



EFEK SPEKTRUM CAHAYA TERHADAP PERTUMBUHAN

Gracilaria verrucosa

SKRIPSI

Oleh

Mustofa

NIM.071810201100

JURUSAN FISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PANETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS JEMBER

2013



EFEK SPEKTRUM CAHAYA TERHADAP PERTUMBUHAN
Gracilaria verrucosa

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Fisika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Sains

oleh

MUSTOFA
NIM 071810201100

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan kepada :

1. kedua orang tua tercinta, Bapak Sawak dan Ibu Sariyem terima kasih atas kasih sayang, dukungan, nasihat dan doa yang senantiasa mengiringi langkah bagi keberhasilanku, semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan kasih sayang-Nya;
2. keluarga Bapak Ujang Fahmi Abdillah S. Si., dan Bapak Hadi S, yang banyak memberikan dukungan selama kuliah;
3. Almamater yang kubanggakan di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah kepada Allah SWT, skripsi ini saya persembahkan kepada :

4. kedua orang tua tercinta, Bapak Sawak dan Ibu Sariyem terima kasih atas kasih sayang, dukungan, nasihat dan doa yang senantiasa mengiringi langkah bagi keberhasilanku, semoga Allah SWT melimpahkan rahmat dan kasih sayang-Nya;
5. keluarga Bapak Ujang Fahmi Abdillah S. Si., dan Bapak Hadi S, yang banyak memberikan dukungan selama kuliah;
6. Almamater yang kubanggakan di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.

MOTTO

"Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat."

(terjemahan Q.S Al-Mujadalah: 11)¹⁾

¹⁾Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Yayasan Penyelenggara Penterjemah/Pentafsir Al-Qur'an.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mustofa

NIM : 071810201100

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “*Efek Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Gracilaria verrucosa*” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian bersama dosen dan mahasiswa, dan hanya dapat dipublikasikan dengan mencantumkan nama dosen dan pembimbing.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 6 April 2013

Yang menyatakan,

Mustofa.
NIM 071810201100

PRAKATA

Alhamdulillahirobilalamin, segala syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ *Efek Spektrum Cahaya terhadap Pertumbuhan Gracilaria verrucosa*”. Karya ilmiah ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Fisika di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Dalam penulisan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik itu berupa dorongan, nasehat, saran maupun kritik yang sangat membantu. Oleh karena pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs.Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc, PhD., selaku Dosen Pembimbing Utama, Dra. Arry Yuariatun Nurhayati., selaku Dosen Pembimbing Anggota, yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan dan saran dalam penulisan skripsi ini;
2. Dr. Edy supriyanto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Penguji I, Endhah Purwandari S.Si, M.Si; selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan, kritik, dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. semua pihak yang telah membantu dengan tulus dan ikhlas dalam penyelesaian skripsi.

Penulis menyadari bahwa karya skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu dengan senang hati dan tangan terbuka penulis menerima saran dan kritik yang berguna untuk menyempurnakan skripsi ini.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan pengetahuan bagi yang membacanya.

Jember, Juli 2013

Penulis

SKRIPSI

EFEK SPEKTRUM CAHAYA TERHADAP PERTUMBUHAN *Gracilaria verrucosa*

Oleh
Mustofa
NIM 071810201100

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Y. Nurhayati.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul *Efek Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Gracilaria verrucosa* telah diuji dan disahkan pada :

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

DPU,

DPA,

Drs. Yuda Cahyoargo Hariadi, M.Sc., Ph.D.

NIP 19620311 198702 1 001

Dra. Arry Y. Nurhayati

NIP 196109091986012001

Penguji I,

Penguji II,

Dr Edy Supriyanto S.Si, M.Si

NIP 196712151998021001

Endhah Purwandari S.Si, M.Si

NIP. 198111112005012001

Mengesahkan

Dekan,

Prof. Drs. Kusno, DEA., Ph.D.

NIP 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Efek Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*; Mustofa, 071810201100; 2013: 62 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil dan pengeksport rumput laut yang cukup penting di Asia. Sebagai salah satu komoditas perdagangan internasional, rumput laut telah dieksport oleh lebih dari 30 negara. Dari beberapa jenis rumput laut telah mampu dikembangkan ratusan jenis produk yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, antara lain pada industri pangan dan non pangan. Jenis rumput laut yang berpotensi untuk dikembangkan adalah *Gracilaria verrucosa*. Rumput laut jenis ini mengandung bahan penting yang mempunyai bahan komersial yaitu agar-agar yang dapat dimanfaatkan dibidang kosmetik, makanan dan sebagai bahan proses produksi.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui bagaimana efek spektrum cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan informasi tentang budidaya rumput laut *Gracilaria verrucosa*.

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan penumbuhan pada variasi spektrum cahaya merah, hijau, biru, putih dan tiga warna. Sampel diambil dari tambak di Desa Sumiring, Dusun Kalbut, Kecamatan Mangaran, Kabupaten Situbondo. Sebelum diberikan perlakuan terlebih dahulu rumput laut *Gracilaria verrucosa* ditumbuhkan dalam akuarium untuk diadaptasi selama 2 minggu. Laju pertumbuhan massa harian (*daily growth rate*) dan pertumbuhan panjang nisbi diukur setiap tiga hari sekali dalam satu minggu selama empat minggu secara terus menerus. Pada akuarium pemeliharaan digunakan sebanyak 10 sampel dari masing-masing perlakuan spektrum cahaya yang berbeda. Sampel yang telah ditanam dalam akuarium ditumbuhkan pada salinitas dan pH yang sama selama penelitian. Media air

laut setiap minggu diganti dengan air laut yang baru dengan menambahkan dua pertiga air baru dari air yang disisakan sebanyak sepertiga bagian.

Hasil penelitian didapatkan bahwa spektrum cahaya yang berbeda memberikan efek yang berbeda pada rata-rata laju pertumbuhan massa harian dan rata-rata laju pertumbuhan nisbi dalam setiap minggu pada *Gracilaria verrucosa* yang ditumbuhkan dalam skala laboratorium selama empat minggu. Pada hasil juga didapatkan bahwa spektrum cahaya yang berbeda memberikan efek pertumbuhan yang berbeda pula pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* pada pengukuran kadar air dan efek visual yang diperoleh pada spektrum cahaya merah, hijau, biru, putih dan tiga warna.

Hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa spektrum cahaya memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Rumput laut *Gracilaria verrucosa* dapat tumbuh baik pada spektrum cahaya yang berintensitas tinggi yaitu pada spektrum cahaya biru dan spektrum cahaya putih. Kesuburan *Gracillaria verrucosa* juga ditentukan oleh salinitas dan pH yang mendukung pada pertumbuhan panjang dan massa *Gracillaria verrucosa*. Salinitas yang digunakan dalam penelitian yaitu sebesar 25 ppt dan pH dalam seluruh pengukuran mempunyai kisaran 8.4.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Spektrum Cahaya	6
2.2 <i>Gracilaria verrucosa</i>	7
2.2.1 Anatomi dan Taksonomi.....	7
2.2.2 Habitat dan Penyebaran.....	9
2.2.3 Perkembangbiakan.....	9

2.2.4 Pertumbuhan dan Pengaruh Faktor Lingkungan.....	11
2.2.4.1 Faktor Lingkungan.....	11
2.2.4.2 Faktor Biologis.....	16
2.3 Efek Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan	
<i>Gracilaria verrucosa</i>	18
2.4 Budidaya Rumput Laut.....	21
2.5 Pertumbuhan Rumput Laut.....	23
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	25
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.3 Disain Percobaan.....	26
3.4 Tahap Penelitian	27
3.4.1 Tahap Persiapan	27
3.4.2 Tahap Penanaman.....	30
3.4.3 Tahap Pengukuran atau Pengambilan Sampel Data	31
3.4.4 Tahap Analisa Data	32
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil dan Analisis Data	34
4.1.1 Hasil dan Analisis Data Laju Pertumbuhan Harian (Daily Growth Rate) <i>Gracilaria. Verrucosa</i>	34
4.1.2 Hasil Data Pertumbuhan Panjang Nisbi <i>Gracilaria verrucosa</i>	36
4.1.3 Hasil dan Analisis Data Kadar Air <i>Gracilaria. verrucosa</i>	39
4.1.4 Hasil Foto dan Analisis Pengamatan Visual <i>Gracilaria verrucosa</i> yang Ditumbuhkan pada Berbagai Spektrum Warna Cahaya (Merah, Hijau, Biru, Putih, dan Tiga warna (Biru, merah, hijau).....	40
4.2 Pembahasan.....	43

BAB 5. PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	52
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
2.1 Spektrum Radiasi Elektromagnetik.....	19
3.1 Tahap Penelitian.....	27
3.2 Intensitas Cahaya yang diperoleh masing-masing Perlakuan...	28
4.1 Hasil pengukuran nilai rata-rata dan <i>standard error</i> (s.e) laju pertumbuhan massa harian (DGR).....	34
4.2 Hasil pengukuran nilai rata-rata dan <i>standard error</i> (s.e) laju pertumbuhan panjang rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	37
4.3 Hasil pengukuran nilai rata-rata dan <i>standard error</i> (s.e) kadar air (KA) rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	39

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Rentang Spektrum Gelombang elektromagnetik	6
2.2 <i>Gracilaria verrucosa</i>	8
2.3 Daur hidup <i>Gracilaria verrucosa</i>	10
3.1 (A) Gambar Bibit Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i> , (B) Pengemasan Bibit Rumput Laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	25
3.2 Disain peralatan penelitian.....	26
3.3 Lux meter (A) dan timer (B).....	29
3.4 Gambar penataan lampu <i>fluorescent (FL)</i> sebagai sumber cahaya.....	29
3.5 Bibit rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> sebelum dipilih (A), bibit rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> setelah dipilih (B).....	30
3.6 pH meter (A) dan Refraktometer (B).....	32
4.1 Grafik nilai laju pertumbuhan berat harian (DGR) (%) rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> dengan variasi spektrum cahaya merah, hijau, biru, putih dan tiga warna (Biru, merah, hijau).....	36
4.2 Grafik nilai laju pertumbuhan panjang nisbi (%) rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> dengan variasi spektrum cahaya merah, hijau, biru, putih dan tiga warna (Biru, merah, hijau).....	38
4.3 Grafik nilai kadar air (%) rumput laut <i>Gracilaria. verrucosa</i> dengan variasi perlakuan spektrum cahaya merah, hijau, biru, putih dan tiga warna (Biru, merah, hijau).....	40
4.4 Gambar visualisasi rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
LAMPIRAN A	Gambar alat dan bahan..... 63
LAMPIRAN B	Tabel Hasil Pengukuran Laju Pertumbuhan massa Harian (DGR) <i>Gracilaria verrucosa</i> 64
LAMPIRAN C	Tabel Hasil Pengukuran Pertumbuhan Panjang Relatif <i>Gracilaria verrucosa</i> 70
LAMPIRAN D	Tabel Hasil Pengukuran Kadar Air <i>Gracilaria verrucosa</i> 76
LAMPIRAN E	Tabel Hasil Pengukuran Parameter Penunjang <i>Gracilaria verrucosa</i> 80
LAMPIRAN F	Gambar hasil pengamatan visual pertumbuhan <i>Gracillaria verrucosa</i> 87

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil dan pengeksport rumput laut yang cukup penting di Asia, dengan produksi yang meningkat dalam tiap tahunnya seperti dalam tabel 1.1 berikut. Terlihat pada tabel produksi rumput laut lima tahun terakhir (2001-2005) berturut-turut adalah 27.874 ton, 28.560 ton, 40.162 ton, 51.011 ton dan 69.264 ton, dengan nilai masing-masing US 17.229 \$, US 15.785 \$, 20.511 \$, US 25.296 \$ dan US 35.555 \$ (Demersal, 2006). Sebagai salah satu komoditas perdagangan internasional, rumput laut telah dieksport oleh lebih dari 30 negara. Anonim (2005) menunjukkan bahwa rumput laut mempunyai nilai ekonomis yang sangat penting untuk dikembangkan.

Table 1.1 Produksi rumput laut 5 tahun terakhir

Tahun	Jumlah (ton)	Nilai (US \$)
2001	27.874	17.229
2002	28.560	15.785
2003	40.162	20.511
2004	51.011	25.296
2005	69.264	35.555

Sumber: Demersal, 2006

Atmadja (1996) menyatakan rumput laut merupakan salah satu sumber daya laut yang sangat potensial, terdapat sekitar 18.000 jenis rumput laut di seluruh dunia dan 25 jenis diantaranya memiliki nilai ekonomi tinggi. Di Indonesia terdapat 555 jenis rumput laut dan empat jenis diantaranya dikenal sebagai komoditas ekspor,

yaitu *Euchema* sp, *Gracilaria* sp, *Gelidium* sp dan *Sargasum* sp (Alamsjah dkk, 2010). Dari beberapa jenis rumput laut telah mampu dikembangkan ratusan jenis produk yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, antara lain pada industri pangan dan non pangan (Dikjen DKP, 2003).

Jenis rumput laut yang berpotensi untuk dikembangkan adalah *Gracilaria verrucosa*. Rumput laut jenis ini mengandung bahan penting yang mempunyai bahan komersial yaitu agar-agar yang dapat dimanfaatkan di bidang kosmetik, makanan dan sebagai bahan proses produksi. Agar-agar ini mempunyai fungsi yang sama dengan alginat yaitu sebagai bahan pengental dan penyerap air dalam industri makanan (Aslan, 1990; Winarno, 1990). Peluang ekspor untuk rumput laut ini sangat besar dari tahun ke tahun permintaannya terus meningkat sehingga tidak dapat mengandalkan pemanenan dari alam saja, tetapi harus diimbangi dari hasil budidaya. Budidaya merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan jumlah dan menjamin kelancaran tersedianya bahan baku untuk industri, sehingga untuk saat ini *Gracilaria verrucosa* sudah mulai banyak dibudidayakan terutama di tambak. Metode yang digunakan kebanyakan menggunakan teknik rakit terapung atau teknik dasar (Pramesti *et al.*, 1996).

Rumput laut *Gracilaria verrucosa* termasuk dalam divisi *Rhodophyta*. Pertumbuhan rumput laut dan distribusinya dipengaruhi oleh cahaya. Cahaya ini diperlukan untuk proses fotosintesis, pigmen untuk berlangsungnya fotosintesis diantaranya klorofil a dan *phycoerithrin*. Menurut Dawes (1981), pada perairan yang dalam spektrum cahaya semakin berkurang kualitasnya sehingga untuk tetap berlangsungnya fotosintesis maka *Gracilaria verrucosa* mengaktifkan fungsi *phycorythrin*. *Phycoerythin* merupakan pigmen pelengkap yang menyerap cahaya dan energi untuk diteruskan kepada klorofil a untuk fotosintesis. Penambahan *phycoerythin* tersebut pada *Gracilaria* sp menyebabkan warna talus menjadi merah.

Cahaya mempunyai peranan yang sangat penting terhadap proses fotosintesis yang mempengaruhi intensitas dan panjang gelombang (Sudiaji, 2005). Penetrasi cahaya merupakan salah satu faktor pembatas untuk pertumbuhan rumput laut,

apabila cahaya yang diterima berada di bawah tingkat kebutuhan, maka energi yang dihasilkan melalui proses fotosintesa tidak seimbang atau tidak terpenuhi, apabila cahaya yang diterima terus menerus dapat menyebabkan tumbuhan makin lama makin mati (Ruswahyuni *et al.*, 1997). Menurut Dahuri (2003), parameter ekosistem utama yang merupakan sarat tumbuh rumput laut adalah (1) intensitas cahaya (2) musim dan suhu (3) salinitas (4) pergerakan air dan (5) zat hara. Dawes (1998) 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. Menurut Aslan (2003), rumput laut *Gracilaria verrucosa* berkembang baik pada intensitas cahaya 400 lux.

Cahaya matahari merupakan gelombang elektromagnetik. Cahaya dapat didispersikan menjadi beberapa spektrum warna yang memiliki panjang gelombang berbeda, dimana cahaya ungu merupakan panjang gelombang terpendek, sedangkan cahaya merah merupakan panjang gelombang terpanjang. Perbedaan panjang gelombang tersebut mempengaruhi pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* melalui perbedaan energi yang dihasilkan pada proses fotosintesis. Hopkin (1999) menyatakan cahaya yang dapat dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis yaitu cahaya tampak dengan panjang gelombang antara 400-740 nanometer. Energi dalam tiap foton berbanding terbalik dengan panjang gelombang, jadi panjang gelombang ungu dan biru mempunyai energi foton yang lebih tinggi daripada cahaya jingga (orange) dan merah (Pramesti, 2007).

Budidaya *Gracilaria verrucosa* pada dasarnya sangat memerlukan adanya pencahayaan untuk proses fotosintesis yang nantinya berpengaruh terhadap pertumbuhannya. Menurut Ayuningtiaz *et al.* (2010), lampu *fluorescent* (FL) dapat digunakan sebagai pengganti cahaya sinar matahari, untuk mengetahui lama penyinaran terbaik dari lama penyinaran yang berbeda-beda yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan jumlah klorofil a pada rumput laut *Gracilaria verrucosa*. Dengan menggunakan lampu *fluorescent* (FL) warna merah, hijau, biru

dan campuran merah hijau dan biru pada penelitian ini diharapkan adanya spektrum cahaya terbaik yang dapat mempengaruhi proses pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*.

1.2 Rumusan masalah

Mengacu pada uraian di atas, dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana efek spektrum cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai adalah mengetahui efek spektrum cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui efek spektrum cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*.
- b. Memberikan tambahan informasi pada budidaya rumput laut *Gracilaria verrucosa*.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

- a. Penelitian ini dilakukan pada rumput laut jenis *Gracilaria verrucosa* yang telah dibudidayakan di tambak.
- b. Obyek yang akan diteliti adalah pertumbuhan *Gracillaria verrucosa* dengan pengaruh spektrum cahaya dari lampu *fluorescent (FL)*.
- c. Kondisi media penanaman, pH (derajat keasaman), salinitas dan suhu setiap pengukuran dibuat sama, melalui pengontrolan budidaya.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Spektrum Cahaya

Pada tahun 1873, J.C. Maxwell secara teori menjabarkan kemungkinan adanya gelombang elektromagnetik di alam yang menjalar dengan kecepatan sebesar kecepatan cahaya. Kemudian secara eksperimen Heinrich Hertz pada tahun 1888, dengan memakai osilasi dipol listrik, berhasil memperoleh gelombang elektromagnetik, yakni gelombang mikro, yang ternyata dapat dipantulkan, dibiaskan, difokuskan dengan lensa dan seterusnya sebagaimana lazimnya cahaya. Sejak itu, cahaya diyakini sebagai gelombang elektromagnetik transversal. Yang dimaksud dengan gelombang elektromagnetik ialah gelombang medan listrik dan kuat medan magnet di setiap titik yang dilalui gelombang elektromagnetik itu berubah-ubah terhadap waktu secara periodis dan perubahan itu di jalankan sepanjang arah menjalarnya gelombang (Soedjojo, 1992).

Gelombang elektromagnetik meliputi cahaya, gelombang radio, gelombang mikro, inframerah, cahaya tampak, ultraviolet, sinar X dan sinar gamma (Tipler, 2001). Berbagai jenis gelombang elektromagnetik tersebut hanya berbeda dalam panjang gelombang dan frekuensinya, yang dihubungkan dengan persamaan:

$$f = c/\lambda \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana f = frekuensi (Hz)

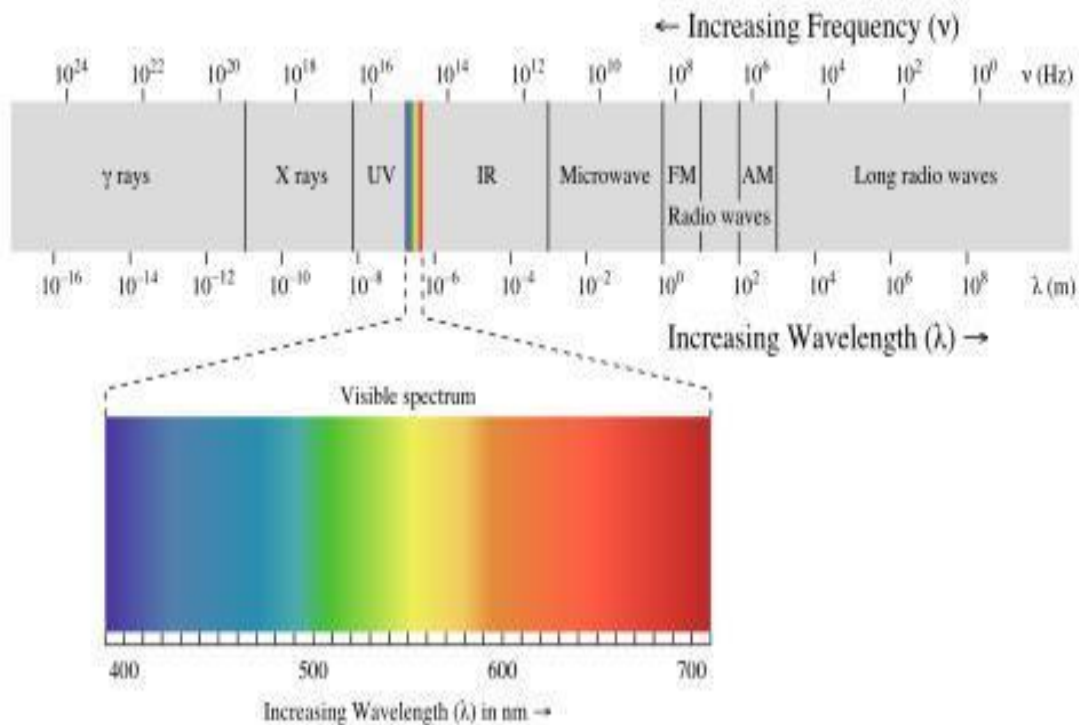
c = kecepatan cahaya (m/s)

λ = panjang gelombang (m)

Cahaya merupakan sebagian dari gelombang elektromagnetik yang dapat dilihat mata dengan komponennya yaitu cahaya merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu.

Panjang gelombang cahaya berada pada kisaran antara 0,2 μm sampai dengan 0,5 μm , yang bersesuaian dengan frekuensi antara 6×10^{15} Hz hingga 20×10^{15} Hz (Ekajati dan Priyambodo, 2010).

Dua properti cahaya yang paling jelas dapat langsung dideskripsikan dengan teori gelombang untuk cahaya adalah intensitas (atau kecerahan) dan warna. Intensitas cahaya merupakan energi yang dibawanya persatuan waktu dan sebanding dengan kuadrat amplitudo gelombang. Warna cahaya berhubungan dengan panjang gelombang atau frekuensi cahaya tersebut. Cahaya tampak yaitu cahaya yang sensitif pada mata kita jatuh pada kisaran 400 nm sampai 750 nm. Kisaran ini dikenal sebagai spektrum tampak, dan di dalamnya terdapat warna ungu sampai merah (Giancoli, 2001).



Gambar 2.1 Rentang spektrum gelombang elektromagnetik

Sumber: <http://www.google.co.id>

Cahaya matahari merupakan gabungan cahaya dengan panjang gelombang dan spektrum warna yang berbeda-beda (Sears, 1949; Nybakken, 1988; Alpen, 1990).

Spektrum gelombang elektromagnetik meliputi gelombang radio dan televisi, gelombang mikro, gelombang inframerah, gelombang tampak (*visible light*), gelombang ultraviolet, sinar X dan sinar gamma. Dari spektrum gelombang elektromagnetik tersebut hanya bagian yang sangat kecil yang dapat ditangkap oleh indera penglihatan yaitu cahaya tampak (*visible light*) (gambar 2.1). Pada gambar 2.1 dapat dilihat perbedaan panjang gelombang dan frekuensi dari cahaya tampak menimbulkan warna yang berbeda yaitu merah, jingga, kuning, hijau, biru, nila dan ungu yang disebut juga spektrum tampak. Daya tembus dari setiap spektrum tampak tersebut pada kolom air yang sama adalah berbeda-beda (Nybakken, 1988). Spektrum cahaya yang memiliki panjang gelombang pendek memiliki daya tembus yang lebih dalam dibandingkan gelombang panjang. Pada air jernih gelombang yang sedikit diserap adalah gelombang pendek (Sunarto, 2008).

Cahaya mempunyai dua sifat yaitu sifat gelombang dan sifat partikel. Sifat partikel cahaya umumnya dinyatakan dalam foton atau kuantum, yaitu suatu paket energi yang mempunyai ciri tersendiri, yang masing-masing foton mempunyai panjang gelombang tertentu. Energi dalam tiap foton berbanding terbalik dengan panjang gelombang. Jadi panjang gelombang ungu dan biru mempunyai energi foton yang lebih tinggi daripada cahaya jingga (orange) dan merah (Pramesti, 2007).

2.2 *Gracilaria verucosa*

2.2.1 Anatomi dan Taksonomi

Alga dimasukkan ke dalam divisi *Thallophyta* (tumbuhan *berthallus*) karena memiliki struktur kerangka tubuh (morfologi) yang tidak berdaun, berbatang dan berakar, semuanya terdiri dari *thallus* (batang saja) (Aslan, 2003). Selanjutnya beberapa variasi spesies ditentukan berdasarkan pada morfologinya, anatominya, atau berdasarkan pada alat reproduksi jantan.

Jana (2006) menyatakan bahwa sistematika rumput laut *Gracillaria verrucosa* dapat digolongkan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Sub kingdom : Rhodoplantae
Divisio : Rhodophyta
Sub division : Eurhodophyta
Kelas : Rodhophycease
Ordo : Gigartinales
Famila : Gracilariacease
Genus : *Gracilaria*
Spcies : *Gracilaria verrucosa*

Ciri-ciri umum spesies *Gracilaria verrucosa* memiliki *thallus* berbentuk silindris, permukaanya licin. *Thallus* tersusun oleh jaringan yang kuat, bercabang-cabang dengan panjang kurang lebih 250 mm, garis tengah cabang antara (0,5-2,0) mm (Dawes, 1981). Percabangan berseling tidak beraturan, memusat ke arah pangkal. Cabang lateral memanjang menyerupai rumput, ukuran panjangnya sekitar 25 cm dengan diameter *thallus* (0,5-1,5) mm (Anggadireja dkk, 2006). *Thallus* menyempit pada pangkal percabangan dan meruncing pada ujung-ujungnya, sifat substansi *thallus Gracillaria* menyerupai gel atau lunak sperti tulang rawan (Risiani, 2004).



Gambar 2.2 *Gracilaria verrucosa*

2.2.2 Habitat dan Penyebaran

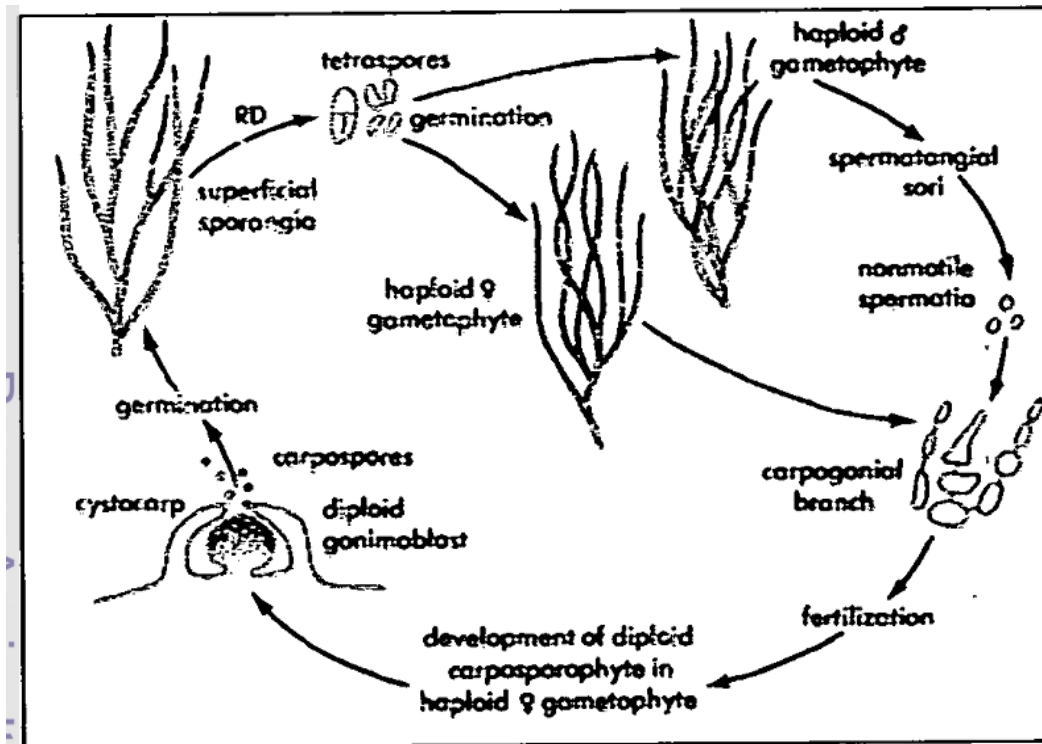
Gracillaria verrucosa bersifat eurihalin, hidup dan tumbuh pada kisaran salinitas yang sempit antara 20 sampai 30 permil dan tersebar luas pada wilayah tropis (Risiani,2004). Pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* umumnya lebih baik di

daerah dangkal daripada di tempat yang dalam. Tumbuh melekat pada substrat karang di terumbu karang berarus sedang, disamping juga dapat tumbuh di sekitar muara sungai. Alga jenis ini sekarang merupakan tanaman budidaya di tambak yang banyak dijumpai di daerah Takalar, Sulawesi selatan. Jenis rumput laut ini hidup kosmopolit, karena tidak mempunyai akar sebenarnya, rumput laut menempel pada substratnya (*fitobentes*) dan seluruh bagian *thallus* mengambil makanan dari air sekitarnya dengan cara osmosa. Di alam substrat itu dapat merupakan lumpur, pasir, karang, fragmen karang mati, kulit kerang, batu dan kayu. Tumbuhan yang melekat pada tumbuhan lainnya disebut *epiphyt* (Mubarok,1990). Selanjutnya *Gracilaria verrucosa* dapat hidup pada perairan yang tenang atau di tempat tergenang (kolam atau tambak), bersubstrat dasar lumpur dan mempunyai toleransi yang tinggi terhadap kisaran salinitas yang cukup besar (Sulistijo, 1985).

Menurut Soegito (1987), *Gracilaria verrucosa* dapat tumbuh di berbagai kedalaman, namun pada umumnya pertumbuhan jenis ini lebih baik di tempat dangkal dari pada di tempat yang dalam. Di samping itu, sebagian besar *Gracillaria verrucosa* lebih menyukai intensitas cahaya yang tinggi dan suhu merupakan faktor penting untuk pertumbuhan serta perkembangbiakannya. Suhu optimum untuk pertumbuhan adalah antara (20-28) °C.

2.2.3 Perkembangbiakan.

Rumput laut dapat berkembangbiak secara aseksual dengan pembelahan sel, perkembangbiakan spora dan fragmentasi sedangkan secara seksual dengan pembentukan gamet-gamet yang akan bersatu menjadi kaspoporosit. Siklus hidupnya mengalami pergantian generasi antar fase vegetatif (aseksual) dan fase generatif (seksual). Seperti umumnya *Rhodopeciae*, daur hidup *Gracilaria* bersifat 'trifasik' (tiga bentuk pertumbuhan), yang mengalami pergantian generasi antara aseksual dan seksual, yaitu pembentukan satu fase haploid (gametofit jantan dan gametofit betina) dan fase diploid yaitu tetrasporofit dan kartosporofit (Sjafrie, 1990). Daur hidup gracilaria dapat dilihat pada gambar 2.1.



Sumber: Dawson, 1966

Gambar 2.3 Daur hidup *Gracilaria* (Dawson, 1966)

Aslan (1998), menyatakan bahwa musim mempengaruhi produksi spora rumput laut, misalnya produksi maksimal teraspora dan karpospora *Gracilaria* umumnya terjadi pada musim panas. Pengaruh musim terhadap perkembangan rumput laut berkaitan dengan pergerakan ombak dan angin. Pergerakan ombak yang besar dan angin yang bertiup kencang menyebabkan rumput laut terlepas dari substratnya. Selain itu timbulnya arus akibat tiupan angin yang besar mengakibatkan terjadinya pelepasan spora-spora rumput laut yang baru menempel pada substrat tertentu.

2.2.4 Pertumbuhan dan Pengaruh Faktor Lingkungan.

Pertumbuhan adalah suatu peningkatan secara kuantitatif tubuh makhluk hidup yang dapat dikontrol oleh dua faktor yaitu genetika dan lingkungan. Menurut Aslan (1998) pertumbuhan rumput laut *Gracillaria verrucosa* dipengaruhi oleh faktor

lingkungan seperti cahaya, substrat, pH, salinitas, suhu, gerakan air, zat hara (nitrat dan fosfat), dan faktor biologis seperti hama pengganggu.

2.2.4.1 Faktor Lingkungan

a. Cahaya

Cahaya matahari merupakan sumber energi dalam proses fotosintesis. *Gracilaria verrucosa* sebagai tumbuhan berklorofil, maka fotosintesis merupakan proses utama penentu laju pertumbuhannya. Hal ini dikarenakan fotosintesis merupakan proses pengubahan zat organik dengan bantuan sinar matahari yang kemudian digunakan oleh tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang secara normal (Rifai, 2002). Selanjutnya Kadi dan Atmadja (1998) menyatakan bahwa mutu dan banyaknya cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut.

Kecerahan perairan berhubungan erat dengan penetrasi cahaya matahari. Kecerahan perairan yang ideal untuk makroalga dalam memperoleh cahaya matahari lebih dari 1 m. Air yang keruh dapat menghalangi tembusnya cahaya matahari ke dalam air sehingga proses fotosintesis menjadi terganggu. Disamping itu kotoran dapat menutupi permukaan *thallus* dan menyebabkan *thallus* tersebut membusuk dan patah. Secara keseluruhan kondisi ini akan mengganggu pertumbuhan dan perkembangan rumput laut (DKP, 2004).

b. Suhu dan Musim

Selain beradaptasi terhadap cahaya, *Gracilaria verrucosa* juga memiliki kemampuan beradaptasi yang baik terhadap suhu. Kemampuan adaptasi *Gracilaria verrucosa* sangatlah bervariasi tergantung pada lingkungan dimana tumbuhan tersebut hidup. Suhu mempengaruhi daya larut gas-gas yang diperlukan untuk fotosintesis seperti CO_2 dan O_2 , gas-gas ini mudah terlarut pada suhu rendah dari pada suhu tinggi akibatnya kecepatan fotosintesis ditingkatkan oleh suhu rendah. Panas yang diterima permukaan laut dari sinar matahari menyebabkan suhu di

permukaan perairan bervariasi berdasarkan waktu. Perubahan suhu ini dapat terjadi secara harian, musiman, tahunan atau dalam jangka waktu panjang (Romimohtarto, 2001).

Suhu dan musim mempunyai keterkaitan yang erat dan keduanya sangat mempengaruhi kehidupan rumput laut. Sebagai contoh, produksi maksimal tetraspora dan kartsospora *Gracillaria verrucosa* hanya terjadi pada musim panas. Begitu pula dengan pembentukan gametofit dan sporafitnya (Dahuri, 2003). Suhu air meskipun tidak berpengaruh mematikan namun dapat menghambat pertumbuhan rumput laut. Perbedaan suhu air yang terlalu besar antara siang dan malam hari dapat mempengaruhi pertumbuhan. Hal ini sering terjadi di perairan yang terlalu dangkal. Rumput laut biasanya dapat tumbuh dengan baik di daerah yang mempunyai suhu antara (26-30)°C (Afrianto dan Liviawati, 2001). Kondisi ideal untuk pembudidayaan rumput laut adalah dengan transparansi penglihatan 1,5 m (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2000).

b. Subtrat

Rumput laut memerlukan subtrat sebagai tempat menempel biasanya pada karang mati, moluska, pasir dan lumpur. Menurut Dawson (1956), pantai berkarang merupakan tempat hidup yang baik bagi sejumlah besar spesies rumput laut dan hanya sedikit yang hidup di pantai berpasir. Namun *Gracilaria verrucosa* dapat tumbuh dengan subtrat tanah berlumpur.

d. Kadar garam

Salinitas merupakan salah satu parameter kualitas air yang cukup berpengaruh pada organisme dan tumbuhan yang hidup di perairan laut (Samsuari, 2006). Salinitas akan menyebabkan adanya turgor antara bagian dalam dan luar rumput laut (Luning, 1990). Budidaya *Gracilaria verrucosa* di Indonesia, kisaran salinitas adalah (18-32) ppt dengan optimum adalah 25 ppt (Kadji dan Atmatja 1998). Menurut Chen (1994), salinitas yang baik untuk pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa*

berkisar antara (23 – 30) ppt dan yang optimum adalah berkisar antara (27– 30) ppt, sedangkan salinitas pada saat pemeliharaan rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada kultur pemeliharaan sebesar 30 ppt. Latif (2008) menyatakan bahwa penurunan dan peningkatan salinitas di atas batas optimum tidak menyebabkan kematian, tetapi mengakibatkan rumput laut kurang elastis mudah patah dan pertumbuhannya akan terhambat.

e. Gerakan air

Gerakan air merupakan salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh pada kegiatan budidaya rumput laut. Kebanyakan spora rumput laut bersifat planktonis sehingga gerakan dan sebarannya dipengaruhi pola dan sifat gerakan air. Selain itu kekuatan gerakan air berpengaruh terhadap perlekatan spora dan substratnya. Spora alga yang tumbuh diperairan tenang seperti *Gracilaria* erat kaitannya dengan ukuran, bentuk, dan lapisan lendir pada spora. Gerakan air berperan penting di dalam memperbaiki kondisi pertukaran zat hara dan menghindarkan pengendapan untuk menunjang pertumbuhan (Aslan, 2003). Di samping itu, pergerakan air dianggap sebagai kunci diantara faktor-faktor oseanografi lain karena massa air dapat menjadi homogen dan pengangkutan zat-zat makanan berlangsung lebih baik dan lancar (Indriani, 2004).

Rumput laut merupakan organisme yang memperoleh makanan (nutrisi) melalui aliran air yang melewatinya. Gerakan air mengalir (arus) yang cukup akan membawa nutrisi yang cukup pula dan sekaligus mencuci kotoran yang menempel pada *thallus*, membantu pengudaraan, dan mencegah adanya fluktuasi suhu air yang besar. Semakin kuat arusnya, pertumbuhan rumput laut akan semakin cepat karena difusi nutrisi ke dalam sel tanaman semakin banyak sehingga mempercepat metabolisme (Soegito *et al.*, 1987). Kecepatan arus yang ideal untuk pertumbuhan rumput laut antara (20-40) m/menit atau (0,03-0,67) m/detik. Indikator arus yang baik pada suatu lokasi yaitu ditandai dengan adanya terumbu karang lunak dan padang lamun yang bersih dari kotoran dan memiliki kemiringan yang searah (DKP,

2004). Menurut Deptan (1990) bahwa ombak dapat terjadi karena angin. Ketinggian ombak yang cocok untuk pertumbuhan rumput laut adalah (10-30) cm.

e. pH

Power of Hydrogen (pH) adalah suatu ukuran dari konsentrasi ion hidrogen dan menunjukkan sifat asam atau basa suatu perairan (Summerfelt, 1997). *Power of Hydrogen* (pH) air selama penelitian berkisar antara 6-8. Aslan (1998) menyatakan bahwa pH optimum bagi budidaya rumput laut berkisar antara 6,8-8,2. Namun Kadji dan Atmadja (1998) menyatakan kisaran nilai pH yang baik untuk budidaya *Gracilaria* di Indonesia antara 8-8,5. Derajat keasaman (pH) optimal air selama budidaya *Gracilaria verrucosa* berkisar antara 6-9 (Luning, 1999). Air laut mempunyai kemampuan untuk mencegah perubahan pH, karena mempunyai sistem penyangga terhadap perubahan yang drastis (Romimohtarto, 1985).

g. *Disolved Oksigen (DO)*

Dissolved osigen atau oksigen terlarut adalah besarnya kandungan oksigen yang terlarut dalam air yang biasa dinyatakan dalam satuan mg/l. Kelarutan oksigen dipengaruhi oleh suhu, tekanan parsial gas-gas yang ada di udara maupun di air, kadar garam dan unsur-unsur yang mudah teroksidasi di dalam perairan, semakin meningkat suhu air, kadar garam, tekanan gas-gas terlarut akan menyebabkan semakin berkurang kelarutan oksigen dalam air (Wardoyo, 1981). Menurut Fardiaz (1992), kejenuhan oksigen dalam air dipengaruhi oleh suhu air, semakin tinggi suhu maka konsentrasi oksigen terlarut semakin turun. Sedangkan menurut Santika (1989), pada dasarnya proses penurunan oksigen dalam air disebabkan oleh proses kimia, fisika dan biologi yaitu proses respirasi baik oleh hewan maupun tanaman.

h. Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan sifat optik yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap oleh bahan-bahan yang terserap dalam air. Kekeruhan merupakan faktor pembatas bagi proses fotosintesis dan produksi primer

perairan karena mempengaruhi penetrasi cahaya matahari (Boyd, 1998). Sutika (1989) mengatakan bahwa kekeruhan dapat mempengaruhi (a) terjadinya gangguan respirasi, (b) dapat menurunkan kadar oksigen (c) terjadinya gangguan terhadap habitat. Selanjutnya Walhi (2006) menyatakan bahwa kekeruhan standar untuk lingkungan rumput laut sebesar 20 g/l.

i. Nutrisi

Unsur hara fosfor dan nitrogen diperlukan oleh rumput laut untuk pertumbuhannya. Umumnya unsur fosfor yang dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan akuatik adalah dalam bentuk ortho-fosfat ($P-PO_4$), sedangkan nitrogen yang dapat diserap dalam bentuk nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), dan amonium (NH_4), namun yang paling banyak diserap oleh tumbuhan adalah dalam bentuk amonium (NH_4), karena dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan. Kadar nitrat (NO_3) di perairan yang tidak tercemar biasanya lebih tinggi dari pada kadar amonium (NH_4). Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan alga, karena nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil (Effendi, 2003). Menurut Aslan (1998), kadar nitrat (NO_3) dan fosfat (PO_4) mempengaruhi reproduksi alga bila zat hara tersebut melimpah di perairan. Kisaran nitrat yang baik di lautan bagi kehidupan organisme adalah 0.01-5 mg/l (Luning, 1990). Menurut Susanto (1999), salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk memacu pertumbuhan pada rumput laut adalah dengan penambahan pupuk organik. Widyastuti *et al.* (2007) menyatakan bahwa pembesaran sel pada tanaman akibat adanya penambahan unsur hara. Unsur hara ini menyebabkan sel mengalami pertumbuhan. Air laut memiliki kandungan unsur hara yang terbatas tidak mencukupi untuk kebutuhan tanaman air dan harus dilengkapi dengan penambahan unsur N dan P sehingga sesuai kebutuhan (Yufdy dan Jumberi, 2002). Keuntungan penggunaan pupuk majemuk, seperti NPK dan TSP adalah lebih lengkap dan seimbang

kandungan unsur haranya, efisien penggunaan dan efisien waktu, sehingga aplikasi di lapangan dapat memungkinkan untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi rumput laut *Gracilaria verrucosa* (Peni *et al.*, 2006).

2.2.4.2. Faktor Biologis

a. Penyakit Ice-ice pada Rumput Laut

Penyakit pada budidaya rumput laut yang sulit ditanggulangi dan berakibat fatal adalah penyakit ice-ice, penyakit tersebut penularannya sangat cepat dan dalam jangka 2 minggu, akan menyebabkan budidaya rumput laut hancur, sehingga tidak dapat dipanen. Hal tersebut dapat ditandai dengan memutih dan memudarnya warna batang yang berlendir dan diselimuti oleh kotoran seperti tepung putih, serta kulit luar atau epidermisnya terkelupas, sehingga terlihat jaringan dalam/mendula pada batang (*thalli*). Terinfeksi pada *thalli* tersebut dimulai dari bagian tertentu, antara lain (Sulistijo, 1996; Yulaianto dan Hatta, 1998):

- 1) Infeksi berawal dari bagian luka pada pangkal stek akibat dari pemetikan atau pemotongan.
- 2) Infeksi dimulai dari bagian yang luka pada bekas gigitan predator ikan.
- 3) Infeksi dimulai dari bagian yang luka karena gesekan atau terlalu erat mengikat rumput laut.
- 4) Infeksi akibat tertularnya bagian batang yang sehat oleh bagian batang yang terinfeksi dari satu rumpun atau berasal dari rumpun yang lain.

b. Hama Pengganggu

Binatang laut seperti moluska dan ikan dapat mempengaruhi persporaan alga. Moluska dapat memakan spora dan dapat menghambat pertumbuhan alga.

Sedangkan ikan herbivora memakan alga sehingga dapat merusak *thalli* dan akan mengurangi jumlah spora yang dihasilkan oleh alga (Aslan, 1998).

Hama yang menyerang tanaman budidaya rumput laut berdasarkan ukurannya dapat dikelompokkan menjadi dua bagian, yaitu hama mikro dan hama makro. Hama mikro yang sering dijumpai pada tanaman budidaya rumput laut adalah larva bulu babi (*Tripneustes*) dan larva teripang (*Holothoria* spp). Larva bulu babi bersifat planktonik (melayang-layang di air) yang kemungkinan menempel pada rumput laut, sehingga menutupi permukaan *thallus* dan menyebabkan *thallus* bewarna kuning. Begitu juga dengan larva teripang, baik sifat maupun penempelannya terhadap rumput laut relatif sama dengan larva bulu babi. Larva ini kemudian tumbuh dan menjadi besar, setelah membesar dapat memakan *thallus* rumput laut dengan cara menyisipkan ujung-ujung cabang rumput laut ke dalam mulutnya (DKP, 2004).

Hama makro yang sering menyerang rumput laut antara lain ikan beronang (*Siganus* spp), bintang laut (*Protoneuses nodosus*), bulu babi (*Diadema* spp), bulu babi duri pendek (*Tripneustes* spp) dan penyu hijau (*Chelonia mydas*). Bulu babi (*Diadema* spp) dan bulu babi duri pendek (*Tripneustes* spp) merupakan hama perusak bagian tengah *thallus*, sehingga cabang-cabangnya terpisah dari tanaman induk, selanjutnya penyu hijau, merupakan hama yang paling ganas dalam merusak tanaman budidaya rumput laut dan umumnya menyerang pada malam hari. Penyu ini dapat memangsa habis tanaman budidaya yang berarea tidak terlalu luas (DKP, 2004).

Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut diantaranya adalah tumbuhan penempel atau pengganggu. Tumbuhan penempel ini bersifat kompetitor dalam menyerap nutrisi untuk pertumbuhan. Disamping itu, alga filamen dapat juga menjadi pengganggu karena menutupi permukaan rumput laut yang menghalangi proses penyerapan dan fotosintesa. Tumbuhan penempel tersebut antara lain adalah *Hipnea*, *Dictyota*, *Acanthopora*, *Laurencia*, *Padina*, *Ampiroa* dan alga filamen seperti *Chaetomorpa*, *Lingbya* dan *Slympoca* (Atmaja dan Sulistijo, 1977).

Selain tumbuhan, binatang penempel yang berkoloni cukup besar juga dapat mengganggu pertumbuhan rumput laut, misalnya tunikata. Penempelan ini dapat

menutupi batang rumput laut, sehingga menyebabkan terganggunya proses fotosintesa. Gangguan ini dapat mengakibatkan tanaman menjadi busuk pada bagian yang tertutup total oleh tunikata (DKP, 2004).

2.3 Pengaruh Spektrum Cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verucosa*

Spektrum cahaya merupakan faktor terpenting bagi reproduksi rumput laut. Reproduksi rumput laut diantaranya adalah pembentukan spora dan pembelahan sel. Pembentukan spora dan pembelahan sel dapat dirangsang spektrum cahaya merah yang brintensitas tinggi. Kebutuhan cahaya pada alga merah (*Rhadopyceae*) relatif rendah dibandingkan dengan alga coklat. Rumput laut *Graciaria verrucosa* berkembang baik pada intensitas cahaya 400 lux (Aslan, 2003).

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 bergantung pada intensitas dan lamanya penyinaran (Abidin, 1984). Cahaya yang mencapai bumi terdiri dari foton yang tidak dapat diserap yaitu energi foton ultraviolet (panjang gelombang (100-400) nanometer) dan infra merah panjang gelombang lebih lebih dari 479 nanometer) serta cahaya yang dapat dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis yaitu cahaya tampak dengan panjang gelombang antara (400-740) nanometer, hal ini ditunjukkan pada table 2.1. 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 perairan mempunyai panjang gelombang dari 345 nanometer sampai kira-kira 1100 nanometer (Hopkin,1999).

Tabel 2.1 Spektrum radiasi elektromagnetik

Warna	Pajang gelombang (nanometer)	Rata-rata energi (Kj mol^{-1} photon)
Ultraviolet	100-400	

UV-C	100-280	4771
UV-B	280-320	399
UV-A	320-400	332
Cahaya tampak	400-740	
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

Sumber: Hopkin, 1999

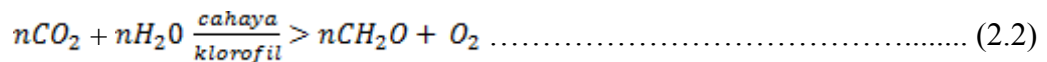
Menurut Nybakken (1998), cahaya yang sampai pada permukaan air sebagian akan dipantulkan dan sebagian cahaya yang dapat menembus permukaan air akan mengalami pengurangan lebih lanjut melalui dua proses yang berlangsung dalam air yaitu:

- 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.

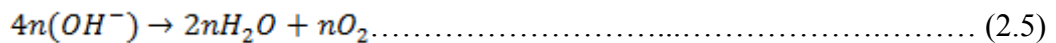
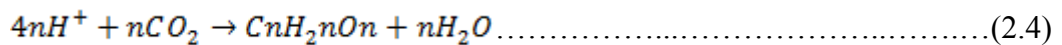
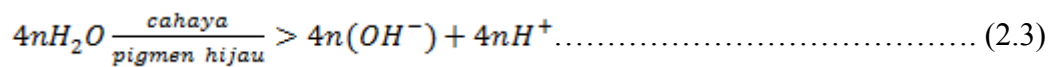
Panjang gelombang cahaya akan berkurang intensitasnya dengan meningkatnya cahaya yang dicapai, meskipun gelombang cahaya hijau dan biru sampai menembus kedalaman yang cukup dalam, intensitasnya menurun dengan meningkatnya kedalaman yang dapat dicapai oleh gelombang-gelombang tersebut. Dawes (1998) menyatakan 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.

Cahaya mempunyai peran yang sangat penting dalam proses fotosintesis. Di alam sumber cahaya berasal dari matahari yang dapat dimanfaatkan oleh organisme autotrof menjadi energi kimia oleh aktifitas klorofil. Laju fotosintesis dikontrol oleh tiga faktor yang saling berkaitan. Ketiga faktor tersebut adalah: intensitas cahaya, karbondioksida dan suhu (Spotte, 1979). Hall dan Rao (1987) menjelaskan keterkaitan ketiga faktor tersebut yang dapat dilihat melalui reaksi fotosintesis.



Reaksi diatas merupakan ringkasan dari tiga reaksi berikut :



Dari reaksi tersebut diatas dapat diketahui bahwa fotosintesis terdiri dari dua mekanisme yaitu reaksi terang (*light reaction*) dan reaksi gelap (*dark reaction*).

Reaksi terang adalah reaksi yang bersifat fotokimia yang berarti bahwa reaksi ini tergantung pada keberadaan cahaya, tetapi tidak tergantung pada temperatur. Hal ini terlihat dari reaksi pertama dalam rangkaian fotosintesis. Sedangkan reaksi gelap berlaku sebaliknya yaitu bahwa reaksi kimia murni ini tidak tergantung pada cahaya tetapi bergantung pada temperatur, hal ini terlihat pada resksi 2 dan 3. Laju reaksi akan meningkat 2-3 kali lipat jika temperaturnya meningkat 10°C (Spotte 1979; Hall dan Rao 1987).

Senyawa kimia yang penting dalam mengubah energi cahaya menjadi energi kimia pada tumbuhan adalah pigmen-pigmen yang terdapat di dalam kloroplas, melalui pigmen inilah cahaya memulai proses fotosintesis. Pada sel tumbuhan selain terdapat klorofil a dan b juga diketemukan karotenoid. Karotenoid yang paling banyak dijumpai adalah santofil dan karoten. Sedangkan pada tumbuhan tingkat rendah terutama pada beberapa jenis makroalga bentik (*seaweed*) selain klorofil juga

ditemukan pigmen aksesoris atau pigmen tambahan yaitu fikosianin pada alga coklat dan fikoeitrin yang terdapat pada alga merah (Pramessti, 2007).

Intensitas cahaya (penyinaran) adalah jumlah energi yang diterima oleh bumi pada waktu dan areal tertentu (Wetsel dan Litcken 1979). Jumlah energi yang diterima oleh bumi bergantung pada kualitas dan lama penyinaran, yang merupakan faktor abiotik utama yang sangat menentukan laju produktivitas perairan. Intensitas cahaya matahari sering menjadi pembatas karena cepat memudar karena pengaruh kedalaman dan kekeruhan (Porcella & Bishop 1975; Boyd 1982). Umumnya fotosintesis meningkat sejalan dengan meningkatnya intensitas cahaya sampai pada satu nilai optimum tertentu (cahaya saturasi). Di atas nilai optimum, cahaya merupakan penghambat fotosintesis (cahaya inhibisi), sedangkan di bawahnya merupakan cahaya pembatas (limitasi) sampai pada batas tertentu sehingga fotosintesis sama dengan respirasi (Mann 1992; Person *et al.*, 1984; Valiela 1984).

Intensitas cahaya mempunyai korelasi yang sangat kuat dengan proses fotosintesis, tetapi tidak selamanya penambahan intensitas diikuti oleh peningkatan proses fotosintesis. Setiap cahaya mempunyai panjang gelombang yang berbeda, daya serap oleh pigmen yang berbeda dan kemampuan penetrasi yang berbeda pula. Untuk warna cahaya yang memiliki kemampuan penetrasi kedalam air yang paling baik adalah warna cahaya biru (Grahame, 1987).

2.4 Budidaya Rumput Laut

Pemilihan metode budidaya, selain memperhatikan kondisi perairan, juga harus memperhitungkan persediaan material yang akan digunakan dalam pembuatan konstruksi seperti jaring, bambu dan tali. Ada 4 macam metode yang digunakan dalam membudidayakan rumput laut di lapangan berdasarkan posisi terhadap dasar perairan, yaitu:

a. Metode dasar (*Bottom Method*)

Metode dasar merupakan metode pembudidayaan rumput laut menggunakan bibit dengan berat tertentu, yang telah diikat kemudian ditebarkan ke dasar batu

perairan, atau sebelum ditebarkan bibit diikat dengan batu karang. Menurut Winarno (1990), metode dasar terbagi dua yaitu: metode sebaran (*Broadcast method*) dan metode dasar laut (*Bottom farm method*). Penanaman dengan metode ini dilakukan dengan mengikat bibit tanaman yang telah dipotong pada karang atau balok semen kemudian disebar pada dasar perairan. Metode dasar merupakan metode pembudidayaan rumput laut dengan menggunakan bibit dengan berat tertentu.

b. Metode lepas dasar (*Off-bottom method*)

Menurut Aslant (2003), metode ini terbagi menjadi tiga yaitu metode tunggal lepas dasar (*Off bottom monoclone method*), metode jaring lepas dasar (*Off-bottom net method*) dan metode jaring lepas dasar berbentuk tabung (*Off-bottom-tabular net method*). Metode ini dapat dilakukan pada dasar perairan yang terdiri dari pasir, sehingga mudah untuk menancapkan patok/pancang. Metode ini sulit dilakukan pada dasar perairan yang berkarang, bibit diikatkan pada tali rafia yang kemudian diikatkan pada tali plastik yang direntangkan pada pokok kayu atau bambu.

c. Metode apung (*floating method*)

Pada metode ini digunakan pelampung yang terbuat dari bambu, dengan posisi tanaman dekat dengan permukaan air. Menurut Aslan (2003), metode ini terbagi menjadi dua yaitu metode tali tunggal apung (*floating-monoline method*) dan metode jaring apung (*floating net method*). Metode ini cocok untuk perairan dengan dasar perairan yang berkarang dan pergerakan airnya didominasi oleh ombak. Penanaman menggunakan rakit-rakit oleh bambu sedang dengan ukuran tiap rakit bervariasi bergantung pada kesediaan material.

d. Metode rawai (*long line*)

Metode rawai ini adalah metode budidaya dengan menggunakan tali panjang yang dibentangkan. Metode ini merupakan cara yang paling banyak diminati oleh petani rumput laut karena disamping fleksibel dalam pemilihan lokasi, juga biaya yang dikeluarkannya lebih murah. Metode ini pada prinsipnya hampir sama dengan metode rakit apung, tetapi tidak menggunakan bambu sebagai rakit pengapung, tetapi menggunakan pelampung dan yang biasanya digunakan sebagai pelampung adalah

botol plastik. Keuntungan dari metode ini adalah tanaman terbebas dari hama bulu babi, pertumbuhan lebih cepat dan lebih murah ongkos materialnya (Sujatmiko, 2003).

2.5 Pertumbuhan Rumpuk Laut.

Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini meliputi pertumbuhan massa dan panjang. Susanto *et al.* (2001) menyatakan bahwa data pertumbuhan rumput laut diukur 7 hari sekali.

Pengamatan pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* adalah ukuran massa dan panjang pada suatu waktu tertentu.

a. Daily Growth Rate

Daily Growth Rate adalah laju pertumbuhan harian rumput laut, digunakan untuk mengetahui pertumbuhan massa rumput laut. Menurut Raikar *et al.* (2001), *Daily Growth Rate* (DGR) dapat dihitung dengan rumus:

$$DGR = \frac{\ln\left(\frac{W_t}{W_o}\right)}{t} \times 100\% \dots\dots\dots(2.6)$$

- Dimana DGR = prosentase berat rata-rata individu per hari (%)
- Wt = massa rata-rata pada waktu ke-t (gram)
- Wo = massa rata-rata awal (gram)
- t = waktu (hari)

b. Pertumbuhan panjang

Menurut Mukti (2007), rumus pertumbuhan nisbi adalah :

$$h = \frac{L_t - L_o}{L_o} \times 100\% \dots\dots\dots(2.7)$$

- Dimana h = pertumbuhan nisbi (%)
- Lt = panjang pada akhir penelitian (cm)
- Lo = panjang awal penelitian (cm).

c. Kadar air *Gracilaria verrucosa*

Selain dengan pertumbuhan massa dan panjang, pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* dapat juga diketahui dari kualitas air (KA). Prosedur kerja perhitungan kadar air dengan menggunakan oven adalah :

1. Persiapan alat dan bahan.
2. Sampel *Gracilaria verrucosa* ditimbang dan ditentukan beratnya (M_1) sebelum dioven.
3. Sampel dimasukkan ke oven dengan suhu 60°C selama 6 jam.
4. Sampel didinginkan (30 menit), setelah dioven, kemudian ditentukan beratnya (M_2).

Menghitung kadar air *Gracilaria verrucosa*, dinyatakan dalam persen dengan persamaan :

$$KA = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.8)$$

Keterangan:

KA = Kadar air (%)

M_1 = Berat sampel sebelum dioven (g)

M_2 = Berat sampel sebelum dioven (g)

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Universitas Jember. Observasi awal dan persiapan telah dilakukan dari bulan April 2012 sampai dengan bulan Juni 2012, sedangkan pengambilan data penelitian dilakukan pada bulan September sampai dengan bulan Desember 2012.

Kegiatan penelitian meliputi tahap persiapan, pengamatan laju pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* dan pengukuran kualitas air. Rumput laut *Gracilaria verrucosa* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Tambak Pantai Pasir putih, Situbondo. Pemilihan dan pengemasan rumput laut *Gracilaria verrucosa* di Tambak Pantai Pasir putih, Situbondo dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 (A) Bibit rumput laut *Gracilaria verrucosa*, (B) Pengemasan bibit rumput laut *Gracilaria verrucosa*.

3.2 Alat dan Bahan

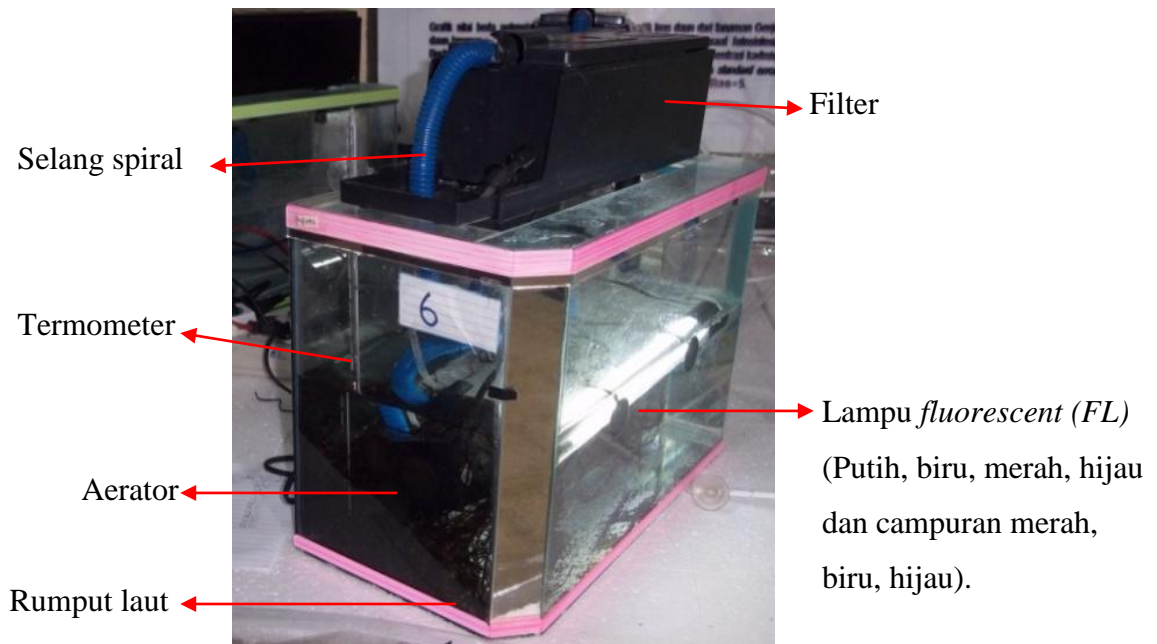
Alat yang akan digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Akuarium kaca
- b. Aerator

- c. Refraktometer
- d. Thermometer
- e. pH meter
- f. Penggaris
- g. Jangka Sorong
- h. Lampu fluoreesen
- i. Lux meter
- j. Rumput laut laut *Gracilaria. verrucosa*
- k. Air laut murni
- l. Timer

3.3 Disain peralatan percobaan

Disain peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :



Gambar 3.2 Disain peralatan penelitian

3.4 Tahap Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahapan diantaranya digambarkan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Tahap Penelitian

1. Persiapan Persiapan media, persiapan bibit, pembuatan akuarium, pengesetan alat				
2. Penanaman Penanaman dilakukan dengan perlakuan berbeda				
Perlakuan 1	Perlakuan 2	Perlakuan 3	Perlakuan 4	Perlakuan 5
Fluoresen Merah	Fluoresen Hijau	Fluoresen Putih	Fluoresen Biru	Fluoresen tiga warna (Biru, merah, hijau)
pH, salinitas, suhu konstan dan lampu 12 jam nyala	pH, salinitas, suhu konstan dan lampu 12 jam nyala	pH, salinitas, suhu konstan dan lampu 12 jam nyala	pH, salinitas, suhu konstan dan lampu 12 jam nyala	pH, salinitas, suhu konstan dan lampu 12 jam nyala
Perlakuan di kondisikan sampai selesai selama 4 minggu.				
2. Pengambilan sampel dan data Pengambilan sampel data <i>daily growth rate</i> atau laju pertumbuhan rumput laut, pertumbuhan panjang rumput laut, pengamatan parameter penunjang yaitu, kualitas air meliputi : suhu, salinitas, pH masing-masing sampai jangka waktu 4 minggu.				
3. Pengolahan data				
4. Kesimpulan				
5. Pelaporan hasil pengolahan data				

3.4.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan ini terdapat beberapa langkah meliputi:

a. Persiapan media tanam

Kegiatan penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan akuarium sebagai wadah pemeliharaan rumput laut. Akuarium yang digunakan berukuran 37,8 cm x 19,3 cm x 26 cm sebanyak 5 unit, volume air yang

digunakan dalam pemeliharaan rumput laut masing-masing 10 liter pada setiap unit dengan tinggi air 13,5 cm.

Akuarium pemeliharaan dibentuk satu rangkaian dengan filter, aerator dan berdasar pasir, filter bertujuan untuk menyaring air laut yang kotor. Sebelum digunakan, pasir terlebih dahulu dicuci dengan menggunakan air tawar kemudian dijemur hingga kering. Akuarium wadah penelitian terbuat dari kaca transparan sehingga mudah untuk mengamati. Ruangan penelitian menggunakan *air conditioner* (AC) dan set up pada suhu kisaran 23°C Setiap akuarium dilengkapi dengan pipa aerasi agar oksigen masuk secara konstan ke dalam akuarium.

Sumber pencahayaan digunakan lampu *fluorescent (FL)* 6 watt, karena sinar lampu *fluorescent (FL)* tidak meningkatkan suhu ruang kultur secara drastis (suhu stabil), dan menghasilkan intensitas cahaya dalam ruang kultur yang sesuai untuk pertumbuhan tunas *Gracilaria verrucosa* (Lawlor, 1985). Untuk setiap perlakuan masing-masing diberikan lampu yang berbeda warna yaitu warna merah, hijau, biru, putih dan campuran merah, hijau dan biru. Penataan lampu dapat dilihat pada gambar 3.4. Selama penelitian lampu dinyalakan 12 jam sampai dengan selesai yang diatur menggunakan timer. Untuk mengukur intensitas cahaya digunakan lux meter. Intensitas cahaya yang didapatkan masing-masing perlakuan dapat dilihat pada tabel 3.2. Digunakan intensitas lebih dari 4750 lux untuk mengetahui apakah di atas intensitas optimum *Gracilaria verrucosa* masih dapat tumbuh dengan baik.

Tabel 3.2. intensitas cahaya yang diperoleh masing-masing perlakuan

Perlakuan	Intensitas (Lux)	Intensitas ($\mu \text{ mol foton/m}^{-2}\text{s}^{-1}$)
Merah	7383,3	103,38
Hijau	2310	32,34
Biru	4026,7	56,38
Merah, hijau dan biru	2557,7	35,81
Kontrol (putih)	5973,3	83,64



Gambar 3.3 Lux meter (A) dan timer (B)



Gambar 3.4 Gambar penataan lampu *fluorescent (FL)* sebagai sumber cahaya

b. Persiapan bibit

Pemeliharaan rumput laut *Gracilaria verrucosa* dilakukan selama 4 minggu. Rumput laut yang dipilih adalah rumput laut yang muda, sehat dan segar, untuk memberikan pertumbuhan yang optimum (Atmadja *et al.*, 1996) (Gambar 3.5). Bibit

rumpit laut yang akan digunakan sebagai objek penelitian terlebih dahulu dilakukan adaptasi selama 2 minggu, hal ini dilakukan agar rumput laut beradaptasi dengan lingkungan budidaya dan mencegah kematian pada saat dilakukan pengamatan.



Gambar 3.5 Bibit rumput laut *Gracilaria verrucosa* sebelum dipilih (A), bibit rumput laut *Gracilaria verrucosa* setelah dipilih (B)

3.4.3 Tahap Penanaman

Rumput laut ditanam dalam akuarium dilakukan sebanyak 5 macam perlakuan yang berbeda dan 10 kali pengulangan, seperti terlihat pada table 3.1. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah air laut setinggi 13,5 cm dari dasar akuarium atau kurang lebih bervolume 10 liter. Rumput laut yang dibudidayakan harus selalu terendam air atau berada di bawah permukaan air minimal 10 cm dari permukaan air (Juneidi, 2004). Air laut berasal dari pantai Payangan Dusun Watu Ulo Desa Sumberjo Kecamatan Ambulu Jember, dengan salinitas air laut (33-37) ppt. Sedangkan untuk media penanaman salinitas air laut dibuat pada salinitas optimal yaitu 25 ppt. Media penelitian dijaga tetap optimum, setiap tiga hari sekali dilakukan pergantian air laut sebanyak sepertiga bagian kemudian setiap minggu diganti dengan air laut yang baru dengan menambahkan dua pertiga dari air yang disisakan sebanyak sepertiga bagian dengan cara membersihkan bagian yang kotor sebelum menggantinya dengan air laut yang baru (Villares *et al.*, 1999).

Akuarium diterangi menggunakan lampu *fluorescent (FL)* yang berbeda warna untuk mengetahui spektrum warna yang baik untuk pertumbuhan *Gacilaria verrucosa*. Timer digunakan untuk mengatur waktu, lampu dikondisikan 12 jam nyala dan 12 jam mati untuk mengkondisikan tempat tumbuhnya tambak, dan menurut Alamsjah, *at all.* (2010) penyinaran terbaik menggunakan nyala lampu 12 jam nyala 12 jam mati. Air laut dilakukan pergantian setiap 3 hari sekali karena berpengaruh terhadap pertambahan jumlah klorofil a *Gacilaria verrucosa*. seperti penelitian yang telah dilakukan oleh Triastuti *et al.* (2010).

Adapun metode budidaya yang digunakan adalah metode tali gantung, bibit ditimbang dengan massa tertentu (0,1-5) gram, kemudian bibit diikat dengan penempel kaca menggunakan benang kemudian ditenggelamkan. pH dijaga pada kisaran 6,8-8,4 yaitu kondisi pH yang sesuai untuk pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*, jika kurang dari nilai tersebut suasananya terlalu asam maka ditambahkan larutan N_aOH sedangkan jika melebihi nilai tersebut suasana terlalu basa maka ditambahkan larutan HCl .

3.4.4 Tahap Pengukuran atau Pengambilan Sampel Data

a. Pengamatan laju pertumbuhan

Pengamatan laju pertumbuhan rumput laut dilakukan 3 hari sekali, dengan menimbang bobot rumput laut menggunakan timbangan digital. Pertambahan bobot rumput laut dipengaruhi oleh jumlah tunas dan diameter rumput laut, sehingga dalam pengamatan laju pertumbuhan rumput laut juga harus dilakukan penghitungan jumlah tunas dan pengukuran diameter batang rumput laut. Seluruh kegiatan penelitian dilakukan selama 4 minggu.

b. Pengukuran Kualitas air

Parameter fisika dan parameter kimia yang diukur adalah suhu, derajat keasaman, salinitas. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer.

Untuk mengontrol suhu pada akuarium digunakan *air conditioner* (AC), agar suhu pada akuarium sesuai yang diinginkan untuk pertumbuhan optimal rumput laut yaitu berkisar antara 23°C.

Pengukuran pH, dan salinitas dilakukan secara in situ, pH diukur tiga hari sekali karena pH air cenderung tetap. Salinitas diukur setiap hari karena evaporasi yang terjadi setiap hari sehingga merubah salinitasnya. pH diukur dengan menggunakan pH meter dan salinitas diukur dengan menggunakan *refraktometer*.



Gambar 3.6 pH meter (A) dan Refraktometer (B)

3.4.5 Tahap Analisis data

Kegiatan penelitian ini dilakukan dengan 4 perlakuan dan 10 kali ulangan, seperti terlihat pada tabel 3.1. Indikator pertumbuhan dihitung menggunakan persamaan:

a. *Daily Growth Rate*

Daily Growth Rate adalah laju pertumbuhan rumput laut, digunakan untuk mengetahui pertumbuhan massa rumput laut. *Daily Growth Rate* (DGR) dihitung dengan persamaan 2.6.

b. Pertumbuhan panjang

Pertumbuhan panjang rumput laut *Gracilaria verrucosa* dihitung dengan persamaan 2.7.

c. Perhitungan Kadar air *Gracilaria verrucosa*

Kadar air (KA) *Gracilaria verrucosa*, dapat dihitung dengan persamaan 2.8.

d. Analisis data

Hasil yang diperoleh dari pengukuran panjang dan massa *Gracilaria verrucosa* dalam setiap pengambilan data (setiap tiga harinya) dibuat tabel, serta hasil dari kadar air (KA) *Gracilaria verrucosa* dalam satuan persen (%). Selanjutnya data dianalisis menggunakan microsoft office excel 2007 untuk mengetahui efek perlakuan.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil dan Analisis Data

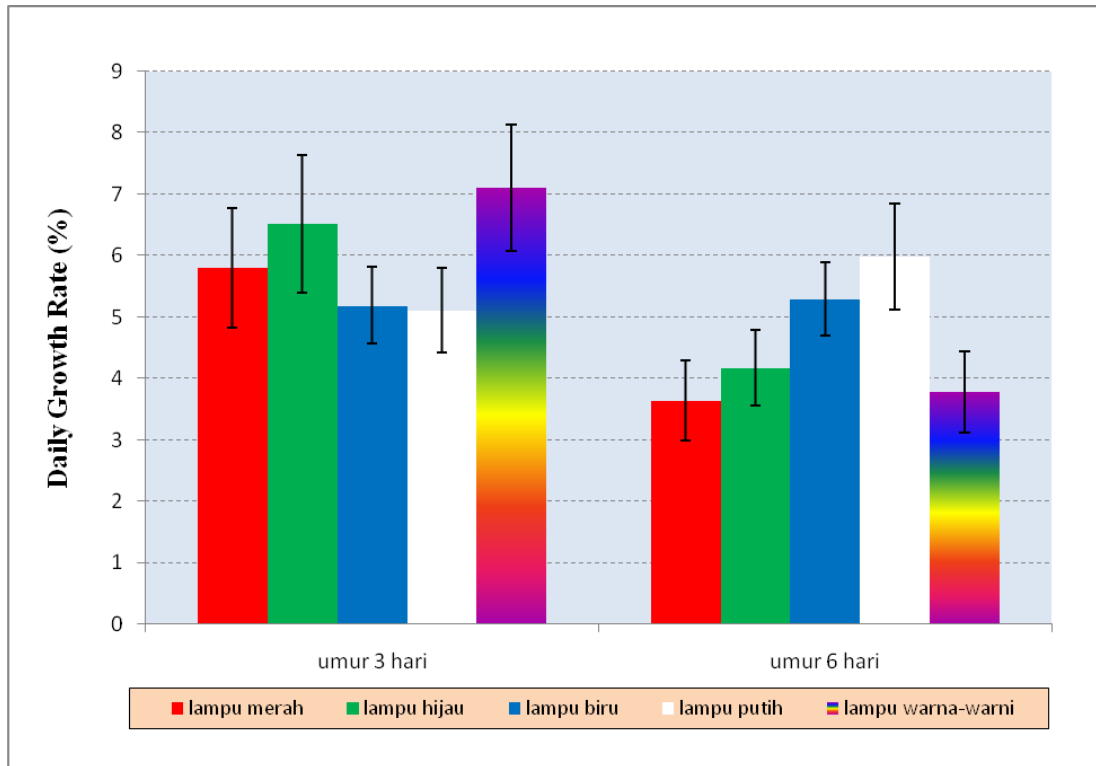
4.1.1 Hasil dan Analisis Data Laju Pertumbuhan Harian (*Daily Growth Rate*) Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*

Pengukuran laju pertumbuhan massa dilakukan setiap tiga hari sekali selama 4 minggu. Pengukuran diawali dengan menimbang massa awalnya rumput laut sebagai W_0 , setelah 3 hari dilakukan penimbangan sebagai W_t (massa hari ke 3). Kemudian setelah 6 hari dilakukan penimbangan kembali sebagai W_t (massa hari ke 6). Hasil pengukuran nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan massa harian (DGR) dapat dilihat dalam table 4.1 di bawah ini.

Tabel 4.1 Hasil pengukuran nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan massa harian (DGR)

Spektrum cahaya	Umur hari ke-3 DGR \pm s.e (%)	Umur hari ke-6 DGR \pm s.e (%)
Merah	5,795 \pm 0,975	3,641 \pm 0,660
Hijau	6,521 \pm 1,125	4,172 \pm 0,614
Biru	5,188 \pm 0,622	5,296 \pm 0,595
Putih	5,114 \pm 0,689	5,979 \pm 0,864
Tiga warna	7,109 \pm 1,032	3,783 \pm 0,666

Pada tabel 4.1 terlihat bahwa penumbuhan *Gracilaria verrucosa* dengan spektrum warna yang berbeda memberikan efek pada laju pertumbuhan harian (DGR) yang berbeda-beda pula. Secara lebih jelas efek spektrum warna cahaya pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* dapat dilihat pada grafik hubungan antara semua perlakuan pengukuran nilai rata-rata laju pertumbuhan massa harian (DGR) pada hari ke 3 dan hari ke 6 pada gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4.1 Grafik hubungan antara semua perlakuan pengukuran nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan massa harian (DGR) *Gracilaria verrucosa* pada hari ke 3 dan hari ke 6

Umur 3 Hari

Pada umur 3 hari diperoleh nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan massa harian (DGR) rumput laut *Gracilaria verrucosa*, spektrum cahaya merah= $(5,795 \pm 0,975)\%$, spektrum cahaya hijau = $(6,521 \pm 1,125)\%$, spektrum cahaya biru = $(5,188 \pm 0,622)\%$, spektrum cahaya putih = $(5,114 \pm 0,689)\%$ dan spektrum cahaya tiga warna= $(7,109 \pm 1,032)\%$. Pada umur tiga hari menunjukkan bahwa spektrum cahaya tiga warna yang paling baik pertumbuhannya.

Umur 6 hari

Pada umur 6 hari didapatkan nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan massa harian (DGR) rumput laut *Gracilaria verrucosa* masing-masing adalah sebesar $(3,641 \pm 0,660)\%$ untuk spektrum cahaya merah; $(4,172 \pm 0,614)\%$ untuk spektrum cahaya hijau. Kedua nilai DGR tersebut terlihat mengalami

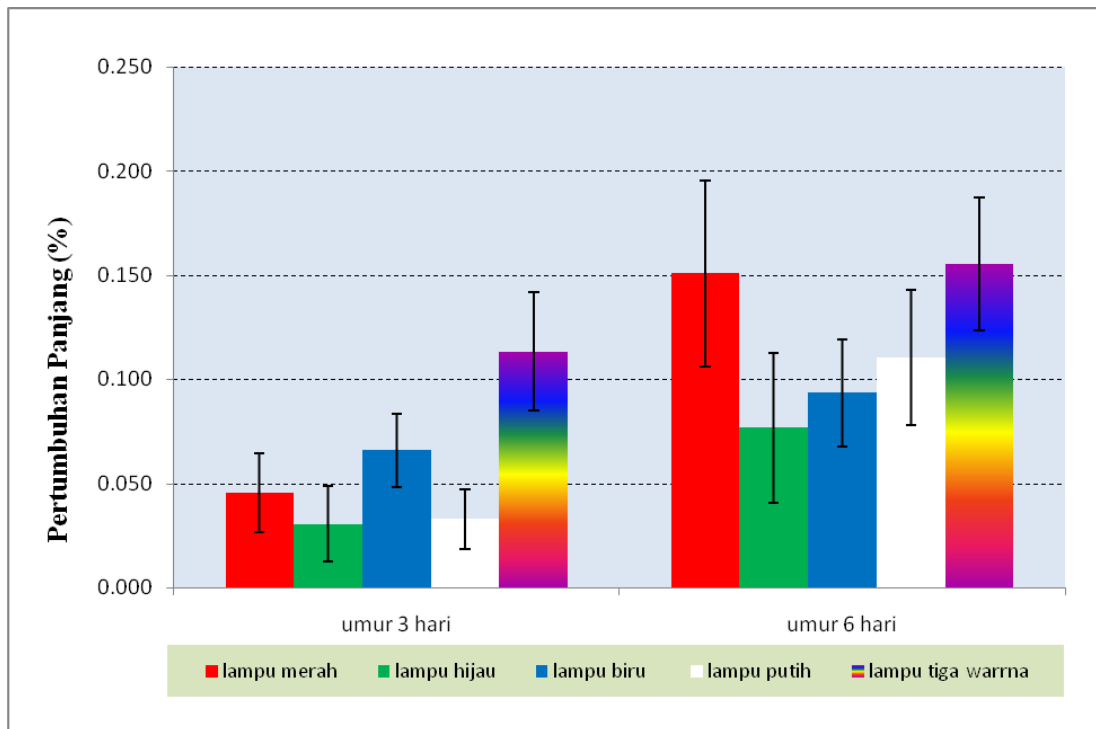
penurunan dibandingkan dengan nilai DGR pada pengukuran umur 3 hari. Demikian juga pada spektrum tiga warna yang sebelumnya mempunyai nilai DGR tertinggi juga mengalami penurunan DGR pada usia 6 hari. Sedangkan pada penumbuhan *Gracilaria verrucosa* di bawah spektrum cahaya biru dan putih masing-masing adalah sebesar $(5,296 \pm 0,595)\%$ dan $(5,979 \pm 0,864)\%$. Terlihat keduanya mengalami kenaikan dibandingkan pada pengukuran umur 3 hari. Diusia enam hari cahaya putih dan biru merupakan spektrum cahaya yang terbaik pertumbuhannya.

4.1.2 Hasil Data Pertumbuhan Panjang Nisbi *Gracilaria verrucosa*

Pengukuran laju pertumbuhan panjang dilakukan setiap tiga hari sekali selama 4 minggu. Pengukuran dilakukan dengan memotong rumput laut ± 12.04 cm sebagai panjang awalnya L_0 , setelah 3 hari dilakukan pengukuran panjang sebagai W_t (panjang hari ke 3). Kemudian setelah 6 hari dilakukan pengukuran panjang kembali sebagai L_t (panjang hari ke 6). Hasil pengukuran nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan panjang rumput laut *Gracilaria verrucosa* disajikan dalam tabel 4.2, sedangkan grafik hubungan antara semua perlakuan pengukuran nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan panjang pada hari ke 3 dan hari ke 6 dapat rumput laut *Gracilaria verrucosa* disajikan pada grafik gambar 4.2.

Tabel 4.2 Hasil pengukuran nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan panjang rumput laut *Gracilaria verrucosa*

Perlakuan	Umur hari ke-3 h \pm s.e (%)	Umur hari ke-6 h \pm s.e (%)
Merah	0,045 \pm 0,019	0,151 \pm 0,045
Hijau	0,030 \pm 0,018	0,077 \pm 0,036
Biru	0,066 \pm 0,017	0,093 \pm 0,026
Putih	0,033 \pm 0,014	0,111 \pm 0,033
Tiga warna	0,113 \pm 0,028	0,156 \pm 0,032



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara semua perlakuan pengukuran nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan panjang pada hari ke 3 dan hari ke 6 rumput laut *Gracilaria verrucosa*

Mengacu pada tabel 4.1 dan grafik gambar 4.2 terlihat bahwa spektrum cahaya yang berbeda memberikan efek pertumbuhan panjang yang berbeda pada *Gracilaria verrucosa* yang ditumbuhkan pada skala laboratorium.

Umur 3 Hari

Pada umur 3 hari didapatkan nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan panjang rumput laut *Gracilaria verrucosa*, spektrum cahaya merah = $(0,045 \pm 0,019)\%$, spektrum cahaya hijau = $(0,030 \pm 0,018)\%$, spektrum cahaya biru = $(0,066 \pm 0,017)\%$, spektrum cahaya putih = $(0,033 \pm 0,014)\%$ dan spektrum cahaya tiga warna = $(0,113 \pm 0,028)\%$. Pada umur tiga hari ini laju pertumbuhan rumput laut antara 0,045 %, sampai 0,113 % dengan spektrum cahaya tiga warna pertumbuhan paling baik diantara spektrum cahaya yang lain.

Umur 6 hari

Pada umur 6 hari nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) laju pertumbuhan panjang rumput laut *Gracilaria verrucosa* didapatkan: spektrum cahaya merah = $(0,151 \pm 0,045)\%$, spektrum cahaya hijau = $(0,077 \pm 0,036)\%$, spektrum cahaya biru = $(0,093 \pm 0,026)\%$, spektrum cahaya putih = $(0,111 \pm 0,033)\%$ dan spektrum cahaya tiga warna = $(0,156 \pm 0,032)\%$. Pada hasil terlihat bahwa terjadi kenaikan pada pertumbuhan panjang *Gracilaria verrucosa* dari semua spektrum cahaya yang digunakan dalam penelitian dibandingkan dengan pertumbuhan panjang pada umur 3 hari, dengan spektrum cahaya merah dan spektrum tiga warna dan spektrum warna merah mempunyai rata-rata laju pertumbuhan panjang harian tertinggi pada *Gracilaria verrucosa*.

4.1.3 Hasil dan Analisis Data Kadar Air *Gracilaria verrucosa*

Kadar air diukur dengan menimbang rumput laut pada setiap akhir pengukuran hari keenam, yaitu dengan mengoven rumput laut selama 6 jam dengan suhu 60°C . Hasil pengukuran dan nilai rata-rata hasil pengukuran kadar air dan *standard error* semua perlakuan dapat dilihat dalam tabel 4.3 di bawah ini.

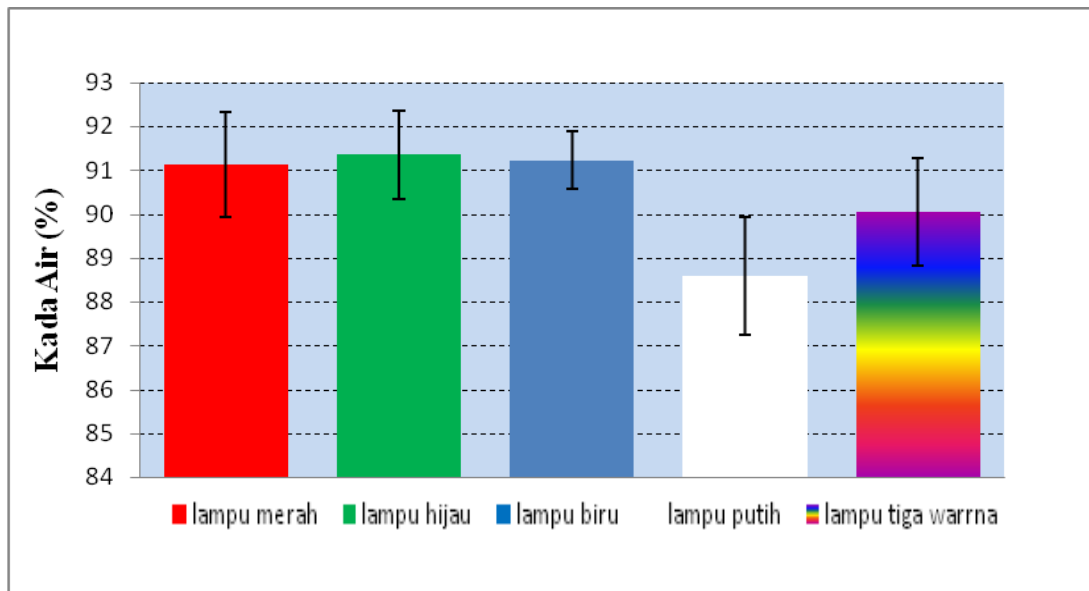
Tabel 4.3 Hasil pengukuran nilai rata-rata dan *standard error* (s.e) kadar air (KA) rumput laut *Gracilaria verrucosa*

Perlakuan				
Merah	Hijau	Biru	Putih	Tiga warna
KA \pm s.e(%)	KA \pm s.e(%)	KA \pm s.e(%)	KA \pm s.e(%)	KA \pm s.e(%)
91,14 \pm 1,19	91,35 \pm 1,00	91,23 \pm 0,65	88,59 \pm 1,33	90,05 \pm 1,23

Pada pengukuran kadar air didapatkan nilai rata-rata kadar air dan *standard error* (s.e) rumput laut *Gracilaria verrucosa*, spektrum cahaya merah = $(91,14 \pm 1,19)\%$, spektrum cahaya hijau = $(91,35 \pm 1,00)\%$, spektrum cahaya biru = $(91,23 \pm 0,65)\%$, spektrum cahaya putih = $(88,59 \pm 1,33)\%$, dan spektrum cahaya tiga warna

= $(90,05 \pm 1,23)\%$. Dari semua perlakuan spektrum cahaya hijau memiliki kadar air paling tinggi diantara spektrum cahaya yang lainnya.

Grafik hubungan antara semua perlakuan dengan kadar air dan *standard error* (s.e) dapat dilihat pada grafik gambar 4.3 dibawah ini.



Gambar 4.3 Grafik hubungan antara semua perlakuan dengan kadar air dan *standard error Gracilaria verrucosa*

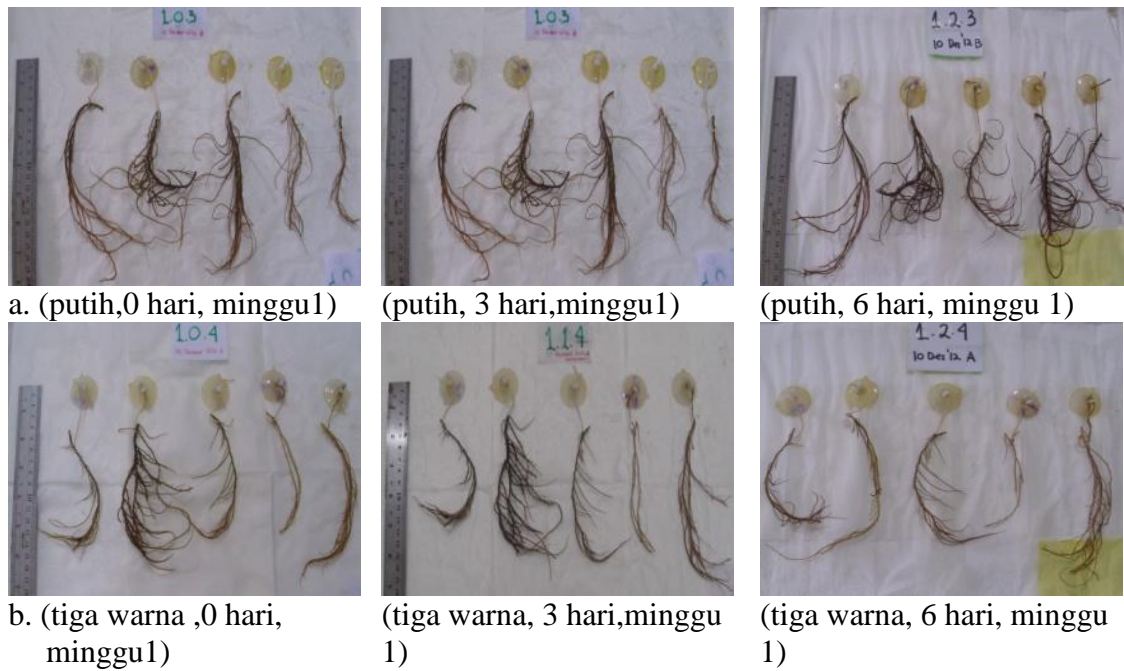
4.1.4 Hasil Foto dan Analisis Pengamatan Visual *Gracilaria verrucosa* yang Ditumbuhkan pada Berbagai Spektrum Warna Cahaya (Merah, Hijau, Biru, Putih, dan Tiga warna (Biru, merah, hijau)

Hasil foto pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* pada berbagai spektrum warna cahaya dapat dilihat pada gambar 4.4 – gambar 4.5 (halaman 42-43). Pada seluruh pengamatan selama penumbuhan empat minggu perlakuan, pada pengamatan 0 hari, 3 hari dan 6 hari perlakuan, secara umum terjadi perbedaan efek pertumbuhan dari masing-masing setiap 10 sampel yang diamati. Pada penumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada spektrum warna merah (gambar 4.4a) terjadi penambahan panjang pada setiap minggu pengamatan, tetapi cabang-cabang pada talus tidak mengalami perubahan panjang sehingga massanya tidak mengalami perubahan yang signifikan. Pada penumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada spektrum warna hijau (gambar 4.4b) terjadi penambahan cabang-cabang talus pada 3 hari pengamatan

tetapi penambahan cabang talus tidak signifikan pada umur enam hari, sehingga tidak diikuti oleh penambahan massa yang signifikan. Penambahan panjang terjadi pada penumbuhan *gracilaria* akibat spektrum cahaya warna hijau. Sedangkan pada penumbuhan *gracilaria* dengan spektrum warna putih (4.5a) terjadi efek perubahan panjang dan penambahan cabang thallus.



Gambar 4.4. Foto hasil pengamatan visual *Gracilaria verrucosa* pada pertumbuhan dengan spektrum cahaya a. warna merah, b. warna hijau, dan c. warna biru, pada pengamatan tiga hari dan enam hari pada minggu 1.



Gambar 4.5 Foto hasil pengamatan visual *Gracilaria verrucosa* pada pertumbuhan dengan spektrum cahaya a. putih, b. Tiga warna, pada pengamatan tiga hari dan enam hari pada minggu 1.

4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil dan analisis data pada tabel 4.1, tabel 4.2 dan grafik gambar 4.1 dan 4.2 terlihat bahwa penumbuhan *Gracilaria verrucosa* dengan spektrum warna yang berbeda memberikan efek pada nilai rata-rata laju pertumbuhan harian

(DGR) dan nilai rata-rata laju pertambahan panjang nisbi yang berbeda-beda pula. Hasil ini menunjukkan bahwa spektrum cahaya memberikan pengaruh pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Hasil ini mendukung pada pendapat sebelumnya yaitu cahaya merupakan faktor terpenting bagi reproduksi rumput laut seperti pembentukan spora dan pembelahan sel.

Berdasarkan grafik pertumbuhan rata-rata harian (DGR), rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada umur tiga hari mampu tumbuh antara $(5,114 \pm 0,689) \%$ sampai $(7,109 \pm 1,032)\%$, dengan perlakuan spektrum tiga warna menunjukkan pertumbuhan DGR tertinggi pada pengukuran DGR umur 3 hari. Hasil ini juga relevan dengan rata-rata pertumbuhan nisbi yang juga mempunyai nilai tertinggi pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* pada umur yang sama sebesar $(0,113 \pm 0,028) \%$ dengan nilai yang hampir dua kali dari rata-rata spektrum warna biru dengan laju pertumbuhan nisbi sebesar $(0,063 \pm 0,017)\%$, atau hampir tiga kali cahaya putih atau hijau yang mempunyai nilai rata-rata perpanjangan nisbi relatif sama yaitu sekitar 0,03%. Hal ini dimungkinkan karena selain intensitas yang cukup dalam pertumbuhannya juga dimungkinkan karena adanya paduan spektrum tiga warna dalam perlakuan. Walaupun pertumbuhan *Gracilaria* dalam perlakuan spektrum tiga warna mempunyai nilai rata-rata DGR tertinggi pada pengukuran tiga hari tetapi mengalami penurunan rata-rata DGR pada umur 6 hari (pengukuran 3 hari ke-dua) menjadi $(3,783 \pm 0,666)\%$, tetapi mengalami kenaikan rata-rata pertumbuhan panjang pada pengukuran umur tersebut dengan nilai tertinggi sebesar $(0,145 \pm 0,032)\%$, nilai ini hampir sama dengan pertumbuhan panjang nisbi dari pengaruh spektrum warna merah sebesar $(0,151 \pm 0,045)\%$ pada umur yang sama. Mengacu pada nilai rata-rata DGR spektrum warna putih memiliki pertumbuhan positif dengan kenaikan DGR dari $(5,114 \pm 0,689)\%$ menjadi $(5,979 \pm 0,864)\%$, diikuti spektrum warna biru dengan nilai rata-rata DGR dari $(5,188 \pm 0,622)\%$ menjadi $(5,296 \pm 0,595)\%$. Kenaikan DGR pada dua spektrum putih dan biru tersebut juga diikuti dengan kenaikan rata-rata pertumbuhan panjang nisbi dengan masing-masing dari 0,033 % ke 0,111% dan

0,066% ke 0,093 %. Terlihat bahwa peningkatan pertumbuhan panjang nisbi *Gracilaria verrucosa* pada perlakuan spektrum lampu warna putih sangat signifikan.

Seluruh data menunjukkan bahwa cahaya mempunyai peranan dalam pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Cahaya berperan penting dalam proses fotosintesis. Di alam sumber cahaya berasal dari matahari yang dapat dimanfaatkan oleh organisme autotrof menjadi energi kimia oleh aktifitas klorofil. Laju fotosintesis dikontrol oleh tiga faktor yang saling berkaitan. Ketiga faktor tersebut adalah: intensitas cahaya, karbondioksida dan suhu (Spotte, 1979). Spektrum cahaya merah merupakan spektrum cahaya yang memiliki panjang gelombang terpanjang diantara spektrum cahaya yang lain dan mempunyai intensitas yang paling tinggi. Spektrum cahaya merah diperlukan *Gracilaria verrucosa* untuk reproduksi. Spektrum cahaya merupakan faktor terpenting bagi reproduksi rumput laut. Reproduksi rumput laut diantaranya adalah pembentukan spora dan pembelahan sel. Pembentukan spora dan pembelahan sel dapat dirangsang spektrum cahaya merah yang brintensitas tinggi (Aslan, 2003).

Mengacu hasil dan analisis pada tabel 4.2 dan grafik gambar 4.2 terlihat bahwa terjadi kenaikan pada pertumbuhan panjang *Gracilaria verrucosa* dari semua spektrum cahaya yang digunakan baik pada pengukuran usia 3 hari dan usia 6 hari, hal ini menunjukkan bahwa spektrum cahaya tersebut merupakan spektrum yang sesuai dalam pertumbuhan panjang *Gracilaria verrucosa* dan kondisi-kondisi budidaya dalam laboratorium juga relatif mendukung pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Kondisi lingkungan budidaya seperti diketahui sangat berpengaruh dalam pertumbuhan rumput laut. Selain beradaptasi terhadap cahaya yang ditunjukkan dalam peningkatan panjang harian tersebut (tabel 4.2 dan gambar 4. 2), *Gracilaria* dapat beradaptasi pada lingkungan suhu siang dan malam pada kondisi laboratorium biofisika yang berkisar rata-rata antara (26-29)⁰C. Kisaran temperatur tersebut merupakan kisaran dalam adaptasi *Gracilaria* dari beberapa peneliti sebelumnya dengan hasil yang berbeda yaitu antara (26-30)⁰C (Afrianto dan Liviawati, 2001),

temperatur optimum budidaya *Gracilaria* adalah (20-25)⁰C (Chen dan Shang, 1976), dan kisaran pertumbuhan *Gracilaria* di Indonesia yaitu antara (20-28)⁰C (Kadji dan Atmadja, 1998). Selain itu kesuburan *Gracilaria* juga ditentukan oleh salinitas. Salinitas yang digunakan dalam penelitian yaitu sebesar 25 ppt merupakan salinitas yang mendukung pada pertumbuhan panjang *Gracillaria verrucosa*, dimana salinitas optimum perkembangan rumput laut *Gracillaria verrucosa* adalah (15-25)ppt (Istiqomah, 2001) dan kisaran salinitas yang baik adalah 15-20 (Chen dan Shang, 1976) sedangkan menurut Kadji dan Atmatja (1998) menyatakan bahwa untuk budidaya *Grcilaria* di Indonesia, kisaran salinitas adalah (18-32)ppt dengan optimum adalah 25 ppt. Selain itu pertumbuhan dan aktivitas biologi rumput laut juga dipengaruhi oleh pH, dimana kisaran pH yang baik untuk budidaya *Gacilaria* menurut Chen dan Shang (1976) adalah 6-9 dengan pH optimum 8,2-8,7 dan kisaran pH yang baik di Indonesia untuk budidaya *Gracilaria* antara 8-8,5 (Kadji dan atmadja, 1998). Dalam seluruh pengukuran pH mempunyai kisaran 8,4 sehingga berada dalam kisaran yang dianjurkan.

Hasil ini memberikan dukungan bahwa pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* merupakan suatu peningkatan secara kuantitatif rumput laut yang meliputi pertumbuhan panjang dan massa. Pertumbuhan ini dapat dikontrol oleh dua faktor yaitu genetika dan lingkungan. Faktor lingkungan laboratorium seperti pH, salinitas, suhu, gerakan air, zat hara, substrat serta cahaya (Aslan, 1998). Cahaya diperlukan dalam proses fotosintesis dan fotosintersis merupakan faktor utama untuk pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa*. *Gracilaria verrucosa* sebagai tumbuhan berklorofil, maka fotosintesis merupakan proses utama penentu laju pertumbuhannya. Hal ini dikarenakan fotosintesis merupakan proses pengubahan zat organik dengan bantuan sinar matahari yang kemudian digunakan oleh tumbuhan untuk tumbuh dan berkembang secara normal (Rifai, 2002). Oleh karena itu mutu dan banyaknya cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan *Gracilaria* (Kadi dan Atmadja, 1998).

Mengacu pada hasil bahwa semua spektrum cahaya yang digunakan dapat digunakan dalam peningkatan pertumbuhan panjang, dengan spektrum cahaya merah dan spektrum cahaya tiga warna merupakan spektrum cahaya yang paling baik untuk pertumbuhan panjang rumput laut *Gracilaria verrucosa* (tabel 4.2 dan gambar 4.2 halaman 38). Apabila mengacu pada teori bahwa cahaya dapat dimanfaatkan tanaman untuk fotosintesis yaitu cahaya tampak dengan panjang gelombang antara 400-740 nanometer (tabel 2.1 halaman 19). Pembentukan spora dan pembelahan sel dapat dirangsang cahaya merah yang berintensitas tinggi. Rumput laut *Gracilaria verrucosa* berkembang baik pada intensitas cahaya 400 lux (Aslan, 2003). 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 (Daweia, 1981).

Penyerapan cahaya oleh tanaman bergantung pada intensitas dan lamanya penyinaran (Abidin, 1984). Hal ini menunjukkan indikasi bahwa spektrum cahaya merah memiliki intensitas paling tinggi sehingga rata-rata pertumbuhan panjang nisbi juga tinggi. Menurut Masyahoro dan Mappiratu (2010) intensitas cahaya 400 lux dapat merangsang perkembangan spora dengan baik, sedangkan pada intensitas cahaya (6500 – 7500) lux pertumbuhan dapat berlangsung dengan baik. Spektrum cahaya merah memiliki intensitas 7383,3 lux setara dengan $103,38 \mu \text{ mol foton/m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, spektrum cahaya hijau memiliki intensitas 2310 lux setara dengan $103,38 \mu \text{ mol foton/m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, spektrum cahaya tiga warna memiliki intensitas 2557,7 lux setara dengan $83,64 \mu \text{ mol foton/m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Ketiga spektrum cahaya merah, hijau dan tiga warna tersebut memberikan pengaruh nilai rata-rata DGR yang tinggi pada pertumbuhan *Gracilaria* dengan kisaran sekitar (5,8 -7,1)%, hasil ini menunjukkan bahwa ketiga spektrum warna tersebut telah merangsang pertumbuhan dan perkembangan spora dengan baik pada umur 3 hari. Tetapi penurunan nilai DGR pada umur 6 hari (meskipun terjadi peningkatan panjang nisbi), menunjukkan adanya kemungkinan bahwa adanya gangguan penyerapan nutrisi rumput laut. Hal ini

dimungkinkan bahwa pada usia enam hari nutrisi yang ada dalam media sudah berkurang, juga adanya kekeruhan air sehingga intensitas cahaya kurang mampu diserap maksimum oleh rumput laut. Kekeruhan merupakan faktor pembatas bagi proses fotosintesis dan produksi primer perairan karena mempengaruhi penetrasi cahaya matahari (Boyd, 1998).

Cahaya biru dan putih mempunyai efek yang baik pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*, ditinjau dari kenaikan laju pertumbuhan panjang dan bobotnya. Spektrum cahaya putih memiliki intensitas 5973,3 lux setara dengan $83,64 \mu \text{ mol foton/m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Intensitas spektrum cahaya putih sesuai dengan intensitas cahaya yang diperlukan rumput laut, sehingga spektrum cahaya putih mampu diserap baik oleh rumput laut. Dawes (1998) menyatakan bahwa beberapa *algae* mempunyai toleransi tertentu terhadap intensitas cahaya. Pertumbuhan *Gracilaria* sp memerlukan intensitas cahaya yang relatif tinggi. Spektrum cahaya biru memiliki intensitas 4026,7 lux setara dengan $56,38 \mu \text{ mol foton/m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Intensitas cahaya yang maksimum untuk pertumbuhan *Gracilaria* sp adalah 4750 lux (Dawes, 1998). Selain itu cahaya biru mampu menembus kedalaman air yang paling dalam, setiap cahaya mempunyai panjang gelombang yang berbeda, daya serap oleh pigmen yang berbeda dan kemampuan penetrasi yang berbeda pula. Untuk warna cahaya yang memiliki kemampuan penetrasi kedalam air yang paling baik adalah warna cahaya biru (Grahame, 1987) sehingga cahaya ini cahaya yang paling banyak di serap oleh rumput laut *Gracilaria verrucosa*.

Parameter ketiga dari pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* dapat diketahui dari kualitas air (KA). Dimana pengeringan merupakan proses pengeluaran air dari suatu bahan pertanian rumput laut (*Gracilaria verrucosa*) menuju kadar air keseimbangan dengan udara sekeliling atau pada tingkat kadar air, dimana mutu suatu bahan pertanian dapat dijaga dari serangan jamur, aktifitas serangan serangga dan enzim (Henderson dan Perry, 1976). Kadar air pada rumput laut merupakan komponen yang penting karena berhubungan dengan mutu rumput laut. Proses

pengeringan menggunakan oven selama 6 jam dengan suhu 60°C bertujuan untuk menurunkan kadar air rata-rata awal rumput laut. Proses pengeringan menggunakan oven karena pengeringan menggunakan sinar matahari memiliki kelemahan tergantung cuaca, susah dikontrol, memerlukan waktu relatif lama dan kemungkinan terkena hujan yang sangat mengurangi mutu rumput laut (Henderson dan Perry, 1976). Derajat kekeringan atau maksimum kadar air yang diperkenankan berbeda-beda untuk masing-masing spesies. Pengeringan harus diupayakan merata terhadap hasil panen, dengan suhu tidak melebihi 85°C untuk *Gracilaria sp* (Anggadireja, 2000). Intensitas radiasi surya sesaat berkisar antara 34,4w/m²- 1040,3 w/m² dan total intensitas radiasi surya global berkisar antara 2,9 kwh/m²-3,0 kwh/m² pada saat cuaca cerah, untuk menurunkan kadar air rata-rata diperlukan waktu pengeringan antara (6-7,5) jam (Sukarmanto, 1996).

Rumput laut kering yang memiliki kadar air yang tinggi akan lebih mudah rusak jika dibandingkan dengan rumput laut berkadar air rendah. Winarno, 1997 menyatakan kadar air menentukan kesegaran dan daya awet bahan pangan, kadar air yang tinggi mengakibatkan mudahnya bakteri, kapang, dan khamir untuk berkembang biak, sehingga akan terjadi perubahan kandungan pada rumput laut bahan pangan. Kadar air dalam rumput laut yang harus dicapai dalam pengeringan berkisar (14-18)% untuk jenis *gracilaria sp.*, sedangkan (31-35)% untuk jenis *Eucheuma sp.* (Pusat Penyuluhan Kelautan dan Perikanan, 2011).

Mengacu pada hasil dan analisis data kadar air *Gracilaria verrucosa* (tabel 4.3 dan gambar 4.3) terlihat bahwa spektrum cahaya merah, hijau dan biru memberikan efek pada nilai kadar air yang tinggi dengan nilai sekitar 91% diikuti spektrum tiga warna sekitar 90% dan spektrum putih dengan kadar air terendah yaitu sekitar 88,59%. Hasil ini menunjukkan bahwa spektrum cahaya berpengaruh nyata terhadap kandungan air rumput laut. Pada rumput laut dengan spektrum cahaya hijau, kandungan air bebasnya lebih banyak sehingga penguapan pada saat pengovenan lebih besar terjadi pada spektrum cahaya hijau tersebut. Penguapan ini menyebabkan

kadar air pada rumput laut pada spektrum cahaya hijau menjadi lebih besar dibandingkan spektrum cahaya lainnya.

BAB 5. PENUTUP

5.1 KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan diketahui bahwa penumbuhan *Gracilaria verrucosa* dengan spektrum warna yang berbeda memberikan efek pada nilai rata-rata laju pertumbuhan massa harian (DGR) dan nilai rata-rata laju pertumbuhan panjang nisbi yang berbeda-beda pula. Efek spektrum cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* pada usia tiga hari masih belum terjadi perubahan yang signifikan. Efek spektrum cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* baru terlihat pada umur enam hari rata-rata pertumbuhan massa harian (DGR) di umur enam hari semua perlakuan dengan beberapa spektrum cahaya mengalami penurunan kecuali spektrum cahaya putih, dan spektrum cahaya biru dengan spektrum cahaya putih paling baik pertumbuhannya. Pada pertumbuhan harian panjang di usia enam hari semua mengalami peningkatan, diantara semua perlakuan spektrum cahaya putih dan spektrum cahaya merah merupakan spektrum cahaya yang paling tinggi pertumbuhannya.

Selain dengan mengamati rata-rata pertumbuhan massa harian (DGR) dan rata-rata pertumbuhan panjang efek spektrum cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* juga diamati dengan kadar air (KA). Dari hasil penelitian yang dilakukan spektrum cahaya hijau merupakan spektrum cahaya dengan kadar air tertinggi dan spektrum cahaya putih dengan kadar air merupakan spektrum cahaya dengan kadar air paling rendah. Kadar air menunjukkan banyaknya air yang terkandung dalam rumput laut. Semakin besar kadar air yang dikandung maka semakin jelek mutu rumput laut.

Kesuburan *Gracillaria verrucosa* juga ditentukan oleh salinitas dan pH yang mendukung pada pertumbuhan panjang dan massa *Gracillaria verrucosa*. Salinitas

yang digunakan dalam penelitian yaitu sebesar 25 ppt dan pH dalam seluruh pengukuran mempunyai kisaran 8.4 .

5.2 SARAN

Dari penelitian efek spektrum cahaya terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* ini dapat diaplikasikan ke jenis rumput laut yang lain seperti *Euchema* sp, *Gelidium* sp dan *Sargasum* sp dll, karena besarnya manfaat yang dikandung oleh rumput laut. Namun sebelum penelitian harus mengetahui dulu karakteristik dari rumput laut yang akan diteliti misalnya faktor lingkungan (salinitas dan pH) tempat tumbuh jenis rumput laut yang merupakan faktor penentu pada penumbuhan jenis rumput laut sehingga penelitian dapat berjalan dengan lancar.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 1984. *Ilmu Tanaman*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Afrianto, E. dan E. Liviawati. 1987. *Budidaya Rumput Laut dan Cara pengolahannya*. PT. Bhatara Niaga Media. Jakarta.
- Afrianto, E. dan E. Liviawati. 1993. *Budidaya Rumput Laut dan Cara Pengolahannya*. Bharatara. Jakarta.
- Afrianto, E. dan E. Liviawati. 2001. *Budidaya Laut dan Cara Pengolahannya*. Bharata: Jakarta.
- Amiluddin, N. M. 2007. *Kajian Pertumbuhan dan Kandungan Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* yang Terkena Penyakit Ice-Ice di Perairan Pulau Pari Kepulauan Seribu*. [Tesis]. Bogor. Program Pascasarjana.
- Alabama. USA. Boyd, C.E. 1990. *Water Quality in Ponds For Aquaculture, Alabama Agricultural Experiment Station*. Auburn University. Alabama.
- Alamsjah, M. A., F. Ishibashi, H. Kitamura and Y. Fujita. 2006. *The Effectiveness of *Ulva fasciata* and *U. pertusa* (Ulvales, Chlorophyta) as Algicidal Substances on Harmful Algal Bloom Species*. Japan.
- Alamsjah, M. A., O. N. Ayuningtiaz, dan Sri Subekti. 2010. Pengaruh Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan dan Klorofil a *Gracilaria verrucosa* Pada Sistem Budidaya Indoor. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. **2** (1).
- Alamsyah, H. 2004. *Materi Pelatihan Teknologi Budidaya Rumput Laut*. Dinas Kelautan dan Perikanan Propinsi Jawa Timur Unit Pembenihan Udang Windu Situbondo. Situbondo.

- Alpen, E. L., 1990. *Radiation Biophysics*. Prentice-Hall International Inc. New Jersey.
- Anonim. 2005. *Petunjuk Pengendalian Penyakit Ice-ice pada Budidaya Rumput Laut*. Departemen Kelautan dan Perikanan. Dirjen Perikanan Budidaya. Direktorat Kesehatan Ikan dan Lingkungan. Jakarta.
- Anggadireja, J.T., A. Zatnika, H. Purwoto dan S. Istini. 2006. *Rumput Laut*. Penebar Swadaya.
- Angkasa, W.I., H. Purwoto dan J. Anggadireja. 2006. *Teknik Budidaya Rumput Laut*. <http://www.wordpress.com>. 02/02/2006.
- Aslan. 2003. *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Aslant, L. M. 1990. *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Aslant, L. M. 1998. *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Aslan, L. M. 1999. *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Atmaja, W. S., A. Kadi, Sulistijo, dan Satari. 1996. *Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut Indonesia*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta.
- Atmaja, W. S., dan Subagja. 1995. *Potensi Rumput Laut di Pantai Gili Air, Gili Meno dan Gili Trawangan Lombok Nusa Tenggara Barat*. P03-LIPI. Jakarta.
- Ayuningtiaz, O. N., Alamsjah, M. A., dan Subekti, S. 2010. Pengaruh Lama Penyinaran Terhadap Pertumbuhan dan Klorofil a *Gracilaria verrucosa* Pada Sistem Budidaya Indoor. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 2 (1).
- Azwar, S. 1998. *Metode Penelitian*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.

- Boyd, C.E. 1979. *Water Quality in Warmwater Fish Ponds*. Auburn University
- Boyd, C. E. 1982. *Water quality management for pond fish culture*. Departement of fisheris and Allied Aquaculture.
- Chen, J. X., dan Shang. 1976. *Gracilaria Culture in China*. <http://www.fao.org>. 12/6/2008.
- Dahuri, R., dkk. 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Dahuri, R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Dawes, C.J. 1981. *Marine Botany*. A. Willey – Interscience Publication. Unted States.
- Dawson, E. Y.1956. *How Know The Seaweed*. W.MC. Brown Company publisher. Dubuque. Iowa.
- Dawson, E. Y. 1996. *Marine Botany*. Hall Rinehart and Winston, Inc. united States.
- [Deptan] Departemen Pertanian. 1990. *Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut. Pusat Penelitian dan Pegembangan perikanan. Bekerjasama dengan internasional Indonesia Fisheries Information System (INFIS)*, Direktorat Jendral Perikaan.
- Dinas Kelautan dan Perikanan. 2010. *Profil Kelautan dan Perikanan Kabupaten Takalar*. Takalar.
- [DKP] Departemen Perikanan dan Kelautan-Direktorat Jendral Perikanan Budidaya. 2004. *Profil Rumput Laut Indonesia*.

- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Effendi, M. I. 2002. *Biologi Perikanan*. Yogyakarta: Yayasan Pustaka Nisantama.
- Ekajati, Murdaka, B, dan Priyambodo, Tri Kuntoro. 2010. *Fisika Dasar Listrik-Magnet, Optika, Fisika Modern*. Yogyakarta: Andi.
- Fardiaz, S. 1992. *Polusi Air dan Udara*. Kanisius. Yogyakarta.
- Giancoli, Douglas, C. 2001. *Fisika Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Grahame, J. 1987. *Plankton and Fisheries*. University Of Leed. Edward Arnold. London.
- Hadiwegono, S. 1990. *Petunjuk Teknik Budidaya Rumput Laut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan Departemen Petanian*. Jakarta.
- Handesron S. M., dan Perry, R. L. 1976. *Agricultural Procces Engineering* . West Port Connecticut: The AVI Publising Company Incorporation.
- Hall, D. O., and K. K. Rao. 1987. *Photosynthesis*. 4th Edition. Edward Arnold Hoober and Stoughton Limited. London.
- Hopkins, W. G. 1999. *Introduction to Plant Physiology*. John Willey and Son, Inc. USA.
- Hutabarat dan Evans. 2001. *Pengantar Oseonografi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hutagulung, H., P., dan Rozak, A. 1997. *Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota Laut. Intitus Pertanian Bogor*. Bogor.
- Inansetyo, A., dan Kurniastuti. 1995. *Teknik Kultur Phythoplankton dan zooplankton*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.

- Indriani, H., dan E. Sumiarsih. 1999. *Budidaya, pengolahan dan Pemasaran Rumput Laut*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Indriani, H., dan E. Sumiarsih. 2004. *Budidaya dan Pemasaran Rumput laut*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Ismawan, I. M. D., H. M. Eidman dan M. Boer. 1993. Laju Pertumbuhan *Gracilaria lichenoides* (L) Gmel dan *Gracillaria gigas* Harv. pada Salinitas Berbeda. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia (JIPI)*. **1**: 68-74.
- Istini, S., A. Zatnika, dan Suhaini. 1985. *Manfaat dan Pengelolaan Rumput Laut*. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB882E14.htm>. 20 Februari 2006
- Jana, T. 2006. *Rumput Laut*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Institut Pertanian Bogor. Andarias, I. 1992. *Pengaruh Takaran Urea dan TSP Terhadap Produksi Bobot Kering Klekap*. *Buletin Ilmu Perikanan dan Peternakan*.
- Kadi, A., dan Atmadja, W. S. 1988. *Rumput Laut Jenis Algae. Reproduksi, Produksi, Budidaya dan Pasca Panen. Proyek Studi Potensi Sumberdaya Alam Indonesia*. Jakarta: Pusat penelitian dan Pengembangan Oseanologi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Kadi, A. 2004. *Rumput Laut, Jenis, Reproduksi, Produksi, Budidaya dan Pasca Panen*. Seri Budidaya Alam.
- Kadi, A. 2004. *Rumput Laut Nilai Ekonomis dan Budidaya*. *Puslit Oseanologi_LIPI*. Jakarta.
- Kadji, A. 2006. *Beberapa Catatan Kehadiran Marga Sargassum di Perairan Indonesia*. *LIPI*. Lampung.
- Kamlasi, Y. 2008. *Kajian Ekologi dan Biologi untuk Pengembangan Budidaya Rumput Laut (Eucheuma cottoni) di Kecamatan Kupang Barat Kabupaten*

Kupang Propinsi Nusa Tenggara Timur. [Tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Kusriningrum, R. 1990. *Dasar Perencanaan Percobaan dan Rancangan Acak Lengkap.* Fakultas Kedokteran Hewan. Universitas Airlangga. Surabaya.

Lawlor, D. W. 1993. *Photosynthesis. 2nd Edition.* Longman Group UK Limited. London.

Latif, I. 2008. *Pengaruh Pemberian Pupuk Terhadap Pertumbuhan, Produksi dan Kandungan Karageenan Rumput Laut *Kappaphycus striatum*.* <http://www.unhas.ac.id.12/01/2009>.

Luning, K. 1990. *Seaweed: Their Enviromental, Biography, Ecophysiologi.* C Yarish and Krikman, editor. John Wiley and Son, Inc. Canada. Terjemahan dari: Meeresbotanik: Verbreitung, Okophysiologie und Nutzung der Marinen Makroalgen.

Mann, K. H. 1992. *Ecology of Coastal Water.* Blacwell Scientific Publokation. Oxford.

Masyahoro dan Mappiratu. 2010. Respon Pertumbuhan Pada Berbagai Kedalaman Bibit dan Umur Panen Rumput Laut *Eucheuma cottonii* di perairan Teluk palu. *Media Litbang Sulteng III* (2):104 – 111.

Mubarok, H. 1981. *Budidaya Rumput Laut. Prociding Seminar Hasil Penelitian Sumberdaya Perikanan Laut.* Jakarta 24-26 Februari 1981. BPPL. Departemen Pertanian, Jakarta. Tidak dipublikasikan.

Mubarok, H. 1981. *Budidaya Rumput Laut.* <http://www.fao.org>. 06/05/1981.

Mubarok, H. 1990. *Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Lut.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.

Mustika, L.2008. *Pemilihan dan Konstruksi Rakit Dalam Budidaya Rumput Laut.* <http://www.wordpress.com>. 16/07/2008.

- Mays, L. W. 1996. *Water Resources Handbook*. MC Graw-Hill. New York.
- Nazir, M. 1998. *Metodologi Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Nontji, A. 1987. *Laut Nusantara*. Djambatan. Jakarta.
- Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.
- Nybakken, J. W. 1988. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. PT. Gramedia Jakarta.
- Nybakken, J.W. 2000. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologi*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Parson, T. R., Takasi, M., and Hargave, B. 1984. *Biological oceanographic processes. Third Edition*. Pergamon Press. New York.
- Peni, T., Mardi dan S. Riyanto. 2008. *Pupuk Tunggal dan Pupuk Majemuk*. <http://www.wikipedia.com>. 08/07/2008.
- Pramesti, R. 2007. *Mata Kuliah Biologi Dasar. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan*, Universitas Diponegoro.
- Prasetyarto dan Suhendar. 2010. *Modul Tentang Laut dan Pesisir*. Jakarta.
- Procella, D. B., dan Bhisop, A. B. 1975. *Comprehensive management of phosphorus water pollution*. Utah University Logan. Utah.
- Pusat Penyuluhan Kelautan dan Perikanan. 2011. *Panen dan Pasca Panen*. Jakarta.
- Raikar, S. V., M. Iima and Y. Fujita. 2001. *Effect of Temperature, Salinity and Light Intensity on The Growth of Gracilaria spp.* (Gracilaria, Rhodophyta) from Japan, Malaysia and India.

- Rifai, M. A. 2002. *Kamus Biologi. Cetakan ke-2*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Risiani, Y. 2004. *Potensi Sumber Daya Rumput Laut di Jawa Timur dan Jenis-Jenis Ekonomi Penting*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Robiin. 2007. Perbedaan *Bahan Kemasan dan Periode Simpan dan Pengaruhnya Terhadap Kadar Air Benih Jagung dalam Ruang Simpan Terbuka*. <http://www.pertanian.com>. 10/08/2008.
- Romimohtarto, K. 1991. *Ekosistem Laut dan Pantai*. Gramedia. Jakarta.
- Romimohtarto, K., dan Juwana, S. 1999. *Biologi Laut. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI*. Jakarta.
- Romimohtarto, K., dan Juwana, S. 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir Secara Berkelanjutan*. Djambatan. Jakarta.
- Romimohtarto, K., dan S. Juwana. 2005. *Biologi Laut. Cetakan ke-2*. Djambatan. Jakarta.
- Romimohtarto, K. 2007. *Kualitas Air Dalam Budidaya Laut*. <http://www.abdulkadirsalam.com.01/01/2009>.
- Ruslan, M. 2002. *Studi Beberapa Parameter Fisika-Kimia Air Di Perairan Danau Tempe Kabupaten Wajo*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Ruswahyuni, T., Ekowati N, Ridyorini dan T, Yudiarti. 1998. *Pengaruh Tingkat Intensitas Cahaya dan Pempukan Hyphonex Hijau yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut Jenis Gracilaria sp*. Lemlit. Undip.
- Samsuari. 2006. *Kajian Ekologis dan Biologi untuk Pengembangan Budidaya Rumput laut (Euchemma cottoni) di Kecamatan Kupang Barat Kabupaten Kupang Propinsi Nusa Tenggara Timur*. <http://www.damandiri.go.id>. 15/05/2008.
- Sastrawijaya. 1991. *Pencemaran Lingkungan*. Rineka Cipta. Jakarta.

- Sears, F. W. 1949. *Optics*. Addison-Wesley Publishing Company. Japan
- Sediadi, A., dan U. Budiharjo. 2000. *Rumput Laut Komoditas Unggulan*. Grasindo. Jakara.
- Simanjuntak, M. 2006. *Kadar Fosfat, Nitrat Dan Silikat Kaitannya Dengan Kesuburan Di Perairan Delta Mahakam, Kalimantan Timur*. Pusat Penelitian Oseanografi Lipi. Jakarta.
- Sirajuddin, M. 2009. *Analisa Ruang Ekologi untuk Pengelompokan Zona Pengembangan Budidaya Rumput Laut (Eucheuma cottoni) di Teluk Waworanda Kabupaten Bima [Tesis]*. Bogor. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Sjafrie, N. D. M. 1990. Beberapa Catatan Mengenai Rumput Laut Gracilaria. *Bul. Pewarta Oceania*. XV LON_LIPI, Jakarta.
- Soedjo, Peter. 1992. *Azas-azas Ilmu Fisika jilid 3 Optika*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Soesono. 1989. *Limnology Direktorat Jenderal Perikanan*. Departemen Pertanian. Bogor.
- Soegiarto A, Sulistijo, W. S. Atmaja, dan H. Mubarak. 1978. *Rumput Laut (Alga), Manfaat, Potensi dan Usaha Budidayanya*. LON_LIPI, Jakarta.
- Spotte, S. 1979. *Sea Water Aquarium, The Captive Environment*. John Willy and Son, Inc. New York.
- Sujatmiko, W., dan W. I. Angkasa. 2006. *Teknik Budidaya Rumput Laut dengan Metode Tali Panjang*. <http://www.wordpress.com>. 02/02/2006.
- Sukarmanto. 1996. *Uji Penampilan Sistem Efek Rumah Kaca untuk Pengeringan Alkali Treated Cottonii (ATC) Chip dari Rumput Laut*. Bogor: Skripsi, Program Studi Teknik Pertanian, FATETA, IPB.

- Sulistijo. 1985. *Budidaya Rumput Laut*.
<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB882E11.htm>. 20 Februari 2006
- Sulistijo. 2002. *Penelitian Budidaya Rumput Laut (Algae Makro/Seaweed) di Indonesia*. Puslit Oseanografi_LIPI. Jakarta.
- Sulistijo. 1996. *Perkembangan Budidaya Rumput Laut di Indonesia*. Dalam: (Atmadja, W.S.; A. Kadi, Sulistijo dan Rachmaniar eds.), *Pengenalan Jenis-jenis Rumput laut di Indonesia*. Puslitbang Oseanologi -LIPI Jakarta.
- Sulistyo, 1998. *Hama Penyakit dan Tanaman Pengganggu Pada Tanamana Budidaya Rumput Laut Euchema*. Puslitbang Oceanologi, LIPI. Dalam Bahan Kuliah Pada Latihan Ahli Budidaya Rumput Laut. Lampung.
- Summerfelt, R. C. 1997. *Water Quality Considerations for Aquaculture*.
<http://www.aquanic.org>. 12/12/2008.
- Sunarto. 2008. *Peranan Cahaya Dalam Proses Produksi di Laut*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Suratno dan Asryad. 2003. *Metodologi Penelitian dan Bisnis*. YKPM. Yogyakarta.
- Susanto, A. B., Sarjito, A. Djunaedi dan Safuan. 2001. *Studi aplikasi Teknik Semprot Dengan Penambahan Nutrien Dalam Budidaya Rumput Laut Gracilaria verrucosa (Huds) papenf*. <http://www.pandu.dhs.org>. 10/08/2008.
- Sutika, N., 1989. *Ilmu Air Universitas Padjadjaran*. Universitas Padjadjaran. Bandung.
- Tippler, Paul A. 2001. *Fisika untuk Sain dan Teknik Edisi ke-3 jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Triastuti, R. J., R. Daksina, dan R. Kurnijasanti. 2010. *Pengaruh Persentase Pertukaran Air Pada Pertumbuhan Gracilaria verrucosa dalam Budidaya Bak Terkontrol*. Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga. Surabaya.
- Valiela, I. 1984. *Marine Ecological Processes*. Springer-Verlag. New York.

- Walhi. 2006. *Dampak Lingkungan Hidup Operasi Pertambangan Tembaga dan Emas Freeport-Rio Tinto di Papua*. WALHI. Jakarta Indonesia.
- Wetzel, R. G., dan Licken, G. E. 1979. *Lymnology Analyses*. W. B. Saunders Company. Phyladelphia.
- Widyastuti, T., S. S. Dewi dan Haryono. 2007. *Dasar-Dasar Agronomi*.
<http://www.fp.elcom.ums.ac.id>.14/03/2009.
- Winarno. 1990. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*. Pustaka S. Harapan. Jakarta.
- Winarno, F. G. 1990. *Teknologi Pengolahan Rumput Laut*.Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.
- Yufdy, M. P., dan Jumberi, A. *Pemanfaatan Hara Air Laut Untuk Memenuhi Kebutuhan Tanaman*. <http://www.harvesting.com>. 28/01/2009.
- Yulianto, K., dan M. Hatta. 1998. Pengaruh beberapa faktor pengontrol terhadap keberhasilan budidaya *Kappaphycus striatum* (Schmitz) Doty (Rhodophyta) di Perairan Tual, Maluku Tenggara. *Perairan Maluku dan Sekitarnya*,**10**:13-21

LAMPIRAN

A. Gambar Alat dan Bahan



Rumput Laut *Gracilaria verrucosa*



Lux Meter



Refraktometer



PH- Meter



Timer



Thermometer infrared



Jangka sorong



Timbangan Digital



Set up penelitian