

**PENGARUH CAHAYA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN  
KANDUNGAN PIGMEN KLOROFIL, FIKOERITRIN DAN  
FIKOSIANIN PADA RUMPUT LAUT *Eucheuma alvarezii*  
VARIETAS MERAH DAN HIJAU**

Oleh :

**JULIA PRABHAWATI**

**NIM. 0210810028**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS PERIKANAN**

**MALANG**

**2007**

**PENGARUH CAHAYA TERHADAP PERTUMBUHAN DAN KANDUNGAN  
PIGMENT KLOOROFIL , FIKOERITRIN DAN FIKOSIANIN PADA RUMPUT  
LAUT *Eucheuma alvarezii* VARIETAS MERAH DAN HIJAU**

**Laporan Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana  
Perikanan pada Fakultas Perikanan Universiats Brawijaya**

Oleh :

**JULIA PRABHAWATI**

**NIM. 0210810028**

**Dosen Penguji I**

**(Ir.MULYANTO,MS)**

**Tanggal : \_\_\_\_\_**

**Dosen Penguji II**

**(Ir.PUTUT WIJANARKO)**

**Tanggal : \_\_\_\_\_**

**Menyetujui,**

**Dosen Pembimbing I**

**(Ir. YENNY RISJANI Y, DEA. Ph. D)**

**Tanggal : \_\_\_\_\_**

**Dosen Pembimbing II**

**(Dr. WAHYU WIDORETNO,MSi)**

**Tanggal : \_\_\_\_\_**

**Mengetahui,**

**Ketua Jurusan**

**(Ir. MAHENO SRI WIDODO, MS)**

**Tanggal : \_\_\_\_\_**



## KATA PENGANTAR

*Bismillaahirrahmaanirrahiim*

Puji syukur kehadirat Allah SWT karena atas berkat rahmat dan petunjuknya penulisan laporan skripsi ini dapat terselesaikan. Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya.

Atas terselesaikannya laporan skripsi ini penulis menyampaikan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Ibu Ir. Yenny Risjani Y, DEA.Ph.D, selaku Dosen Pembimbing I
- Ibu Dr. Wahyu Widoretno, MSi, selaku Dosen Pembimbing II

Atas segala petunjuk dan bimbingannya selama ini yang penuh dengan ketulusan dan kesabaran hingga terselesainya laporan skripsi ini.

- Bapak Ir. Slamet Subyakto, MSi, selaku Kepala Balai Budidaya Air Payau Situbondo yang telah memberi ijin waktu dan tempat penulis untuk melakukan penelitian, beserta staf BBAP Situbondo yang telah memberikan bantuan fasilitas selama penelitian.
- Semua pihak yang telah memberikan dorongan dan bantuan pada penulis.

Akhirnya penulis berharap semoga laporan skripsi ini bermanfaat dan dapat memberikan informasi bagi semua pihak yang berminat dan memerlukan.

Malang, Juni 2007

Penulis



## RINGKASAN

**JULIA PRABHAWATI. Pengaruh Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Pigmen Klorofil, Fikoeritrin dan Fikosianin Pada Rumput Laut *Eucheuma alvarezii* Varietas Merah dan Hijau. Di bawah bimbingan Ir. YENNY RISJANI Y, DEA.Ph.D dan Dr. WAHYU WIDORETNO,MSi.**

Rumput laut merupakan *thallophyta* yaitu tumbuhan tingkat rendah yang tidak memperlihatkan adanya perbedaan akar, batang dan daun sejati. Rumput laut terdiri atas tiga kelas yaitu alga merah (Rhodophyta), alga coklat (Phaeophyta) dan alga hijau (Chlorophyta). *Eucheuma alvarezii* merupakan jenis alga merah (Rhodophyta) yang memiliki berbagai warna yaitu merah, ungu, pirang, coklat dan hijau. Perbedaan warna tersebut dikarenakan dalam thallus alga merah terdapat beberapa pigmen fotosintesis yaitu klorofil, fikosianin dan fikoeritrin. Ketiga pigmen tersebut sangat berperan dalam proses fotosintesis. Keberadaan pigmen klorofil, fikoeritrin dan fikosianin mampu menyerap maupun memantulkan cahaya yang mengenai thallus rumput laut *E. alvarezii*. Peranan pigmen tersebut berbeda-beda sesuai spektrum cahaya yang dimilikinya.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Balai Budidaya Air Payau Situbondo mulai Juni- Agustus 2006. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan dan kandungan pigmen klorofil, fikoeritrin dan fikosianin pada rumput laut *Eucheuma alvarezii* varietas merah dan hijau.

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan *Rancangan Acak Lengkap Faktorial* dengan dua faktor yaitu faktor peubah tetap (*Eucheuma alvarezii* varietas merah dan hijau, serta perbedaan intensitas cahaya yang menggunakan lampu fluoresense berkekuatan 40 w, 80 w dan 120 w) dan faktor peubah tidak tetap (kandungan pigmen klorofil, fikoeritrin dan fikosianin serta pertumbuhan *Eucheuma alvarezii*). Untuk mengetahui pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan dan kandungan pigmen klorofil, fikoeritrin dan fikosianin pada umur yang berbeda dilakukan analisis ANOVA yang dilanjutkan dengan uji BNT.

Parameter yang diamati adalah pertumbuhan berat basah, kandungan klorofil, fikoeritrin dan fikosianin berdasarkan umur tanam yang berbeda yaitu umur tanam 0 hari, 7 hari, 14 hari dan 21 hari dengan perlakuan cahaya yang berbeda yaitu 40, 80 dan 120 watt. Kualitas air meliputi suhu, salinitas dan pH.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa berat rumput laut *Eucheuma alvarezii* varietas merah dan hijau dalam aquarium berlangsung stabil hingga umur tanam 7 hari. Kandungan klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 0,21 - 0,36 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 0,24 - 0,41 mg/g bk. Kandungan klorofil b pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 0,031 - 0,046 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 0,044 - 0,067 mg/g bk. Kandungan klorofil total pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 0,25 - 0,35 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 0,28 - 0,48 mg/g bk. Kandungan fikoeritrin pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 4,32 - 8,61 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 3,58 - 6,21 mg/g bk. Kandungan fikosianin pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 1,16 - 2,36 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 0,96 - 1,65 mg/g bk.

Selain pertumbuhan, kandungan klorofil, fikoeritrin dan fikosianin, terdapat beberapa parameter kualitas air yang diteliti yaitu suhu, salinitas dan pH. Parameter kualitas air didapatkan bahwa kisaran suhu sebesar 29-30 °C, salinitas sebesar 32-33 ‰ sedangkan pH pada rumput laut *Eucheuma alvarezii* adalah 8.5

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah kultur rumput laut dalam aquarium dengan menggunakan metode resirkulasi air dan dilakukan pengukuran cahaya dalam air.



**DAFTAR ISI**

	Halaman
RINGKASAN .....	i
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
DAFTAR TABEL .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	vii
DAFTAR LAMPIRAN .....	viii
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Kegunaan Penelitian .....	5
1.5 Tempat dan Waktu Penelitian .....	5
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	6
2.1 Biologi Rumput Laut .....	6
2.2 Pertumbuhan Rumput Laut .....	7
2.3 Jenis dan Peranan Pigmen dalam Alga Merah .....	11
2.4 Peranan Cahaya terhadap Pembentukan Pigmen Klorofil dan Fikoeritrin .....	15
2.5 Hasil-hasil Penelitian tentang Kandungan Pigmen dan Pengaruh Cahaya pada Berbagai Jenis Alga .....	20
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN .....	23
3.1 Materi Penelitian .....	23
3.1.1 Materi .....	23
3.1.2 Bahan dan Peralatan Penelitian .....	23
3.2 Metode Penelitian .....	23
3.2.1 Rancangan Penelitian .....	23
3.2.2 Diagram Alir Penelitian .....	24

3.3 Prosedur Penelitian .....	25
3.3.1 Pengambilan Sample Rumput Laut <i>Eucheuma alvarezii</i> .....	25
3.3.2 Pengaturan Pencahayaan Hubungannya dengan Pertumbuhan...	25
3.3.3 Pengaturan Pemeliharaan <i>Eucheuma alvarezii</i> .....	26
3.3.4 Analisis Kandungan Klorofil .....	27
3.3.5 Analisis Kandungan Fikobilin .....	28
3.3.6 Evaluasi Kualitas Air .....	29
A. Suhu.....	29
B. Salinitas .....	29
C. pH .....	29
3.4 Analisa Data .....	29
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
4.1 Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan pada rumput laut <i>Eucheuma alvarezii</i> varietas merah dan hijau.....	30
4.2 Pengaruh cahaya terhadap kandungan pigmen klorofil pada rumput laut <i>Eucheuma alvarezii</i> varietas merah dan hijau.....	32
4.2.1 Kandungan klorofil a.....	32
4.2.2 Kandungan klorofil b .....	35
4.2.3 Kandungan klorofil total .....	37
4.3 Pengaruh cahaya terhadap kandungan pigmen fikoeitrin dan fikosianin pada rumput laut <i>Eucheuma alvarezii</i> varietas merah dan hijau.....	40
4.3.1 Kandungan pigmen fikoeitrin .....	40
4.3.2 Kandungan pigmen fikosianin .....	41
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	45
5.1 Kesimpulan .....	45
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA .....	46
LAMPIRAN.....	50

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Biologi Rumpuk Laut.

Rumput laut atau seaweeds adalah tumbuhan tingkat rendah yang tidak dapat dibedakan antara akar, batang dan daun sejati. Fungsi dari ketiga bagian tersebut dapat digantikan oleh adanya thallus. Oleh karena itu rumput laut dapat digolongkan kedalam tumbuhan Thallophyta yaitu tumbuhan yang memiliki thallus.

Thallophyta dapat dibagi kedalam tiga kelas utama yaitu : Rhodophyceae (ganggang merah), Phaeophyceae (ganggang coklat) serta Chlorophyceae (ganggang hijau) (Anonymous, 1990; Risjani, 2004). Ciri kelas tersebut memiliki ciri kandungan jenis pigmen tertentu. Menurut Anonymous (1990), bahwa Rhodophyceae umumnya berwarna merah, coklat, nila bahkan hijau mempunyai sel pigmen fikoeitritin, Phaeophyceae umumnya berwarna kuning kecoklatan, karena selnya mengandung klorofil a dan c. Selain itu, Phaeophyceae mengandung pigmen beta karotin, violasantin dan fukosantin, piremoid dan filakoid (lembaran fotosintesis) sedangkan Chlorophyceae umumnya berwarna hijau karena selnya mengandung klorofil a dan b dengan sedikit karoten

*Eucheuma alvarezii* merupakan salah satu dari jenis alga merah (Rhodophyceae) yang mudah dibudidayakan dan memiliki nilai ekonomis penting dalam dunia perdagangan. Selain *Eucheuma* sp., *Gracilaria* sp., *Gellidium* sp., dan *Hypnea* sp. juga memiliki nilai ekonomis penting (Atmadja *et al.*, 1992; Winarno, 1996; Anonymous, 2002; Risjani, 2004).

Adapun taxonomi dari *Eucheuma* sp. berdasarkan Risjani (2004) yaitu :

Divisio : Thallophyta

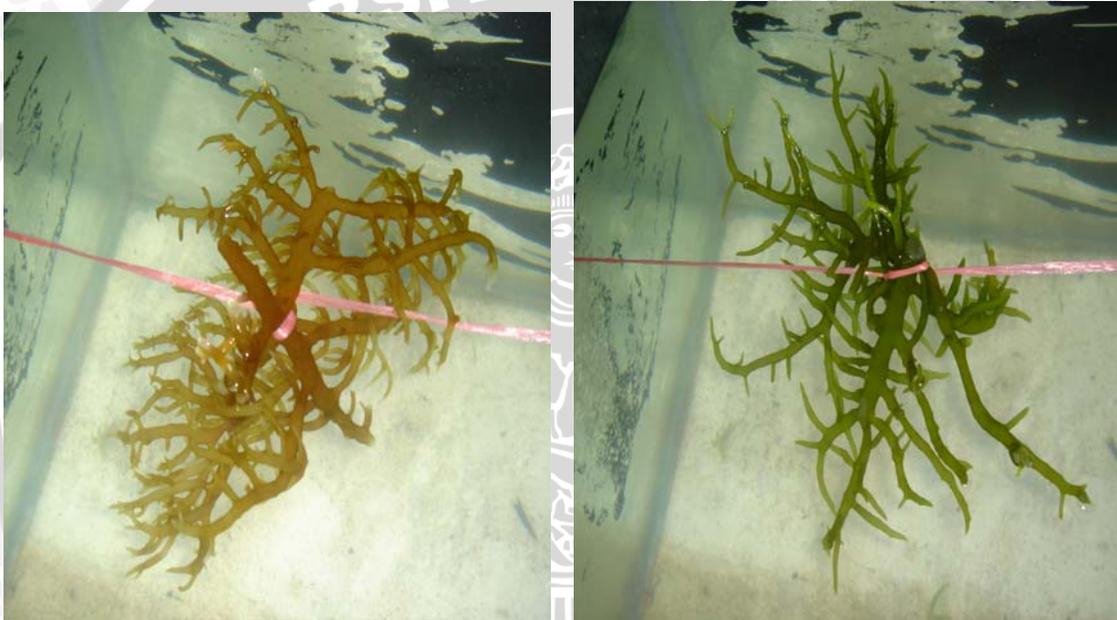
Kelas : Rhodophyta

Ordo : Ceramiales

Famili : Solieriaceae

Genus : *Eucheuma*

Spesies : *Eucheuma alvarezii*



Gambar 1. *Eucheuma alvarezii* varietas merah dan varietas hijau.

## 2.2 Pertumbuhan Rumput Laut.

Pertumbuhan adalah proses penambahan ukuran sel atau organisme. Pertumbuhan rumput laut merupakan proses penambahan berat basah rumput laut dimana berat basah rumput laut dapat diartikan sebagai berat rumput laut sebelum mendapat perlakuan pascapanen. Selama pertumbuhannya, rumput laut melakukan proses fotosintesis dan juga melakukan proses respirasi. Proses fotosintesis itu sendiri sering diartikan sebagai

proses pembentukan karbohidrat dan energi dengan adanya bantuan cahaya serta klorofil.

Pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu antara lain adanya faktor internal (thallus, umur dan jenis rumput laut itu sendiri) serta faktor eksternal (keadaan lingkungan tempat tumbuhnya). Laju pertumbuhan tiap spesies rumput laut berbeda. Laju pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* optimum berkisar antara 2-5 % perhari (Aji, 1991; Prisdininggo *et al.*, 1995). Sedangkan menurut Ismail (1992) laju pertumbuhan rumput laut per hari dapat mencapai 8 %. Namun, lain halnya dengan pertumbuhan harian *E. spinosum* hanya mencapai 1.75–2 % (Suharmoko dalam Kahar *et al.*, 1992). Pertumbuhan rumput laut sangat tergantung pada kualitas air di sekelilingnya. Komponen kualitas air yang harus diperhatikan antara lain suhu, salinitas dan pH.

Suhu merupakan salah satu faktor yang amat penting bagi kehidupan organisme air. Hal ini di karenakan suhu dapat mempengaruhi metabolisme ataupun pertumbuhan organisme. Suhu juga sangat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Meskipun tidak berpengaruh mematikan, namun suhu dapat menghambat pertumbuhannya. Adanya perbedaan suhu yang terlalu besar antara siang dan malam hari dapat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut.

Menurut Aslan (1998); Prisdininggo *et al* (1995), suhu optimum untuk pertumbuhan rumput laut yaitu antara 27-31 °C. Sedangkan hasil penelitian Nurviyati *et al* (1998) mendapatkan kisaran suhu optimum untuk pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* dapat mencapai 32 °C. Dimana pada kisaran ini rumput laut masih dapat tumbuh sebagaimana mestinya.

Suhu selain dapat mempengaruhi pertumbuhan alga juga dapat mempengaruhi pembentukan pigmen. Pigmen dapat terbentuk pada suhu hangat daripada suhu dingin.

Sebagaimana yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya yaitu Torres *et al* (1991) menyatakan bahwa konsentrasi optimum pada pigmen klorofil a sebesar 1.1 mg/g bk pada suhu 22 °C lebih besar daripada konsentrasi pada suhu 12 °C sebesar 0.8 mg/g bk. Begitu pula pada pigmen fikoeritrin dan fikosianin, namun konsentrasi pigmen karotin justru terbalik yaitu pada suhu 12 °C konsentrasi optimum yang didapat sebesar 0.79 mg/g bk lebih besar dibanding pada suhu 22 °C yaitu optimum sebesar 0.69 mg/g bk.

Hasil penelitian Duarte dan Ferreira (1993) menyatakan bahwa konsentrasi pigmen klorofil a pada musim dingin yaitu optimum sebesar 0.45 mg/g bk lebih kecil dibanding pada musim panas yaitu 0.5 mg/g bk. Sedangkan konsentrasi pigmen fikoeritrin pada musim dingin sebesar 1.7 mg/g bk lebih kecil dibanding pada musim panas yaitu 2.55 mg/g bk.

Salinitas merupakan jumlah padatan terlarut (dalam gram) yang berada di dalam satu kilogram air laut. Salinitas juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Kisaran salinitas yang optimum bagi pertumbuhan *E. alvarezii* adalah antara 28-34 ‰ (Anonymous, 1990; Mubarak, 1990; Cholik, 1991; Ismail, 1992; Risjani, 2004). Kisaran tersebut bersifat stenohaline yaitu hidup dan tumbuh pada perairan dengan kisaran salinitas yang sempit (Mubarak, 1990). Sedangkan hasil penelitian Nurviyati *et al* (1998); Prisdininggo *et al* (1995) menunjukkan bahwa kisaran salinitas optimum untuk pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* dapat mencapai 35 ‰. Kisaran salinitas ini masih sesuai untuk pertumbuhan rumput laut tersebut.

pH merupakan suatu ukuran dari konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan apakah suatu perairan bereaksi asam atau basa. Kisaran pH untuk pertumbuhan rumput laut cenderung basa (Anonymous, 1990; Aslan, 1998). Hasil penelitian Nurviyati *et al*

(1998) menunjukkan bahwa kisaran pH untuk pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* yaitu antara 7.5-7.7.

Selain ketiga faktor diatas, peranan cahaya sangat diperlukan untuk pertumbuhan alga. Alga tidak tumbuh pada iradiasi cahaya tinggi yaitu sebesar  $100 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Santelices *et al.*, 2002). Hasil penelitian Santelices *et al* (2002) menyebutkan bahwa pembentukan spora makroalga mampu terbentuk pada kondisi iradiasi cahaya rendah yaitu antara  $2-10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Pada alga *Chaetomorphy firma* mampu tumbuh pada cahaya foton sebesar  $2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Santelices *et al.*, 2002), *G. sesquipedale* tumbuh pada cahaya foton  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $80 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Torres *et al.*, 1991) sedangkan *Cyanidium caldarium* tumbuh pada cahaya foton  $32 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Rhie dan Beale, 1995) sedangkan pada alga *Desmarestia lingulata* dapat tumbuh pada iradiasi cahaya rendah yaitu  $8 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Edwards, 2000).

Dalam kondisi laborator, pada beberapa spesies alga baik alga merah, alga hijau maupun alga coklat ditemukan dapat tumbuh dibawah kondisi gelap maupun adanya pemberian cahaya lain (lampu misalnya) (Santelices *et al.*, 2002). Cahaya dari lampu fluoresen memiliki flux foton terendah sebesar  $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Bagnall *et al.*, 1996). Untuk itu, lampu fluoresen dapat digunakan untuk mengetahui pertumbuhan alga dalam skala laboratorium. Selain digunakan untuk mengetahui pertumbuhan alga, lampu fluoresens juga dapat digunakan untuk mengetahui pembungaan pada *hy 4* mutan dari *Arabidopsis* (Bagnall *et al.*, 1996).

Selain parameter-parameter tersebut, terdapat nutrisi guna meningkatkan pertumbuhan rumput laut. Sesuai dengan bunyi hukum Minimum Liebig yaitu laju pertumbuhan tanaman diatur oleh adanya faktor yang berada dalam jumlah minim dan

besar kecilnya laju pertumbuhan ditentukan oleh peningkatan dan penurunan faktor yang berada dalam jumlah minimum tersebut (Agustina, 1990). Nutrien yang digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan rumput laut salah satunya dapat berupa pupuk walne. Komposisi nutrien yang terdapat dalam pupuk Walne (F/10) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Walne (F/10)

Nama Bahan	Berat (Mg/l)
KNO <sub>3</sub>	100
Na <sub>2</sub> EDTA	45
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	33,6
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> . 2H <sub>2</sub> O	20
FeCl <sub>3</sub> . 6H <sub>2</sub> O	1,3
MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	0,36
B <sub>1</sub>	0,1
B <sub>2</sub>	0,005
ZnCl <sub>2</sub>	0,021
CaCl <sub>2</sub> . 6H <sub>2</sub> O	0,02
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> . Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> . 4H <sub>2</sub> O	0,009
CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O	0,02

### 2.3 Jenis dan Peranan Pigmen dalam Alga Merah

Alga merah berbeda dengan alga lainnya, thallus alga merah memiliki berbagai warna. Perbedaan warna tersebut dikarenakan di dalam thallus terdapat kandungan pigmen yang berbeda yaitu adanya klorofil, karotin, xantofil dan fikobilin (fikoeritrin dan fikosianin) (Atmadja *et al.*, 1992).

Pigmen merupakan suatu zat yang dapat menyerap cahaya. Pigmen menghasilkan panjang gelombang cahaya yang dipantulkan. Menurut Hopkind (1997), pigmen yang menyerap cahaya kemungkinan menggunakan suatu proses fisiologi menggunakan fotoreseptor. Molekul ini memproses energi dan berisi informasi cahaya kedalam bentuknya yang dapat digunakan oleh tanaman. Adapun kandungan pigmen pada berbagai jenis alga dapat di tunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2 : Jenis-jenis pigmen yang terdapat pada berbagai jenis alga.

JENIS ALGA	JENIS PIGMEN
Alga hijau	Klorofil a dan b A-, $\beta$ -karotin, beberapa xantofil.
Alga coklat	Klorofil a dan c B- karotin, fukosantin dan beberapa xantofil.
Alga merah	Klorofil a dan d (jarang), $\alpha$ -, $\beta$ -karotin, beberapa xantofil R dan C-fikosianin, R dan B-fikoeritrin.

Bell and Hemsley (2000)

Klorofil merupakan zat pembawa warna hijau pada tumbuh-tumbuhan yang terdapat dalam tilakoid dan mempunyai kemampuan dalam menangkap cahaya (Nicklin *et al.*, 1999; Salisbury dan Ross, 1995). Klorofil bersama seluruh sel fotosintesis menyerap semua panjang gelombang cahaya tampak kecuali cahaya hijau, cahaya hijau hanya dapat ditangkap oleh mata kita sehingga hanya dapat dipantulkan oleh klorofil. Dengan hadirnya pigmen klorofil akan menyebabkan sel-sel dalam thallus berkemampuan menyerap energi cahaya sehingga terjadi proses fotosintesis yang kemudian akan menghasilkan karbohidrat.

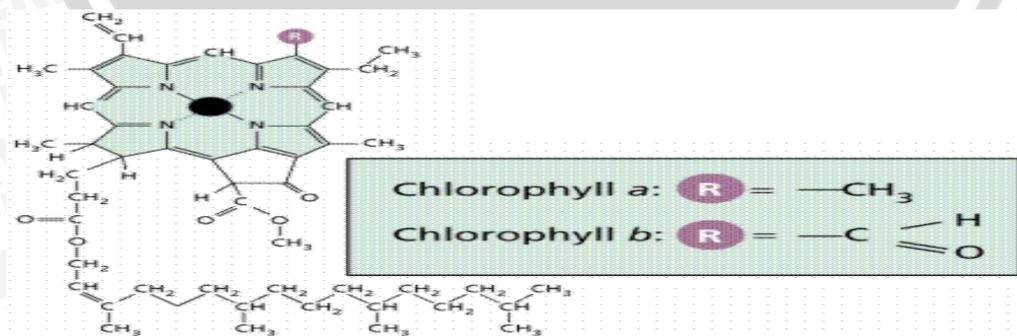
Menurut David (1997), faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan pigmen klorofil adalah :

- Faktor Pembawaan : Pembentukan klorofil sama dengan pembentukan pigmen lainnya merupakan faktor genetik yang terdapat dalam kromosom. Jika gen ini tidak ada maka tanaman tampak putih.
- Cahaya : Berfungsi membentuk klorofil, tanaman yang tumbuh dalam keadaan gelap tidak mampu membentuk klorofil.
- Air : Kekurangan air dalam sel mampu mengakibatkan desintegrasi klorofil, seperti terlihat pada musim kering.
- Temperatur : Temperatur yang baik untuk pembentukan klorofil adalah 26-30 °C.

Klorofil a sebagai pigmen fotosintesis utama dalam melakukan fotosintesis yang terdapat hampir disemua tumbuhan hijau pada umumnya. Didalam penyerapan cahaya, klorofil a dapat menyerap cahaya biru-ungu serta orange-merah dengan panjang gelombang cahaya antara 400-500 nm dan 600-700 nm (Uno *et al.*, 2001). Sedangkan penyerapan cahaya maximum pada klorofil a adalah 430 nm dan 663 nm (Nicklin *et al.*, 1999).

Klorofil lainnya merupakan pigmen asesoris dan mempunyai penyerapan cahaya maksimal yang berbeda. Klorofil b mampu menyerap panjang gelombang cahaya maksimal 453 nm dan 642 nm (Uno *et al.*, 2001). Karotin, fikobilin (fikoeritrin dan fikosianin) dan xantofil juga merupakan pigmen asesoris dan dapat menyerap energi cahaya pada panjang gelombang yang berbeda dan mentransfer pada klorofil a untuk digunakan dalam proses fotosintesis.

Menurut Salisbury dan Ross (1995), semua bentuk klorofil mengandung struktur porphyrin yang sama, di dalamnya mengandung pyrole ring yang dipersatukan dengan magnesium oleh atom Nitrogen. Klorofil sangat bervariasi dalam strukturnya yang bergabung dengan pyrole ring. Antara klorofil a dan klorofil b dapat dibedakan karena klorofil a terdapat methyl grup pada ring 3 sedangkan klorofil b terdapat aldehyde pada ring 3 tersebut. Secara kimia perbedaan bentuk kedua klorofil tertera pada gambar 2.



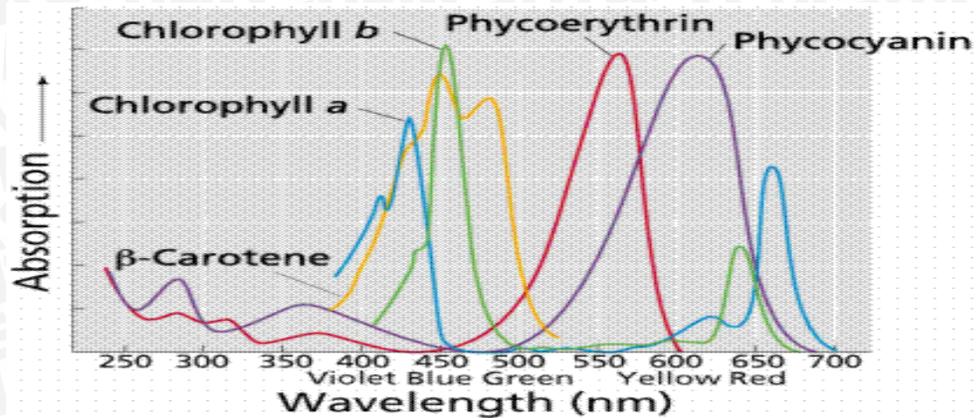
Gambar 2. Struktur Molekuler Klorofil

Kandungan klorofil a pada rumput laut *Gellidium* sp. berkisar antara 0.6-1.1 mg/g bk (Torres *et al.*, 1991). Sedangkan kandungan pigmen klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* varietas coklat dan hijau umur 6 minggu (0.18-0.44 mg/g bk) lebih besar dibanding dengan *E. alvarezii* varietas hijau (0.15-0.39 mg/g bk) (Enga, 2005).

Fikoeritrin merupakan salah satu pigmen fikobilin yang dimiliki oleh alga merah dan cyanobakteri. Pigmen ini menggunakan antena penangkap cahaya untuk memaksimalkan proses fotosintesa (Alvey *et al.*, 2003). Antena pigmen penangkap cahaya pada beberapa jenis alga berbeda satu sama lain. Chlorophyta (alga hijau dan tanaman tingkat tinggi) mempunyai antena Chl a/b, Chromophyta mempunyai antena Chl a/c dan Rhodophyta mempunyai antena Chl a dan Fikobilin (Green dan Durnford, 1996).

Fikoeritrin mampu menyerap cahaya hijau dengan panjang gelombang cahaya sebesar 500-600 nm (Hall dan Rao, 2001; Uno *et al.*, 2001; Taiz dan Zeiger, 2002; Heldt, 2005). Penyerapan maksimal pigmen fikoeritrin pada alga merah *Gracilaria longa* terjadi pada panjang gelombang 578 nm (Agnolo *et al.*, 1993). Menurut Agnolo *et al.* (1993), terdapat tiga kelas terbesar pada fikoeritrin berdasarkan karakter penyerapannya yaitu : C-PE ( $\lambda_m$  565nm),  $\beta$ -PE ( $\lambda_m$  565-546nm dan 498nm), dan R-PE ( $\lambda_m$  568, 545 dan 498nm). R-PE merupakan campuran dua biliprotein yaitu phycobiliprotein dan linkers, dimana perbedaan keduanya dapat dibedakan berdasarkan komposisi struktur dasar dari protein tersebut (Agnolo *et al.*, 1993 dan Alvey *et al.*, 2003).

Oleh karena kemampuannya dalam menyerap cahaya hijau inilah alga merah mampu hidup dibawah permukaan laut dalam. Adapun spektrum penyerapan panjang gelombang cahaya pada masing-masing pigmen dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Spektrum Penyerapan Cahaya

#### 2.4 Peranan Cahaya terhadap Pembentukan Pigmen Klorofil, Fikoeritrin dan Fikosianin.

Cahaya merupakan faktor utama dalam pembentukan pigmen (Winarno dan Aman, 1992). Adanya cahaya sangat penting pada pembentukan 3 jenis pigmen yaitu klorofil, antosianin dan karotenoid. Alga merah memiliki kandungan pigmen dalam thallusnya berupa karotin, xantofil, fikobilin (fikosianin dan fikoeritrin) serta klorofil (Atmadja *et al.*, 1992).

Pada cahaya yang cukup akan merangsang pembentukan pigmen klorofil dan pigmen lainnya yang diperlukan untuk proses fotosintesis. Menurut Taiz dan Zeiger (2002), lintasan biosintesis klorofil (Gambar 4) terdiri dari empat fase yaitu :

Fase 1. Dimulai dari adanya perubahan glutamic acid yang dikonversi menjadi 5-aminolevulinic acid (ALA). Hadirnya enzim 5-aminolevulinic acid dehidrase dan dua molekul ALA membentuk porphobilinogen (PBG). Dalam reaksi tersebut dua molekul air hilang.

Fase 2. Terbentuknya porphobilinogen (PBG) menjadi protoporphyrin IX. Pada fase ini dibantu oleh beberapa enzim dalam tiap tahapan. Enzim uroporphyrinogen synthetase dan uroporphyrinogen III cosynthetase mengkatalisis pembentukan uroporphyrinogen III dari 4 molekul porphobilinogen. Uroporphyrinogen dekarboksilase mengkatalisis dekarboksilasi 4 substansi asam asetat dan uroporphyrinogen III menghasilkan coprotoporphyrinogen III. Pada kondisi aerob kehadiran coprotoporphyrinogen oksidative decarboxylase maka terbentuklah protoporphyrin IX.

Fase 3. Pada pembentukan protoporphyrin IX terdapat penambahan  $Mg^{+}$  sehingga menghasilkan  $Mg$  protoporphyrin IX. Enzim  $Mg$  protoporphyrin methyl esterase mengkatalisis penambahan methyl group menjadi  $Mg$  protoporphyrin IX hingga membentuk  $Mg$  protoporphyrin IX monomethyl ester. Setelah itu terbentuk protochlorophyllide. Pada kondisi ini peranan cahaya diperlukan untuk mereduksi protochlorophyllide membentuk chlorophyllide a. Banyak sedikitnya cahaya yang diserap sangat mempengaruhi pembentukan klorofil.

Fase 4. Perubahan chlorophyllide a menjadi chlorophyll a berkat adanya kehadiran enzim chlorophyllase yang mengkatalisis esterisasi fitol group.

Menurut Torres *et al* (1991) menyatakan bahwa dengan adanya iradiasi cahaya akan menyebabkan penurunan konsentrasi beberapa pigmen kecuali karotin. Iradiasi cahaya optimum yang dibutuhkan untuk pembentukan pigmen klorofil adalah sebesar  $\pm 100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  pada suhu  $22^{\circ}\text{C}$  dan  $\pm 250 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  pada suhu  $12^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pigmen karotin, fikokserin dan fikosianin optimum pada kisaran iradiasi cahaya sekitar  $\pm 1800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  baik suhu  $22^{\circ}\text{C}$  maupun pada suhu  $12^{\circ}\text{C}$ .

Energi cahaya yang diserap oleh pigmen tergantung pada panjang gelombang yang dimilikinya. Panjang gelombang cahaya berkebalikan dengan energi foton yang ada

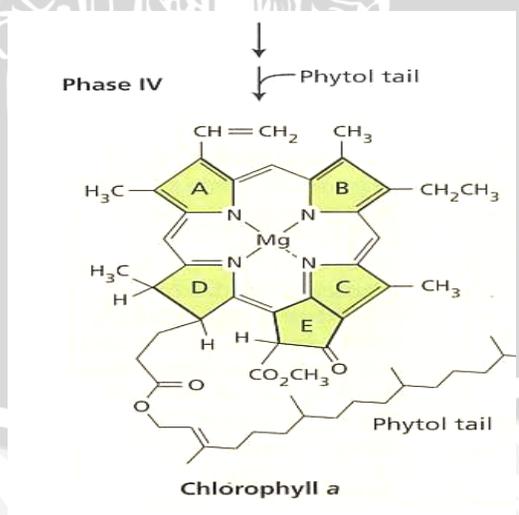
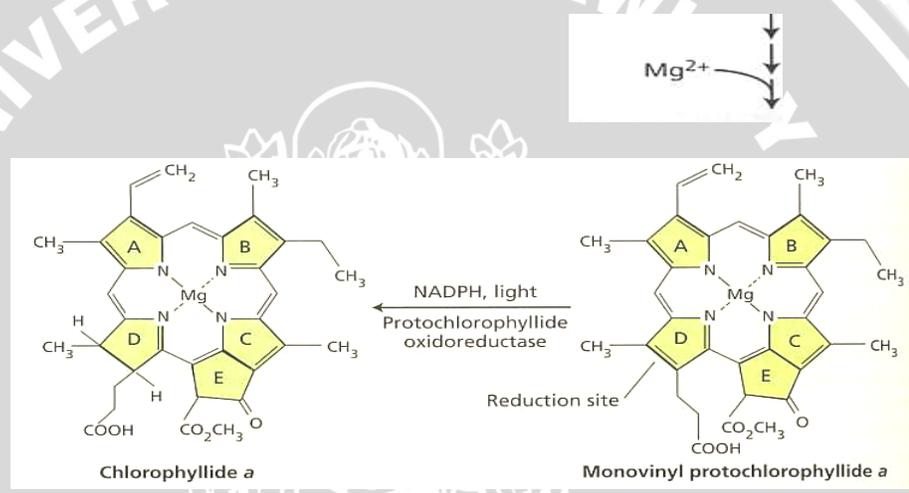
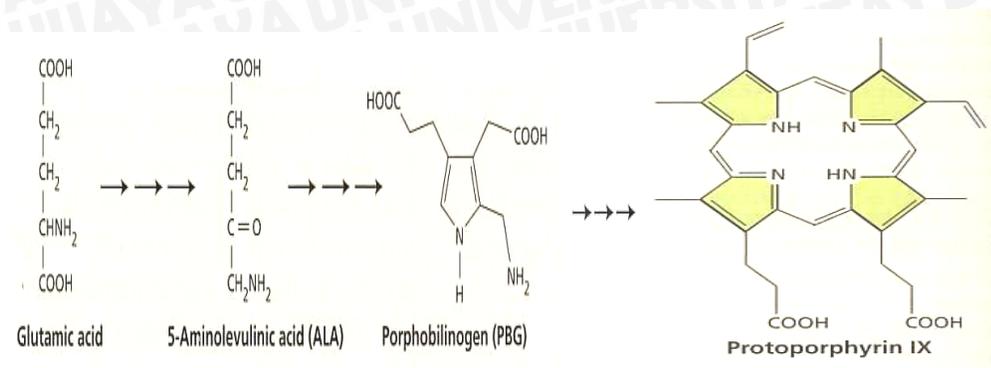
(Hall dan Rao, 1999; Bell dan Hemsley, 2000; Uno *et al.*, 2001; Heldt, 2005). Pada pembentukan klorofil, cahaya yang diperlukan memiliki intensitas cahaya yang cukup. Jika cahaya yang diserap kurang, pembentukan klorofil tidak akan sempurna namun yang lebih berperan adalah pigmen fikokritin. Hal ini dikarenakan pada pigmen fikokritin mampu menyerap cahaya dengan panjang gelombang yang rendah daripada penyerapan cahaya pada klorofil.

Menurut Taiz dan Zeiger (2005), pada intensitas cahaya yang tinggi dapat menyebabkan terjadinya kerusakan molekul klorofil. Kerusakan molekul ini dapat menyebabkan penghilangan fitol tail oleh adanya enzim klorofilase dan diikuti oleh hilangnya Mg oleh enzim Mg desilatase. Struktur porphyrin dibuka oleh oksigen yang bergantung pada enzim oksigenase melalui pembentukan rantai tetrapirrol.

Saat rantai tetrapirrol terbuka, pigmen fikobilin lebih berperan. Pada kondisi demikian, pigmen fikosianin dan fikokritin melakukan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang pendek. Fikobilin membuka rantai tetrapirrol, hal ini dikarenakan pada rantai tetrapirrol yang terbuka berisi bilin. Fikobilin disusun oleh protein yang terikat satu sama lainnya. Pigmen fikokritin dihubungkan oleh kromofor fikokritobilin dan protein fikosianin serta allofikosianin pada kromofor fikobilin (Heldt, 2005).

Adapun biosintesis fikobilin (gambar 5) terdiri dari beberapa tahap yaitu : energi akan mereduksi enzim Fe (III)-heme menjadi Fe (II)-heme. Fe (II)-heme mengalami oksigenasi menjadi  $\alpha$  meso Hydroxyprotoheme. Kemudian molekul oksigen mereduksi  $\alpha$  meso Hydroxyprotoheme kedalam bentuk transfer elektron dari Fe sebelumnya hingga molekul akan melepaskan CO dan membentuk Fe (III)-  $\alpha$  verdohome. Setelah itu, Fe (III)-  $\alpha$  verdohome direduksi menjadi Fe (II)-  $\alpha$  verdohome oleh injeksi satu elektron. Terdapat penambahan oksigen sehingga membentuk Fe (III)-biliverdin IX $\alpha$ . Terakhir Fe

(III)-biliverdin IX  $\alpha$  akan direduksi oleh satu elektron hingga terbentuk biliverdin IX $\alpha$  dengan melepas  $Fe^{2+}$  ( Rhie dan Beale, 1995).



Gambar 4. Jalur biosintesis klorofil (Taiz dan Zeiger, 2002)

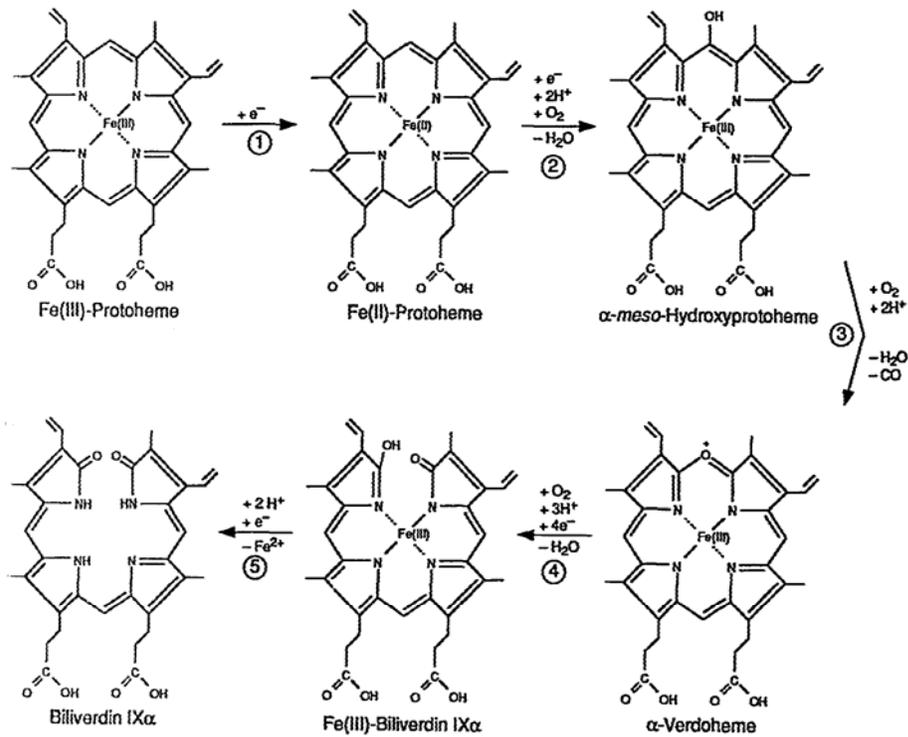


FIG. 5. Proposed sequence of intermediates and reaction requirements in the heme oxygenase-catalyzed conversion of protoheme to biliverdin IX $\alpha$ . The reaction steps are numbered according to the description in the text.

Gambar 5. Jalur biosintesis fikobilin ( Rhie dan Beale, 1995).

## 2.5 Hasil hasil penelitian tentang kandungan pigmen dan pengaruh cahaya pada berbagai jenis alga

Penelitian yang membahas akan kandungan pigmen pada rumput laut sedikit dilakukan. Hasil penelitian Torres *et al* (1991) menyebutkan bahwa kandungan klorofil a pada rumput laut *G. sesquipedale*. berkisar antara 0.6-1.1 mg/g bk, kandungan fikoeritrin sekitar 4-15 mg/g bk, fikosianin sekitar 0.8-2.1 mg/g bk serta kandungan pigmen karotin sekitar 0.3-0.75 mg/g bk. Duarte dan Ferreira (1993) melakukan penelitian rumput laut *G. sesquipedale* pada dua musim yang berbeda dan menghasilkan jumlah kandungan klorofil a yang sama yaitu berkisar antara 0.4-0.5 mg/g bk sedangkan

kandungan pigmen fikoteritriin pada rumput laut *G. sesquipedale* pada dua musim yang berbeda jumlah kandungan pigmennya berbeda pula yaitu pada musim dingin didapatkan kandungan fikoteritriin sebesar 1.8 mg/g bk dan pada musim panas sebesar 2.55 mg/g bk.

Selain jenis rumput laut diatas terdapat rumput laut lain yang telah diteliti kandungan pigmennya yaitu pada *E. alvarezii*. Kandungan pigmen klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* varietas hijau umur 6 minggu (0.18-0.44 mg/g bk) lebih besar dibanding dengan *E. alvarezii* varietas coklat (0.15-0.39 mg/g bk), kandungan pigmen fikoteritriin pada rumput laut *E. alvarezii* coklat (3.4-19.4 mg/g bk) lebih besar dibanding varietas hijau (2.8-9.3 mg/g bk) serta kandungan pigmen fikosianin pada rumput laut *E. alvarezii* coklat (0.29-6.02 mg/g bk) lebih besar pula dibanding varietas hijau (0.34-3.46 mg/g bk) (Enga, 2005).

Sebagai perbandingan terdapat penelitian akan kandungan pigmen pada beberapa jenis alga. Hasil penelitian Enriquez *et al* (1994) menyebutkan bahwa kandungan pigmen klorofil a pada makrofita (0.1-8 mg/g bk). Selain ketiga pigmen yang telah diteliti tersebut terdapat pula pigmen karotenoid yang juga terdapat pada alga merah. Hasil penelitian Menda (2000) menyebutkan bahwa konsentrasi dan kualitas pigmen karotenoid mengikuti laju pertumbuhan. Laju pertumbuhan berkurang pada minggu ke 7 dan minggu ke 9, nilai konsentrasi dan kuantitas pigmen juga menurun, sedangkan nilai konsentrasi pigmen klorofil terus bertambah hingga akhir pemeliharaan.

Selain pigmen, terdapat pula penelitian akan pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan rumput laut. Hasil penelitian Torres *et al* (1991) menyebutkan bahwa *G. sesquipedale* mampu tumbuh pada cahaya foton sebesar  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $80 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ,

sedangkan Rhie dan Beale (1995) menyebutkan bahwa *Cyanidium caldarium* tumbuh pada cahaya foton  $32 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Baik Torres *et al* (1991) maupun Rhie dan Beale (1995) melakukan penelitian dalam skala lapang.

Lain halnya yang dilakukan oleh Santelices *et al* (2002) menyebutkan bahwa alga *Chaetomorphy firma* mampu tumbuh pada cahaya foton sebesar  $2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dalam skala laborator. Selain itu, Santelices *et al* (2002) menyebutkan bahwa diantara beberapa alga yang diteliti memiliki perbedaan dalam iradiasi cahaya untuk pembentukan spora alga. Diantaranya pada klas Chlorophyta pada spesies *Ulva rigida* memiliki iradiasi cahaya minim sebesar  $5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , klas Phaeophyta (*Ectocarpus confervoides*, *Adenocystis utricularis*, *Hincksia mitchelliae* dan *Scytosiphon lomentaria*) kisaran iradiasi cahaya yang diperlukan untuk pertumbuhannya adalah  $2-5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  sedangkan pada alga *Endarachne binghamiae* membutuhkan iradiasi cahaya minim  $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan klas Rhodophyta (*Chondrus canaliculatus*, *G. lingulatum* dan *Mazzaella laminariodes*) kisaran iradiasi cahaya yang diperlukan untuk pertumbuhan spora alga yaitu minim sekitar  $2-5 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

Hasil penelitian Edward (2000) menyebutkan bahwa spora alga *Desmarestia lingulata* mampu tumbuh pada iradiasi cahaya sebesar  $8 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Adapun rangkuman dari peneliti tersebut dapat disajikan pada tabel 3 dan 4.

**Tabel 3. Kandungan pigmen pada berbagai spesies alga.**

Spesies alga	Kandungan pigmen (mg/g bk)				Sumber
	Chl a	R-PE	C-PC	Karotenoid	
<i>Gelidium sesquipedale</i>	0.6-1.1	4-15	0.8-2.1	0.3-0.75	Torres <i>et al.</i> , 1991
	0.4-0.5	0.8-1.6			Duarte dan Ferreira, 1993
Makrofita	0.1-9				Enriquez <i>et al.</i> , 1994
<i>Eucheuma alvarezii</i> coklat	0.17-0.47	3.4-19.4	0.29-6.02		Enga, 2005
<i>Eucheuma alvarezii</i> hijau	0.145-0.43	2.8-9.3	0.34-3.46		

**Tabel 4. Penyerapan cahaya terhadap pembentukan spora selama pertumbuhan pada berbagai jenis alga.**

Jenis alga	Jumlah foton ( $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )	Sumber
<b>(Alga hijau):</b> <i>Chaetomorphy firma</i> <i>Ulva rigida</i>	2 dan 25 5	Santelices <i>et al.</i> , 2002
<b>(Alga coklat) :</b> <i>Ectocarpus confervoides</i> <i>Adenocystis utricularis</i> <i>Hincksia mitchelliae</i> <i>Scytosiphon lomentaria</i> <i>Enderachne binghamiae</i>	2-5 2-5 2-5 2-5 10	
<b>(Alga merah):</b> <i>Desmarestia lingulata</i> <i>Chondrus canaliculatus</i> <i>Gelidium lingulatum</i> <i>Mazzaella laminariodes</i> <i>Gellidium sesquipedale</i> <i>Cyanidium caldarium</i>	8 2-5 2-5 2-5 40 dan 80 32	Edward, 2000 Santelices <i>et al.</i> , 2002  Torres <i>et al.</i> , 1991 Rhie dan Beale, 1995



### 3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

##### 3.1.1 Materi

Materi yang di teliti meliputi rumput laut *Euचेuma alvarezii* dan kandungan pigmen klorofil dan fikobilin (fikoeritrin dan fikosianin) pada *Euचेuma alvarezii* varietas merah dan hijau. Parameter penunjang pertumbuhannya yang di teliti meliputi suhu, pH dan salinitas.

##### 3.1.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan meliputi rumput laut *E. alvarezii* varietas merah dan hijau, aseton 80 %, 0.1 M Phospat buffer serta akuades.

Alat-alat yang digunakan meliputi luxmeter, thermometer, refraktometer, pH meter, mortal dan pastle, gelas volume, spektrofotometer, botol gelap, timbangan, aerator, lampu fluoresensi ,pipet volume, spatula, kuvet , kain gelap dan akuarium.

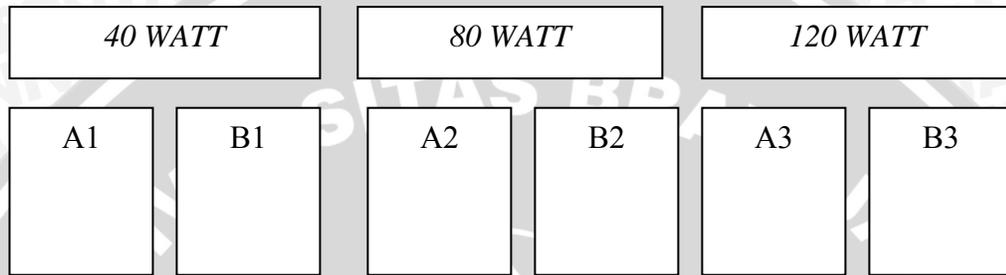
#### 3.2 Metode Penelitian

##### 3.2.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap Faktorial dengan dua faktor yaitu faktor peubah tetap (rumput laut *E. alvarezii* varietas merah dan hijau, serta perbedaan intensitas cahaya yang menggunakan lampu fluoresense berkekuatan 40 w, 80 w dan 120 w) serta faktor peubah tidak tetap yaitu terdiri dari kandungan pigmen klorofil, fikoeritrin dan fikosianin serta pertumbuhan rumput laut.

Perlakuan penelitian ini dilakukan sebanyak 6 kali perlakuan dengan pengulangan 3 kali. Rancangan perlakuannya yaitu :

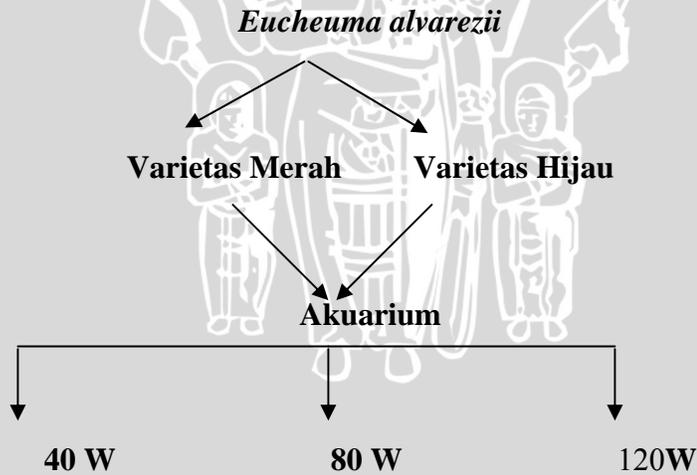
Jenis Rumput Laut	Cahaya		
	40 W	80 W	120 W
Merah	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>
Hijau	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>



Gambar 6. Denah Perlakuan Penelitian

### 3.2.2 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir yang digunakan saat penelitian tertera sebagai berikut :



**Pengamatan :**

- Pengukuran berat basah rumput laut setiap seminggu sekali.
- Analisis kandungan pigmen klorofil dan fikokieritrin setiap seminggu sekali
- Analisis kualitas air setiap seminggu sekali.

Gambar 7. Diagram Alir Penelitian.

### 3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi tiga tahapan, antara lain pengambilan sampel rumput laut di lapang, pengaturan pencahayaan hubungannya dengan pertumbuhan rumput laut, pengaturan pemeliharaan serta analisis kandungan klorofil dan fikobilin (fikosianin dan fikoeritrin). Selain itu juga dilakukan analisis kualitas air sebagai data penunjang bagi pertumbuhan rumput laut. Tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut :

#### 3.3.1 Pengambilan sample rumput laut *Eucheuma alvarezii* varietas merah dan hijau di lapang.

Sampel rumput laut *Eucheuma alvarezii* baik varietas hijau maupun merah diambil dari hasil panen di lapang. Rumput laut yang dijadikan sampel saat bibit berumur antara 25-30 hari Rumput laut tersebut segera dibersihkan dari kotoran yang menempel pada thallusnya menggunakan air laut, kemudian segera dibawa ke laboratorium dalam keadaan segar atau tetap terendam air.

#### 3.3.2 Pengaturan pencahayaan hubungannya dengan pertumbuhan.

Pencahayaan dilakukan dengan menggunakan lampu fluoresens yaitu lampu neon dengan ukuran 40 watt, 80 watt dan 120 watt dengan jarak antara lampu dengan permukaan sebesar 20 cm hingga dihasilkan iradiasi cahaya yang berbeda menggunakan satuan lux. Dari pengukuran intensitas cahaya menggunakan satuan lux, segera dikonversi ke dalam satuan  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ . Adapun konversi intensitas cahaya pada masing-masing pengukuran cahaya berbeda-beda yaitu :

- a) Cahaya matahari :  $1 \text{ lux} = 0,0185 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
- b) Fluoresense :  $1 \text{ lux} = 0,0135 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
- c) Sodium :  $1 \text{ lux} = 0,0122 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$
- d) High pressure metal the light :  $1 \text{ lux} = 0,0141 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$

Penggunaan lampu fluoresensi dikarenakan lampu-lampu jenis ini selain mampu memancarkan sinar yang lebih merata juga mempunyai kemampuan mengubah energi listrik menjadi energi cahaya yang tiga kali lebih besar daripada lampu biasa (Wetherell, 1982). Tujuan pengaturan cahaya adalah untuk memperpanjang aktifitas metabolisme thallus dan menjaga intensitas cahaya dalam air. Lama penyinaran dari pencahayaan tersebut disesuaikan dengan lama penyinaran maksimal sehari hari yaitu 12 jam terang dan 12 jam gelap. Lampu-lampu tersebut dipasang seri dengan diberi sekat diantara lampunya. Sedangkan diluar akuarium sebaiknya dalam keadaan gelap dengan memberikan tutup plastik gelap, hal ini dikarenakan agar tidak ada pengaruh cahaya di luar perlakuan sehingga perlakuan cahaya yang telah ditentukan dapat terlaksana dengan baik.

Rumput laut sebelum dimasukkan ke dalam akuarium ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat basah awal. Berat bibit awal pada masing-masing akuarium dalam dua varietas tersebut antara 50 gr/varietas, kemudian segera diikat dengan tali raffia dan dilekatkan dalam akuarium agar rumput laut tidak berpindah-pindah sehingga pertumbuhan tetap terpelihara. Bibit secara keseluruhan diperlukan  $\pm$  sebanyak 600 gr *Eucheuma alvarezii* varietas merah dan 600gr varietas hijau.

### **3.3.3 Pengaturan pemeliharaan.**

Akuarium yang digunakan diberi aerator sebagai sirkulasi air, hal ini digunakan untuk menambah oksigen sebagai zat yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhannya. Selain itu untuk mempertahankan laju pertumbuhan diperlukan suatu nutrisi sebagai makanan untuk metabolisme thallus hingga akhir pemeliharaan. Pemberian nutrisi sebanyak 10 ppm (Mairith *et al.*, 1995 dalam Sunarpi *et al.*, 2006).

Selain aerator dan nutrisi, perlu pergantian air di tiap minggunya atau jika terlihat keadaan thallus mulai memutih. Hal ini dilakukan untuk mempertahankan kualitas air sehingga rumput laut tetap survive hingga akhir pemeliharaan.

Rumput laut dibiarkan tumbuh, setelah seminggu rumput laut ditimbang untuk mengetahui berat basah rumput laut hingga umur 3 minggu sesuai siklus hidup rumput laut dalam skala laboratorium. Pertumbuhan rumput laut dapat dihitung berdasarkan berat basah di tiap minggunya yaitu dengan menimbang rumput laut dengan meniriskan terlebih dahulu agar berat thallus tidak terpengaruh dengan air dalam aquarium.

Selain melakukan pengukuran berat basah selama pertumbuhannya juga dilakukan analisis kualitas air. Hal ini dikarenakan untuk mengetahui sejauh mana kualitas air mempengaruhi pertumbuhannya selama masa hidup dalam skala laboratorium.

#### **3.3.4 Analisis Kandungan Klorofil.**

Setiap seminggu sekali dilakukan analisis kandungan pigmen baik klorofil, fikosianin maupun fikoeritrin dari rumput laut *Eucheuma alvarezii*. Adapun tiap tiap perlakuan di jelaskan sebagai berikut :

Analisis kandungan klorofil dapat dilakukan berdasarkan metode Harbourne (1987) :

- Mengambil thallus segar seberat 0.5 gr dihaluskan dengan mortal dan pastle kemudian ditambah aseton 80 % sebanyak 5 ml.
- Thallus yang telah larut dimasukkan ke dalam botol gelap dan ditransfer pada tabung reaksi untuk segera di sentrifugasi.
- Disentrifugasi selama 10 menit dengan putaran 4000-5000 rpm hingga didapatkan supernatan.

- Supernatan yang pertama di pisah dari debris yang tersedia dan segera dilakukan penambahan aseton 80 % pada debris sebanyak 5 ml dengan perlakuan sentrifugasi kembali dengan waktu yang sama.
- Supernatan yang dihasilkan di homogenkan dengan supernatan yang pertama hingga volume 10 ml.
- Supernatan yang telah homogen segera diamati menggunakan spektrum dengan panjang gelombang A663 dan A646.
- Konsentrasi kandungan klorofil dapat dilihat dengan rumus berikut :  
$$\text{Chl a (mg/l)} = 12.21 (A663) - 2.81 (A646)$$
$$\text{Chl b (mg/l)} = 20.13 (A646) - 5.03 (A663)$$
$$\text{Total Chl (a+b)} = 17.3 (A646) + 7.18 (A663)$$

### 3.3.5 Analisis Kandungan Fikobilin (fikoeritrin dan fikosianin).

Analisis kandungan fikobilin dapat dilakukan berdasarkan metode Kursar dan Alberte (1983)

- Mengambil thallus segar 0.5 g dihaluskan dengan mortal dengan penambahan 5 ml 0.1 M Phospat buffer, pH 6.8.
- Thallus yang telah larut dimasukkan kedalam botol gelap dan ditransfer pada tabung reaksi untuk segera disentrifugasi selama 10 menit dengan putaran 1000 rpm.
- Didapatkan supernatan dan transfer supernatan tersebut hingga volume 25 ml.
- Diamati kandungan fikobilin menggunakan rumus :  
$$R\text{-PE} = 169 (A498) - 8.64 (A615) - 1.76 (A650)$$
$$C\text{-PC} = 166 (A618) - 108 (A650)$$

### 3.3.6 Evaluasi Kualitas Air

#### a) Suhu

Pengukuran suhu menggunakan thermometer, cara pengukurannya yaitu : thermometer di celupkan langsung dalam akuarium, dibiarkan beberapa saat lalu diangkat dan langsung dibaca skalanya dan catat skala yang tertera.

#### b) Salinitas

Pengukuran salinitas menggunakan refraktometer, cara pengukurannya yaitu :

1. Membran refraktometer dibersihkan dengan akuades, dikeringkan dengan tissue.
2. Air laut diambil menggunakan pipet tetes dan di teteskan 1-2 tetes pada membran refraktometer kemudian di tutup menggunakan penutup membran.
3. Refraktometer diarahkan menuju sumber cahaya dan nilai salinitas langsung dibaca pada lensa refraktometer, catat skala yang tertera (baca dalam satuan ‰).

#### c) pH

Pengukuran pH menggunakan pH meter, cara pengukurannya yaitu : elektrode dimasukkan ke dalam akuades untuk mengkalibrasi nilai hingga pH netral. Setelah itu electrode dibersihkan menggunakan tissue kemudian dimasukkan kedalam air sampel yang akan diketahui nilai pH suatu perairan. Catat nilai pH yang tertera.

### 3.4 Analisis Data

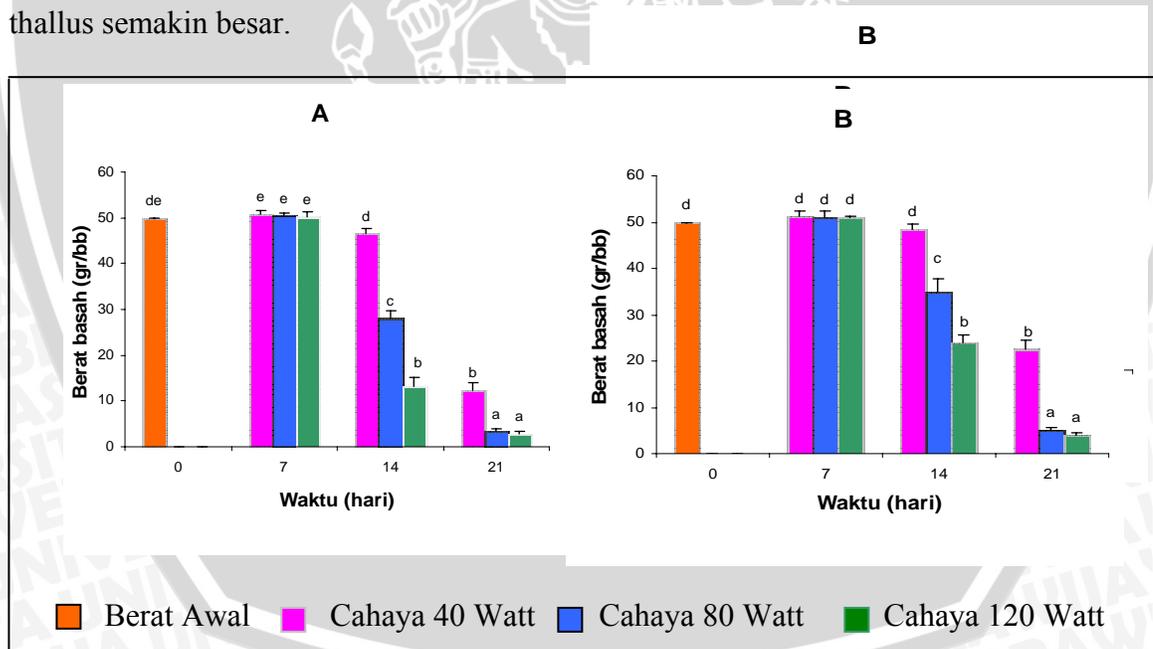
Untuk mengetahui pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan dan kandungan pigmen klorofil, fikoeritrin dan fikosianin pada umur yang berbeda dilakukan analisis ANOVA yang dilanjutkan dengan uji BNT.



#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Pengaruh Cahaya terhadap Pertumbuhan pada rumput laut *Eucheuma alvarezii* Varietas Merah dan Hijau

Pertumbuhan rumput laut *Eucheuma alvarezii* baik varietas merah maupun varietas hijau dalam aquarium pada umur tanam 7 hari tidak mengalami peningkatan dibandingkan dengan berat awal thallus yang ditanam, bahkan pada umur tanam 14 hari dan 21 hari terjadi penghambatan pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah sebesar 44% (27,9 gr/bb) dan 93% (3,4 gr/bb) sedangkan pada varietas hijau sebesar 30% (35 gr/bb) dan 90 % (5 gr/bb). Besarnya penghambatan pertumbuhan rumput laut *Eucheuma alvarezii* dipengaruhi oleh cahaya dan waktu (Gambar 7, Lampiran 1a). Semakin tinggi cahaya dan lama kultur penghambatan pertumbuhan thallus semakin besar.



Gambar 8. Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* dalam aquarium. A: *E. alvarezii* var. merah, B: *E. alvarezii* var. hijau. Keterangan : Huruf yang sama pada masing-masing varietas menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha$  0.05).

Penghambatan pertumbuhan rumput laut *Eucheuma alvarezii* yang ditanam didalam aquarium pada umur tanam 14 hari dengan cahaya tinggi sebesar 80 watt ( $2500 \text{ lux} = 33,75 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) dan 120 watt ( $5000 \text{ lux} = 67,5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) lebih besar dibanding dengan pemberian cahaya 40 watt ( $1500 \text{ lux} = 20,25 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ).

Penghambatan pertumbuhan diduga terjadi karena adanya intensitas cahaya yang berlebih. Menurut Sri Amini dan Parenrengi (1995), rumput laut *Eucheuma cottonii* tumbuh dengan baik pada intensitas cahaya 1000 lux, sedangkan Neish (2006) menyatakan bahwa tingkat pertumbuhan maksimum pada rumput laut *Kappaphycus striatum* terjadi pada kisaran cahaya 6000 lux. Dengan demikian setiap jenis rumput laut memiliki kemampuan yang berbeda untuk menyerap intensitas cahaya. Selain besarnya intensitas yang diterima oleh thallus, penghambatan pertumbuhan dapat diduga karena adanya efek dari lampu fluoresen yang menyebabkan kalor sehingga thallus tidak mampu tumbuh dengan baik. Selain itu, pada cahaya tinggi menyebabkan fotooksidasi tidak terjadi sehingga tidak terbentuk NADP dan menyebabkan pertumbuhan terhambat.

Selain cahaya, faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut adalah suhu, salinitas dan pH (Amin *et al.*, 2005). Pada penelitian ini, suhu air, salinitas maupun pH relatif stabil. Kisaran suhu air dalam aquarium pada rumput laut *E. alvarezii* baik pada varietas merah maupun varietas hijau adalah  $29-30^{\circ}\text{C}$ , kisaran salinitas pada rumput laut *E. alvarezii* adalah 32-33 ‰ sedangkan pH pada rumput laut *E. alvarezii* adalah 8.5 (Lampiran 3). Kualitas air (suhu, salinitas dan pH) tersebut telah sesuai dengan yang dibutuhkan oleh rumput laut *E. alvarezii* untuk tumbuh.

Selain faktor-faktor tersebut diatas, pemberian nutrisi juga sangat dibutuhkan oleh rumput laut *E. alvarezii* untuk tumbuh. Pemberian pupuk walne dengan dosis 10 ppm (Mairth *et al.*, 1995 dalam Sunarpi *et al.*, 2006) didapatkan hasil bahwa kandungan nitrat

berkisar antara 2,4- 4,4 mg/l dan fosfat berkisar antara 0,12-0,2 mg/l. Kisaran tersebut masih berada dalam kisaran normal yang dibutuhkan rumput laut untuk tumbuh sehingga pemberian pupuk walne dengan dosis tersebut bukan penyebab pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* terhambat. Menurut Nurviyati *et al.*, (1998), konsentrasi nitrat dan fosfat yang dibutuhkan untuk pertumbuhan rumput laut *Eucheuma sp.* berkisar antara 1,23-6,4 mg/l dan antara 0,009-0,969 mg/l.

## **4.2 Pengaruh Cahaya terhadap Kandungan Pigmen Klorofil pada rumput laut *Eucheuma alvarezii* Varietas Merah dan Hijau**

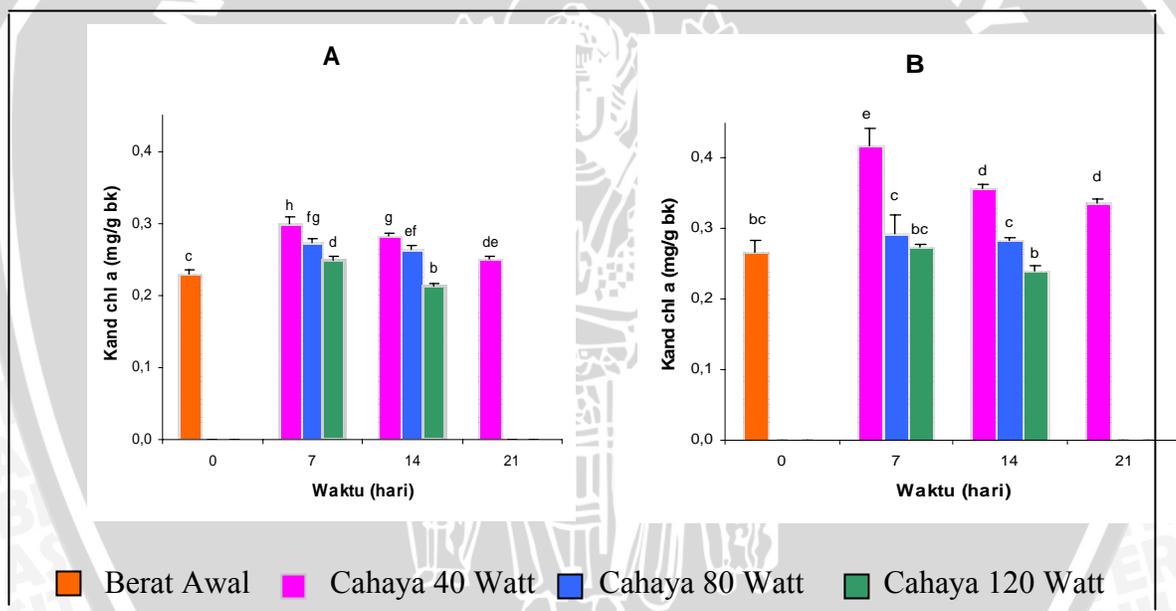
### **4.2.1 Kandungan klorofil a**

Kandungan klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* varietas merah dan hijau yang ditanam dalam aquarium mengalami peningkatan dibandingkan dengan kandungan klorofil pada awal penelitian. Tinggi rendahnya kandungan klorofil a pada rumput laut yang di tanam di aquarium dipengaruhi oleh adanya cahaya dan lama kultur (Gambar 8, Lampiran 1b). Semakin tinggi cahaya dan lama kultur, kandungan klorofil a semakin menurun.

Pada umur tanam 14 hari kandungan klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* varietas merah mengalami peningkatan sebesar 24% (0,28 mg/g bk) dan penurunan sebesar 7% (0,21 mg/g bk) dari kandungan awal penelitian, sedangkan pada varietas hijau terjadi peningkatan sebesar 34% (0,36 mg/g bk). Pada umur tanam 21 hari, kandungan klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* varietas merah dan hijau mengalami peningkatan sebesar 9% (0,251 mg/g bk) dan 25% (0,336 mg/g bk) dari perlakuan awal yaitu terjadi pada perlakuan cahaya 40 watt, sedangkan perlakuan cahaya 80 dan 120

watt pada umur tanam 21 hari tidak ditemukan kandungan klorofil a yang disebabkan karena thallus mengalami pemutihan.

Peningkatan kandungan klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* yang ditanam dalam aquarium pada varietas merah dan hijau pada perlakuan cahaya 40 watt dapat diduga karena pada intensitas cahaya 40 watt kandungan klorofil a dapat terbentuk dengan baik atau tidak mengalami kerusakan, sedangkan pada cahaya 80 dan 120 watt menyebabkan terjadinya kerusakan klorofil a akibat dari kalor yang terjadi pada lampu. Menurut Torres *et al* (1991), kandungan klorofil a dari rumput laut *G. sesquipedale* menurun seiring dengan meningkatnya intensitas cahaya.



Gambar 9. Pengaruh cahaya terhadap kandungan klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* dalam aquarium. A: *E. alvarezii* var. merah, B: *E. alvarezii* var. hijau. Keterangan : Huruf yang sama pada masing-masing varietas menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha$  0.05).

Penurunan kandungan klorofil a sangat berkaitan dengan adanya distribusi spectrum cahaya dan intensitas cahaya yang berbeda di tiap perlakuan. Pada proses fotosintesis keberadaan cahaya bersama klorofil sangatlah dibutuhkan untuk

pertumbuhan, oleh karena itu tinggi rendahnya intensitas yang mengenai thallus akan berdampak pada kandungan klorofil yang tersedia.

Fotosintesis dapat terjadi dengan adanya kompleks antenna dan pusat reaksi pada membran tilakoid. Kompleks antenna ini dibentuk dari beberapa ratus klorofil dan pigmen aksesoris. Cahaya ditangkap oleh molekul klorofil yang menghasilkan elektron pada pigmen klorofil hingga ditangkap pada orbit yang lebih tinggi dan energi ini ditransfer diantara klorofil hingga cahaya dihubungkan dalam molekul klorofil pada pusat reaksi.

Fotosintesis meliputi reaksi oksidasi dan reduksi yaitu terjadi pemindahan elektron dengan disertai pelepasan oksigen sebagai hasil samping (oksidasi air) dan reduksi CO<sub>2</sub> untuk membentuk senyawa organik yaitu karbohidrat (Salisbury dan Ross, 1995). Energi electron ini diubah menjadi energi kimia dengan bantuan cahaya dan klorofil yang diperlukan organisme hidup untuk mempertahankan kelangsungan hidupnya.

Fotosintesis terjadi pada tempat yang mengandung pigmen klorofil yaitu klorofil a dan klorofil b (Uno *et al.*, 2001). Klorofil a berfungsi menyerap energi cahaya yang selanjutnya diubah menjadi energi kimia untuk proses fotosintesis. Oleh karena itu, semakin banyak klorofil a akan menghasilkan energi semakin besar untuk meningkatkan pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* namun, pada penelitian ini kandungan klorofil a di tiap perlakuan cahaya yang berbeda semakin berkurang hingga akhir pengamatan sehingga tidak mampu meningkatkan pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii*. Oleh karena itu, cahaya merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi jumlah kandungan klorofil (Dwidjoseputro, 1990 ; Puji dan Limantara, 2005 ).

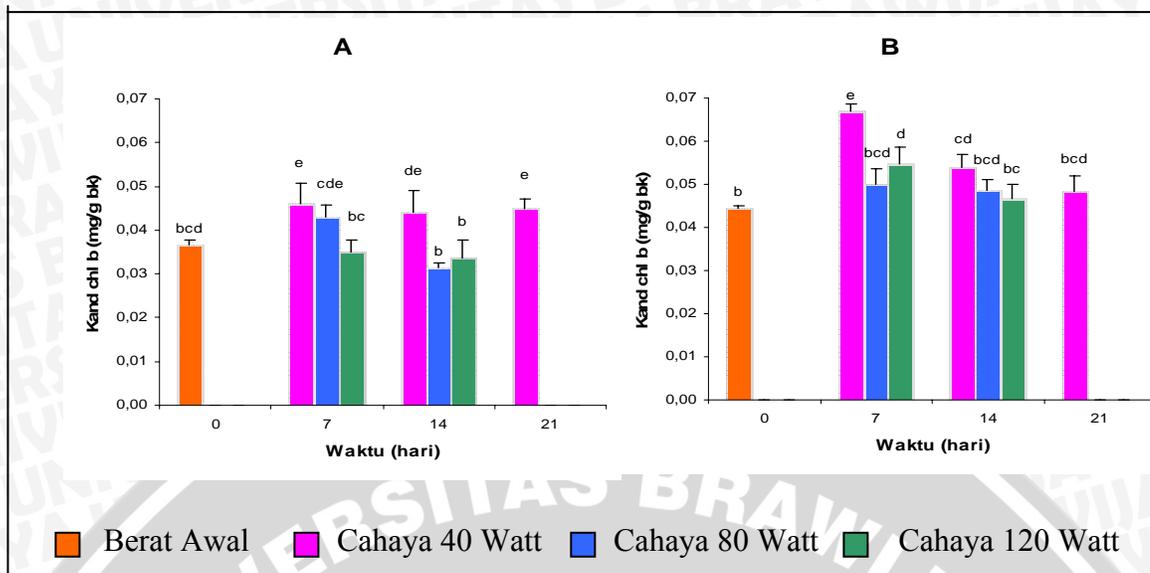
#### 4.2.2 Kandungan klorofil b

Klorofil b merupakan pigmen sekunder yang mampu menyerap energi cahaya (terbatas pada kisaran panjang gelombang tertentu) selanjutnya ditranfer untuk kepentingan klorofil a.

Kandungan klorofil b pada rumput laut *E. alvarezii* varietas merah dan varietas hijau yang ditanam dalam aquarium mengalami peningkatan dibandingkan dengan kandungan klorofil pada awal penelitian. Kandungan klorofil b pada rumput laut yang di tanam di aquarium dipengaruhi oleh adanya cahaya, waktu dan varietas (Gambar 9, Lampiran 1c). Semakin tinggi cahaya dan lama kultur, kandungan klorofil b semakin menurun.

Kandungan klorofil b pada rumput laut *E. alvarezii* varietas merah pada perlakuan cahaya 40 watt lebih tinggi sebesar 24% (0,046 mg/g bk) dibanding kandungan klorofil b pada intensitas cahaya 80 dan 120 watt yaitu sebesar 16% (0,031 – 0,034 mg/g bk), sedangkan pada umur tanam 14 hari kandungan klorofil b cukup stabil. Pada umur tanam 21 hari, kandungan klorofil b hanya ditemukan pada perlakuan cahaya 40 watt yang tidak jauh berbeda dari umur tanam 7 hari dan 14 hari, sedangkan perlakuan cahaya 80 dan 120 watt pada umur tanam 21 hari tidak ditemukan kandungan klorofil b hal ini disebabkan karena thallus telah mengalami pemutihan.

Kandungan klorofil b pada rumput laut *E. alvarezii* varietas hijau yang ditanam dalam aquarium tidak jauh berbeda dengan varietas merah yaitu mengalami peningkatan dibandingkan dengan kandungan klorofil pada awal penelitian. Peningkatan kandungan klorofil b pada varietas hijau lebih tinggi sebesar 52% (0,067 mg/g bk) dibanding varietas merah sebesar 24% (0,046 mg/g bk)



Gambar 10. Pengaruh cahaya terhadap kandungan klorofil b pada rumput laut *E. alvarezii* dalam aquarium. A: *E. alvarezii* var. merah, B: *E. alvarezii* var. hijau. Keterangan : Huruf yang sama pada masing-masing varietas menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha$  0.05).

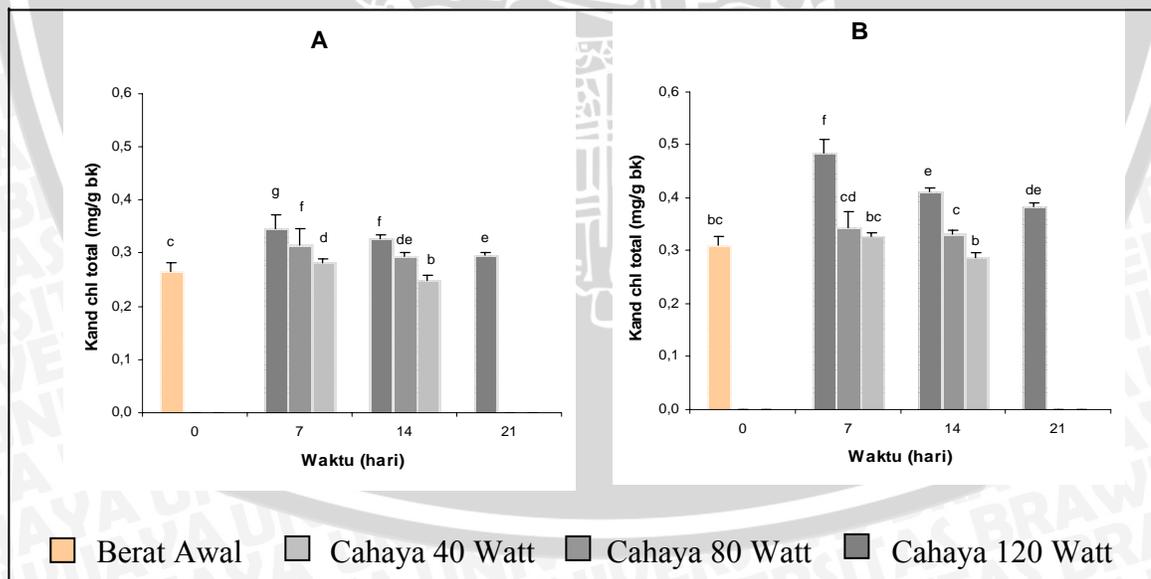
Peningkatan kandungan klorofil b terutama pada intensitas cahaya 40 watt kemungkinan dapat disebabkan karena pada intensitas tersebut thallus mampu melakukan biosintesis klorofil dengan cahaya yang dibutuhkan untuk pembentukan klorofil. Sedangkan, penurunan kandungan klorofil b yang terjadi pada intensitas 80 dan 120 watt diduga dapat disebabkan karena adanya intensitas tinggi mampu menghasilkan kalor pada lampu sehingga mampu merusak klorofil dan mempengaruhi kandungan klorofil b.

Menurut Taiz dan Zeiger (2005), intensitas cahaya tinggi dapat menyebabkan terjadi kerusakan molekul klorofil. Batasan kisaran intensitas cahaya yang dapat menyebabkan kerusakan klorofil tidak dapat ditentukan dengan pasti, namun hal ini dapat dihubungkan dengan kisaran intensitas cahaya optimum yang dibutuhkan rumput laut *E. alvarezii* untuk melakukan metabolisme adalah 1000 lux (Sri Amini dan Parenrengi, 1995) sedangkan intensitas cahaya selama penelitian berada pada kisaran antara 2500-5000 lux

yaitu terjadi pada intensitas cahaya 80 dan 120 watt. Kisaran intensitas cahaya selama penelitian berada diatas kisaran intensitas cahaya yang dibutuhkan oleh rumput laut *E. alvarezii* untuk melakukan metabolisme, oleh karena itu mampu merusak kandungan klorofil thallus hingga mengalami penurunan.

#### 4.2.3 Kandungan klorofil total

Kandungan klorofil total pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah dalam aquarium mengalami peningkatan sebesar 30% (0,346 mg/g bk) dan mengalami penurunan sebesar 6% (0,249 mg/g bk), sedangkan pada varietas hijau mengalami peningkatan sebesar 56% (0,485 mg/g bk). Klorofil total merupakan hasil penjumlahan dari klorofil a dan b. Kandungan klorofil total pada rumput laut *E. alvarezii* berdasarkan hasil uji statistik tidak berbeda daripada kandungan klorofil a dan klorofil b yaitu dipengaruhi oleh adanya varietas, cahaya dan waktu (Gambar 10, Lampiran 1d).



Gambar 11. Pengaruh cahaya terhadap kandungan klorofil total pada rumput laut *E. alvarezii* dalam aquarium. A: *E. alvarezii* var. merah, B: *E. alvarezii* var. hijau. Keterangan : Huruf yang sama pada masing-masing varietas menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha$  0.05).

Peningkatan kandungan klorofil total diduga dapat disebabkan karena thallus mengalami biosynthesis klorofil dimana dalam proses pembentukan klorofil tanaman membutuhkan cahaya untuk melanjutkan aktifitas hidupnya. Cahaya bersama NADPH mampu mereduksi *protochlorophyllide oxidoreduktase* membentuk *Chlorophyllide a*. Terbentuknya klorofil a sebagai hasil akhir biosintesa ini disebabkan oleh aktivitas enzim *chlorophylase* yang mengkatalis esterisasi suatu gugus phyllol menjadi chloropyllide a dan kemudian membentuk klorofil a

Penurunan kandungan klorofil total pada rumput laut *E. alvarezii* baik varietas merah maupun varietas hijau terjadi pada umur tanam 21 hari terutama pada perlakuan cahaya 80 dan 120 watt. Hal ini diduga adanya pengaruh langsung dari lampu yang menyebabkan kalor sehingga dapat mempengaruhi kondisi thallus dan menyebabkan penurunan kandungan klorofil total. Selain itu, kisaran yang dibutuhkan rumput laut *E. alvarezii* untuk pertumbuhannya yaitu optimum berkisar 1000 lux sedangkan penelitian ini intensitas cahaya antara 2500-5000 lux. Sehingga adanya intensitas tinggi dapat menyebabkan terjadi kerusakan molekul klorofil (Taiz dan Zeiger, 2005). Karena kisaran tersebut berada diatas kisaran yang dibutuhkan oleh thallus untuk melakukan metabolisme hidup. Kerusakan molekul klorofil dapat menyebabkan penghilangan fitol tail oleh karena adanya enzim *chlorophyllase* dan diikuti oleh hilangnya Mg oleh enzim *Mg desilatase* sehingga kandungan klorofil semakin berkurang.

Selain itu, pada intensitas cahaya tinggi yang terjadi terus menerus akan menyebabkan terjadinya penguapan kadar air dalam thallus rumput laut *Euclima alvarezii* sehingga thallus tidak lagi memiliki ketahanan terhadap cahaya. Penguapan kadar air dalam thallus rumput laut *E. alvarezii* ini menyebabkan pemutusan ikatan-ikatan antar sel dalam thallus sehingga mengakibatkan asam dan enzim dalam thallus

bercampur dengan pigmen sehingga terjadi proses degradasi klorofil (Liewellyn *et al.*, 1990 dan Gross, 1991). Menurut Almela *et al* (2000), Rahayu dan Limantara (2005), proses degradasi klorofil terjadi karena adanya faktor eksternal seperti intensitas cahaya, dan air.

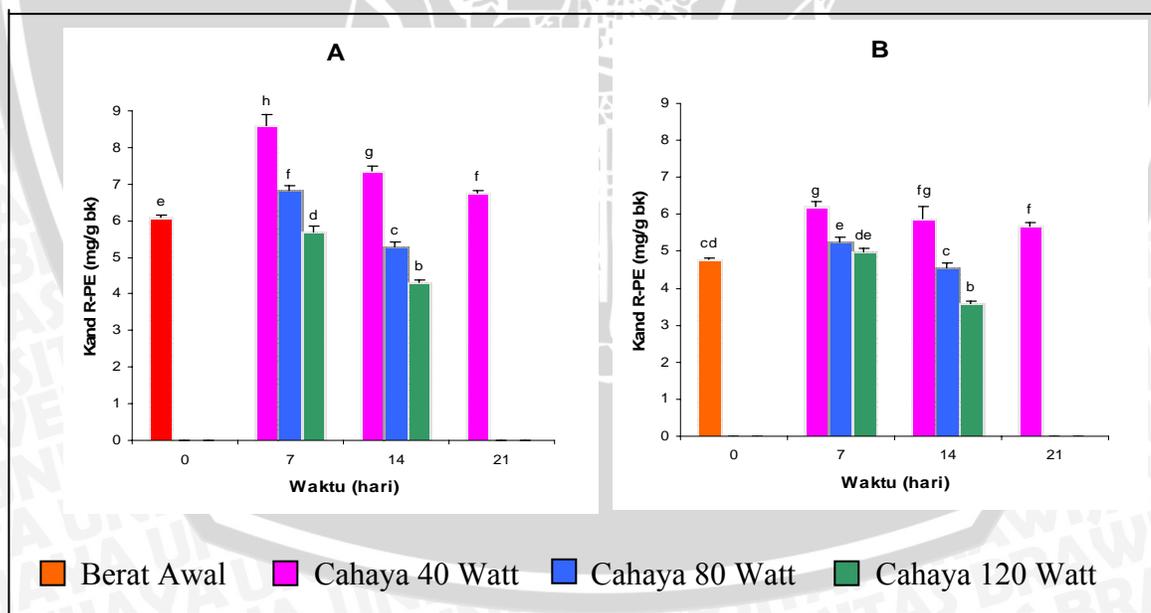
Umur juga mampu mempengaruhi kandungan klorofil total, terlihat setelah umur tanam 7 hari kandungan klorofil total kian berkurang. Rupp dan Traengkle (1995) menyatakan bahwa umur memiliki pengaruh terhadap kandungan klorofil suatu tanaman, dimana peningkatan klorofil akan terhenti pada saat umur tertentu (Schopfer, 1995).

Kandungan klorofil total pada rumput laut *E. alvarezii* dalam aquarium varietas hijau lebih besar dibanding kandungan klorofil total rumput laut varietas merah. Hal ini kemungkinan karena pada varietas hijau pigmen dominan dalam thallus rumput laut adalah klorofil sedangkan pada varietas merah pigmen fikoeritrin jauh lebih banyak dibanding klorofil. Selain itu, pada rumput laut *E. alvarezii* varietas merah mampu menyerap panjang gelombang cahaya hijau dengan baik dibanding varietas hijau. Menurut Ting *et al* (2002), dalam satu famili pigmen menyerap cahaya berbeda berdasarkan perbedaan panjang gelombang yang dimilikinya, jumlah cahaya yang dapat diserap oleh tanaman tergantung dari jumlah klorofil (Lei *et al.*, 1996).

### 4.3 Pengaruh Cahaya terhadap Kandungan Pigmen Fikoeritrin dan Fikosianin pada rumput laut *Eucheuma alvarezii* Varietas Merah dan Hijau

#### 4.3.1 Kandungan Fikoeritrin

Kandungan fikoeritrin pada rumput laut *E. alvarezii* baik varietas merah maupun varietas hijau selama dalam aquarium mengalami peningkatan dibandingkan dengan kandungan fikoeritrin pada berat awal thallus yang ditanam. Pada varietas merah peningkatan kandungan fikoeritrin sebesar 41% (8,615 mg/g bk), sedangkan pada varietas hijau sebesar 30% (6,213 mg/g bk). Setelah umur tanam 7 hari kandungan fikoeritrin pada varietas merah dan hijau mengalami penurunan sebesar 29% (4,322 mg/g bk) dan 25% (3,587 mg/g bk). Tinggi rendahnya kandungan fikoeritrin dipengaruhi oleh varietas, cahaya dan waktu (Gambar 11, Lampiran 1e). Semakin tinggi cahaya maka kandungan fikoeritrin pada thallus semakin kecil, begitu pula semakin lama kultur, kandungan fikoeritrin juga semakin kecil.

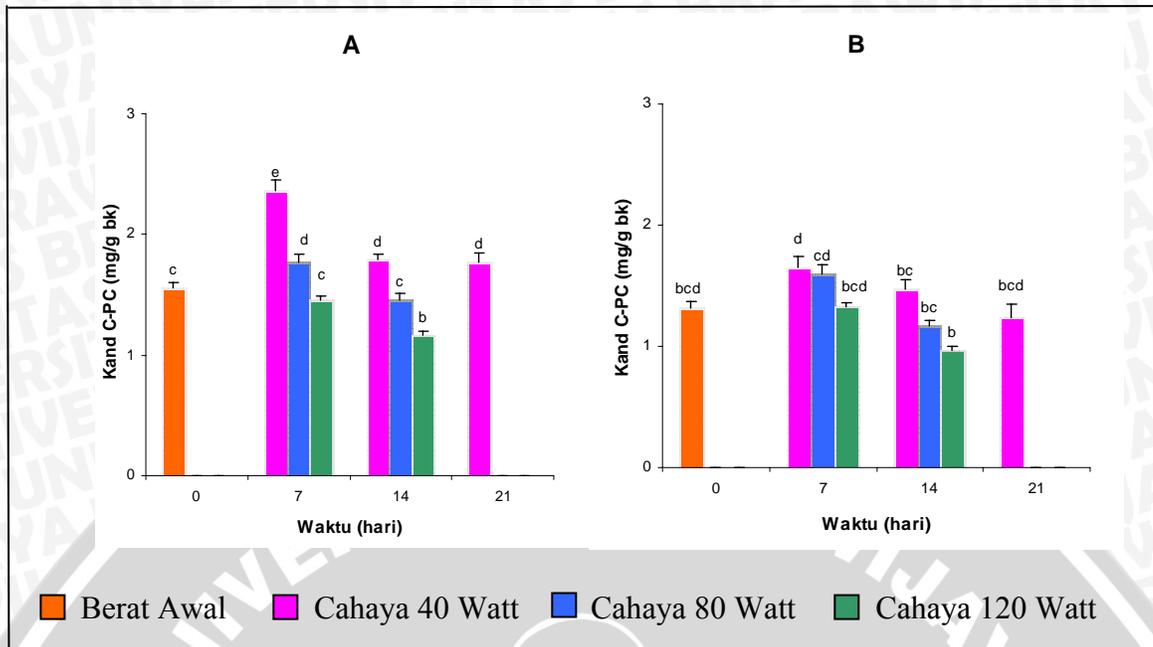


Gambar 12. Pengaruh cahaya terhadap kandungan fikoeritrin pada rumput laut *E. alvarezii* dalam aquarium. A: *E. alvarezii* var. merah, B: *E. alvarezii* var. hijau. Keterangan : Huruf yang sama pada masing-masing varietas menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha$  0.05).

### 4.3.2 Kandungan Fikosianin

Kandungan fikosianin pada rumput laut *E. alvarezii* baik varietas merah maupun varietas hijau selama dalam aquarium mengalami peningkatan dibandingkan dengan kandungan fikosianin pada berat awal thallus yang ditanam. Pada varietas merah kandungan fikosianin mengalami peningkatan sebesar 51% (2,36 mg/g bk) dan terjadi penurunan sebesar 26% (1,167 mg/g bk). Sedangkan pada varietas hijau relatif stabil dan terjadi penurunan drastis pada perlakuan cahaya 80 dan 120 watt. Hal ini diduga bahwa kondisi thallus telah kehilangan pigmen kloroplastnya (Gambar 12). Intensitas cahaya 80 dan 120 watt menyebabkan kandungan fikosianin semakin rendah, hal ini dapat disebabkan karena pada kedua intensitas cahaya tersebut dapat menyebabkan kalor sehingga mampu merusak pigmen fikosianin maupun pigmen fotosintesis lainnya.

Kandungan fikosianin dipengaruhi oleh varietas, cahaya dan waktu (Gambar 12, Lampiran 1f). Semakin tinggi cahaya maka kandungan fikosianin pada thallus semakin kecil, begitu pula semakin lama kultur, kandungan fikosianin juga semakin kecil.



Gambar 13. Pengaruh cahaya terhadap kandungan fikosianin pada rumput laut *E. alvarezii* dalam aquarium. A: *E. alvarezii* var. merah, B: *E. alvarezii* var. hijau. Keterangan : Huruf yang sama pada masing-masing varietas menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji BNT ( $\alpha$  0.05).

Fikoeritrin dan fikosianin merupakan bagian dari pigmen fikobilin dimana memiliki fungsi untuk melindungi klorofil dalam sel serta mampu menyerap energi cahaya yang selanjutnya ditransfer ke klorofil a untuk proses fotosintesa. Kedua pigmen ini merupakan pigmen asesoris dimana kedua pigmen itu menyerap panjang gelombang cahaya dimana klorofil tidak mampu menyerap cahaya secara efisien yaitu terbatas pada panjang gelombang tertentu.

Adanya cahaya menyebabkan kandungan fikoeritrin dan fikosianin bertambah, hal ini terjadi karena fikoeritrin bersama fikosianin dan pigmen bilin lain yaitu allofikosianin menyerap energi cahaya hijau dimana klorofil tidak mampu menyerapnya (Hopkind, 1997). Sehingga adanya cahaya dengan bantuan enzim *protochlorophyllide oxidoreductase* menyebabkan sel dalam thallus rumput laut *E. alvarezii* mampu membentuk *chlorophyllide a* untuk menghasilkan klorofil a. Kehadiran enzim tersebut

menyebabkan rantai tetrapirel terbuka, disinilah peranan fikoeittrin dan fikosianin terjadi.

Biosintesis tetrapirel pada Mg-protoporphyrin IX merupakan kunci molekul dalam nucleus kloroplas yang berada dalam thallus (Strand *et al.*, 2003). Thallus menggunakan heme untuk menempati reduksasi glutamyl-tRNA dan diketahui untuk mengkoordinasikan sintesis klorofil dengan memproduksi protein binding klorofil.

Mekanisme molekuler dihubungkan kedalam aklimasi fikobilisome pada kualitas cahaya dan proses ini dinamakan adaptasi kromatik. Spectrum aksi adaptasi ini akan merespon cahaya hijau dan merah. Selama tumbuh pada cahaya hijau pigmen fikoeittrin yang lebih berperan dalam thallus dan protein linkers yang diproduksi akan dihubungkan pada fikobilisome. Ketika tumbuh pada cahaya merah fikosianin yang lebih berperan, linkers di sintesis hingga terjadi penambahan pada fikobilisome (Kehoe and Grossman, 1994). Oleh karena itu akibat proses ini menyebabkan kandungan fikoeittrin dan fikosianin berbeda diantara kedua varietas baik varietas merah maupun varietas hijau selain itu perbedaan kandungan pigmen tersebut dapat disebabkan oleh adanya perbedaan gen di kedua varietas rumput laut *E. alvarezii*.

Penurunan kandungan fikoeittrin dan fikosianin pada minggu ke 14 di tiap perlakuan cahaya terutama pada varietas merah kemungkinan dapat disebabkan adanya degradasi cahaya yang mengenai thallus. Degradasi yang terjadi pada heme menyebabkan penambahan desferrioxamine yang mengakibatkan reaksi terhenti akibat pencahayaan sehingga akan melepaskan enzim Fe (III)-biliverdin IX $\alpha$  (Rhie dan Beale, 1995). Pemberian cahaya tinggi antara 2500-5000 lux yaitu pada perlakuan cahaya 80 watt dan 120 watt dengan penyinaran terus menerus dapat menyebabkan kalor pada lampu fluoresen sehingga akan mempengaruhi kondisi thallus yaitu thallus mengalami

kehilangan pigmen dalam kloroplastnya oleh karena itu keberadaan pigmen bersama cahaya sangat diperlukan untuk melakukan metabolisme thallus dalam pertumbuhannya.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Pertumbuhan rumput laut *Eucheuma alvarezii* baik varietas merah maupun varietas hijau dalam aquarium mengalami penghambatan pertumbuhan. Pada varietas merah penghambatan pertumbuhan lebih besar (3,4 gr/bb) dibanding dengan varietas hijau (5 gr/bb).

Kandungan klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 0,21 - 0,36 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 0,24 - 0,41 mg/g bk.

Kandungan klorofil b pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 0,031 - 0,046 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 0,044 - 0,067 mg/g bk.

Kandungan klorofil total pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 0,25 - 0,35 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 0,28 - 0,48 mg/g bk.

Kandungan fikoeritrin pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 4,32 - 8,61 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 3,58 - 6,21 mg/g bk.

Kandungan fikosianin pada rumput laut *E. alvarezii* pada varietas merah berkisar antara 1,16 - 2,36 mg/g bk, sedangkan pada varietas hijau sebesar 0,96 - 1,65 mg/g bk.

### 5.2 Saran

Kultur rumput laut dalam aquarium dengan menggunakan metode resirkulasi air dan dilakukan pengukuran cahaya dalam air.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Rumput laut merupakan tumbuhan tingkat rendah yang tidak memperlihatkan adanya perbedaan akar, batang dan daun sejati. Keseluruhan fungsi dari ketiga bagian tersebut dapat digantikan oleh adanya thallus. Rumput laut sendiri terdiri atas tiga kelas yang berbeda satu sama lainnya, yaitu alga merah (Rhodophyta), alga coklat (Phaeophyta) dan alga hijau (Chlorophyta) (Anonymous, 1990; Aslan, 1998; Risjani, 2004). Pada beberapa kelas alga tersebut dalam thallusnya terdapat beberapa macam pigmen sehingga dapat membedakan ciri antara kelas satu dengan lainnya. Menurut Aslan (1998) pigmen yang menentukan warna thallus pada masing-masing kelas alga terdiri dari klorofil, fikoeritrin, karotin dan fikosianin.

*Eucheuma alvarezii* merupakan salah satu jenis alga yang termasuk ke dalam kelas Rhodophyta. Berbeda dengan alga lainnya, thallus alga merah memiliki berbagai warna yaitu merah, ungu, pirang, coklat dan hijau. Perbedaan warna tersebut dikarenakan dalam thallus alga merah terdapat kandungan pigmen berupa karotin, xantofil, fikobilin (fikosianin dan fikoeritrin) dan klorofil (Atmadja *et al.*, 1992).

Klorofil merupakan pigmen hijau yang terdapat pada tumbuhan tingkat tinggi maupun tingkat rendah yang memiliki peranan dalam proses fotosintesa. Klorofil mampu menyerap cahaya maksimal dengan panjang gelombang cahaya diantara 400-500 nm dan diantara 600-700 nm (Hall dan Rao, 1999; Uno *et al.*, 2001; Anonymous, 2005). Klorofil ada dua bentuk yaitu klorofil a dan b (Salisbury dan Ross, 1995; Uno *et al.*, 2001; Lakitan, 2004). Klorofil a secara langsung menyerap energi cahaya,

sedangkan pigmen lainnya juga menyerap energi cahaya kemudian cahaya tersebut ditransfer pada klorofil a.

Fikoeritrin merupakan pigmen merah yang terdapat dalam alga merah yang juga berfungsi sebagai reseptor energi cahaya yang dibutuhkan dalam fotosintesis. Pigmen ini mampu menyerap cahaya hijau dengan panjang gelombang antara 500-600 nm (Hall dan Rao, 2001; Uno *et al.*, 2001; Taiz dan Zeiger, 2002; Heldt, 2005). Cahaya dengan panjang gelombang pendek diserap di dalam thallus sebelah luar oleh fikoeritrin sedangkan pada panjang gelombang panjang cahaya diserap oleh fikosianin. Inti kemudian ditransfer pada pusat reaksi. Oleh karena itu, alga merah mampu tumbuh pada kedalaman laut yang memiliki intensitas cahaya rendah sedangkan panjang gelombang cahaya lain diserap oleh alga hijau di permukaan air. Energi dari fikoeritrin kemudian ditransfer melalui klorofil a untuk proses fotosintesis selanjutnya.

Menurut Taiz dan Zeiger (2002), terdapat empat tahapan dalam sintesis klorofil. Sintesis klorofil dimulai dengan adanya pembentukan asam glutamat menjadi 5 aminilevulinic (ALA). ALA tersebut mengalami kondensasi membentuk porphobilinogen (PBG). Empat molekul PBG dihubungkan hingga terbentuk protoporphirin IX. Pada tahap ini terdapat penambahan Mg + hingga terbentuk monovinyl protochlorophyllide a. Adanya cahaya bersama kehadiran enzim protochlorophyllide oksidoreduktase dapat mengubah monovinyl protochlorophyllide a menjadi chlorophyllide a kemudian membentuk klorofil a. Jika tanaman tidak mendapat cahaya cukup akan menyebabkan warna daun menjadi pucat, namun klorofil masih tetap ada walaupun dalam jumlah sedikit.

Hasil penelitian Enga (2005) menyebutkan bahwa kandungan pigmen klorofil a pada rumput laut *E. alvarezii* varietas coklat pada umur 6 minggu sebesar 0.17-0.47 mg/g bk

lebih besar dibanding *E. alvarezii* varietas hijau 0.145-0.43 mg/g bk, kandungan pigmen fikokeritrin pada rumput laut *E. alvarezii* varietas coklat (3.4-19.4 mg/g bk) lebih besar dibanding *E. alvarezii* varietas hijau (2.8-9.3 mg/g bk), kandungan pigmen fikosianin pada rumput laut *E. alvarezii* varietas coklat (0.29-6.02 mg/g bk) lebih besar dibanding *E. alvarezii* varietas hijau (0.34-3.46 mg/g bk). Penelitian Enga (2005) dilakukan di wilayah Probolinggo, sedangkan penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan perlakuan cahaya.

Penelitian Torres *et al* (1991) menyebutkan bahwa kandungan klorofil a pada rumput laut *Gelidium sesquipedale* berkisar antara 0.6-1.1 mg/g bk, kandungan pigmen fikokeritrin pada rumput laut *G. sesquipedale* berkisar antara 4-15 mg/g bk, kandungan pigmen fikosianin pada rumput laut *G. sesquipedale* berkisar antara 0.8-2.1 mg/g bk dan kandungan pigmen karotin pada rumput laut *G. sesquipedale* berkisar antara 0.3-0.75 mg/g bk. Sedangkan Duarte dan Ferreira (1993) menyatakan bahwa bahwa kandungan klorofil a pada rumput laut *G. sesquipedale* berkisar antara 0.4-0.5 mg/g bk, kandungan pigmen fikokeritrin pada rumput laut *G. sesquipedale* di musim dingin berkisar antara 0.8-1.6 mg/g bk dan di musim panas berkisar antara 4.5-3 mg/g bk

Dengan adanya kehadiran cahaya dan pigmen, alga dapat melakukan asimilasi untuk menghasilkan energi yang dibutuhkan untuk sintesis protein. Sintesis protein ini akan digunakan untuk pertumbuhan alga layaknya tumbuhan tingkat tinggi lainnya. Dalam pertumbuhannya, alga tidak dapat tumbuh pada iradiasi cahaya tinggi yaitu sebesar  $100 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Santelices *et al.*, 2002). Lampu fluoresen memiliki iradiasi cahaya rendah sebesar  $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Bagnall *et al.*, 1996). Menurut Santelices *et al* (2002), iradiasi cahaya minimum yang dibutuhkan untuk pembentukan spora alga yaitu sebesar 2-10

$\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , oleh karena itu diduga lampu fluoresen dapat digunakan untuk mengetahui pertumbuhan alga.

Hasil penelitian Santelices *et al* (2002) menyebutkan bahwa alga *Chaetomorpha firma* mampu tumbuh pada cahaya foton sebesar  $2 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , *G. sesquipedale* tumbuh pada cahaya foton  $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  dan  $80 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Torres *et al.*, 1991) sedangkan *Cyanidium caldarium* tumbuh pada cahaya foton  $32 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  (Rhie dan Beale, 1995). Kisaran cahaya yang tepat sangat diperlukan untuk mengetahui pertumbuhan alga merah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sejauh mana cahaya mempengaruhi pertumbuhan dan kandungan pigmen klorofil dan fikokieritrin pada alga merah.

### 1.2 Rumusan Masalah

Faktor cahaya merupakan sumber utama di dalam memberikan energi pada semua tumbuhan baik pada tumbuhan tingkat tinggi maupun tumbuhan tingkat rendah seperti halnya pada alga untuk melakukan fotosintesis. Cahaya dapat diserap ataupun dapat dipantulkan. Molekul yang melakukan penyerapan ini adalah pigmen. Adanya cahaya dapat mempengaruhi pertumbuhan dan pembentukan pigmen. Lampu fluoresen memiliki iradiasi cahaya rendah minimum  $10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Untuk pembentukan spora selama pertumbuhan alga diperlukan iradiasi minimum antara  $2-10 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Oleh karena itu, cahaya lampu dapat dijadikan pengganti dari cahaya matahari.

Penyerapan cahaya berdasarkan panjang gelombang yang berbeda dapat diserap oleh alga sama halnya dengan tumbuhan tingkat tinggi. Alga merah mempunyai kisaran panjang gelombang yang bervariasi dalam penyerapan cahaya. Diduga intensitas cahaya

yang berbeda akan berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut serta kandungan pigmen dalam thallusnya.

Permasalahan yang perlu diperhatikan adalah seberapa besar intensitas cahaya mempengaruhi pertumbuhan dan pigmen fotosintesis (klorofil, fikoeritrin dan fikosianin) dari rumput laut *E. alvarezii* varietas merah dan varietas hijau.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui :

- ◆ Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan rumput laut *E. alvarezii* varietas merah dan varietas hijau pada umur yang berbeda.
- ◆ Pengaruh cahaya terhadap kandungan pigmen klorofil, fikoeritrin dan fikosianin pada rumput laut *E. alvarezii* varietas merah dan hijau.

### 1.4 Kegunaan Penelitian

Diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah tentang pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan, pigmen klorofil a, b, klorofil total, fikoeritrin dan fikosianin yang terkandung dalam rumput laut *E. alvarezii*.

### 1.5 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam skala Laboratorium bertempat di Balai Budidaya Air Payau Situbondo dan dilaksanakan pada bulan Juni-Agustus 2006.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, N. 1991. Budidaya Rumput Laut *Euचेuma cottonii* Pada Kedalaman yang Berbeda. Buletin Budidaya Laut. Lampung
- Agnolo, E. D., Rizzo, R., Paoletti, S and Murano, E. 1993. R-Phycocerytrin From The Red Alga *Gracilaria longa*. *Phytochemistry*. 35(3) : 693-696
- Almela, L., Lopez, J. A. F and Roca, M. J. 2000. High Performance Liquid Chromatography Screening of Chlorophyll Derivatives Produced During Fruit Storage. *Journal of Chromatography A*. 870 : 483-489
- Alvey, R. M., Karty, J. A., Roos, E., Reilly, J. P and Kehoe, D. M. 2003. Lesions in Phycocerytrin Chromophore Biosynthesis in *Fremyella diplosiphon* Reveal Coordinated Light Regulation of Apoprotein and Pigment Biosynthetic Enzyme Gene Expression. *The plant cell*. 15 : 2448-2463
- Amin, M., Rumayar, T. P., Femmi, N. F., Kemur, D dan Suwitra, I. K. 2005. Kajian Budidaya Rumput Laut (*E. cottonii*) dengan Sistem dan Musim Tanam yang Berbeda di Kabupaten Bangkep Sulawesi Tengah. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 8 (2) : 282-291
- Anonymous. 1990. Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut Departemen Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta
- . 2002. Forum Rumput Laut. Pusat Riset Pengolahan Produk dan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Jakarta
- ..... 2005. Petunjuk Pengendalian Penyakit Ice-ice pada Budidaya Rumput Laut. Departemen Kelautan dan Perikanan. Dirjen Perikanan Budidaya. Direktorat Kesehatan Ikan dan Lingkungan. Jakarta
- Aslan, L. M. 1998. Budidaya Rumput Laut. PT Kanisius. Jakarta
- Atmadja, W.S., Kadi, A dan Sulistijo, R. 1996. Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut Indonesia. Puslitbang Oseanologi-LIPI. Jakarta
- Bagnall, D. J., King, R. W and Hangarter, R. P. 1996. Blue-Light Promotion of Flowering is Absent in *hy4* Mutant of *Arabidopsis*. *Planta*. 200 : 278-280
- Bell, P. R. and Hemsley, A. R. 2000. Green Plants. Their Origin and Diversity. Second Edition. Cambridge. University Press. Australia
- David, S. P. 1997. Prinsip-prinsip Biokimia. Edisi Kedua. Erlangga. Jakarta

- Duarte, P and Ferreira, J. G. 2006. Seasonal Adaptation and Short Term Metabolic Responses of *Gellidium sesquipedale* to Varying Light and Temperature. New University of Lisbon. Portugal
- Edward, M. S. 2000. The Role of Alternate Life History Stages of A Marine Macroalga : A Seed Bank analogue. *Ecology* 81 : 2404-2415
- Enga, W. 2005. Kajian Pertumbuhan, Pigmen (Klorofil a, Fikobilin) dan Karagenan Pada Rumput Laut *Euचेuma alvarezii* Varietas Coklat dan Hijau. Thesis. Jurusan Budidaya Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya
- Enriquez, S., Susana, A and Carlos, M.D. 1994. Light Absorption by Marine Macrophytes. Santa Barbara. Spain
- Green. B. R and Durnford, D. G. 1996. The Chlorophyll-Carotenoid Protein of Oxygenic Photosynthesis. *Plant Physiology* 47 : 685-714
- Grossman, A.R., Bhaya, D., and He, Q.F. (2001). Tracking the light environment by cyanobacteria and the dynamic nature of light harvesting. *J. Biol. Chem.* 276 : 11449-11452
- Gross, J. 1991. Pigmen in Vegetables. Van Nostrand Reinhold, New York
- Hall, D. O. dan Rao, K. K. 1999. Photosynthesis. Sixth Edition. The Press Syndicate of The University of Cambridge. Australia
- Harborne, J. B. 1987. Metode Fitokimia. Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan. Terbitan Kedua. ITB. Bandung
- Heldt, H. W. 2005. Plant Biochemistry. Third Edition. Elsevier Inc. USA
- Hopkind, W. G. 1997. Introdution to Plant Physiology. Second Edition. John Wiley and Sons, Inc. London
- Ismail, W. 1992. Budidaya Rumput Laut Jenis Alga Merah. Makalah Aplikasi Teknologi. Kupang NTT
- Kahar, I., Imah, M. M dan A. Martinus. 1992. Budidaya Rumput Laut *Euचेuma spinosum* dengan Menggunakan Berbagai Ukuran Rakit Terapung di Teluk Lekang, Kabupaten Takalar. *Jurnal Penelitian Budidaya Pantai*. Balai Pusat Penelitian Budidaya Pantai. Maros. 8 (2) : 1992.
- Kehoe, D.M., and Grossman, A.R. (1997). New classes of mutants in complementary chromatic adaptation provide evidence for a novel four-step phosphorelay system. *J. Bacteriol.* 179 : 3914-3921
- Kursar, T and Alberte, R. S. 1983. Plant Physiology. 72 : 409-414

- Lakitan, B. 2004. Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta
- Lei, T. T., Tabuchi, R., Kitao, M and Koike, T. 1996. Fuctional Relationship Between Chlorophyll Content and Leaf Reflektance and Light Capturing Efficiency of Japanese Forest Spesies. *Physiologis Plantarum*, 96 : 411-418
- Liewellyn, C. A., Mantoura, R. F. C and Brereton, R. G. 1990. Product of Chlorophyll Photodegradation-1. *Detection and Separation, Photochemistry and Photobiology*, 52 (5) : 1037-1041
- Menda, V. 2001. Analisis Pigmen Alga Merah *Kappaphycus alvarezii* (Doty). Selama Pertumbuhan di Perairan Pesisir Pulau Nain, Minahasa
- Mubarak. 1990. Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut. Departemen Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pusat Penelitian dan Pengembangan. Jakarta
- Neish, I. C. 2006. Cahaya dan Pertumbuhan Rumput Laut. SEAPlantNet
- Nicklin, J., Cook, K. G., Paget, T and Killington, R. A. 1999. Instant Notes in Microbiology. BIOS Scientific Publishers. Springer Verlag. Singapore
- Nurviyati, N., Arfiati, D dan Risjani, Y. 1998. Studi Pertumbuhan *E. cottonii* di Perairan Pantai Desa Pekandangan Barata Kecamatan Bluto Kabupaten Sumenep. *Jurnal Penelitian Perikanan*. 2 (1) : 25-29
- Prisdimminggo, M. N., Waid, S. A dan Daud, R. 1998. Pengaruh Waktu Tanam terhadap Produksi, Produktifittas dan Laju Pertumbuhan Harian pada Budidaya Rumput Laut *E. cottonii* dengan Metode Rakit. Prosiding Simposium Perikanan Indonesia II. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Universitas Hasanuddin. Sulawesi Selatan
- Rahayu, P dan Limantara, L. 2005. Studi Lapangan Kandungan Klorofil In Vivo Beberapa Spesies Tumbuhan Hijau di Salatiga dan Sekitarnya. Seminar Nasional MIPA. UI
- Risjani, Y. 2004. Potensi Sumberdaya Rumput Laut di Jawa Timur dan Jenis-jenis Ekonomis Penting. Universitas Brawijaya. Malang
- Rhie, Gi-eun and Beale, S. I. 1995. Phycobilin Biosynthesis : Reductant Requirements and Product Identifikation for Heme Oksigenase from *Cyanidium caldarium*. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 320(1) : 182-194
- Salisbury, F. B dan Ross, C. W. 1995. Fisiologi Tumbuhan. Jilid 2. Biokimia Tumbuhan. Edisi keempat. ITB. Bandung

- Santelices, B; Aedo, D dan Hoffman, A. 2002. Bank of Microscopic Form and Survival to Darkness of Propagulates and Microscopic Stage of Macroalgae. *Revista Chilena de Historia Natural*. 75: 547-555
- Schopfer, M. 1995. Plant Physiology. Springer-Verlag, Berlin
- Sri Amini dan Parenrengi, A. 1995. Pengaruh Variasi Komposisi Pupuk terhadap Pertumbuhan Rumput Laut, *Eucheuma cottonii* pada Kultur In Vitro. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*, 1 (3): 47-54
- Strand, Å., Asami, T., Alonso, J., Ecker, J.R., and Chory, J. 2003. Chloroplast to nucleus communication triggered by accumulation of Mg-protoporphyrin IX. *Nature*, 421 : 79-83
- Sunarpi; Jupri; Suropto; Gazali, M; Salikin; Karlina; Rusman dan Suastika, I. B. M. 2006. Distribusi Strain Rumput Laut pada Berbagai Kondisi Ekologi Perairan Lombok. Makalah Forum Perencanaan Budidaya Laut dan Payau. Lombok Tengah.
- Taiz, L and Zeiger, E. 2002. Plant Fisiology. Third Edition. Sinauer Associates, Inc. Sunderland. Massachusetts
- Ting, C. S., Rocap, G and King Jand Crisholm, S. W. 2002. Cyanobacterial Photosynthesis in The Ocean : The Origins and Significance of Divergent Lightharvesting Strategies
- Torres, M., Niell, F. X and Algarra, P. 1991. Photosynthesis of *Gellidium sesquipedale* : Effect of Temperature and Light on Pigment Concentration, C/N Ratio and Cell Wall Polysaccharides. *Hydrobiologia* 221: 77-82.
- Uno, G., Storey, R and Moore, R. 2001. Prinsiple of Botany. Mc Graw-Hill Higher Education. London
- Winarno, F. G dan Aman, M. 1992. Fisiologi Lepas Panen. Sastra Budaya. IPB. Bogor
- . 1996. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta