

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

#### 2.1 Biologi *Gracilaria*

Rumput laut belum memperlihatkan adanya perbedaan antara akar, batang dan daun sehingga dimasukkan kedalam tumbuhan berthalus atau thallophyta.

Klasifikasi *Gracilaria verrucosa* menurut Dawson (1986) adalah sebagai berikut :

Divisi : Rhodophyta

Kelas : Rhodophyceae

Ordo : Gigartinales

Famili : Gracilariaceae

Genus : *Gracilaria*

Spesies: *Gracilaria verrucosa* ( Hudson ) Papenfus

Thalus *Gracilaria verrucosa* berbentuk silindris dengan percabangan berselang-seling tidak beraturan, cabang-cabang lateral memanjang menyerupai rambut, ukuran panjang sekitar 250 mm dan diameter thalus sekitar 0,5 – 1, 5 mm. Warna thalus beragam mulai dari warna kuning – coklat, atau kuning hijau ( Aslan, 1990).

*Gracilaria* sp hidup sebagai fitobentos, melekat dengan bantuan 'holdfast' pada substrat padat, seperti batu – batuan, karang mati, dan kulit kerang. *Gracilaria* dapat hidup juga pada perairan berlumpur dan berpasir. Penyebarannya dari perairan sub tropis sampai tropis dengan jumlah kurang lebih 100 sp. Genus ini juga ditemukan di daerah litoral dan sub litoral sampai kedalaman tertentu

yang masih dapat dicapai cahaya matahari, bahkan beberapa spesies ditemukan diperairan keruh (Dawson, 1986).

Distribusi algae di lautan terbuka mengikuti zonasi vertikal, algae hijau mendominasi pada kedalaman 15 m, diatas 15 m didominasi oleh algae coklat, dan algae merah tidak dominan pada kedalaman kurang dari 75 m (Dawes, 1981). Pada tanaman rumput laut dikenal 2 macam pola reproduksi yaitu:

- Reproduksi generatif (seksual) dengan gamet
- Reproduksi aseksual

Pada algae reproduksi aseksual berupa pembentukan suatu individu baru melalui perkembangan spora dan pembelahan sel. Pembiakan dengan spora berasal dari tetraspora yang dihasilkan dari tetrasporofit. Tipe pembiakan ini umumnya terdapat pada algae merah. Pada algae yang bersel satu (uniseluler) setiap individu mempunyai kemampuan untuk membelah diri dan membentuk individu baru, pada *Gracilaria* sp (multiseluler) potongan thalusnya mempunyai kemampuan berkembang meneruskan pertumbuhannya. Usaha budidaya rumput laut jenis *Gracilaria* umumnya dilakukan dengan penyetekan (pemotongan thalus) sebagai bibit untuk dikembangbiakkan, dalam hal ini dibuat potongan – potongan dengan ukuran tertentu untuk dijadikan bibit. Bibit stek ini ditanam dengan mengikatnya pada tali di bawah permukaan air dengan jarak tertentu umumnya 20 cm. Pertumbuhannya dapat dilihat dengan bertambah besarnya bibit tersebut. Cepat lambatnya pertumbuhan tergantung pada jenis rumput laut dan mutu lingkungan penanaman (Aslan, 1990).

## 2.2 Hubungan Kedalaman dan Tingkat Pencahayaan Untuk Pertumbuhan Algae

Cahaya merupakan salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap laju fotosintesis. Rumput laut melakukan fotosintesis untuk mendapatkan energi, sehingga cahaya merupakan syarat mutlak bagi pertumbuhan (Dawes, 1981). Penyerapan cahaya oleh tanaman tergantung pada intensitas dan lamanya penyinaran (Abidin, 1984). Cahaya yang mencapai bumi terdiri dari foton yang tidak diserap yaitu energi foton ultraviolet (panjang gelombang 100 - 400 nm) dan infra merah (panjang gelombang lebih dari 740 nm) serta cahaya yang dapat dimanfaatkan tanaman untuk berfotosintesis yaitu cahaya tampak dengan panjang gelombang antara 400 – 740 nm hal ini ditunjukkan pada Tabel 01. Penetrasi cahaya di perairan hanya sampai pada daerah fotik, dan terjadi perubahan panjang gelombang dan intensitas cahaya dengan bertambahnya kedalaman perairan. Sinar matahari sampai pada permukaan perairan mempunyai panjang gelombang dari 345 nm sampai kira-kira 1100 nm

Tabel 01. Spektrum radiasi elektromagnetik (Hopkin, 1999)

| Warna         | Panjang gelombang (nm) | Rata-rata energi (Kj mol <sup>-1</sup> Photon) |
|---------------|------------------------|--|
| Ultraviolet   | 100-400                |  |
| UV-C          | 100-280                | 471  |
| UV-B          | 280-320                | 399  |
| UV-A          | 320-400                | 332  |
| Cahaya tampak | 400-470                |  |
| Violet        | 400-425                | 290  |
| Biru          | 425-490                | 274  |
| Hijau         | 490-550                | 230  |
| Kuning        | 550-585                | 212  |
| Jingga        | 585-640                | 196  |
| Merah         | 640-700                | 181  |
| Far-red       | 700-740                | 166  |
| Infra red     | >740                   | 185  |

Menurut Nybakken (1988) cahaya yang sampai pada permukaan air sebagian akan dipantulkan dan sebagian cahaya yang dapat menembus permukaan air akan mengalami pengurangan lebih lanjut melalui dua proses yang berlangsung dalam air yaitu :

1. Pemantulan oleh berbagai partikel hidup dan mati yang tersuspensi dalam air. Partikel-partikel ini menangkap cahaya dan kemudian mengabsorpsinya atau memantulkan kembali ke permukaan air.
2. Air sendiri mengabsorpsi cahaya, mengakibatkan berkurangnya jumlah cahaya yang tersedia bagi rumput laut. Absorpsi cahaya oleh air juga menyebabkan fotosintesis hanya dapat berlangsung dalam suatu lapisan tipis dimana terdapat cukup cahaya.

Panjang gelombang cahaya akan berkurang intensitasnya dengan meningkatnya kedalaman yang dapat dicapai, meskipun gelombang cahaya hijau

dan biru dapat menembus sampai kedalaman yang cukup dalam, intensitasnya menurun dengan meningkatnya kedalaman yang dapat dicapai oleh gelombang - gelombang tersebut.

Dawes (1981) menyatakan bahwa beberapa algae mempunyai toleransi tertentu terhadap intensitas cahaya. Pertumbuhan *Gracilaria* sp memerlukan intensitas cahaya yang relatif tinggi. Intensitas cahaya yang maksimum untuk pertumbuhan *Gracilaria* sp adalah 4750 lux.

### 2.3 Pigmen Fotosintesis Pada Alga

Pigmen yang terdapat dalam thalus rumput laut dapat digunakan untuk membedakan berbagai kelas. Pigmen yang menentukan warna ini antara lain adalah klorofil, karoten, phycoerythrin dan phycocyanin yang merupakan pigmen – pigmen utama disamping pigmen-pigmen yang lain (Aslan, 1990).

Pada algae merah mengandung klorofil a, klorofil d,  $\alpha$  dan  $\beta$  karoten, lutein, r-phycocyanin, dan r-phycoerythrin. Phycoerythrin mendominasi sehingga menyebabkan alga ini berwarna merah.

#### 2.3.1 Klorofil

Klorofil terdapat sebagai butir-butir hijau didalam kloroplas. Klorofil merupakan struktur porfirin mengandung cincin pirol dengan Mg sebagai inti. Klorofil sangat bervariasi dalam struktur rantai samping yang bergabung dengan cincin pirol. Klorofil a dan klorofil b dapat dibedakan karena pada klorofil a terdapat metil grup sedangkan pada klorofil b terdapat gugus aldehid lebih bersifat hidrofilik dibanding dengan klorofil a (Abidin, 1984).

Sintesis klorofil sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor antara lain genetik, cahaya dan mineral. Klorofil itu fluoresen artinya dapat menerima sinar dan mengembalikannya dalam gelombang yang berlainan. Klorofil a tampak hijau tua tetapi jika sinar direfleksikan, tampak merah darah sedang pada klorofil b tampak merah coklat pada fluoresensi. Klorofil banyak menyerap sinar merah dan nila (Dwidjoseputro, 1981).

Klorofil tidak larut dalam air, melainkan larut dalam etanol, metanol, eter, aseton, bensol, kloroform. Untuk memisahkan klorofil a, klorofil b beserta pigmen-pigmen lain seperti karoten, xantofil digunakan teknik kromatografi (Dwidjoseputro, 1981).

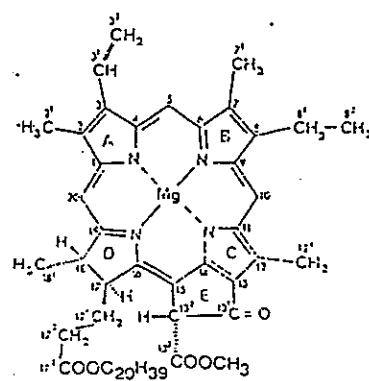
Menurut Delvin (1975 dalam Abidin 1984) terbentuknya suksinil Ko-A didalam siklus Kreb dan Glisin (asam amino), sangat berperan dalam pembentukan klorofil. Kondensasi dari 2 komponen tersebut membentuk asam  $\alpha$ -amino -  $\beta$  - ketoadipik selanjutnya dengan dekarboksilasi menghasilkan  $\delta$  - asam amino levulinik. Delvin (1975 dalam Abidin 1984) menyatakan bahwa dalam reaksi ini memerlukan adanya kofaktor piridoksal fosfat yang kemudian dikatalisis oleh  $\delta$  - asam amino levulinik sintetase, 2 molekul  $\delta$  - asam amino levulinik membentuk porfobilinogen dengan bantuan enzim  $\delta$  - asam amino levulinik dehidrase. Enzim uroporfirinogen sintetase dan uroporfirinogen III kosintetase mengkatalisis pembentukan uroporfobilinogen III dari 4 molekul porfobilinogen.

Uroporfirinogen dekarboksilase mengkatalisis dekarboksilasi uroporfirinogen III sehingga menghasilkan koproporfirinogen III. Pada kondisi

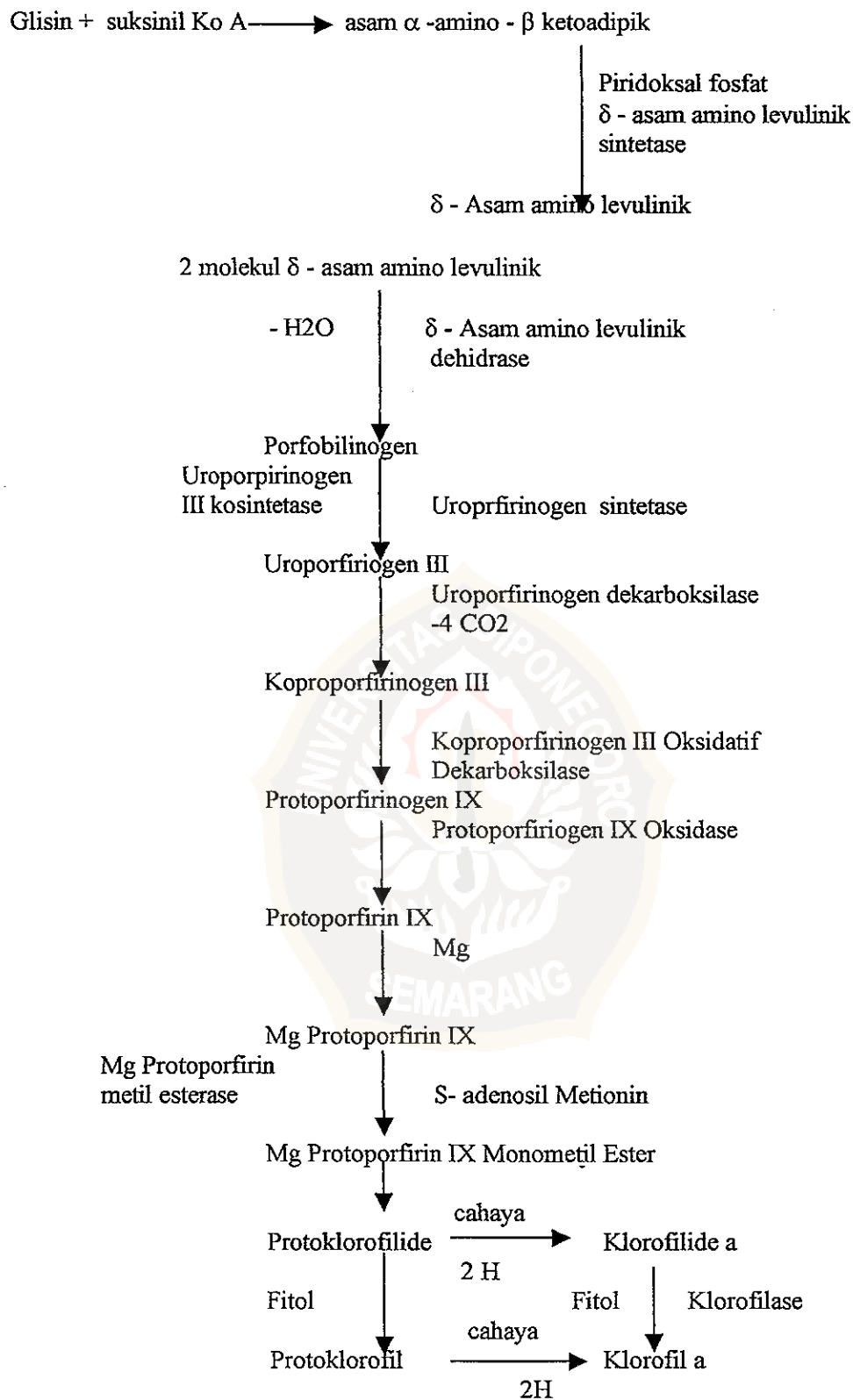
aerob dan hadirnya koproporfinogen oksidatif dekarboksilase, maka protoporfirinogen IX dibentuk dari koproporfirinogen III. Oksidasi dari protoporfirinogen IX menghasilkan protoporfirin IX yang kemudian bergabung dengan Magnesium. Enzim Mg protoporfirin metilesterase mengkatalisis penambahan sebuah metil grup menjadi Mg – protoporfirin IX dengan penambahan S – adenosil metionin kemudian akan membentuk Mg – Protoporfirin IX monometil ester.

Reaksi berantai dalam biosintesis klorofil, yaitu perubahan Mg – protoporfirin IX monometil ester menjadi protoklorofilide. Protoklorofilide dibentuk sebagai hasil penambahan fitol grup kedalam protoklorofilide. Delvin (1975 dalam Abidin 1984) menyebutkan bahwa ketika disinari, maka protoklorofilide itu tereduksi menjadi klorofilide a. Menurut Bordmant (1966 dalam Abidin 1984) dengan adanya enzim klorofilase yang mengkatalisa esterisasi suatu fitol grup klorofilide akan membentuk klorofil a (Abidin, 1984). Keterangan diatas ditunjukkan dengan skema biosintesis klorofil pada gambar 02.

Struktur klorofil :



Gambar 01. Struktur klorofil a



Gambar 02. Skema biosintesis Klorofil a ( Delvin, 1975 dalam Abidin, 1984)



### 2.3.2 Phycobilin

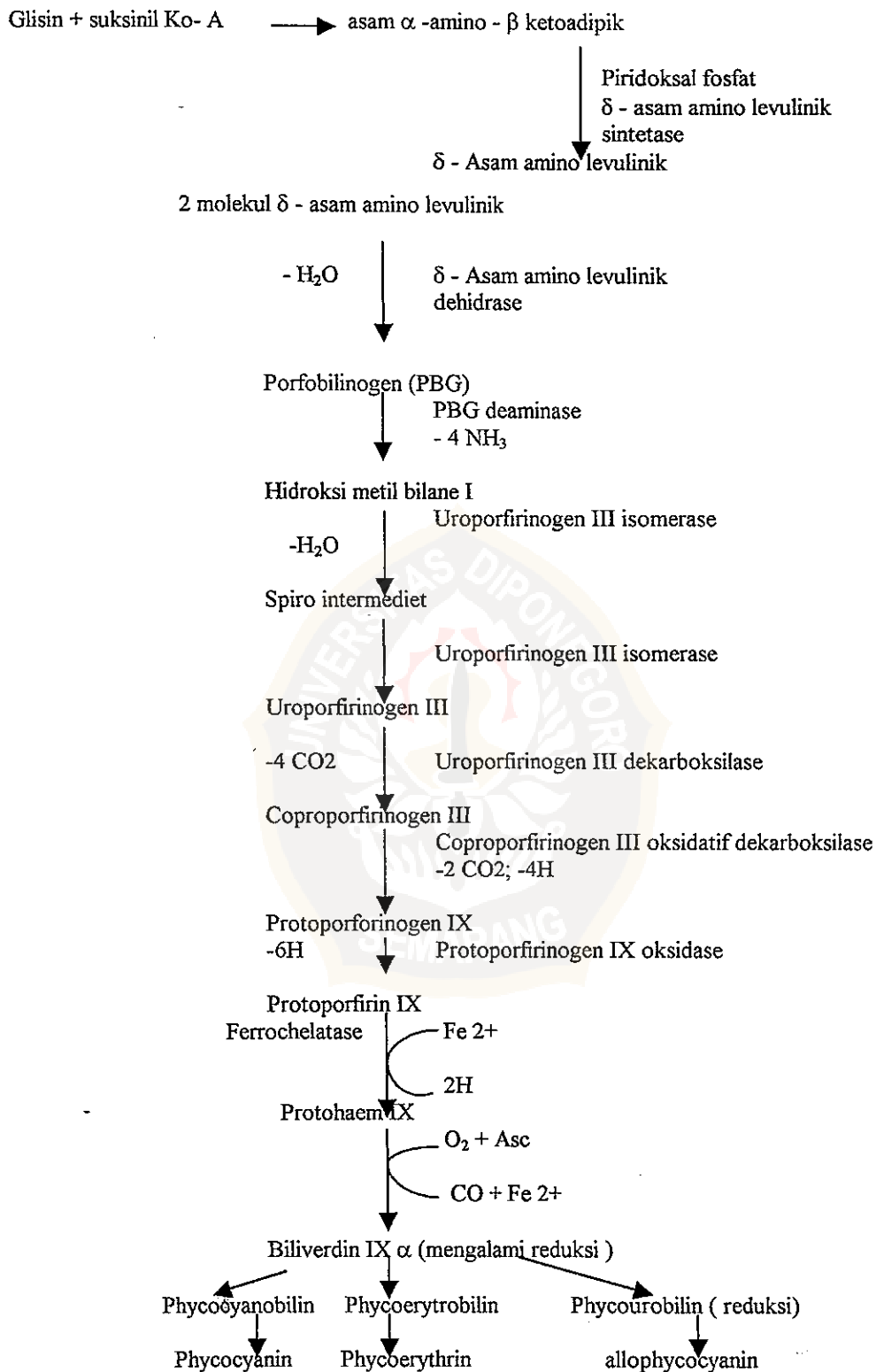
Phycobilin adalah suatu pigmen yang mempunyai peranan tidak langsung dalam proses fotosintesis. Pigmen ini terletak pada matrik didalam kloroplas. Phycobilin merupakan kumpulan dari banyak sub unit phycobiliprotein, yang masing-masing mengandung grup bilin dari rantai polipeptida (Stryer, 1981). Goodwin dan Mercer (1972 dalam Abidin 1984) menyatakan bahwa secara struktural phycobilin mempunyai hubungan dengan klorofil dalam tetra pirol yang rantainya terbentuk secara terbuka.

Phycobilin terdiri dari tiga jenis yaitu phycocyanin, allophycocyanin dan phycoerythrin yang berwarna merah. Ketiga jenis phycobilin mempunyai fungsi yang berbeda. Phycocyanin merupakan pigmen biru mampu menyerap cahaya jingga sampai merah, sedangkan phycoerythrin merupakan pigmen merah mampu menyerap cahaya hijau.. Phycoerythrin dan phycocyanin bergabung dengan protein , kombinasi dari phycobilin dan protein disebut biliprotein. Struktur tetrapireol dari pigmen phycoerythrin dan phycocyanin menyerupai pigmen bile pada hewan. Biliprotein terdapat pada permukaan luar lamela kloroplas berbentuk bola disebut phycobilisome (Sharma, 1992). Phycobilisome berasal dari kata 'phyco' yang berarti alga, 'bilin' menunjukkan struktur dari pigmen bile dan 'some' yang berarti tubuh. Pada perairan yang dalam algae merah banyak mengandung phycoerythrin dibanding pada perairan yang dangkal dimana phycoerythrin ini dapat menyerap cahaya hijau sehingga dengan kondisi ini dapat digunakan untuk menjelaskan distribusi algae berdasarkan kedalaman. Konsep ini disebut sebagai adaptasi warna. Pigmen fotosintesis , selain klorofil a terdapat

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

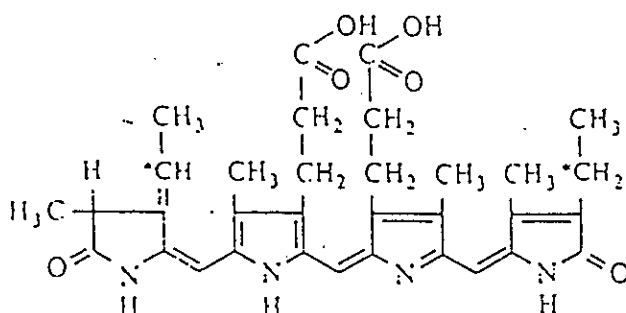
Reaksi kondensasi antara glisin dan suksinil Ko -A akan menghasilkan asam  $\alpha$  - amino -  $\beta$  ketoadipik yang selanjutnya dengan cepat mengalami dekarboksilasi membentuk  $\delta$  - Asam Amino Levulinik (ALA), pada tahap ini dikatalisis oleh enzim  $\delta$  - asam amino levulinat sintetase dan diperlukan adanya piridoksal fosfat, 2 molekul  $\delta$  - asam amino levulinik dengan adanya enzim ALA dehidrase akan membentuk porfobilinogen (PBG). Langkah selanjutnya 4 molekul porfobilinogen dengan bantuan PBG deaminase akan membentuk hidroksimetilbilan I dan kemudian akan terbentuk spiro intermediet yang dikatalisis oleh enzim uroporfirinogen III isomerase, enzim yang sama digunakan untuk merubah spiro intermediet menjadi uroporfirinogen III.

Uroporfirinogen III dekarboksilase akan mengkatalisis Uroporfirinogen III sehingga dihasilkan Coproporfirinogen III (Jeffrey, 1997). Pada kondisi aerob dan adanya enzim Coproporfirinogen oksidatif dekarboksilase akan merubah Coproporfirinogen III menjadi Protoporfirinogen IX, oksidasi dari Protoporfirinogen IX dengan menggunakan enzim protoporfirinogen IX oksidase akan menghasilkan protoporfirin IX yang selanjutnya bergabung dengan ion  $Fe^{2+}$  membentuk protohaem IX yang dikatalisis oleh enzim Ferrochelatase. Pemecahan protohaem IX membentuk biliverdin IX $\alpha$  dengan dikatalisis haem oksidase kemudian biliverdin IX $\alpha$  mengalami reduksi membentuk Phycocyanobilin, Phycoerythrobilin, Phycourobilin (gambar 03).



Gambar 03. Skema biosintesis phycoerythrin ( Jeffrey, 1997)

Struktur phycoerytrin :



Gambar 04. Struktur phycoerythrin

## 2.4. Faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap kehidupan rumput laut

yaitu:

### 2.4.1 Temperatur

Temperatur merupakan salah satu faktor pembatas untuk pertumbuhan dan distribusi rumput laut. Temperatur berpengaruh pada kelarutan oksigen dan karbon dioksida dalam perairan yang berpengaruh pula terhadap fotosintesis dan respirasi dari *Gracilaria* sp Kim (1969 dalam Sarjito, dkk 1996). *Gracilaria* sp dapat tumbuh dengan baik pada temperatur 5 – 30<sup>0</sup> C, dan tumbuh optimum pada temperatur diatas 20<sup>0</sup> C ( Ismail, 1974 dalam Sarjito, dkk 1996).

Dwijoseputro (1981) menyatakan pada umumnya tumbuhan didaerah tropis tidak dapat melakukan fotosintesis pada temperatur lebih rendah dari 5<sup>0</sup> C. Temperatur yang sangat rendah akan mematikan *Gracilaria*, temperatur yang baik untuk *Gracilaria* berkisar antara 20 – 29<sup>0</sup> C, sedangkan Chen dan

Shang (1980 dalam Sarjito, dkk 1996) mengatakan bahwa temperatur diatas  $35^{\circ}\text{C}$  akan menghambat pertumbuhan *Gracilaria* sp.

### 3.4.2 Salinitas

Air laut adalah air yang didalamnya terlarut berbagai zat padat dan gas, sekitar 96,5 % air laut berupa air murni dan 3,5 % berupa zat terlarut. Banyaknya zat terlarut disebut salinitas. Zat terlarut meliputi garam – garam an organik, senyawa – senyawa organik yang berasal dari organisme hidup dan gas - gas terlarut. Komposisi terbesar dari bahan terlarut terdiri dari garam – garam an organik yang berwujud ion – ion, unsur – unsur makro dan mikro dari air laut terdiri dari  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{Br}^-$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,  $\text{Sr}^{2+}$ .

Salinitas pada berbagai tempat di lautan terbuka yang jauh dari daerah pantai biasanya berkisar antara  $34 - 37^{\circ}/_{00}$  dengan rata – rata  $35^{\circ}/_{00}$ . Perbedaan salinitas terjadi karena perbedaan dalam penguapan dan presipitasi. Salinitas lautan tropik lebih tinggi dibandingkan dengan daerah beriklim sedang karena evaporasinya lebih tinggi ( Nybakken, 1988).

Ada 2 golongan algae berdasarkan kisaran salinitas yaitu: stenohalin yaitu golongan algae yang hidup dan tumbuh pada perairan dengan kisaran salinitas yang sempit (fluktuasi salinitas rendah) serta euryhalin yaitu golongan algae yang hidup dan tumbuh pada perairan dengan kisaran salinitas lebar (fluktuasi salinitas tinggi) (Trainor, 1978).

Makroalgae melakukan adaptasi terhadap fluktuasi salinitas di habitatnya dengan cara mengubah konsentrasi ion internal, terutama  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,

$\text{Na}^+$  dan konsentrasi senyawa organik seperti manitol pada algae coklat, floridoside pada algae merah dan sukrosa pada algae hijau. Perubahan konsentrasi senyawa organik tersebut adalah untuk mengatur tekanan turgor (Luning, 1990). Salinitas dapat menyebabkan perbedaan potensial osmotik yang akan mempengaruhi aliran air dari dalam dan dari luar sel, disamping itu salinitas akan menyebabkan perubahan komposisi ion yaitu  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  yang akan mempengaruhi integritas membran dan respon fotosintesis. Salinitas juga dipengaruhi oleh suhu jika suhu perairan meningkat maka salinitas akan meningkat juga (Loban, 1997)

### 3.4.3 pH

Menurut Dawson (1996 dalam Sarjito, dkk 1996) menjelaskan bahwa pertumbuhan *Gracilaria* sp yang baik adalah pada kisaran pH antara 7,5 – 8,4. pH mempengaruhi tingkat pemisahan ion organik dan anorganik sehingga mempengaruhi ketersediaan nutrisi bagi alga dan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut yang dibudidayakan (Soeder dan Stegel 1974 dalam Sarjito, dkk 1996).

### 2.5 Hipotesis

*Gracilaria verrucosa* termasuk divisi rhodophyta, pola distribusinya mampu mencapai perairan yang dalam. Cahaya sangat terbatas pada daerah tersebut dan akan berkurang baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Cahaya merupakan faktor penting untuk pembentukan pigmen klorofil maupun phycoerythrin. Klorofil menyerap cahaya merah dengan panjang gelombang 660 nm dan cahaya biru dengan panjang gelombang 440 nm. Cahaya merah cepat

diabsorpsi pada daerah permukaan air. Phycoerythrin menyerap cahaya hijau dengan panjang gelombang 490 – 570 nm, pada umumnya untuk cahaya hijau mampu menembus sampai perairan dalam kedalamannya bisa mencapai lebih dari 75 m dari permukaan air sehingga diambil hipotesis bahwa dengan semakin dalam penanaman *Gracilaria verrucosa* pada perairan kandungan klorofil a semakin menurun sedangkan kandungan phycoerythrin semakin meningkat

