyta*), perang (*Phaeophyta*) dan merah (*Rhodophyta*). Untuk mengenali kumpulan rumpai laut dengan lebih tepat, ahli taksonomi bergantung kepada ciri-ciri seperti pigmen, bahan simpanan fotosintesis, kemotilan, komposisi dinding sel, struktur kasar dan jenis talus. Jadual 2.0 menunjukkan ciri-ciri khusus bagi *Chlorophyta*, *Phaeophyta* dan *Rhodophyta*.

Alga merah adalah lebih dikenali dengan nama saintifiknya, *Rhodophyta* (Morris, 1988). Alga ini boleh dikenali dengan warna merahnya. Warna merah terhasil daripada penutupan klorofil hijau oleh pigmen fikobilin. Pigmen fikobilin adalah gabungan fikoertrin (berwarna merah) dan fikosianin (berwarna biru). Walau bagaimanapun, rumpai laut merah tidak selalunya berwarna merah. Kadang-kadang ia didapati dalam warna ungu dan coklat kemerah-merahan (McHugh, 2002). Menurut Laode (1991), menganggarkan kira-kira 4000 spesies alga merah dan 98% daripadanya adalah hidupan laut .

Rhodophyta sangat peka terhadap cahaya. Pigmen merah yang dimilikinya mampu menyerap cahaya biru dan ungu. Ini menyebabkan cahaya merah jelas kelihatan di dasar laut yang sekaligus menyebabkan rumpai laut ini senang dijumpai (Ahmad, 1995). Kebanyakan alga merah mempunyai filamen dengan keadaan saiz

ketebalan, lebar dan aturan filamen yang berbeza. Di kawasan yang terdedah semasa air surut, alga ini memperlihatkan sifat gumpalan yang padat. Di lautan dalam, talus menjadi lebih panjang dan leper (Ahmad, 1995). Contoh genus dari divisi ini adalah *Gracilaria*, *Gelidium*, *Hypnea*, *Eucheuma*, *Gigartina* dan *Rhodymenia* (Laode, 1991).

Jadual 2.1: Ciri-ciri khusus bagi *Chlorophyta*, *Phaeophyta* dan *Rhodophyta*.

Divisi	Pigmen	Plastid	Makanan simpanan	Dinding sel	Flagelum (bilangan, jenis dan selitan)
Chlorophyta	Klorofil a, b; xantofil	2-6; tilakoid	Kanji	Selulosa	1, 2-8; <i>whiplash</i> ; secara apikal; sama panjang
Phaeophyta	Klorofil a,c; β karoten; xantofil termasuk fukoxantin	3; tilakoid	Laminarin; manitol	Selulosa; asid arginik	2; tidak sama panjang; lateral
Rhodophyta	Klorofil a, d, c; fikosianin dan fikoeritrin; α dan β karoten	Tilakoid	Kanji <i>Floridean</i>	Selulosa, xilan dan pektin	Tiada

(Sumber: Ahmad, 1995)

Alga perang pula atau nama saintifiknya iaitu *Phaeophyta* mempunyai warna perang yang dominan. Warna perang yang dilihat adalah hasil daripada sifat dominan pigmen perang iaitu fukoxantin (xanthos, "kuning"). Pigmen ini terkandung dalam plastid. Biasanya, ukuran rumpai laut ini adalah lebih besar dari kelp gergasi yang berukuran 20 meter panjang sehingga kepada rumpai laut yang tebal iaitu berbentuk seperti kulit di antara 2-4 meter panjang (McHugh, 2002).

Dinding sel terdiri daripada bahan pektik (terutama alginat) di lapisan luar dan lapisan dalamnya yang terdiri daripada lapisan selulosa (Totora, Funke & Case, 2004). Makanan simpanan ialah laminarin. Talus alga ini berbeza-beza daripada jenis filamen bercabang hinggaalah jenis yang boleh dikenalpasti di antara pelekap, stip dan lamina. Antara contoh genus dari alga perang adalah *Sargassum*, *Hormophysa* dan *Turbinaria* (Laode, 1991). Hampir semua 1000 spesies alga divisi ini hidup di laut.

Jenis alga yang ketiga adalah alga hijau (divisi Chlorophyta) dan juga dikenali sebagai makroalga. Sebahagian besar alga hijau boleh ditemui di kawasan air tawar atau di persekitaran daratan. Hanya kira-kira 10% daripada keseluruhan 7000 spesies alga ini dijumpai di persekitaran samudera (Ahmad, 1995). Ahli divisi Chlorophyta boleh dikenali dengan warna hijau rumput. Warna ini terhasil daripada kehadiran klorofil a dan b yang lebih dominan daripada pigmen lain (Jadual 2.1). Alga hijau bertindak telap terhadap cahaya yang terik. Oleh itu, beberapa spesies rumpai laut hijau boleh ditemui di kawasan air cetek yang berhampiran daratan (Totora, Funke & Case, 2004).

Antara alga hijau yang kerap ditemui di persekitaran samudera adalah *Enteromorpha*. Ia dikenali dengan talus nipis berbentuk tiub berongga. Tumbuhan ini mampu hidup di habitat yang memperlihatkan turun-naik kemasinan air yang tinggi walaupun dalam air yang tercemar. Dinding sel alga ini terdiri daripada bahan pektik di lapisan luar dan selulosa bagi lapisan dalam. Kanji merupakan bahan simpanan fotosintesis yang utama. Contoh genus yang tergolong dalam divisi ini adalah *Caulerpa* spp, *Ulva* spp. Dan *Enteromorpha* spp (Laode, 1991). Hanya sedikit sahaja ahli alga hijau yang menunjukkan struktur talus yang kompleks. Kebanyakan alga ini bersifat mikroskopik. Di samping itu, Chlorophyta adalah jenis talus unisel atau berfilamen (Ahmad, 1995).

Di negara Filipina dan Indonesia telah lama rumpai laut ditanam dan dieksport ke luar negara. Manakala, Sabah merupakan negeri yang giat menjalankan kegiatan penanaman rumpai laut di sekitar Kudat, Semporna, Lahad Datu dan lain-lain lagi (Normah & Nazarifah, 2003). Rumpai laut dan alga dieksport ke negara-negara yang dicatat dalam Jadual 2.1. Jadual 2.2 pula menunjukkan import rumpai laut dan alga bagi tahun 2003 oleh negeri Sabah dari negara lain seperti Indonesia dan Filipina.

Jabatan Perikanan Sabah telah menjalankan satu projek untuk mempromosikan penanaman rumpai laut iaitu spesies *Eucheuma* di kalangan nelayan tempatan di sekitar Semporna. Projek ini pun telah berjaya menghasilkan rumpai laut segar dari 200 tan metrik pada tahun 1990 ke 2000 tan metrik dalam tempoh tujuh tahun (Normah & Nazarifah, 2003). Kawasan menanam rumpai laut juga telah berkembang ke Kunak, Lahad Datu dan Kota Belud.

Jadual 2.2: Eksport rumpai laut dan alga lain mengikut negara utama pada tahun 2003

Negara	Jan –Dis 2003		Dis 2003	
	Kuantiti (kg)	Harga (RM)	Kuantiti (kg)	Harga (RM)
Chile	40000.00	767600	0	0
Perancis	175000.00	2887810	0	0
Sarawak	329.00	6580	0	0
Sepanyol	60000.00	954560	20000.00	323760
USA	675.00	12825	0	0
Jumlah	276004.00	4629375	20000.00	323760

(Sumber: Jabatan Perangkaan Malaysia)

Jadual 2.3: Import rumpai laut dan alga lain dari negara utama ke negari Sabah.

Negara	Jan-Dis 2003		Dis 2003	
	Kuantiti (kg)	Harga (RM)	Kuantiti (kg)	Harga (RM)
China	92.00	6080	0	0
Indonesia	78638.00	105669	14440.00	82308
Japan	81.00	5700	0	0
Korea	4000.00	21637	0	0
Semenanjung Malaysia	1525.18	10800	100.00	2950
Filipina	1045070.00	1661500	130000.00	195000
Jumlah	1129406.18	2781386	144540.00	280258

(Sumber: Jabatan Perangkaan Malaysia)

Kebanyakan rumpai laut yang boleh diperolehi di perairan Sabah terdiri daripada genus *Eucheuma* dan *Gracilaria* (*Rhodophyta*), *Sargassum* (*Phaeophyta*), *Caulerpa* (*Chlorophyta*), *Turbinaria* (*Phaeophyta*), *Dictyota* (*Phaeophyta*) dan *Padina* (*Phaeophyta*) (Ridzwan, 1993). *Eucheuma* merupakan alga marin yang banyak terdapat di kawasan Filipina, Sabah dan Indonesia (McHugh. 2002). Di Filipina, ia ditanam secara meluas dan telah dikomersialkan ke luar negara. Antara spesies dalam genus *Eucheuma* adalah *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma edule*, *Eucheuma muricatum* dan *Eucheuma spinosum* (Chapman & Chapman, 1980).

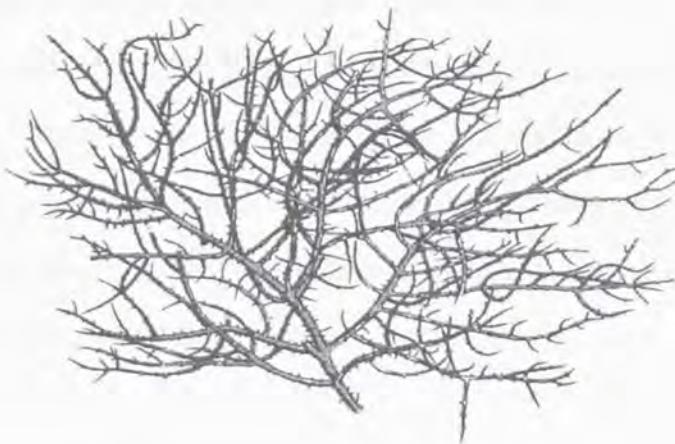
2.1.1 *Eucheuma spinosum*

Eucheuma spinosum dikategorikan dalam kumpulan *Rhodophyta*. Ia adalah termasuk dalam alam *Rhodophyta*, divisi *Rhodophyceae*, kelas *Floridephycidae*, order *Gigartinales*, famili *Soliaceae*, genus *Eucheuma* dan spesies *denticulatum*. Nama *spinosum* merupakan nama dagangan dan nama saintifiknya adalah *Eucheuma*

denticulatum. Biasanya, ia dipanggil sebagai agar-agar, agar Java, algal-algal dan lain-lain lagi (Chapman & Chapman, 1980).

Permukaan luar kulit *Eucheuma spinosum* adalah kasar dan mempunyai bintil-bintil yang besar. Ia mempunyai talus yang agak pipih dan bercabang (Ahmad, 1995). Pola pencabangannya agak ketara dan teratur. Jumlah pencabangannya adalah dua (dikotomi) atau tiga (trikotomi). Manakala, hujung pencabangannya adalah runcing. Rumpai laut ini boleh tumbuh dengan subuh di kawasan air pasang-surut, kawasan yang dalam, di atas terumbu karang, kawasan berbatu, pantai berpasir dan kawasan air cetek (Laode, 1991).

Ia digunakan sebagai bahan mentah untuk menghasilkan karagenan jenis iota selepas proses pengekstrakan alkali. Permintaan terhadap *Eucheuma spinosum* meningkat setiap tahun kerana permintaan terhadap iota karagenan semakin bertambah. Ia sering digunakan sebagai agen pemekat dan penstabil dalam industri makanan (Normah & Nazarifah, 2003; Huffman & Zara, 1995).



Rajah 2.1 : *Eucheuma spinosum*

(Sumber: Laode, 1991)

RUJUKAN

- Abbott, I. A. 1988. *Food and Food Product From Algae and Human Affairs*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ahmad Azly b. Mohd. Yusof. 1998. *Rumpai: Panduan Berilustrasi*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Ahmad Ismail. 1995. *Rumpai laut Malaysia*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Amer Nordin Darus. 1991. *Aliran Bendalir Likat: Suatu Pengenalan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Baharuddin Salleh. 1987. *Pengenalan Alam Tumbuhan*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Barnabé, G. 1990. *Aquaculture* vol. 2. London: Ellis Howard Limited.
- Binney, R. 1990. *The World Book Encyclopedia of Science: The Plant World*. New York: World Book, Inc.
- Bourne, M. C. 2002. *Food Texture and Viscosity: Concept and measurement*. 2nd edition. San Diego: Academic Press.
- Burkill, I. H. 1996. *A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula*. Kuala Lumpur: Ministry of Agriculture, Malaysia.
- Chapman, V. J. 1970. *Seaweed and Their Uses*. 2nd edition. London: Methuen.
- Chapman, V. J. & Chapman, D. J. 1980. *Seaweeds and Their Uses*. 3rd edition. New York: Chapman and Hall.
- Chopin, T & Ellen Whalen. 1993. A New and Rapid Method for Carrageenan Identification by FTIR diffuse Reflectance Spectroscopy Directly on Dried, Ground Algal Material. *Carbohydrate Research*. **246**: 51-59.
- Craigie, J. S., Cole, K. M & Sheath, R. G. 1990. *Biology of the Red Algae*. Cambridge: Cambridge University.
- Dawes, C. J. 1981. *Marine Botany*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Earle, R.Y. 1993. *Operasi Unit dalam Pemprosesan Makanan* (terj.). Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- FMC Corporation. 1987. *The Carrageenan People*. New York: FMC Corporation.
- Furia, T. E. 1972. *Handbook of Food Additives*. 2nd edition. New York: CRC Press.
- Glicksman, M. 1962. Utilization of Natural Polysaccharide Gums in The Food Industry. *Advances In Food Research*. **11**:109-191.
- Huffman, F.G. & Zara C. Shah. 1995. Carrageenans: Uses in Food and Other Industries. *Nutrition Today*. **30**: 246-253.

- Hui Lin & Alvin, S. Huang. 1993. Chemical Composition and Some Physical Properties of A Water-soluble Gum in Taro (*Colocasia esculenta*). *Food Chemistry*. **48**: 403-409.
- Morris, I. 1988. *Pengenalan Alga*. (terj.) Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Infofish. 1991. Technical Q&A for Seaweed- Carrageenan. *INFOFISH International* **3**: 64-65.
- Jabatan Perangkaan Malaysia. Rekod Perangkaan Eksport dan Import di Sabah Tahun 2003.
- Kanazawa, A. 1963. Vitamins In Alga. *Bulletin Japanase Social Science Fish*. **29**: 713-731.
- Laode M. Aslan. 1991. *Budidaya Rumput laut*. Yogyakarta: Penerbit Kanisus.
- Luning, K. 1990. *SEAWEEDS: Their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Matthew, A. Roberts & Bernard Quemener. 1999. Measurement of Carrageenans in Food: Challenges, Progress and Trend in Analysis. *Trend in Food Science & Technology*. **10**: 169-181.
- McHugh, D. 2002. Industri Rumpailaut-Suatu Tinjauan. *Wakta Akuakultur*. **12**(3): 17-21.
- Michèle, M., Ali R. Taherian, Maher Trigui & Hosahalli Swamy Ramaswamy. 2001. Evaluation of Rheological Properties of Selected Salt Enriched Food Hydrocolloids. *Journal of Food Engineering*. **48**(2): 157- 167.
- Michèle, M., Ali R. Taherian Hoshahili & Hosahalli Swamy Ramaswamy. 2001. Rheological Properties of Selected Hydrocolloids as a Function of Concentration and Temperature. *Food Research International*. **34**(8): 695-703.
- Michon, C., C. Chapuis, V. Langendorff, P. Boulenguer & G. Cuvelier. 2005. Structure Evolution of Carrageenan/milk Gels: Effect of Shearing, Carrageenan Concentration and nu Fraction on Rheological behavior. *Food Hydrocolloids*. **19**: 541-547.
- Morris, I. 1988. *Pengenalan Alga*. (terj.). Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Ozdemir, M & Hasan Sadikoglu. 1998. Characterization of Rheological Properties of Systems Containing Sugar Substitutes and Carragenan. *International Journal of Food Science and Tehnology*. **33**: 439- 444.
- Normah Omar & I. Nazarifah. 2003. Production of Semi-refined Carrageenan from Locally Available Red Seaweed, *Eucheuma cottonii* on a Laboratory Scale. *Journal Tropical Agriculture and Food Science*. **31**(2): 207-213.
- Prado-Fernández, J., J. A. Rodríguez-Vázquez, E. Tojo & J. M. Andrade. 2003. Quantitation of κ , λ - and λ -carrageenan by Mid-infrared Spectroscopy and PLS Regression. *Analytica Chimica Acta*. **480**: 23-37.

- Rabanal, H. R. & Trono, Jr. G. C. 1983. Seaweeds in Asia: A resource waiting for development. *INFOFISH Marketing Digest*. 4: 19-22.
- Rafael, A & Fernando, G. 1981. *Production, Properties and Uses of Alga Production and Utilization of Production From Commercial Seaweeds*. Rome: FAO.
- Reseck, J. 1979. *Marine Biology*. New York: Reston Publishing Company, Inc.
- Ridzwan Hashim. 1993. *Sumber Makanan Laut Persisiran Laut Sabah*. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Roberts, M. A. & Quemener, B. 1999. Measurement of Carrageenans in Food: Challenges, Progress and Trends in Analysis. *Trends in Food Science and Technology*. 10: 169-181.
- Robinson, R. A. & Stokes, R. H. 1968. *Electrolyte solutions, The Measurement and Interpretation of Conductance, Chemical Potential, and Diffusion in Solutions of Simple Electrolytes*. 2nd edition. rev. London: Butterworths.
- Sanofi Bio-industries. 2000. *Thickening, Gelling, Stabilizing Effects with Hydrocolloids*. France: Sanofi Bio-industries.
- Soleha Ishak, Osman Hassan, Md. Ali A. Rahim, Poedijono Nitisewojo, Abd. Salam Babji & Mohd Khan Ayob. 1993. *Kimia Makanan* (terj). Jlb 1. Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Stanley, N. 1987. Production, Properties and Uses of Carrageenan. *Production and Utilisation of Product from Commercial Seaweeds*. FAO Fisheries Technical Paper No.288.
- Teo Lee Wei & Wee Yeow Chin. 1983. *Seaweed of Singapore*. Singapura: Singapore University Press Pte. Ltd.
- Toledo, R. T. 1995. *Asas Kejurataan Pemprosesan Makanan*. (terj.). Kuala Lumpur: Dewan Bahasa dan Pustaka.
- Tortora, G. J., Funke, B. R. & Case, C. L. 2004. *Microbiology: An Introduction*. (8th edition). New York: Pearson Education, Inc.
- Wilkins, N. P. 1989. *Ponds, Passes & Parcs: Aquaculture in Victorian Ireland*. Dublin: Glendale Publishers.
- Yaseen, E. I., T. J. Herald, F. M. Aramouni & S. Alavi. 2005. Rheological Properties of Selected Gum Solutions. *Food Research International*. 38(2): 111-119.
- Yanes, M., Durán, L. & Costell, E. 2002. Effect of Hydrocolloid Type and Concentration on Flow Behaviour and Sensory Properties of Milk Beverages Model System. *Food Hydrocolloids*. 16: 605-611.