

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Biologi *Eucheuma sp*

Eucheuma termasuk dalam golongan Alga merah dengan klasifikasinya menurut Dawes (1981) adalah sebagai berikut :

Divisio : Rhodophyta

Class : Rhodophyceae

Sub Class : Floridiophyceae

Ordo : Gigartinales

Famili : Sollieriaceae

Genus : *Eucheuma*

Species : *Eucheuma spinosum*

Eucheuma sp mempunyai ciri-ciri umum, yaitu :

- thalli (kerangka tubuh tanaman) bulat silindris atau gepeng.
- berwarna merah, merah coklat, hijau kekuningan dan lain sebagainya.
- bercabang berselang tidak teratur, dikotom atau trikotom.
- memiliki benjolan-benjolan (blont nodule) dan duri-duri atau "spines".
- substansi thalli 'gelatinous' dan atau 'cartilagenous' (lunak seperti tulang rawan) (Aslan, 1991).

Eucheuma umumnya terdapat di daerah tertentu dengan persyaratan khusus, kebanyakan tumbuh di

daerah pasang surut (intertidal) atau pada daerah yang selalu terendam air (subtidal), melekat pada substrat di dasar perairan yang berupa batu karang mati, karang batu hidup, batu gamping atau cangkang moluska. Umumnya tumbuh baik pada pantai terumbu (reef), karena ditempat inilah beberapa persyaratan untuk pertumbuhannya banyak terpenuhi. Diantaranya faktor kedalaman perairan, cahaya, substrat dan gerakan air. Alga ini tumbuh mengelompok dengan berbagai jenis alga lainnya. Pengelompokan ini tampaknya penting dan saling menguntungkan, diantaranya dalam hal penyebaran spora (Aslan, 1991).

Menurut Dawson (1966) pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan antara lain cahaya, suhu, pH dan salinitas. Faktor-faktor lingkungan tersebut dapat mempengaruhi perkembangan organisme, sehingga dapat mendukung kehidupan organisme perairan.

Reproduksi *Eucheuma* secara vegetatif dan dengan spora. Reproduksi secara vegetatif yaitu dengan fragmentasi thallus, kemudian thallus hasil dari fragmentasi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Hal ini pula yang menyebabkan *Eucheuma* mampu dibudidayakan dari batang vegetatifnya.



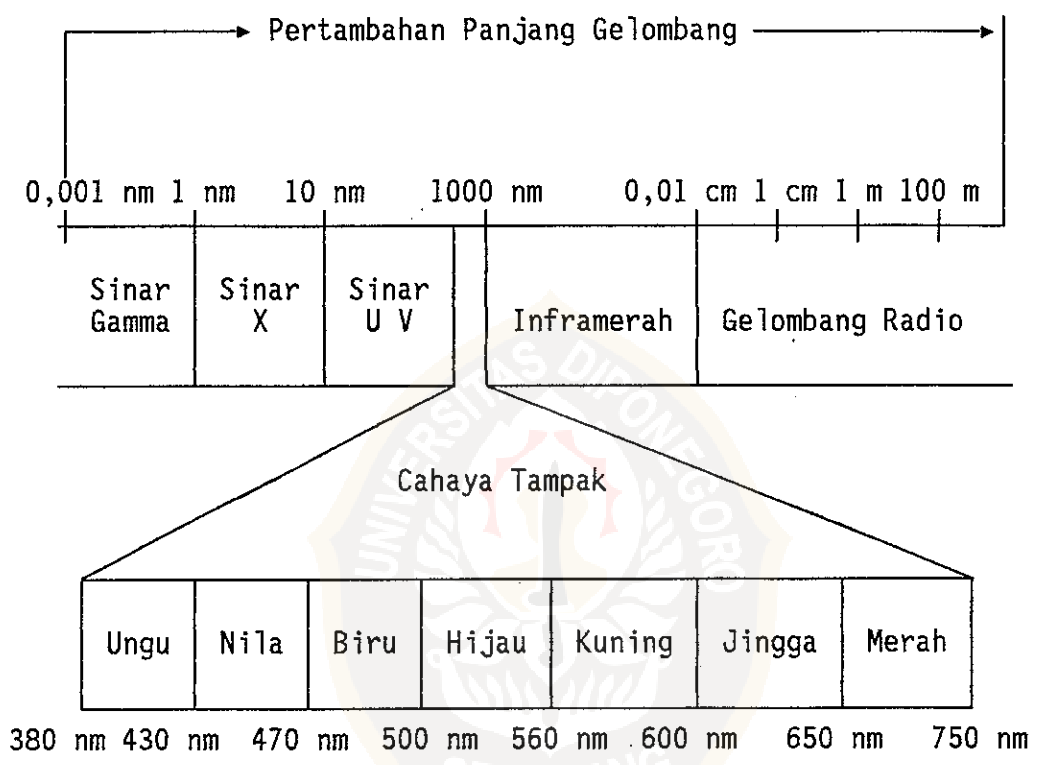
Gambar 01 : *Eucheuma spinosum* (Anonim, 1992).

Beberapa jenis *Eucheuma* mempunyai peranan penting dalam dunia perdagangan internasional sebagai penghasil ekstrak karaginan, contohnya adalah *Eucheuma spinosum*, *Eucheuma cottonii*, *Eucheuma isiforme*, dan *Eucheuma denticulatum*. Selain karaginan dalam alga masih terdapat beberapa zat organik lain, seperti protein, lemak, serat kasar, abu dan air.

B. Peran Cahaya Terhadap Pertumbuhan Alga

Cahaya merupakan prasyarat untuk kehidupan, karena cahaya memberikan energi yang dibutuhkan untuk fotosintesis. Tidak semua foton cahaya matahari benar-benar mencapai permukaan bumi (Raven dan Johnson, 1986). Sebagian besar foton energi tinggi (cahaya bergelombang pendek) diserap oleh ozon dan atom oksigen di atas atmosfer. Begitu juga sebagian besar foton energi rendah (cahaya bergelombang pan-

jang) diserap oleh uap air di udara. Cahaya yang mencapai bumi terdiri dari foton yang tidak diserap yaitu energi foton diantara ultraviolet (panjang gelombang lebih tinggi dari 100 nm) dan inframerah (panjang gelombang kurang dari 1 m).



Gambar 02. Spektrum elektromagnetik (Raven dan Johnson, 1986).

Penetrasi cahaya di perairan hanya sampai pada daerah fotik, dan terjadi perubahan kualitas dan intensitas cahaya dengan bertambahnya kedalaman perairan. Sinar matahari yang sampai pada permukaan perairan mempunyai panjang gelombang dari 345 nm sampai kira-kira 1100 nm, dengan intensitas maksimum kira-kira pada 500 nm. Perubahan intensitas dan

kualitas cahaya dapat menerangkan tentang distribusi alga laut di daerah subtidal (Dawes, 1981).

Helebust (1970) dalam Dawes (1981) mengatakan bahwa pengaruh cahaya pada tanaman meliputi respon fungsional dan struktural. Respon fungsional meliputi toleransi, aktivitas metabolik, reproduksi dan distribusi.

Alga mempunyai tingkat toleransi intensitas cahaya yang tinggi dan berhenti tumbuh pada tingkat intensitas cahaya rendah. Banyak aktivitas metabolik dipengaruhi oleh cahaya termasuk produksi pigmen, kecepatan fotosintesis, pergerakan kloroplas, bioluminesens dan respon fototaktik.

Respon struktural pada alga karena pengaruh cahaya termasuk perubahan ukuran, perbedaan morfologi dan perubahan sitoplasma. Etiolasi dan elongasi alga dapat terjadi bila tanaman hidup pada intensitas cahaya yang rendah. Pemindahan plastida dapat terjadi pula pada species yang hidup pada perairan yang dalam (Dawes, 1981).

C. Pigmen Fotosintesis Pada Alga

Suatu sifat fisiologis yang hanya dimiliki khusus oleh tumbuhan adalah kemampuan untuk menggunakan zat karbon dari udara untuk diubah menjadi bahan organik serta diasimilasikan didalam tumbuh tanaman. Peristiwa ini berlangsung jika ada

cukup cahaya dan pigmen fotosintesis (Dwijoseputro, 1988).

Pigmen-pigmen yang terkandung dalam thallus alga dapat digunakan untuk membedakan alga dari kelas ke kelas, dan dapat pula untuk menentukan warna thallus sesuai dengan pigmen yang ada. Terdapat tiga tipe pigmen utama untuk fotosintesis, yaitu klorofil, karotenoid, dan phycobilin (Dawes, 1981). Pembentukan pigmen fotosintesis ini dibawakan oleh suatu gen tertentu dalam kromosom (Dwijoseputro, 1988).

1. Klorofil

Struktur molekul klorofil terdiri atas porfirin dengan atom magnesium berada di tengah-tengah cincin serta rantai samping hidrokarbon yang panjang, yaitu rantai fitol. Klorofil adalah pigmen karena mampu menyerap cahaya, yakni radiasi elektromagnetik pada spektrum kasat mata. Cahaya putih mengandung semua warna spektrum kasat mata dari merah sampai violet, tetapi seluruh panjang gelombangnya tidak diserap secara merata oleh klorofil (Kimball, 1990).

Terdapat 4 macam jenis klorofil, yaitu klorofil a, b, c dan d. Perbedaan antara keempat jenis klorofil tersebut terletak pada rantai molekulnya. Klorofil ini dapat larut pada pelarut lipid, seperti kloroform atau acetone (Dawes, 1981).

Klorofil a terdapat pada semua alga. Klorofil b hanya terdapat pada alga hijau (Chlorophyta). Klorofil c hanya terdapat pada alga coklat (Phaeophyta), sedangkan klorofil d hanya terdapat pada alga merah (Rhodophyta).

Pigmen klorofil terdapat sebagai butir-butir hijau daun di dalam kloroplas. Klorofil a berwarna hijau tua dan merupakan pigmen utama dalam proses fotosintesis, karena fotosintesis hanya dapat berlangsung bila ada pigmen hijau ini. Klorofil a berfungsi dalam penyerapan energi cahaya. Cahaya yang diserap paling kuat adalah cahaya ungu dengan panjang gelombang 430 nm, serta cahaya merah dengan panjang gelombang 680 nm, tetapi klorofil a kurang kuat dalam penyerapan cahaya hijau (Saffo, 1987). Ketiga jenis klorofil yang lain, yaitu klorofil b, c dan d hanya berfungsi sebagai pigmen pelengkap yang membantu klorofil a dalam penyerapan cahaya.

Salisbury dan Ross dalam Abidin (1987) menerangkan bahwa sintesis klorofil sangat dipengaruhi oleh faktor keturunan, cahaya dan mineral tertentu.

Menurut Delvin (1975) dalam Abidin (1987) terbentuknya suksinil KoA di dalam siklus Krebs dan Glisin (asam amino), sangat berperan dalam pemben-

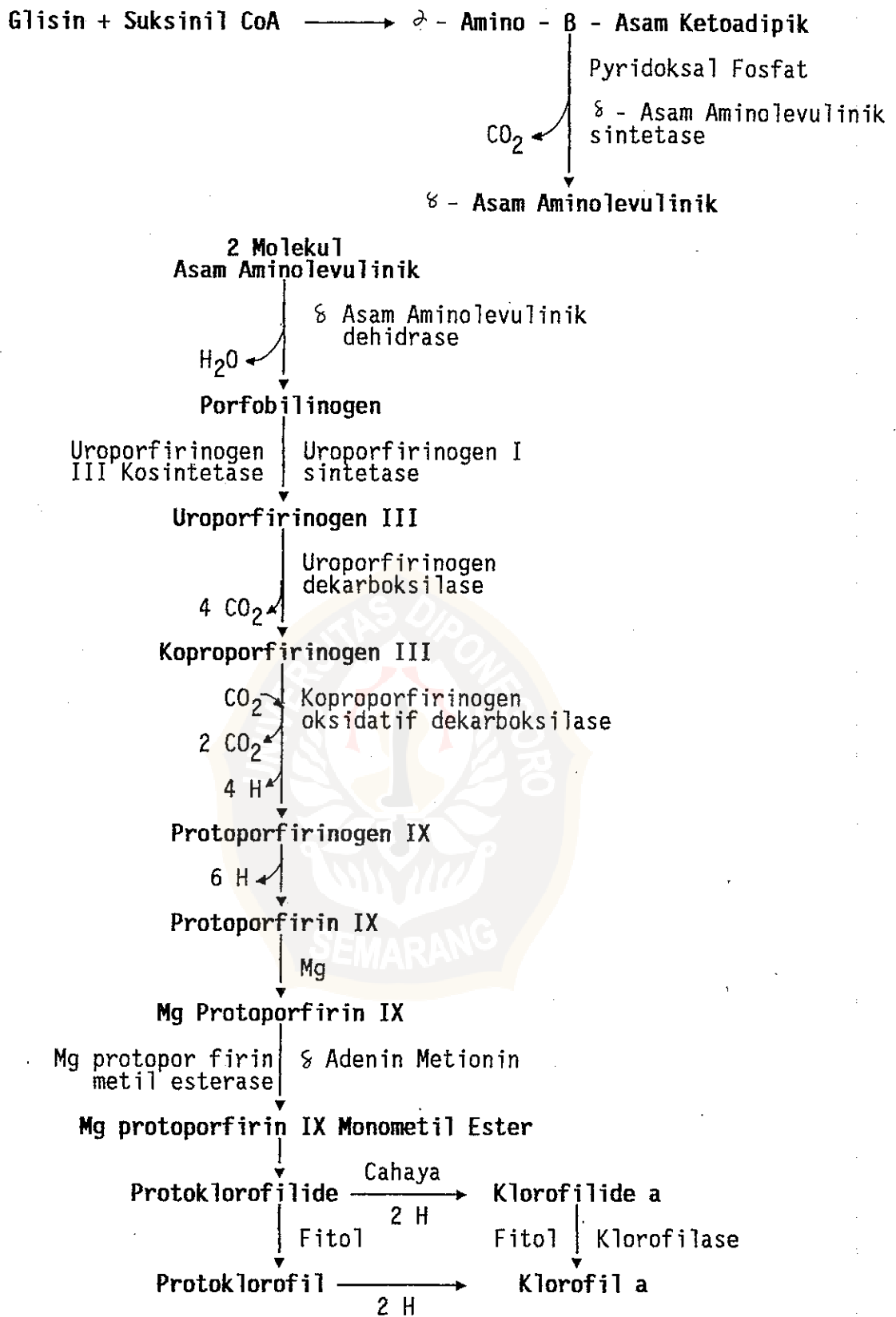
tukan klorofil. Kondensasi dari 2 komponen ini membentuk α - amino - β - asam Ketoadipik dalam dekarboksilasi menghasilkan asam aminolevulinik. Hadirnya enzim δ - asam aminolevulinik dehidrase dan 2 molekul δ - asam aminolevulinik membentuk porfobilinogen. Enzim uroporfirinogen sintetase dan uroporfirinogen III Kosintetase mengkatalisis pembentukan Uroporfobilinogen II dari 4 molekul porfobilinogen.

Uroporfirinogen dekarboksilase mengkatalisis dekarboksilase 4 asam asetat substitusi dan uroporfirinogen III sehingga menghasilkan koproporfirinogen III. Pada kondisi aerob dan hadirnya koproporfirinogen oksidatif dekarboksilase, maka protoporfirinogen IX dibentuk dari koproporfirinogen III. Oksidasi dari protoporfirinogen IX menghasilkan pembentukan protoforpirrin IX yang kemudian bergabung dengan magnesium sehingga menghasilkan Mg - protoporfirin IX. Enzim Mg - protoporfirin metil esterase mengkatalisa penambahan sebuah metil grup menjadi Mg - protoporfirin IX yang kemudian membentuk Mg protofirin IX monometil ester.

Reaksi berantai dalam biosintesis klorofil, yaitu perubahan Mg - protofirin IX monometil ester menjadi protoklorofilide. Protoklorofil dibentuk sebagai hasil penambahan fitol grup ke dalam

protoklorofilide. Menurut Delvin (1975) yang dikutip oleh Abidin (1987) disebutkan bahwa ketika disinari, maka protoklorofilide itu tereduksi menjadi klorofilide a. Menurut Bordmant (1966), dan Bogorad (1967) dalam Abidin (1987) dengan adanya enzim klorofilase yang mengkatalisa esterisasi suatu fitol grup klorofilide akan membentuk klorofil a.





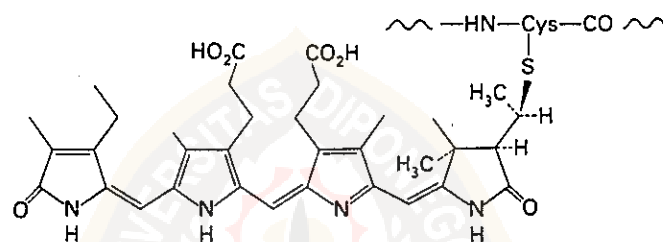
Gambar 03 : Biosintesis Klorofil (Delvin, 1975 dalam Abidin, 1987)

2. Karotenoid.

Ada 2 jenis karotenoid, yaitu karoten dan xantofil. Keduanya merupakan rantai hidrokarbon kompleks. Karoten meneruskan sebagian besar cahaya kuning. Xantofil lebih banyak meneruskan panjang gelombang oranye atau merah. Ada 2 macam karoten yaitu α dan β karoten, yang biasanya terdapat pada alga hijau dan juga pada tanaman tinggi. Kedua macam xantofil adalah zeaxanthin, yang terdapat pada alga hijau dan tanaman tinggi, dan fucoxanthin, yang terdapat pada alga coklat dan Chrysochyceae (Dawes, 1981). Karotenoid terletak di dalam kloroplas. Menurut Abidin (1987) pada proses fotosintesis kedua grup karotenoid mempunyai peranan yang berbeda. Karoten berfungsi melindungi kerusakan yang terjadi pada klorofil karena adanya fotooksidasi, sedangkan xantofil berperan dalam penyerapan cahaya untuk proses fotosintesis.

3. Phycobilin

Phyco berasal dari bahasa Yunani yang berarti Alga, bilin menunjukkan struktur dari pigmen 'bile' (Gantt, 1981 dalam Salisbury dan Ross, 1985). Phycobilin merupakan kumpulan dari banyak sub unit phycobiliprotein, yang masing-masing mengandung grup bilin dari rantai polipeptida (Stryer, 1981).



Gambar 04. Rantai peptid phycoerythrobilin (Stryer, 1981).

Phycobiliprotein merupakan pigmen 'bile' dari hewan yang merupakan rangkaian tetrapiroles, yang asalnya dari degradasi sel heme. Degradasi tersebut memerlukan membukanya rantai porfirin, yang kemudian akan membuka rangkaian tetrapirrol. Membukanya rantai tetrapirrol seperti hal tersebut diatas juga ditemukan pada tumbuhan (Hess, 1975).

Pigmen ini sering disebut juga biliprotein. Ada 2 jenis phycobilin, yaitu phycocyanin dan phycoerythrin. Pigmen ini terdapat pada alga hijau biru, alga merah dan Cryptophyta. Menurut Delvin (1975) dalam Abidin (1987) phycobilin terletak pada matrix dalam kloroplas. Alga merah *Porphyridium cruentum*, phycobilinnya tidak dijumpai dalam matrix secara bebas tetapi dijumpai pada lamela didalam kloroplas.

Kedua jenis phycobilin mempunyai fungsi yang berbeda. Phycocianin mampu meneruskan cahaya biru, sedangkan phycoerythrin mampu meneruskan cahaya merah. Phycoerythrin terdapat dalam jumlah yang melimpah pada alga merah, sehingga menyebabkan warna merah pada thallusnya. Menurut Engelmann dalam Saffo (1987) phycoerythrin menunjukkan penyerapan yang kuat pada cahaya hijau.

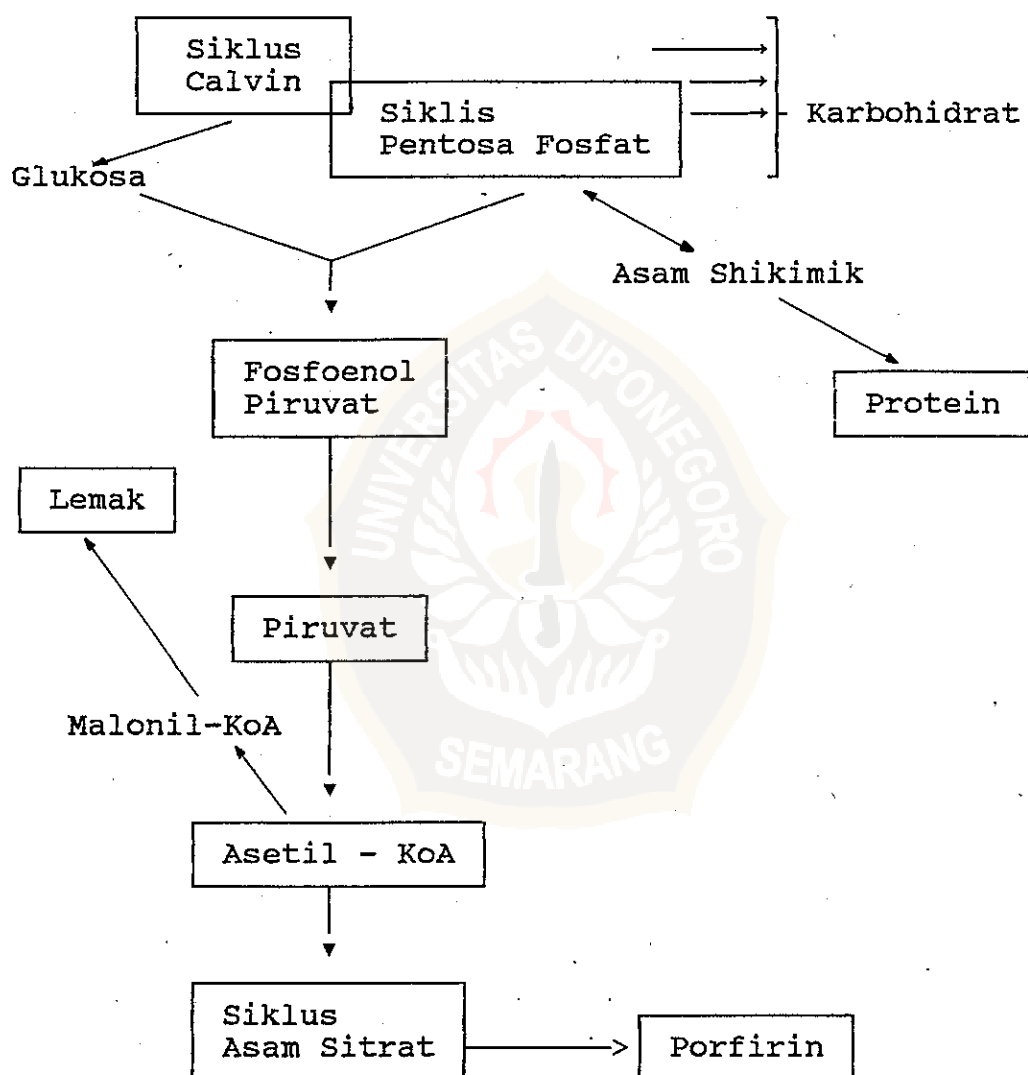
Pigmen fotosintesis, selain klorofil a, merupakan pigmen pelengkap yang berfungsi membantu klorofil a dalam penyerapan cahaya. Energi cahaya yang diserap tersebut diteruskan kepada klorofil a, dan disini energi akan digunakan untuk fotosintesis mnenjadi lebih besar jumlahnya (Kimball, 1990).

Ada 2 jenis phycobilin, yaitu phycocyanin dan phycoerythrin. Pigmen ini terdapat pada alga hijau biru, alga merah dan Cryptophyta. Menurut Delvin (1975) dalam Abidin (1987) phycobilin terletak pada matrix dalam kloroplas. Alga merah *Porphyridium cruentum*, phycobilinnya tidak dijumpai dalam matrix secara bebas tetapi dijumpai pada lamela didalam kloroplas.

Kedua jenis phycobilin mempunyai fungsi yang berbeda. Phycocianin mampu meneruskan cahaya biru, sedangkan phycoerythrin mampu meneruskan cahaya merah. Phycoerythrin terdapat dalam jumlah yang melimpah pada alga merah, sehingga menyebabkan warna merah pada thallusnya. Menurut Engelmann dalam Saffo (1987) phycoerythrin menunjukkan penyerapan yang kuat pada cahaya hijau.

Pigmen fotosintesis, selain klorofil a, merupakan pigmen pelengkap yang berfungsi membantu klorofil a dalam penyerapan cahaya. Energi cahaya yang diserap tersebut diteruskan kepada klorofil a, dan disini energi akan digunakan untuk fotosintesis menjadi lebih besar jumlahnya (Kimball, 1990).

Biosintesis phycobiliprotein belum sepenuhnya diketahui. Biosintesis porfirin, dan kemungkinan phycobiliprotein juga, berasal dari siklus asam sitrat, dengan bentuk suksinil Ko-A dan dari metabolisme asam amino, dalam bentuk glisin (Hess, 1975).



Gambar 05 : Tinjauan mengenai beberapa proses metabolisme dalam tumbuhan (Hess, 1975).

D. Karaginan

Eucheuma memiliki nilai ekonomis yang cukup tinggi karena bersifat karaginofit, yaitu tanaman yang menghasilkan karaginan. Karaginan merupakan getah dari rumput laut dan merupakan senyawa hidrokoloid yang terdiri dari ester kalium, natrium, magnesium dan kalsium sulfat dengan galaktosa dan 3,6 anhydrogalaktocopolimer.

Karaginan merupakan polisakarida linier atau lurus dan merupakan molekul galaktan dengan unit-unit utamanya adalah galaktosa. Karaginan ini merupakan molekul besar yang terdiri lebih dari 1000 residu galaktosa, oleh karena itu variasinya juga banyak sekali (Winarno, 1990).

Menurut LaClaire dan Dawes (1976) dalam Dawes (1981) karaginan merupakan komponen struktur dinding sel alga, Menurut Dawes (1981) ada beberapa jenis karaginan, yaitu kappa, lambda, nu, theta dan iota karaginan. Doty (1987) mengemukakan bahwa karaginan merupakan polisakarida yang mengandung sulfat dan dibedakan karena posisi ester sulfat dalam struktur molekulnya dan masing-masing mempunyai struktur dan bentuk yang jelas. Kappa karaginan tersusun dari α (1-3) D galaktosa 4 sulfat dan β (1-4) 3,6 anhydro D galaktosa. Iota karaginan ditandai dengan adanya 4 sulfat ester pada setiap residu D-glukosa dan gugusan.

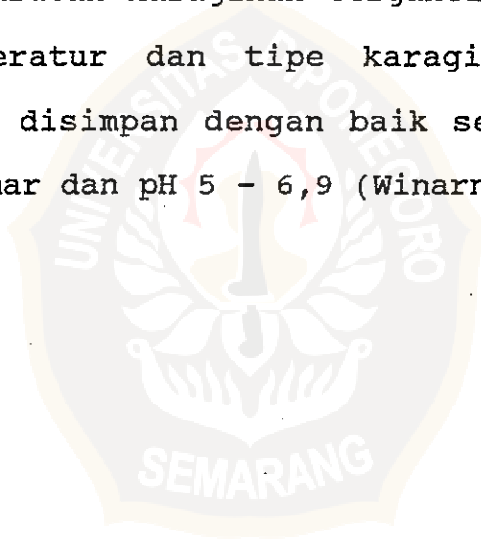
2-sulfat ester pada setiap gugusan 3,6 anhydro D galaktosa. Lambda karaginan memiliki sebuah residu disuphated α (1-4) D galaktosa. Tipe karaginan yang dimiliki oleh *Eucheuma spinosum* adalah dari jenis iota karaginan (Winarno, 1990).

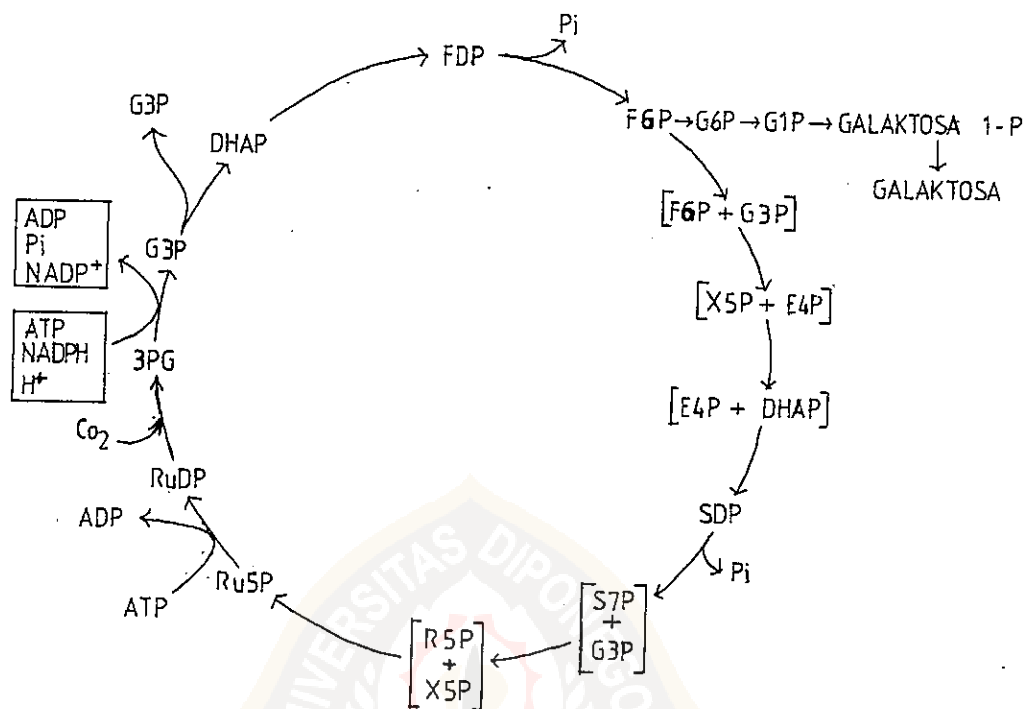
Menurut Doty (1987) identifikasi jenis karaginan dilakukan dengan menggunakan sinar infra merah untuk mengetahui gugus fungsionalnya. Identifikasi dilakukan dengan cara membandingkan spektrum standar yang dibuat pada kondisi sama.

Kandungan karaginan pada tiap jenis *Eucheuma* berbeda-beda, tergantung pada jenis dan lokasinya. Chapman dan Chapman (1980) menyatakan bahwa kandungan karaginan *Eucheuma spinosum* di California berkisar antara 30 - 40 %, sedangkan di Somalia sebesar 36,2 %. *Eucheuma cottonii* di RRC mempunyai kandungan karaginan berkisar antara 34,8 - 39,7 %. Perbedaan kandungan karaginan yang berbeda tersebut dapat dikaitkan dengan kandungan karbohidratnya. Karbohidrat merupakan hasil fotosintesa yang digunakan sebagai cadangan makanan, pada *Eucheuma* karbohidrat tersebut antara lain berupa karaginan. Kandungan karaginan juga dipengaruhi oleh jenis, musim dan cara budidaya (Chapman and Chapman, 1980).

Kegunaan karaginan antara lain sebagai stabilisator (pengatur keseimbangan), bahan

pengental, pembentuk gel, pengemulsi dan lain-lain. Karaginan ini sudah dipergunakan secara luas, tetapi sebagian besar dipergunakan dalam produk yang dipergunakan sehari-hari. Ekstrak karaginan sering digunakan dalam industri pasta gigi, makanan diet (karena karbohidratnya tidak dicerna oleh manusia), krim tangan, shampo, kosmetik, obat-obatan, tekstil dan cat (Dawes, 1981., Winarno, 1990). Karaginan di pasaran merupakan tepung berwarna kekuningan, mudah larut dalam air, membentuk larutan kental atau gel. Kekentalan larutan karaginan tergantung pada konsentrasi, temperatur dan tipe karaginan. Karaginan kering dapat disimpan dengan baik selama 1,5 tahun pada suhu kamar dan pH 5 - 6,9 (Winarno 1990).





Gambar 06 : Proses Pembentukan Galaktosa (Lehninger, 1991)

Keterangan :

3PG : 3-fosfoglisarat	E4P : Eritrosa 4-fosfat
G3P : Gliseraldehida 3-fosfat	X5P : Xilulosa 5-fosfat
DHAP : Dihidroksi Aseton Fosfat	SDP : Sedoheptulosa 1,7-difosfat
FDP : Fruktosa 1,6-difosfat	S7P : Sedoheptulose 7-fosfat
F6P : Fruktosa 6-fosfat	R5P : Ribosa 5-fosfat
G6P : Glukosa 6-fosfat	Ru5P : Ribulosa 5-fosfat
G1P : Glukosa 1-fosfat	RuDP : Ribulosa 1,5-difosfat