



EFEK TEMPERATUR TERHADAP PERTUMBUHAN
Gracilaria verrucosa

SKRIPSI

Oleh

Dian Rizqi Nur Amalia
NIM 071810201078

JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER
2013



EFEK TEMPERATUR 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:

Dian Rizqi Nur Amalia
NIM 071810201078

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 Arpapun dan Ibu In Setianingsih, 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. Adikku Arifatur Ayu Pratiwi yang selalu memberikan doa dan motivasinya;
3. guru-guru dan dosen-dosen, terima kasih telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran;
4. teman-teman angkatan 2007, terima kasih atas motivasi dan persaudaraannya;
5. Almamater yang kubanggakan di Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember.

MOTTO

"Allah menghendaki kemudahan bagimu, dan tidak menghendaki kesukaran bagimu."

(terjemahan Q.S Al-Baqarah: 185)¹⁾

” Belajarlah mencari ilmu, karena mempelajari ilmu karena Allah adalah kebaikan,
dan menuntut ilmu adalah ibadah, pengkajiannya adalah seperti tasbih,
penyelidikannya seperti jihad, pengajarannya adalah sedekah dan pemberiannya
kepada ahlinya adalah pendekatan kepada Allah ”

(Mu`adz bin Jabal)²⁾

¹⁾ Departemen Agama Republik Indonesia. 1971. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Yayasan Penyelenggara Penterjemah/Pentafsir Al-Qur'an.

²⁾ Muhammad, A.dkk.2003. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid I*. Imam Asy-Syafi'i: Jakarta

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Dian Rizqi Nur Amalia

NIM : 071810201078

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul: “Efek Temperatur 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 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, 27 Mei 2013

Yang menyatakan,

Dian Rizqi Nur. A.
NIM 071810201078

SKRIPSI

EFEK TEMPERATUR TERHADAP PERTUMBUHAN *Gracilaria verrucosa*

Oleh

Dian Rizqi Nur Amalia
NIM 071810201078

Pembimbing:

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

Dosen Pembimbing Anggota : Dra. Arry Y. Nurhayati.

PENGESAHAN

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

hari :

tanggal :

tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing Utama,

Dosen Pembimbing Anggota,

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

Dra. Arry Y. Nurhayati

NIP 19620311 198702 1 001

NIP 19610909 198601 2 001

Penguji I

Penguji II

Ir. Misto, M.Si.

Puguh Hiskiawan, S.Si., M.Si.

NIP 19591121 199103 1 002

NIP 19741215 200212 1 001

Mengesahkan

Dekan,

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

NIP 19610108 198602 1 001

RINGKASAN

Efek Temperatur Terhadap Pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*; Dian Rizqi Nur Amalia, 071810201078; 2013: 70 halaman; Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Secara geografis, panjang pantai Indonesia yang mencapai 81.000 km potensial bagi pengembangan komoditas sumber daya hayati laut serta berpeluang besar dan potensial sebagai penghasil rumput laut dan memberikan arti penting bagi perkembangan pembangunan perikanan di Indonesia. Selain merupakan salah satu sumber daya hayati, rumput laut memiliki potensi kandungan bahan pangan dan bahan farmasi yang cukup potensial dan merupakan komoditi yang bernilai ekonomis karena sangat dibutuhkan oleh manusia serta sering digunakan sebagai bahan baku industri, juga merupakan salah satu sumber devisa negara dan sumber pendapatan bagi masyarakat pesisir. Salah satu rumput laut yang dapat dikembangkan melalui budidaya adalah *Gracilaria verrucosa*.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui bagaimana efek suhu berpengaruh terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*, serta pada kisaran suhu berapa *Gracilaria verrucosa* tersebut akan tumbuh paling baik. Melalui penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pengaruh suhu berbeda terhadap pertumbuhan alga merah *Gracilaria verrucosa*.

Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan penumbuhan pada variasi suhu 22°C, 24°C, 25°C, 27°C dan 31°C. Sampel diambil dari hasil budidaya tambak di Desa Sumiring, Dusun Kalbut, Kecamatan Mangaran, Kabupaten Situbondo dan ditumbuhkan dalam tanki penumbuhan dan diadaptasi selama 2 minggu untuk mendapatkan perlakuan selanjutnya. Laju pertumbuhan harian (*daily growth rate*) dan pertumbuhan panjang nisbi diukur dalam tiga hari pertama dan tiga hari kedua, pada masing-masing penanaman sebanyak 10 sampel dari masing-masing

perlakuan temperatur yang kemudian penamaman tersebut diulang dalam 4 minggu berurutan dari sampel yang telah ditumbuhkan dalam tangki pertumbuhan dalam temperatur, salinitas 25 ‰ dan pH dan intensitas yang sama selama satu bulan. Media air laut setiap minggu diganti dengan air laut yang baru dengan menambahkan tiga perempat air baru dari air yang disisakan sebanyak ¼ bagian.

Pada hasil didapatkan bahwa bahwa temperatur yang berbeda memberikan efek yang berbeda pada rata-rata laju pertumbuhan bobot harian dan rata-rata laju pertumbuhan panjang harian dalam setiap minggu pada *gracilaria* yang ditumbuhkan dalam skala laboratorium selama satu bulan. Pada hasil juga didapatkan bahwa temperatur yang berbeda memberikan efek pertumbuhan yang berbeda pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* pada pengukuran kadar air dan efek visual yang dihasilkan pada temperatur 22°C, 24°C, 25°C, 27 °C dan 31°C.

Secara umum dapat diambil kesimpulan bahwa rumput laut *Gracilaria. verrucosa* dapat tumbuh secara optimal pada kisaran temperatur 22°C, 24°C, 25°C, 27°C penelitian tersebut, dengan didukung oleh kualitas air yang berada pada kisaran toleransi, serta cara budidaya rumput laut yang diaplikasikan pada pertambakan dalam skala laboratorium, sedangkan pada suhu 31°C, rumput laut *Gracilaria. verrucosa* masih dapat tumbuh meskipun mempunyai kendala pertumbuhan. Meskipun demikian diperlukan pengamatan yang lebih lanjut pada temperatur lebih rendah mengingat pentingnya temperatur yang merupakan parameter fisika dalam pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*.

PRAKATA

Alhamdulillahirobilalamin, segala syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufiq serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “*Efek Temperatur 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, 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, perhatian, bimbingan, saran, dalam penulisan skripsi ini, serta penyediaan fasilitas dan pendanaan penelitian.
2. Ir. Misto, M.Si., selaku Dosen Penguji I, Puguh Hiskiawan S.Si, M.Si., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktu, pikiran, bimbingan, kritik, dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
3. seluruh staf pengajar Jurusan Fisika dan Fakultas MIPA Universitas Jember beserta jajarannya yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini;
4. teman-teman kelompok Biofisika dan angkatan 2007 di Jurusan Fisika, terima kasih yang telah memberikan doa dan dukungannya selama ini, dan semua pihak yang telah membantu dengan tulus dan ikhlas dalam penyelesaian skripsi

Penelitian dalam skripsi ini merupakan bagian dari *Project research* yang merupakan penelitian bersama mahasiswa dan dosen pembimbing, kritik dan saran diharapkan untuk perbaikan. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat dan memberikan tambahan pengetahuan bagi yang membacanya.

Jember, 28 Mei 2013

Penulis

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	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan masalah	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Temperatur	6
2.2 Rumput Laut (<i>Gracilaria verrucosa</i>)	8
2.2.1 Morfologi.....	8
2.2.2 Ciri-ciri dan Taksonomi	11
2.2.3 Ekologi dan Daerah Penyebaran.....	13
2.2.4 Pertumbuhan dan Perkembangan Rumput Laut	14
2.2.5 Reproduksi Rumput laut.....	15

2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Rumput Laut	16
2.3.1 Faktor-faktor Lingkungan Budidaya Rumput Laut.....	16
2.3.2 Faktor-faktor Hama dan Penyakit	24
2.4 Sistem Akuarium Air Laut.....	16
2.4.1 Sistem Filtrasi	26
2.2.2 Kontrol Aliran Air Laut.....	11
2.5 Metode Budidaya Rumput Laut.....	28
2.6 Efek Temperatur Terhadap Pertumbuhan <i>Gracilaria verrucosa</i>.	30
BAB 3. METODE PENELITIAN.....	32
3.1 Tempat dan Waktu	32
3.2 Alat dan Bahan	32
3.2.1 Alat	32
3.2.2 Bahan	33
3.3 Metodologi Penelitian	34
3.3.1 Metode Penelitian	34
3.4 Prosedur Penelitian	34
3.4.1 Penelitian Pendahuluan	34
3.5 Prosedur Penelitian	40
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Hasil dan Analisis Data Penelitian	41
4.1.1 Hasil dan Analisis Data Laju Pertumbuhan Harian (<i>Daily Growth Rate</i>) <i>Gracilaria. verrucosa</i>	42
4.1.2 Hasil Data Pertumbuhan Panjang Nisbi <i>Gracilaria verrucosa</i>	44
4.1.3 Hasil dan Analisis Data Kadar Air <i>Gracilaria. verrucosa</i>	46
4.1.4 Hasil Pengamatan Visual <i>Gracilaria. verrucosa</i>	47
4.2 Pembahasan	50
BAB 5. PENUTUP.....	58
5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran	59

DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
4.1 Nilai rata-rata hasil pengukuran laju pertumbuhan harian (DGR) \pm standar error (s.e) <i>Gracilaria verrucosa</i> pada umur 3 dan 6 hari pada empat kali penanaman pada berbagai temperatur 31°C, 27°C, 25°C, 24°C dan 22°C dari sampel <i>Gracilaria verrucosa</i> yang ditumbuhkan dalam laboratorium selama satu bulan.....	42
4.2 Data hasil pengukuran nilai rata-rata pertumbuhan panjang nisbi \pm standar error (s.e) dari 4 pengulangan penanaman yang diberi perlakuan variasi temperatur <i>Gracilaria verrucosa</i> pada berbagai variasi temperatur 31°C, 27°C, 25°C, 24°C dan 22°C.....	44
4.3 Data hasil pengukuran nilai rata-rata kadar air \pm standar error (s.e) dari masing-masing 40 sampel pada masing-masing dari pertumbuhan <i>Gracilaria verrucosa</i> pada temperatur 31°C, 27°C, 24°C dan 22°C.....	46

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1	Morfologi Makroalga..... 9
2.2	Morfologi <i>Gracilaria verrucosa</i> (Hudson) Papenfus..... 12
2.3	Sketsa penanaman rumput laut sistem lepas dasar..... 28
2.4	Sketsa penanaman rumput laut sistem lepas dasar..... 29
2.5	Sketsa penanaman rumput laut sistem rakit bambu..... 29
3.1	Diagram alir kegiatan penelitian..... 38
4.1	Grafik nilai laju pertumbuhan harian (%) rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> dengan variasi temperatur 25°C, 31°C, 27°C, 24°C dan 22°C..... 43
4.2	Grafik nilai laju pertumbuhan panjang nisbi (%) rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> dengan variasi temperatur 31°C, 27°C, 24°C dan 22°C 45
4.3	Grafik nilai kadar air (%) rumput laut <i>Gracilaria verrucosa</i> setelah pengeringan pada temperatur 60°C selama 6 jam, dari <i>Gracilaria</i> yang ditumbuhkan pada berbagai variasi temperatur 31°C, 27°C, 25°C, 24°C dan 22°C 47
4.4	Foto hasil pengamatan visual <i>Gracilaria verrucosa</i> pada pertumbuhan dengan variasi temperatur a. 31 ⁰ C, b. 27 ⁰ C, dan c. 25 ⁰ C, pada pengamatan tiga hari dan enam hari pada minggu 1 48
4.5	Foto hasil pengamatan visual <i>Gracilaria verrucosa</i> pada pertumbuhan dengan variasi temperatur a. 24 ⁰ C, b. 22 ⁰ C, pada pengamatan tiga hari dan enam hari pada minggu 1 49

DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
LAMPIRAN A	Gambar alat dan bahan.....	71
LAMPIRAN B	Tabel Hasil Pengukuran Laju Pertumbuhan Harian (DGR) <i>Gracilaria verrucosa</i>	72
LAMPIRAN C	Tabel Hasil Pengukuran Pertumbuhan Panjang Nisbi <i>Gracilaria verrucosa</i>	77
LAMPIRAN D	Tabel Hasil Pengukuran Kadar Air <i>Gracilaria verrucosa</i>	82
LAMPIRAN E	Foto Hasil Pengamatan Visual <i>Gracilaria verrucosa</i> dengan Variasi Temperatur.....	94

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Secara geografis, panjang pantai Indonesia mencapai 81.000 km terdiri dari 13.677 buah pulau di sekelilingnya, dengan wilayah perairan Indonesia kurang lebih 70% terdiri dari laut, yang pantainya kaya akan berbagai jenis sumber hayati yang potensial untuk dimanfaatkan seperti bahan pangan dan pupuk organik. Keadaan ini merupakan salah satu faktor yang dapat menunjang keberhasilan pengembangan komoditas sumber daya hayati laut serta berpeluang besar dan potensial sebagai penghasil rumput laut dan memberikan arti penting bagi perkembangan pembangunan perikanan di Indonesia (Soegiarto *et al.* 1978). Afrianto dan Liviawati (1993) menyatakan bahwa rumput laut merupakan salah satu sumber daya hayati laut yang memiliki potensi kandungan bahan pangan dan bahan farmasi yang cukup potensial dan merupakan komoditi yang bernilai ekonomis karena sangat dibutuhkan oleh manusia serta sering digunakan sebagai bahan baku industri.

Selain dapat digunakan sebagai bahan makanan, minuman dan obat-obatan, beberapa hasil olahan rumput laut seperti agar-agar, alginat dan karaginan merupakan senyawa yang cukup penting dalam industri (Istini, 1998), rumput laut juga merupakan salah satu sumber devisa negara dan sumber pendapatan bagi masyarakat pesisir. Menurut Atmadja dkk (1996), pada perairan Indonesia ditemukan 555 jenis rumput laut, dari jumlah tersebut 21 jenis diantaranya dapat menghasilkan agar-agar. Jenis-jenis ini antara lain : *Gracilaria sp*, *Gelidium sp*, *Gelidellia sp* dan *Gelidiopsis sp*. Jenis *Gracilaria* yang sering dijumpai di Indonesia adalah *G. lichenoides*, *G. gigas* dan *G. verrucosa*. *Gracilaria verrucosa* yang merupakan penghasil agar (Lewmanomont, 1995) dan saat ini mulai banyak dibudidayakan di tambak.

Secara morfologi, rumput laut tidak dapat dibedakan antara akar, batang dan daun. Berupa thallus dengan bentuk bermacam-macam. Thallus ini ada yang uniseluler dan multiseluler. Sifat substansi thallus beranekaragam, ada yang lunak seperti gelatin (*gelatinous*), kertas yang diliputi atau mengandung zat kapur (*calcareous*), lunak seperti tulang rawan (*cartilagenous*), berserabut (*spongiuous*) dan sebagainya (Aslan, 1995). Karena sifat substansinya tersebut, rumput laut memiliki kemampuan penyerapan dan penyimpanan air yang berbeda dengan tanaman lain yang tumbuh di darat. Misalnya pada rumput laut *gracilaria* yang merupakan salah satu jenis alga merah serta banyak mengandung gel dimana gel ini memiliki kemampuan mengikat air yang cukup tinggi. Karena mengandung gel, penyerapan air tergantung pada luas permukaan rumput laut sehingga potongan yang berbeda akan berpengaruh pada tingkat penyerapan dan penyimpanan airnya.

Karena memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan air menjadikan rumput laut sangat potensial digunakan pada bidang pertanian laut, terutama pada lahan dengan ukuran partikel tanah yang cukup besar seperti pada tanah pasir. Tanah yang terdiri atas partikel besar kurang dapat menahan air. Air yang ada dalam tanah akan berinfiltrasi, bergerak ke bawah melalui rongga tanah, akibatnya tanah kekurangan air. Kondisi ini apabila terus menerus dapat mematikan tanaman (Dwidjoseputro, 1978).

Selain kemampuannya menyerap dan menyimpan air, rumput laut mengandung unsur makromineral dan unsur mikromineral yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga sangat baik untuk dijadikan bahan pupuk organik. Kandungan rumput laut umumnya adalah mineral esensial (besi, iodium, aluminium, mangan, calcium, nitrogen dapat larut, fosfor, sulfur, khlor, silikon, rubidium, strontium, barium, titanium, cobalt, boron, copper, kalium, dan unsur-unsur lainnya yang dapat dilacak), protein, tepung, gula dan vitamin A, C dan D (<http://www.dkp.go.id>).

Rumput laut (*seaweeds*) atau makro alga tumbuh di perairan laut yang memiliki substrat keras dan kokoh yang berfungsi sebagai media tumbuh atau tempat melekat. Rumput laut hanya dapat hidup di perairan apabila cukup mendapatkan

cahaya. Pada perairan yang jernih, rumput laut dapat tumbuh hingga kedalaman 20-30 meter. Nutrisi yang diperlukan oleh rumput laut dapat langsung diperoleh dari dalam air laut. Menurut Dahuri (2003), parameter ekosistem utama yang merupakan syarat tumbuh bagi rumput laut adalah (1) intensitas cahaya, (2) musim dan suhu, (3) salinitas, (4) pergerakan air, dan (5) zat hara.

Suhu perairan merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam mempelajari pertumbuhan rumput laut. Suhu perairan mempengaruhi laju fotosintesis. Nilai suhu perairan yang optimal untuk laju fotosintesis berbeda pada setiap jenis. Secara prinsip suhu yang tinggi dapat menyebabkan protein mengalami denaturasi, serta dapat merusak enzim dan membran sel yang bersifat labil terhadap suhu yang tinggi. Pada suhu yang rendah, protein dan lemak membran dapat mengalami kerusakan sebagai akibat terbentuknya kristal di dalam sel.

Menurut Mubarak dan Wahyuni (1981) suhu merupakan faktor sekunder bagi kehidupan rumput laut dan fluktuasi yang tinggi akan dapat terhindar dengan adanya *water mixing*. Suhu air berpengaruh terhadap fungsi fisiologis pada organisme perairan, karena suhu yang ekstrim dapat menyebabkan kematian, sedangkan suhu yang optimal dapat berpengaruh mengatur fotosintesis dan respirasi, serta pertumbuhan dan pembiakan (Rahayu dan Sutisna, 2001). Setiap pertumbuhan *gracilaria* membutuhkan suhu yang berbeda untuk pertumbuhannya. Perubahan suhu yang nyata bagi *gracilaria* dapat menghambat pertumbuhan baik berupa perubahan morfologi maupun fisiologinya bahkan dapat mematikannya.

Sahabuddin dan Tangko (2008) mengemukakan bahwa suhu berpengaruh terhadap aktivitas metabolisme dan perkembangan suatu organisme. Suhu juga merupakan salah satu faktor yang penting bagi pertumbuhan rumput laut (Raikar *et al.*, 2001). Sesuai dengan yang dikemukakan oleh Aslan (1998) bahwa suhu yang baik untuk pertumbuhan rumput laut berkisar antara 26-33°C, sedangkan Raikar *et al.*, (2001) menyatakan bahwa bila suhu di bawah 25°C akan terjadi penurunan pertumbuhan pada *Gracilaria sp.* Menurut Hutagalung (1988), bahwa batas ambang

suhu untuk pertumbuhan alga hijau, coklat dan merah 34,5 °C dan untuk alga biru hijau 37 °C. Suhu mempunyai peran yang sangat penting bagi kehidupan dan pertumbuhan rumput laut. Suhu air dapat berpengaruh terhadap beberapa fungsi fisiologis rumput laut seperti fotosintesis, respirasi, metabolisme, pertumbuhan dan reproduksi (Dawes, 1981). Suhu yang terlalu rendah dan suhu yang terlalu tinggi sangat berpengaruh terhadap proses metabolisme. Dawes (1981) menyatakan bahwa rumput laut mempunyai kisaran suhu yang spesifik karena adanya enzim pada rumput laut yang tidak dapat berfungsi pada suhu yang terlalu dingin maupun terlalu panas. Sedangkan menurut Moll dan Deikman (1995) menyatakan bahwa rumput laut tumbuh dengan cepat pada suhu 35 °C dan pada suhu 40 °C dapat mematikan.

Berdasarkan uraian di atas terlihat bahwa suhu mempunyai peranan penting dalam pertumbuhan *Gracilaria*, karena itu dalam penelitian ini suhu menjadi fokus dalam penelitian. Untuk menghasilkan suatu kualitas rumput laut yang baik maka perlu dilakukan penelitian terkait hubungan antara faktor eksternal (faktor lingkungan perairan) dan faktor internal (perlakuan asal *thallus* dan bobot bibit) dari rumput laut *Gracilaria*, sehingga dapat ditentukan perlakuan yang baik untuk bibit dan faktor-faktor yang paling berpengaruh terhadap pentingnya efek suhu terhadap pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa*.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada penelitian ini adalah apakah efek suhu berpengaruh terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*, serta pada kisaran suhu berapa *Gracilaria verrucosa* tersebut akan tumbuh paling baik ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh suhu yang berbeda terhadap pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan informasi tentang pengaruh suhu berbeda terhadap pertumbuhan alga merah *Gracilaria verrucosa*.
2. Mengetahui kisaran suhu yang dibutuhkan untuk pertumbuhan optimal dari *Gracilaria verrucosa*.

1.5 Batasan Masalah

Masalah penelitian ini dibatasi pada beberapa hal yaitu:

1. Kondisi penanaman seperti salinitas, pH, kelembaban relatif (RH), suhu luar dan intensitas cahaya pada masing-masing perlakuan dianggap sama, melalui kontrol budidaya yang dilakukan.
2. Penggunaan pupuk tidak dilakukan karena penggantian air selama setiap minggu diasumsikan cukup mewakili standar nutrisi budidaya, dan dianggap tidak berpengaruh pada hasil penelitian.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Temperatur

Pengertian temperatur menurut Alfatah dan Yusuf (2008) adalah ukuran derajat panas atau dinginnnya suatu benda. Sedangkan menurut Hadiat dan Moedjadi (2004) temperatur merupakan ukuran keadaan benda yang menentukan kecepatan benda tersebut dalam menerima atau melepas kalor terhadap sekelilingnya yang keadaannya berbeda dengan benda tersebut. Sarjani (2005) memberikan pengertian temperatur sebagai derajat panas yang timbul karena adanya radiasi matahari yang diterima bumi. Dijelaskan oleh Sarjani bahwa tingkat penerimaan panas oleh bumi dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

1. Sudut datang sinar matahari, yaitu sudut yang dibentuk oleh permukaan bumi dengan arah datangnya sinar matahari. Makin kecil sudut datang sinar matahari, semakin sedikit panas yang diterima oleh bumi dibandingkan sudut yang datangnya tegak lurus.
2. Lama waktu penyinaran matahari, makin lama matahari bersinar, semakin banyak panas yang diterima bumi.
3. Keadaan muka bumi (daratan dan lautan), daratan cepat menerima panas dan cepat pula melepaskannya, sedangkan sifat lautan kebalikan dari sifat daratan.
4. Banyak sedikitnya awan, ketebalan awan mempengaruhi panas yang diterima bumi. Makin banyak atau makin tebal awan, semakin sedikit panas yang diterima bumi (Sarjani, 2005).

Temperatur merupakan indikasi jumlah energi (panas) yang terdapat dalam satu sistem atau massa. Perubahan temperatur ini terjadi saat terjadinya pasang atau surut maksimal. Temperatur juga mempunyai pengaruh tidak langsung terhadap organisme laut. Organisme laut dapat mati kehabisan air, meningkatnya temperatur

dapat mempercepat kehabisan air. Temperatur air di permukaan laut berkisar antara 28 – 31°C (Guisseley, 1970). Temperatur di dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi dari pada di lepas pantai.

Temperatur sistem adalah suatu sifat yang menentukan apakah sistem dalam kesetimbangan termal dengan sistem lain” (Zemansky, 1986). Secara fundamental mengenai hukum ke nol yang berhubungan dengan temperatur adalah: terdapat sebuah kuantitas skalar yang dinamakan temperatur, yang merupakan sebuah sifat semua sistem termodinamika (di dalam keadaan-keadaan kesetimbangan), sehingga kesamaan temperatur adalah merupakan syarat yang perlu dan cukup untuk kesetimbangan termal. Secara bebas dapat dikatakan, dari hukum ke nol adalah: ada sebuah kuantitas yang berguna yang dinamakan temperatur (Halliday dan Resnick, 1985).

Temperatur juga berpengaruh terhadap kerapatan air laut. Air laut yang hangat, kerapatannya lebih rendah daripada air laut yang dingin pada salinitas yang sama. Kerapatan juga merupakan suatu fungsi dari salinitas, kenaikan salinitas, menyebabkan kenaikan kerapatan, tetapi variasi temperatur yang ditemukan di seluruh perairan lebih besar daripada variasi salinitas. Oleh karena itu, temperatur lebih penting dalam mempengaruhi kerapatan (Nybakken, 1992).

Pengaruh temperatur terhadap sifat fisiologi organisme perairan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi fotosintesis disamping cahaya dan konsentrasi fosfat (Odum 1971). Perbedaan temperatur terjadi karena adanya perbedaan energi matahari yang diterima oleh perairan. Temperatur akan naik dengan meningkatnya energi matahari yang masuk ke dalam perairan. Hal ini dapat meningkatkan kecepatan fotosintesis sampai pada radiasi tertentu. Kecepatan fotosintesis akan konstan dan produksi maksimum tidak tergantung pada energi matahari lagi sampai pada reaksi mengenzim (Nontji 1981).

2.2 Rumput Laut (*Gracilaria verrucosa*)

2.2.1 Morfologi

Rumput laut (*seaweed*) adalah ganggang berukuran besar (*macroalgae*) yang merupakan tanaman tingkat rendah dan termasuk dalam divisi *thallophyta*. Gambaran umum rumput laut adalah macrobenthic (besar dan melekat), organisme autotrophic, membutuhkan cahaya untuk keberlangsungan hidupnya sehingga rumput laut tidak dapat hidup pada kedalaman laut yang tidak ada penetrasi cahaya. Ukuran, bentuk dan warna rumput laut bervariasi. Rumput laut dapat ditemukan di beberapa variasi habitat sepanjang pantai dan melekat pada banyak jenis substrat seperti pasir, lumpur, batu, cangkang hewan laut, karang, kayu dan jenis rumput laut lainnya (Guanzon Jr., 2003).

Dari segi morfologinya, rumput laut tidak memperlihatkan adanya perbedaan antara akar, batang dan daun. Secara keseluruhan, tanaman ini mempunyai morfologi yang mirip, walaupun sebenarnya berbeda. Proses metabolisme alga memerlukan kesesuaian faktor-faktor fisika dan kimia seperti perairan, gerakan air, temperatur, kadar garam, nutrisi atau zat hara seperti nitrat dan fosfat, dan pencahayaan sinar matahari.

Gracillaria verrucosa merupakan salah satu jenis rumput laut yang mempunyai batang daun semu sehingga dimasukkan dalam golongan Thallophyta. Talus *Gracillaria verrucosa* tersusun oleh jaringan yang kuat, warna merah ungu kehijau-hijauan, bercabang-cabang mencapai tinggi 1-3 dm dengan garis tengah cabang antara 0,5-2,0 mm. Percabangan “alternate”. Kadang-kadang hampir dikotom dengan perulangan lateral. Bentuk cabang silindris dan meruncing di ujung cabang (Irvine dan Price, 1978).

Gracillaria verrucosa hidup sebagai fitobentos, melekat pada substrat dengan holdfast. Substrat yang baik untuk pertumbuhannya adalah batu-batuan, karang mati, kayu, kulit kerang atau hidup menempel dengan alga lainnya (Bold dan Wynne, 1978).



Gambar 2.1: Morfologi Makroalga

Bagian-bagian rumput laut secara umum terdiri dari *holdfast* yaitu bagian dasar dari rumput laut yang berfungsi untuk menempel pada substrat dan *thallus* yaitu bentuk-bentuk pertumbuhan rumput laut yang menyerupai percabangan. Bentuk-bentuk tersebut sebenarnya hanyalah *thallus*. Bentuk *thallus* rumput laut ada bermacam-macam, antara lain bulat, seperti tabung, pipih, gepeng, dan bulat seperti kantong dan rambut. Substansi *thallus* tersebut dapat bersifat keras karena mengandung zat kapur, lunak seperti tulang rawan, kenyal seperti gel, atau fleksibel seperti bunga karang (Aslan, 1998).

Percabangan *thallus* ada yang dua-dua terus-menerus (mencambah), dua-dua berlawanan pada sepanjang thallus utama (menyirip), berderet searah pada satu sisi *thallus* utama (terpusar), dan ada juga yang sederhana tanpa cabang (Anonim, 1978). Tidak semua rumput laut bisa diketahui memiliki *holdfast* atau tidak. Rumput laut memperoleh atau menyerap makanannya melalui sel-sel yang terdapat pada thallusnya. Nutrisi terbawa oleh arus air yang menerpa rumput laut akan diserap sehingga rumput laut bisa tumbuh dan berkembangbiak. Perkembangbiakan rumput laut melalui dua cara yaitu generatif dan vegetatif (Juneidi, 2004).

Thallophyta adalah tanaman yang morfologinya hanya terdiri dari *thallus*, tidak mempunyai akar, batang dan daun sejati. Fungsi ketiga bagian tersebut

digantikan oleh *thallus*. Rumput laut yang dikelompokkan berdasarkan warna dibedakan menjadi tiga kelas dari *thallophyta* adalah *Rhodophyceae* (ganggang merah), *Phaeophyceae* (ganggang coklat), *Chlorophyceae* (ganggang hijau) yang ketiganya dibedakan oleh kandungan pigmen dan klorofil (Anggadiredja *et al.*, 2006). Pengelompokan menurut warna ini didasarkan pada pigmen yang terkandung di dalamnya yaitu fikoeritrin dan fikosianin pada rumput laut merah, fukosantin pada rumput laut coklat dan klorofil b pada rumput laut hijau. Berbeda dengan rumput laut hijau dan coklat, rumput laut merah tidak selalu memperlihatkan warna merah saat ditemukan di alam. Pada kenyataannya di alam, alga merah menunjukkan variasi warna lain seperti hijau, ungu dan cokelat tua, karena sifat adaptik kromatiknya, yaitu mempunyai penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan dan dapat menimbulkan berbagai warna-warna *thallus* seperti pirang, violet, merah tua, merah muda, cokelat, kuning dan hijau. Indikasi untuk mengetahui bahwa jenis tersebut termasuk *Rhodophyceae*, adalah bila terjadi perubahan warna menjadi merah atau keungu-unguan saat mengalami kekeringan (Atmadja, 2007).

Fikosianin merupakan salah satu dari tiga pigmen (klorofil, fikosianin dan karotenoid) yang mampu menangkap radiasi yang tersedia dari matahari paling efisien. Fikosianin bermanfaat dalam proses fotosintesis karena merupakan prekursor bagi klorofil dan hemoglobin dengan kandungan magnesium dan besi (Suhartono, 2000 dalam Arlyza, 2005). *Phaeophyceae* umumnya berwarna kuning kecoklatan karena sel-selnya mengandung klorofil a dan c. *Chlorophyceae* umumnya berwarna hijau karena sel-selnya mengandung klorofil a dan b dengan sedikit karoten (Direktorat Jenderal Perikanan, 1990).

Rumput laut memerlukan substrat sebagai tempat menempel biasanya pada karang mati, moluska, pasir dan lumpur. Kejernihan air kira-kira sampai 5 meter atau batas sinar matahari bisa menembus air laut. Tempat hidup *Chlorophyceae* umumnya lebih dekat dengan pantai, lebih ke tengah lagi *Phaeophyceae*, dan lebih dalam alga *Rhodophyceae*. Pengukuran kedalaman secara umum untuk rumput laut yang baik

adalah pada waktu air surut. Pada waktu air surut, kedalaman rumput laut berada pada kedalaman 30 – 50 cm dari permukaan laut.

2.2.2 Ciri-ciri dan Taksonomi

Gracilaria merupakan jenis makroalga laut yang paling banyak digunakan dalam produksi agar. Hal ini karena *Gracilaria* mudah diperoleh, murah harganya dan juga lebih mudah dalam proses pengolahannya. Jenis ini berperan cukup dominan dalam pembentukan gel agar pada saat ekstraksi. Disamping itu *Gracilaria* memiliki kandungan agarosa dan agaroptin yang cukup baik sehingga dapat menentukan kekuatan gel agar yang kuat dan kokoh dibandingkan dengan hasil ekstraksi dari *Gelidium* (Winarno, 1990).

Gracilaria verrucosa merupakan algae *bentik* yaitu algae yang tumbuh menancap atau melekat pada substrat. Bentuk *thallus* menyerupai silinder, licin, berwarna coklat atau kuning hijau, percabangan tidak beraturan, memusat di bagian pangkal, cabang-cabang lateral memanjang menyerupai rambut dengan ukuran panjang berkisar 15-30 cm (Ditjenkanbud, 2005). Ciri-ciri khusus dari *Gracilaria verrucosa* adalah thalus berbentuk silindris dan permukaannya licin. Thalus tersusun oleh jaringan yang kuat, bercabang-cabang dengan panjang kurang lebih 250 mm, garis tengah cabang antara 0,5-2,0 mm. Percabangan alternate yaitu posisi tegak percabangan berbeda tingginya, bersebelahan atau pada jarak tertentu berbeda satu dengan yang lain, kadang-kadang hampir *dichotomous* dengan pertulangan lateral yang memanjang menyerupai rumput. Bentuk cabang silindris dan meruncing di ujung cabang (Soegiarto, 1978).



Gambar 2.2: Morfologi *Gracilaria verrucosa* (Hudson) Papenfus
(Sumber: Milchacova, 1998)

Menurut Dawes (1981), *Gracilaria verrucosa* mempunyai taksonomi sebagai berikut :

Divisio : Rhodophyta
Classis : Rhodophyceae
Ordo : Gigartinales
Familia : Gracilariaceae
Genus : *Gracilaria*
Species : *Gracilaria verrucosa*

Alga merah genus *Gracilaria* mempunyai beberapa spesies diantaranya adalah: *G. verrucosa*, *G. confervoides*, *G. arcuata*, *G. lichenoides*, *G. euchemoides*, *G. blodgettii*, *G. cylindrica*.

Penampakan *thallus*/rumpun bervariasi mulai dari bentuk sederhana sampai bentuk yang kompleks. Duri pada *thallus*/rumpun runcing memanjang, agak jarang – jarang dan tidak bersusun melingkari *thallus*/rumpun mirip seperti pada *E. verrucosinosum*. Percabangan ke berbagai arah dengan batang-batang utama keluar saling berdekatan di daerah basal (pangkal). Cabang-cabang pertama dan kedua tumbuh membentuk rumpun yang rimbun dengan ciri khusus mengarah ke arah

datangnya matahari. Cabang-cabang ada yang memanjang dan melengkung (Atmadja *et al.*, 1996).

2.2.3 Ekologi dan Daerah Penyebaran

Rumput laut hidup sebagai *fitobenthos*, melekat dan menancapkan *thallus* dengan bantuan cairan pelekat pada substrat padat seperti batuan, karang mati, kayu, kulit kerang bahkan ada yang hidup di daerah berlumpur dan berpasir (Soegiarto *et al.*, 1978). *Gracilaria* hidup melekat pada substrat berupa batu, pasir, lumpur, dan lain-lain. Selanjutnya *Gracilaria* 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 Soegiarto *et al.*, (1978), *Gracilaria* dapat tumbuh di berbagai kedalaman, namun pada umumnya pertumbuhan jenis ini lebih baik di tempat dangkal dari pada di tempat yang dalam. Disamping itu, sebagian besar *Gracilaria* lebih menyukai intensitas cahaya yang tinggi dan temperatur. Temperatur merupakan faktor terpenting untuk pertumbuhan *Gracilaria*. Sedangkan temperatur optimum untuk pertumbuhan *Gracilaria* berkisar antara 20-28 °C. Bahkan di daerah Sulawesi pada musim-musim tertentu rumput laut jenis ini banyak terdampar di pantai karena hempasan gelombang dalam jumlah yang sangat besar dan berakibat over produksi. *Gracilaria* tersebar luas di sepanjang pantai daerah tropis (Anggadiredja dkk, 2006).

Rumput laut tumbuh hampir di seluruh bagian hidrosfir sampai batas kedalaman 200 meter. Di kedalaman ini syarat hidup untuk tanaman air masih memungkinkan. Jenis rumput laut ada yang hidup di perairan tropis, subtropis, dan di perairan dingin. Di samping itu, ada beberapa jenis yang hidup kosmopolit seperti *Ulva lactuca*, *Hypnea musciformis*, *Colpomenia sinuosa*, dan *Gracilaria verrucosa*. Rumput laut hidup dengan cara menyerap zat makanan dari perairan dan melakukan fotosintesis. Jadi pertumbuhannya membutuhkan faktor-faktor fisika dan kimia

perairan seperti gerakan air, temperatur, kadar garam, nitrat, dan fosfat serta pencahayaan sinar matahari (Effendie, 1997).

Gracillaria verrucosa banyak dijumpai di perairan tropis sampai subtropik dan kurang dari seratus spesies dari jenis ini di daerah dangkal sampai kedalaman tertentu yang masih dapat dicapai cahaya matahari. Beberapa jenis spesies *Gracillaria verrucosa* terdapat hampir di seluruh pantai di Indonesia (Sulistijo, 1985).

Di Indonesia umumnya yang dibudidayakan di tambak adalah jenis *Gracilaria verrucosa* dan *G. gigas*, Jenis ini berkembang di perairan Sulawesi Selatan (Jeneponto, Takalar, Sinjai, Bulukumba, Wajo, Paloppo, Bone, Maros); Pantai utara P. Jawa (Serang, Tangerang, Bekasi, Karawang, Brebes, Pemalang, Tuban dan Lamongan); Lombok Barat. *Gracilaria* selain dipanen dari hasil budidaya juga dipanen dari alam. Panen dari alam kualitasnya kurang baik karena tercampur dengan jenis lain (Anonim, 2005).

2.2.4 Pertumbuhan dan Perkembangan Rumput Laut

Pertumbuhan merupakan penambahan ukuran sel atau organisme yang berlangsung secara kuantitatif atau terukur (Anonim, 2004), sedangkan perkembangan (diferensiasi) adalah proses menuju kedewasaan pada organisme, merupakan perubahan dari keadaan sejumlah sel membentuk organ-organ yang mempunyai struktur dan fungsi yang berbeda. Terdapat dua macam pertumbuhan yaitu :

1. Pertumbuhan primer

Merupakan hasil pembelahan sel-sel jaringan meristem primer. Berlangsung pada embrio, bagian ujung-ujung tumbuhan seperti akar dan batang. Daerah pertumbuhan pada akar dan batang dibedakan menjadi 3 (tiga) yakni daerah pembelahan, daerah pemanjangan dan daerah diferensiasi.

2. Pertumbuhan sekunder

Merupakan aktivitas sel-sel meristem sekunder yaitu kambium dan kambium gabus. Pertumbuhan ini dijumpai pada tumbuhan dikotil, gymnospermae dan menyebabkan membesarnya ukuran (diameter) tumbuhan.

Menurut Mubarak, (1990). Pertumbuhan rumput laut terjadi karena rumput laut melakukan proses respirasi dan fotosintesis. Pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh beberapa faktor baik yang bersifat internal maupun eksternal. Faktor internal yang berpengaruh terhadap pertumbuhan antara lain jenis, bagian *thallus* dan umur, sedangkan faktor eksternal yang berpengaruh antara lain keadaan lingkungan fisika dan kimia yang dapat berubah menurut ruang dan waktu, penanganan bibit, perawatan tanaman dan metode budidaya. Laju pertumbuhan yang dianggap menguntungkan adalah diatas 3% penambahan berat per hari.

2.2.5 Reproduksi Rumput laut

Rumput laut mempunyai dua bentuk umum reproduksi, yaitu *aseksual* dan *seksual* (Yulianda, 2003). Produksi aseksual berupa pembentukan individu baru melalui perkembangan *verrucosaora* dan *fragmentasi*. Pembiakan dengan *verrucosaora* berupa *gametatif tetraverrucosaora* yang dihasilkan *tetraverrucosaorofit*. Tipe pembiakan ini terdapat pada kebanyakan rumput laut merah. Pada rumput laut *multiselular* (bersel banyak) atau digolongkan makroalgae, seperti *Eucheuma*, *Gracillaria*, *Enteromorpha*, *Gelidium* dan lain-lain, potongan *thallus*-nya mempunyai kemampuan untuk berkembang meneruskan pertumbuhan selanjutnya. Menurut Aslan (1991) pada tanaman rumput laut dikenal tiga macam pola reproduksi, yaitu: reproduksi *generatif* (seksual), *vegetatif* (aseksual) dan fragmentasi dengan potongan thallus (stek). Sedangkan Meiyana *et. al.* (2001) menjelaskan, reproduksi pada rumput laut dapat terjadi melalui dua cara yaitu reproduksi generatif dan vegetatif. Dalam usaha budidaya rumput laut *Gracillaria verrucosa*, umumnya dilakukan dengan vegetatif melalui penyetekan (pemotongan *thallus*) yang nantinya digunakan sebagai bibit untuk dikembangkan secara

produktif. Rumpunan *thallus* algae dipotong dengan ukuran 30-150 gr, untuk dijadikan bibit stek ini ditanam dengan mengikat pada tali-tali nilon atau pada tali utama (ris) di atas perairan dengan jarak tertentu. Pertumbuhan dapat dilihat dengan bertambah besarnya berat bibit tanaman rumput laut yang ditanam tersebut. Cepat atau lambat pertumbuhannya tergantung dari jenis rumput laut yang dibudidaya dan mutu lingkungan perairan tersebut. Bibit yang umum dipergunakan pada metode stek adalah yang masih muda (ujung tanaman) karena terdiri dari sel dan jaringan yang baik untuk pertumbuhan yang optimal (Tim Penulis PS, 2001).

Dasar dari metode stek pada dasarnya identik dengan kultur jaringan pada tanaman. Sel tanaman mempunyai sifat *totipotensi* yaitu kemampuan sel untuk tumbuh dan berkembang membentuk tanaman lengkap dalam medium yang sesuai. Bagian tanaman yang diambil (inokulum) dapat diambil dari jaringan tanaman dewasa yang mengandung jaringan meristem (Nirmala, 2003).

2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Pertumbuhan Rumput Laut

2.3.1 Faktor-faktor Lingkungan Budidaya Rumput Laut

Keberhasilan pertumbuhan dan penyebaran rumput laut sangat bergantung pada faktor-faktor biotik dan abiotik yang berada di sekitar ekosistem rumput laut. Secara umum, rumput laut dapat tumbuh di daerah perairan yang dangkal (intertidal dan sublitoral) dengan kondisi dasar perairan berpasir, berlumpur, atau campuran keduanya. Rumput laut juga memiliki sifat *benthic algae* yang melekatkan thallusnya pada substrat. Faktor-faktor lingkungan budidaya yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut adalah sebagai berikut:

1. Temperatur

Selain beradaptasi terhadap cahaya, *Gracilaria* juga memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap temperatur. Kemampuan adaptasi *algae* (*Gracilaria*) sangatlah bervariasi tergantung pada lingkungan dimana tumbuhan tersebut hidup.

Temperatur air di permukaan perairan Indonesia umumnya berkisar antara 28°C sampai 31°C. Temperatur air di permukaan dipengaruhi oleh kondisi meteorologi. Faktor-faktor meteorologi yang berperan di sini ialah curah hujan, penguapan, kelembaban udara, temperatur udara, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari. Temperatur air di dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi daripada di lepas pantai. Secara alami temperatur air permukaan merupakan lapisan hangat karena mendapat radiasi matahari pada siang hari. Lapisan teratas pada kedalaman 50 m sampai 70 m terjadi pengadukan oleh angin sehingga lapisan tersebut terdapat temperatur hangat (28°C) yang homogen. Adanya pengaruh arus dan pasang surut dapat membuat lapisan ini bisa menjadi tebal lagi (Nontji, 1993).

Temperatur mempengaruhi daya larut gas-gas yang diperlukan untuk fotosintesis seperti CO₂ dan O₂, gas-gas ini mudah terlarut pada temperatur rendah dari pada temperatur tinggi akibatnya kecepatan fotosintesis ditingkatkan oleh temperatur rendah. Panas yang diterima permukaan laut dari sinar matahari menyebabkan temperatur di permukaan perairan bervariasi berdasarkan waktu. Perubahan temperatur ini dapat terjadi secara harian, musiman, tahunan atau dalam jangka waktu panjang (Romimohtarto, 2001).

Temperatur lingkungan berperan penting dalam proses fotosintesis, dimana semakin tinggi intensitas matahari dan semakin optimum kondisi temperatur, maka akan semakin sistematis hasil fotosintesisnya (Lee, *et al.*, 1999). Temperatur air juga mempengaruhi beberapa fungsi fisiologis rumput laut seperti fotosintesis, respirasi, metabolisme, pertumbuhan dan reproduksi (Dawes, 1981). Lebih jauh dijelaskan oleh Dawes (1981) bahwa rumput laut mempunyai kisaran temperatur yang spesifik karena adanya enzim pada rumput laut yang tidak dapat berfungsi pada temperatur yang terlalu dingin maupun terlalu panas.

Rumput laut memerlukan sinar matahari untuk proses fotosintesis, karena itu rumput laut hanya dapat tumbuh pada perairan dengan kedalaman tertentu di mana sinar matahari dapat sampai ke dasar perairan. Puncak laju fotosintesis terjadi pada

intensitas cahaya yang tinggi dengan temperatur antara 20-28 °C, namun masih ditemukan tumbuh pada temperatur 31 °C (Ismail, *et al.*, 2002).

2. Cahaya

Fotosintesis bagi tumbuhan, baik tumbuhan darat maupun laut seperti alga, bergantung pada adanya cahaya matahari. Laju fotosintesis tinggi apabila intensitas cahaya tinggi dan sebaliknya (Nybakken, 1992).

Cahaya sangat berpengaruh terhadap fotosintesis pada alga. Laju fotosintesis akan tinggi apabila intensitas cahaya tinggi dan sebaliknya. Penetrasi cahaya dalam air sangat dipengaruhi oleh intensitas dan sudut datang cahaya pada permukaan air, kondisi permukaan air, dan bahan-bahan terlarut dan tersuspensi di dalam air (Boyd, 1988; Welch, 1980). Makin kecil sudut datang cahaya akan mempengaruhi penetrasi cahaya ke dalam air. Sebaliknya makin tegak lurus sudutnya maka semakin sedikit cahaya yang dipantulkan (Nybakken, 1992).

Semua tumbuhan tanpa kecuali memerlukan intensitas cahaya tertentu bagi terlaksananya proses fotosintesis. Loban (1997), menyatakan bahwa kebutuhan cahaya berbeda-beda pada setiap jenis makroalga. Spektrum cahaya yang digunakan dalam fotosintesis berkisar 350-700 nm. Kualitas dan kuantitas cahaya penting dalam respon fotosintesis dan pola metabolisme. Fotosintesis dan pola metabolisme berubah oleh kedalaman tetapi perubahan tergantung pada kecerahan dan partikel alami yang terlarut (Loban, 1997).

Pertumbuhan rumput laut jenis *Gracillaria verrucosa* akan semakin baik bila perairan semakin terang, pertumbuhan maksimal *Gracillaria verrucosa* membutuhkan intensitas cahaya yang relatif tinggi. Intensitas cahaya yang maksimum untuk pertumbuhan *Gracillaria* adalah 4750 lux (Dawes, 1981) dan kedalaman optimum 0,5 meter (Kadi dan Atmaja, 1988). Penyerapan cahaya oleh tanaman tergantung pada intensitas dan lama penyinaran (Abidin, 1984).

3. Kekeruhan

Kekeruhan menggambarkan sifat optik air yang ditentukan berdasarkan banyaknya cahaya yang diserap dan dipancarkan oleh bahan-bahan yang terdapat dalam air. Kekeruhan disebabkan bahan organik dan bahan anorganik baik tersuspensi maupun terlarut seperti lumpur, pasir halus, bahan anorganik dan organik seperti plankton dan mikroorganisme lainnya (APHA, 1976; Davis dan Cornwell, 1991). Kekeruhan merupakan faktor pembatas bagi proses fotosintesis dan produksi primer perairan karena mempengaruhi penetrasi cahaya matahari (Boyd, 1988).

Sutika (1989), mengatakan bahwa kekeruhan dapat mempengaruhi (a) terjadinya gangguan respirasi, (b) dapat menurunkan kadar oksigen dalam air dan (c) terjadinya gangguan terhadap habitat. Selanjutnya Walhi (2006), menyatakan bahwa kekeruhan standar untuk lingkungan rumput laut sebesar 20 mg/l.

4. Substrat

Substrat perairan merupakan dasar perairan dimana alga laut dapat tumbuh dan berkembang dengan baik. Penyebaran alga laut dan kepadatannya di suatu perairan tergantung pada tipe substrat, musim dan komposisi jenis. Menurut Mubarak dan Wahyuni (1981) jenis-jenis substrat yang dapat ditumbuhi oleh alga laut adalah pasir, lumpur dan pecahan karang. Tipe substrat yang paling baik bagi pertumbuhan alga laut adalah campuran pasir, karang dan pecahan karang. Pada substrat perairan yang lunak seperti pasir dan lumpur, akan banyak dijumpai jenis-jenis alga laut *Halimeda* sp, *Caulerpa* sp, *Gracillaria* sp.

5. Gerakan Air

Salah satu faktor penting dalam pertumbuhan makroalga adalah pergerakan air, karena akan mempengaruhi ketersediaan makanan, pertumbuhan epifit dan pengendapan (Kautsky, 1989). Tanpa pergerakan air kehidupan di bawah air akan terhambat karena rata-rata difusi gas dan ion di air lebih rendah dibandingkan dengan di udara (Luning, 1990). Arus dan pergerakan air mempunyai pengaruh yang besar

terhadap aerasi, transportasi nutrien, dan pengadukan air yang besar pengaruhnya terhadap keberadaan oksigen terlarut (Trono dan Fortes, 1974). Peranan yang lain yaitu untuk menghindarkan akumulasi *silt* dan *epifit* yang melekat pada thallus yang dapat menghalangi pertumbuhan rumput laut. Semakin kuat arusnya, pertumbuhan rumput laut akan semakin cepat besar karena difusi nutrien ke dalam sel tanaman semakin banyak sehingga metabolisme dipercepat (Soegiarto *et al.* 1979).

Pergerakan air pada medium yang menggenang sangat penting untuk kehidupan makroalga. Hal ini dapat dilihat pada percobaan kultur makroalga dimana rata-rata pertumbuhan yang diukur dalam medium menggenang lebih rendah dibandingkan dengan medium yang diaerasi. Keuntungan dari pengaruh aerasi pada kultur makroalga adalah untuk mengurangi batas lapisan difusi dan meningkatkan nutrisi (Luning, 1990).

6. Salinitas

Air laut dapat dikatakan merupakan larutan garam. Kadar garam air biasanya didefinisikan sebagai jumlah (dalam garam) dari total garam terlarut yang ada dalam 1 kilogram air laut dan biasanya diukur dengan konduktivitas. Semakin tinggi konduktivitas semakin tinggi kadar garamnya. Komposisi kadar garam tersebut selalu dalam keadaan yang konstan dalam jangka waktu yang panjang. Hal ini disebabkan karena adanya kontrol dari berbagai proses kimia dan biologi didalam perairan laut. Kondisi ini menyebabkan sebagian besar organisme yang hidup di perairan laut merupakan organisme yang memiliki toleransi (sensitivitas) terhadap perubahan salinitas yang sangat kecil atau organisme yang diklasifikasikan sebagai organisme stenohalin (Widodo dan Suadi, 2006).

Salinitas didefinisikan sebagai jumlah bahan padat yang terkandung dalam tiap kilogram air laut, dinyatakan dalam gram per-kilogram atau perseribu (Sutika, 1989). Salinitas penting artinya bagi kelangsungan hidup organisme, hampir semua organisme laut hanya dapat hidup pada daerah yang mempunyai perubahan salinitas yang kecil (Hutabarat dan Evans, 2001).

Rumput laut *Gracilaria verrucosa*, adalah rumput laut yang bersifat *stenohaline*. Ia tidak tahan terhadap fluktuasi salinitas yang tinggi. Salinitas yang baik berkisar antara 15-30 ppt di mana kadar garam optimal adalah 20-25 ppt. Untuk memperoleh perairan dengan kondisi salinitas tersebut harus dihindari lokasi yang berdekatan dengan muara sungai (Ditjenkanbud, 2006).

Gracillaria verrucosa bersifat eurihalin, hidup dengan kisaran salinitas yang lebar dan mampu tumbuh di perairan payau. Pada musim kemarau, di perairan banyak terjadi evaporasi sehingga mampu menaikkan salinitas sampai 35 per mil dan saat musim hujan atau basah mampu menurunkan salinitas sampai 8 per mil, yang masih memungkinkan *Gracillaria verrucosa* hidup dan tumbuh (Trono, 1974).

Salinitas laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran air sungai (Nontji, 1987). Masing-masing rumput laut dapat tumbuh dengan baik pada kisaran salinitas tertentu tergantung pada toleransi dan adaptasinya terhadap lingkungan (Trono dan Fortes, 1988).

Konduktivitas juga berkaitan dengan temperatur air. Jika temperatur air naik 1°C maka konduktivitas air akan meningkat sekitar 1.9%. Konduktivitas air laut bergantung pada jumlah ion-ion terlarut per volumenya dan mobilitas ion-ion tersebut.

Perairan laut memiliki nilai konduktivitas yang sangat tinggi karena banyaknya garam-garam terlarut di dalamnya (APHA, 1976 dalam Effendi, 2000). Air sulingan memiliki konduktivitas antara 0.5 hingga 2 $\mu\text{mhos/cm}$ dalam temperatur standar 25 °C. Air minum secara umum memiliki konduktivitas antara 50 hingga 1500 $\mu\text{mhos/cm}$ dan air laut memiliki konduktivitas hingga 53000 $\mu\text{mhos/cm}$.

7. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) merupakan hasil pengukuran aktivitas ion hydrogen dalam perairan dan menunjukkan keseimbangan antara asam dan basa air. pH juga merupakan faktor lingkungan yang mengendalikan fitoplankton dalam proses

pengambilan nutrient, keseimbangan nutrien (karbondioksida, fosfat, dan nitrogen) sangat sensitif terhadap perubahan pH menurut (Muntsji, 1972).

Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain aktifitas biologi seperti fotosintesis dan respirasi organisme, temperatur, dan keberadaan ion-ion dalam perairan tersebut (Pescod, 1973). Meiyana (2001) menyatakan bahwa dalam memilih lokasi untuk budidaya *Gracillaria verrucosa*, harus memperhatikan faktor biologis, fisika dan kimiawi. Salah satu faktor kimiawi tersebut adalah pH sedangkan pH air yang optimal untuk pertumbuhan rumput laut adalah 7-8.

8. Unsur Hara

Rumput laut dan sebagian tanaman berklorofil memerlukan unsur hara untuk melakukan proses fotosintesis dan menunjang pertumbuhannya. Masuknya unsur hara ke rumput laut dilakukan dengan cara difusi melalui seluruh permukaan tubuh. Proses difusi dipengaruhi oleh faktor lingkungan terutama oleh adanya gerakan air (Doty dan Glenn, 1981).

Unsur hara yang dibutuhkan oleh tumbuhan dapat dikelompokkan ke dalam dua bagian yaitu makro nutrisi dan mikro nutrisi. Makro nutrisi yang dibutuhkan alga laut adalah sulfat, potassium, kalsium, magnesium, karbon, nitrogen, dan fosfor, sedangkan mikro nutrien meliputi Fe, Mn, Cu, Si, Zn, Na, Mg, dan Cl (Iksan, 2005).

Penambahan unsur hara dapat menunjang pertumbuhan rumput laut. Salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut adalah nutrisi yang dapat diperoleh dari pupuk (Aslan, 1998). Fungsi utama pemupukan adalah memberikan unsur hara yang diperlukan bagi pertumbuhan rumput laut, memperbaiki struktur tanah dan menghambat peresapan air pada tanah-tanah yang tidak kedap air (porous).

Rumput laut *Gracillaria* juga memerlukan nutrisi untuk pertumbuhannya, diantaranya nitrogen, phosphate dan kalium. Nitrogen merupakan unsur makro yang bermanfaat untuk merangsang pertumbuhan suatu tumbuhan sehingga dapat berkembang pesat. Kekurangan N akan menghambat pertumbuhan rumput laut karena merupakan unsur yang digunakan dalam proses fotosintesis. Jumlah unsur N

dalam perairan adalah sebesar $13 \text{ cm}^3/\text{liter}$ air laut. Nitrogen merupakan unsur utama bagi pertumbuhan tanaman karena merupakan penyusun protein dan asam nukleat, dengan demikian merupakan penyusun protoplasma secara keseluruhan (Sarief, 1986). Menurut Round (1973) nitrogen diperlukan sebagai sumber energi dalam proses fotosintesis.

Unsur P merupakan unsur penting bagi semua aspek kehidupan terutama dalam transformasi energi metabolik (Kuhl, 1974). Unsur P juga merupakan penyusun ikatan pirofosfat dari ATP (Adenosine Tri Phosphat) yang kaya energi dan merupakan bahan bakar untuk semua kegiatan biokimia di dalam sel hidup serta merupakan penyusun sel yang penting (Anonim, 2005). Fosfat (P) merupakan bentuk dari fosfor yang bermanfaat bagi tumbuhan (Waite, 1984). Berkaitan dengan pertumbuhan rumput laut, fosfor berperan sebagai faktor pembatas dalam proses fotosintesis (Lapointe, 1987), dimana perbandingan antara N, P, dan K yang diperlukan oleh rumput laut adalah 15:5:1,8 (Round, 1977). Menurut Soepomo (1974), kisaran fosfat yang terdapat di laut adalah 0,021-0,201 ppm dan permukaan air laut mengandung fosfat terlarut lebih rendah dibanding perairan laut yang lebih dalam.

Unsur hara K merupakan unsur hara makro yaitu unsur hara yang dibutuhkan dalam jumlah banyak oleh tumbuhan. Menurut Nicholls (1993), kalium digunakan oleh sel-sel tanaman selama proses asimilasi energi yang dihasilkan oleh proses fotosintesis.

9. Oksigen terlarut (DO)

Oksigen terlarut di perairan menggambarkan jumlah kandungan gas oksigen yang terlarut dalam air. Oksigen terlarut dalam perairan umumnya berasal dari fotosintesis oleh alga dan difusi dari udara (APHA,1995). Kadar oksigen terlarut dalam suatu perairan dipengaruhi oleh tiga faktor yaitu: temperatur, tekanan parsial gas di atmosfer dan salinitas (Ross, 1970). Faktor-faktor yang mempengaruhi distribusi gas-gas terlarut adalah aktivitas biologi yang berpengaruh terhadap

kandungan oksigen terlarut dan karbondioksida, serta proses-proses fisika seperti arus, gelombang dan turbulensi (Sverdrup *et al.*, 1942). Penyebaran oksigen di lautan bervariasi menurut kedalaman.

Oksigen terlarut merupakan unsur penting yang sangat diperlukan dalam melakukan respirasi dan menguraikan zat organik oleh mikroorganisme (Harvey, 1982). Oksigen terlarut adalah besarnya kandungan oksigen yang terlarut dalam air yang biasa dinyatakan dalam satuan mg/l. Kelarutan oksigen di perairan dipengaruhi oleh temperatur, tekanan parsial gas-gas yang ada di udara maupun di air, kadar garam dan unsur-unsur yang mudah teroksidasi di dalam perairan. Semakin meningkat temperatur air, kadar garam, dan tekanan gas-gas terlarut maka semakin berkurang kelarutan oksigen dalam air (Wardoyo, 1981).

10. Pasang Surut

Menurut Bhatt (1978), pasang surut adalah periode naik dan turunnya permukaan air laut yang merupakan hasil gaya tarik menarik antara bumi dengan bulan, dan gaya tarik menarik antara bumi dengan matahari. Pasang surut dipengaruhi juga oleh posisi kedudukan relatif bulan dan matahari terhadap bumi dan pantai (Nontji, 1993).

Pasang surut berpengaruh langsung maupun tidak langsung terhadap fenomena biologi laut, seperti distribusi dan suksesi organisme. Frekuensi pasang juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kehidupan alga laut di wilayah *interdal*. Pada wilayah semidurnal yang memiliki frekuensi lebih besar dari pasang *diurnal*, lebih menyokong bermacam-macam populasi alga laut.

2.3.2 Faktor-faktor Hama dan Penyakit

a. Penyakit “Ice – ice”

Penyakit merupakan suatu gangguan yang terjadi terhadap suatu organisme yang dapat menyebabkan penurunan kualitas organisme tersebut, dalam hal ini rumput laut. Penyakit yang menyerang rumput laut dapat menyebabkan penurunan

kualitas baik secara anatomi maupun struktur bagian dalam *thallus* rumput laut, Gejala ini dapat dilihat dengan adanya perubahan warna dan bentuk sehingga laju pertumbuhan rumput laut menurun. Timbulnya penyakit umumnya disebabkan oleh adanya perubahan faktor – faktor lingkungan (temperatur, salinitas, DO, pH, dll).

Menurut Trono (1974), adanya perubahan lingkungan seperti: arus, temperatur, salinitas, kecerahan pada wadah pemeliharaan dapat memicu terjadinya penyakit *ice-ice*. Tingkat penyerangannya terjadi dalam jangka waktu yang cukup lama.

Murdjani, 1986; Imardjono *et al.*, 1986; Trensongrusmee dkk., 1986; Runtuboy, 2004). *Ice-ice* dapat menyebabkan *thallus* menjadi rapuh dan mudah putus. Gejala yang diperlihatkan adalah pertumbuhan yang lambat, terjadinya perubahan warna menjadi pucat dan pada beberapa cabang *thallus* menjadi putih dan membusuk.

Penyakit rumput laut ini terjadi di daerah-daerah dengan kecerahan tinggi dan dikenal sebagai *ice-ice* dengan gejala timbulnya bercak-bercak pada *thallus*, lama kelamaan akan kehilangan warna sampai menjadi putih dan terputus (Anonim, 2005). Bila dikaitkan dengan penyakit tumbuhan, maka *ice-ice* pada tanaman rumput laut terjadi karena infeksi mikroba pada saat tanaman menjadi rentan. Kondisi ini disebabkan karena adanya perubahan lingkungan yang ekstrem dan tidak dapat ditolerir, sehingga tanaman menjadi lemah atau tidak sehat. Rumput laut yang terkena penyakit *ice-ice* ini sebelumnya disebabkan adanya gejala pertumbuhan yang lambat, permukaan *thallus* menjadi kasar dan pucat.

Gejala penyerangan penyakit pada rumput laut dapat ditinjau melalui pengamatan dari bagian tengah atau ujung *thallus*. Perubahan warna coklat kekuningan pada rumput laut dapat memudar sehingga menjadi agak putih, bila diraba terasa berlendir, dua sampai tiga hari kemudian bagian tersebut diselimuti sejenis serbuk berwarna putih. Apabila bagian ini disentuh atau kena arus air yang cukup kuat serbuk terlepas dan tampak kulitnya (*epidermis*) terkelupas, bahkan terlihat jaringan dalamnya (*kortek*) dan tampak lembek pada akhirnya mudah putus.

Gejala penyakit tersebut oleh Doty (1987) dikatakan bahwa rumput laut terinfeksi penyakit “*ice-ice*”. Pertumbuhan bakteri pada *thallus* akan menyebabkan bagian *thallus* tersebut menjadi putih dan rapuh. Selanjutnya, pada bagian tersebut mudah patah dan jaringan menjadi lunak. Infeksi *ice-ice* menyerang pada pangkal *thallus*, batang dan ujung *thallus* muda, menyebabkan jaringan menjadi berwarna putih. Pada umumnya penyebarannya secara vertikal (dari bibit) atau horizontal melalui perantara air. Infeksi akan bertambah berat akibat serangan epifit yang menghalangi penetrasi sinar matahari karena *thallus* rumput laut tidak dapat melakukan fotosintesis.

2.4 Sistem Akuarium Air Laut

2.4.1 Sistem Filtrasi

Filter merupakan seperangkat alat yang berfungsi untuk menyaring atau memilah benda-benda tertentu dan melewatkan benda-benda lainnya (Afief, 2006). Proses filtrasi pada akuarium berbeda dengan proses filtrasi pada kolam budidaya karena dilakukan terus menerus dan bersirkulasi. Menurut Kuncoro (2004) filter berfungsi untuk menyaring kotoran, baik secara biologi, kimia maupun fisika. Sistem filtrasi yang biasa digunakan terdiri dari filter mekanik, kimia, biologi dan pecahan karang (*gravel*).

Filter mekanik secara harfiah dapat diartikan sebagai sebuah alat untuk memisahkan material padatan dari air secara fisika (berdasarkan ukurannya) dengan cara menangkap/menyaring material-material tersebut sehingga tidak lagi dijumpai terapung/melayang di dalam air akuarium. Bahan yang diperlukan untuk sebuah filter mekanik adalah berupa bahan yang tahan lapuk, memiliki lubang-lubang (pori pori) dengan diameter tertentu sehingga dapat menahan atau menangkap partikel-partikel yang berukuran lebih besar dari diameter media filter tersebut.

Filter kimia memiliki fungsi yang sama dengan filter mekanik namun bekerja pada skala molekuler. Filter ini digunakan untuk menghilangkan bahan terlarut terutama bahan organik terlarut, nitrogen, dan fosfor. Bahan yang sering digunakan adalah karbon aktif karena memiliki ruang pori sangat banyak dengan ukuran

tertentu. Selain karbon aktif, alat yang sering digunakan sebagai filter kimia ialah *protein skimmer* yang berfungsi memisahkan bahan padat terlarut dalam air dengan cara pengapungan melalui jasa gelembung-gelembung udara yang ditiupkan ke dalam kolom air (Afief, 2006).

Filter biologi merupakan filter yang bekerja dengan bantuan jasad-jasad renik khususnya bakteri dari golongan pengurai amonia. Maka dari itu agar jasad-jasad renik tersebut dapat hidup dengan baik di dalam filter dan melakukan fungsinya dengan optimal diperlukan media dan lingkungan yang sesuai bagi pertumbuhan dan perkembangan jasad-jasad renik tersebut. Fungsi utama dari filter biologi adalah mengurangi atau menghilangkan amonia dari air. Filter biologi yang biasa digunakan adalah bioball, karena pada dasarnya bakteri menyukai hidup di media yang gelap (Kuncoro, 2004).

Sesuai dengan namanya filter under gravel adalah sebuah filter yang terletak di bawah lapisan gravel (kerikil dan pasir) di dasar akuarium. Konstruksinya terdiri dari lapisan bahan anti karat (plastik) berlubang dengan kaki penopang sehingga tercipta ruangan bebas di bawahnya untuk memungkinkan air bersih mengalir. Pada salah satu sudutnya (atau lebih) terdapat pipa keluaran untuk mengembalikan air hasil filtrasi kedalam akuarium.

Mekanisme kerja sebuah filter *under gravel*, air "dipaksa" untuk menembus lapisan *gravel* pada dasar akuarium dengan bantuan *head pump* atau aerator, kemudian air tersebut dikembalikan ke dalam akuarium. Pada saat air melalui *gravel* air mengalami setidaknya dua proses filtrasi, yaitu mekanik yang melalui pori-pori efektif lapisan *gravel*, dan biologi yang melalui kontak air dengan bakteri pengurai amonia dan nitrit yang hidup pada permukaan *gravel*.

2.4.2 Kontrol Aliran Air Laut

Kontrol aliran air laut bertujuan untuk mengetahui distribusi aliran air laut dari berbagai bagian sistem dan mengendalikan aliran yang digunakan. Hal ini dimaksudkan agar aliran air akan selalu stabil pada setiap waktu serta distribusi air

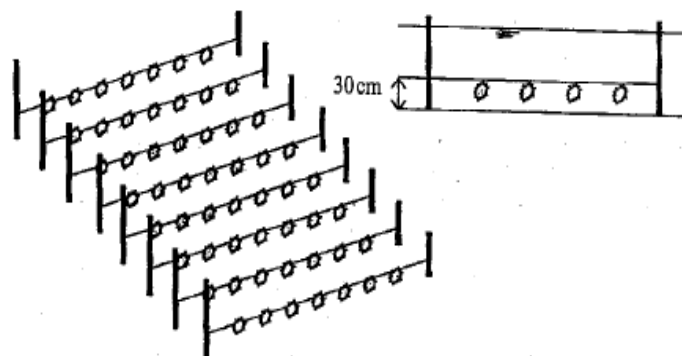
yang menuju ke berbagai tempat dari sistem akurium air laut cukup terkendali. Menurut Kuncoro (2004) perlu dilakukan perawatan dan pengecekan akuarium laut agar lingkungan tetap terjaga bagi organisme dalam akuarium.

2.5 Metode Budidaya Rumput Laut

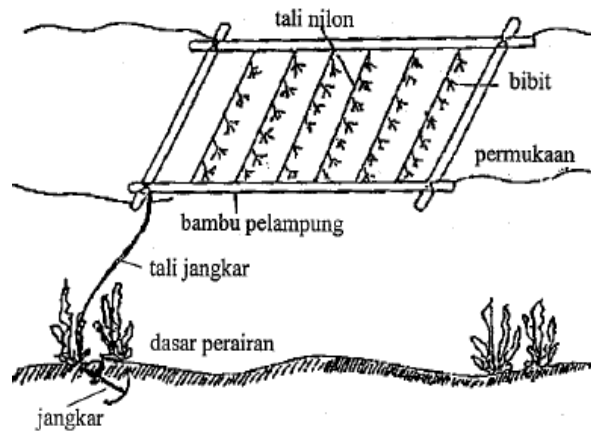
Metode penanaman rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada dasarnya disesuaikan dengan kondisi perairan pantai setempat. Ada tiga macam metode penanaman rumput laut yaitu:

1. Metode Lepas Dasar (*of bottom method*)

Metode ini dilakukan dengan cara mengikat bibit pada tali ris (*ropeline*) kemudian diikatkan pada patok kayu atau bambu di dasar perairan. Sistem ini diterapkan pada lokasi yang dasar perairannya pasir berbatu karang mati, air jernih, dan pergerakan arus kuat dan terus menerus. Sistem ini diterapkan di Bali (Nusa Dua, Nusa Lembongan, Nusa Ceningan, dan Nusa Pedina) dan di Lombok (Gerupuk Lombok Tengah) (Sulistijo, 2002). Sistem lepas dasar cocok digunakan pada daerah dengan substrat pasir dengan pecahan karang, dikelilingi karang pemecah gelombang (*barrier reef*) sehingga daerah tersebut terlindung dari hempasan gelombang, dan kedalaman perairan sekitar 0,5 m pada surut terendah dan 3 m pada saat pasang tertinggi (Anggadiredja *et al.*, 2006).



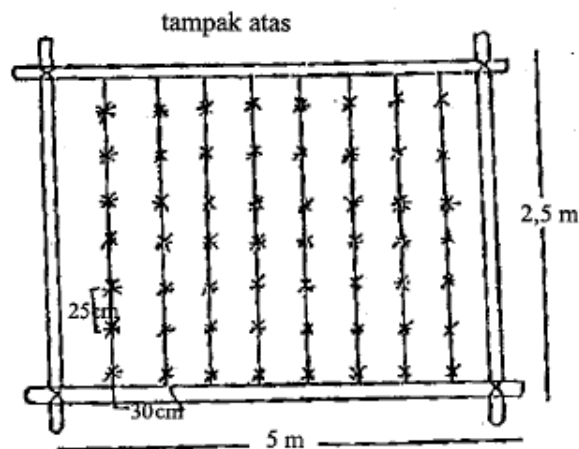
Gambar 2.3. Sketsa penanaman rumput laut sistem lepas dasar
(Sumber : Sulistijo, 2002)



Gambar 2.4. Sketsa penanaman rumput laut sistem lepas dasar
(Sumber : Sulistijo, 2002)

2. Metode Rakit Apung (*floating rack method*)

Metode ini dilakukan dengan cara mengikat bibit rumput laut pada tali bentang, kemudian tali bentang tersebut diikatkan ada rakit yang terapung dekat permukaan air. Sistem ini banyak diterapkan di Lampung, Kepulauan Seribu, Madura, Banyuwangi, Lombok Timur dan Tengah, Sulawesi Tenggara, dan Sulawesi Selatan (Sulistijo, 2002).



Gambar 2.5. Sketsa penanaman rumput laut sistem rakit bambu
(Sumber : Sulistijo, 2002)

3. Metode Tali Rawai (*longline method*)

Metode ini dilakukan dengan cara mengikat bibit pada seutas tali panjang (long line) dengan jarak ikatan tertentu. Berdasarkan tiga metode penanaman rumput laut di atas, budidaya rumput laut dengan sistem rakit bambu dan sistem tali rawai lebih baik dibandingkan dengan sistem lepas dasar. Hal ini disebabkan pencahayaan yang diterima untuk proses metabolisme pada lapisan dekat permukaan lebih besar dari pada dekat dasar perairan. Selain itu, juga terjadi penumpukan lebih banyak partikel yang menutupi rumpun rumput laut di dekat dasar perairan sehingga membuat rumput laut menjadi rusak (Sulistijo, 2002). Lebih jauh Sulistijo (2002) menyatakan bahwa pada saat ini sistem tali rawai banyak digunakan untuk budidaya rumput laut pada perairan dangkal di Indonesia, yang sebenarnya sistem ini juga sama baiknya dengan sistem rakit bambu, namun sistem tali rawai lebih efisien karena sistem ini dapat menghemat kerangka rakit bambu yang harganya cukup mahal dan terbatas jumlahnya.

2.6 Efek Temperatur terhadap Pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*

Temperatur mempunyai peranan yang sangat penting bagi kehidupan dan pertumbuhan *Gracilaria* (Aslan, 1991). Temperatur perairan dapat berpengaruh terhadap beberapa fungsi fisiologis *Gracilaria* seperti fotosintesis, respirasi, metabolisme, pertumbuhan dan reproduksi.

Menurut Sjafrie (1990) temperatur optimum yang diperlukan untuk budidaya *Gracilaria* adalah 20-25 °C, sedangkan menurut Kadi dan Atmadja (1988) bahwa temperatur air untuk hidup rumput laut *Gracilaria verrucosa* berkisar antara 18-30 °C dan yang paling ideal sekitar 20-28 °C. Menurut Anggadiredja *et al.*, (2006), kisaran temperatur air yang optimal bagi pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* berkisar 20°C - 30°C. Kisaran temperatur di tambak tampaknya mampu menumbuhkan thallus rumput laut. Menurut Haslam (1995), temperatur yang tinggi dapat mempengaruhi aktivitas proses biokimia dan pertumbuhan thallus. Hal ini

disebabkan peningkatan temperatur dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas O₂, CO₂, N₂, dan CH₄ dalam air. Dwijoseputro (1981) menyatakan pada umumnya tumbuhan didaerah tropis tidak dapat melakukan fotosintesis pada temperatur lebih rendah dari 5°C. Temperatur yang sangat rendah akan mematikan *Gracilaria*, temperatur yang baik untuk *Gracilaria* berkisar antara 20-29 °C, sedangkan Sarjito (1996) mengatakan bahwa temperatur diatas 35°C akan menghambat pertumbuhan *Gracilaria*. Menurut Santika (1985), kisaran temperatur 27-29 °C memberikan indikasi negatif terhadap pertumbuhan *thallus*, hal ini sesuai dengan pengamatan dalam kisaran yang layak bagi pertumbuhan rumput laut.

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biofisika Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Jember yang akan dilaksanakan pada bulan Agustus-Desember 2012. Persiapan dan observasi pertumbuhan telah dilakukan mulai bulan Mei sampai dengan Juli 2012 untuk mengamati kemampuan tumbuh *Gracilaria verrucosa*.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Satu unit aquarium ukuran (45 x 60 x 40 cm³) sebagai tandon pembibitan rumput laut yang dilengkapi dengan perlengkapan aerasi, thermometer dan lampu.
- b. Lima unit aquarium kaca ukuran (38,5 x 20,5 x 29,5 cm³) yang masing-masing dilengkapi dengan
 - Perlengkapan aerasi (aerator, selang, kain penyaring dan batu aerasi)
 - Pemanas aquarium (*heater*) yang suhunya dapat di atur sesuai dengan suhu perlakuan.
 - Lampu fluorescent 5 watt
 - Thermometer
 - AC portable
- c. Refraktometer
- d. pH meter
- e. Gelas ukur 2000 ml, 1000 ml dan 500 ml.
- f. Timbangan Digital

- g. Lux meter
- h. Alat ukur (Jangka Sorong)
- i. Container /volume 30 L.
- j. Pemompa air.
- k. Botol-botol kecil untuk pengecekan air.

3.2.2 Bahan

Bahan - bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah

a. Rumput laut (*Gracilaria verrucosa*)

Rumput laut *Gracilaria verrucosa* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil budidaya tambak di Desa Sumiring, Dusun Kalbut, Kecamatan Mangaran, Kabupaten Situbondo.

b. Air Laut

Air laut yang digunakan berasal dari daerah Payangan Kabupaten Jember dimana air laut tersebut mengalami proses pengendapan serta penyaringan terlebih dahulu. Proses penyaringan dilakukan dengan menggunakan planktonnet dengan tujuan untuk mengurangi plankton pada air laut.

c. Air Tawar

Air tawar yang digunakan berasal dari air keran atau air sumur. Pada proses ini menggunakan penyaringan agar mengurangi bakteri-bakteri yang ada pada air tawar tersebut.

d. Pasir

Pasir yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir yang didapat dari pantai. Sebelum digunakan pasir tersebut dicuci terlebih dahulu menggunakan air, setelah dibilas sampai bersih kemudian pasir tersebut dikeringkan selama beberapa hari. Pada proses ini dengan tujuan agar mengurangi kadar fosfat yang ada pada batu pasir tersebut.

3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian serta adanya kontrol (Nazir, 2003).

Variasi perlakuan suhu yang digunakan adalah

T ₁	=	31 °C
T ₂	=	27 °C
T ₃	=	25 °C
T ₄	=	24 °C
T ₅	=	22 °C

Dari hasil observasi atau pengukuran faktor lingkungan didapatkan temperatur media berkisar antara 28°C–30°C hasil observasi atau pengukuran pada *Gracilaria verrucosa* ini mendukung hasil penelitian-penelitian terdahulu yang umumnya pada jenis alga merah jumlah suhu optimum terjadi pada temperatur \pm 28°C. Sedangkan kondisi di alam temperatur berkisar antara 27 °C- 33°C.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan meliputi tahap persiapan media tanam dan bibit, metode penanaman, pengamatan laju pertumbuhan rumput laut dan pengukuran kualitas air.

a. Persiapan Media Tanam

Kegiatan penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan aquarium sebagai wadah pemeliharaan rumput laut. Media yang digunakan adalah air laut dan air tawar yang dimasukkan kedalam kontainer dengan volume 30L. Volume air yang digunakan dalam penelitian \pm 2500 L Kemudian dibuat media dengan suhu yang berbeda-beda sesuai dengan perlakuan yaitu: 26°C, 28°C,

30°C, 32°C, dan 34°C. Persiapan media pemeliharaan ini mengacu pada sistem tertutup *running water system*. Aquarium yang digunakan berukuran 38,5 x 20,5 x 29,5 cm³ sebanyak 10 unit dengan pengontrol 1 unit dengan berukuran 60 x 45 x 40 cm³.

Dalam penelitian ini untuk masing-masing aquarium diterangi Lampu *fluorescent* 5 watt sedangkan untuk 1 aquarium pengontrol menggunakan lampu TL dengan kekuatan 10 watt. Ruangan penelitian menggunakan *air conditioner* (AC), sehingga untuk mengontrol suhu air pada aquarium digunakan pemanas (*heater*). Setiap aquarium dilengkapi pipa aerasi agar oksigen masuk secara konstan ke dalam aquarium. Untuk mempertahankan kualitas air dan menambah nutrisi, dilakukan pergantian media setiap minggu pada masing-masing perlakuan (Nurhayani, 1998).

b. Persiapan Bibit

Rumput laut dibawa ke Jember dengan menggunakan kontainer *sterofoam*, dimana air laut dimasukkan ke dalam container *sterofoam* sehingga rumput laut akan tetap segar. Penutup *sterofoam* dibuka dengan tujuan supaya rumput laut tetap mendapat pasokan oksigen sehingga tetap segar. Rumput laut ditampung dengan menggunakan bak penampungan yang mendapat aerasi dengan tujuan agar rumput laut tetap terjaga dalam kondisi yang segar.

Pemilihan *Gracilaria verrucosa* uji dalam penelitian utama ini diupayakan seragam dan masih berumur muda. Hal ini dikarenakan menurut Widyanto dan Susilo (1997), kecepatan penyerapan mineral per satuan massa kering tumbuhan lebih besar pada pemulaan pertumbuhan dibandingkan bila tumbuhan itu sudah tua. *Gracilaria verrucosa* yang digunakan memiliki umur yang sama serta memiliki massa basah dan kondisi yang sama.

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

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

Bibit yang dipakai berupa potongan thallus yang berasal dari ujung thallus 20 cm dari ujung thallus. Sebelum ditanam terlebih dulu dipilih yang baik, mempunyai ukuran massa berkisar antara 0,6-1,0 gram dan panjang 20 cm.

Ciri-ciri bibit yang baik adalah sebagai berikut :

1. Mempunyai thallus yang segar (warna merah kecoklatan dan bila dipegang terasa elastis).
2. Mempunyai cabang banyak dengan ujungnya berwarna kuning kemerahan.
3. Bebas dari detritus dan material asing.
4. Tidak rusak (tidak ada bekas luka mekanis).
5. Batangnya agak massa dan tebal (Laode, 1995; Susanto, 1999).

c. Metode Penanaman

Penanaman bibit dilakukan pada waktu pagi hari dengan menggunakan metode tali gantung, yaitu bibit diikatkan pada tali yang menggantung dari permukaan aquarium, di ujung tali diberi pemmassa sampai menyentuh dasar aquarium agar bibit tidak mengapung di permukaan. Setiap aquarium ditanami beberapa potong thallus diletakkan ditengah-tengah aquarium (Afrianto dan Liviawati, 1993). Bibit yang akan digunakan ditimbang dengan bobot bibit setiap thallus dalam aquarium kurang lebih berkisar 0,6-1,0 gram dan asal *thallus* (ujung, tengah dan pangkal) dengan jarak tanam yang sama (5 cm).

Dalam penelitian ini salinitas dan pH dijaga konstan, melalui pengukuran yang dilakukan 3 hari sekali, pada masing-masing variasi temperatur. Kadar salinitas dijaga melalui penambahan air tawar dengan menjaga volume aquarium tetap konstan, sedangkan pH dijaga konstan dengan penambahan NaOH atau HCl. Kadar oksigen dalam media tanam dijaga dengan penggunaan aerator pada masing-masing

aquarium. Suhu pada masing-masing perlakuan dijaga konstan dengan mensetting heater, penggunaan AC portable, dan pengamatan melalui thermometer air raksa.

d. Teknik Pengamatan

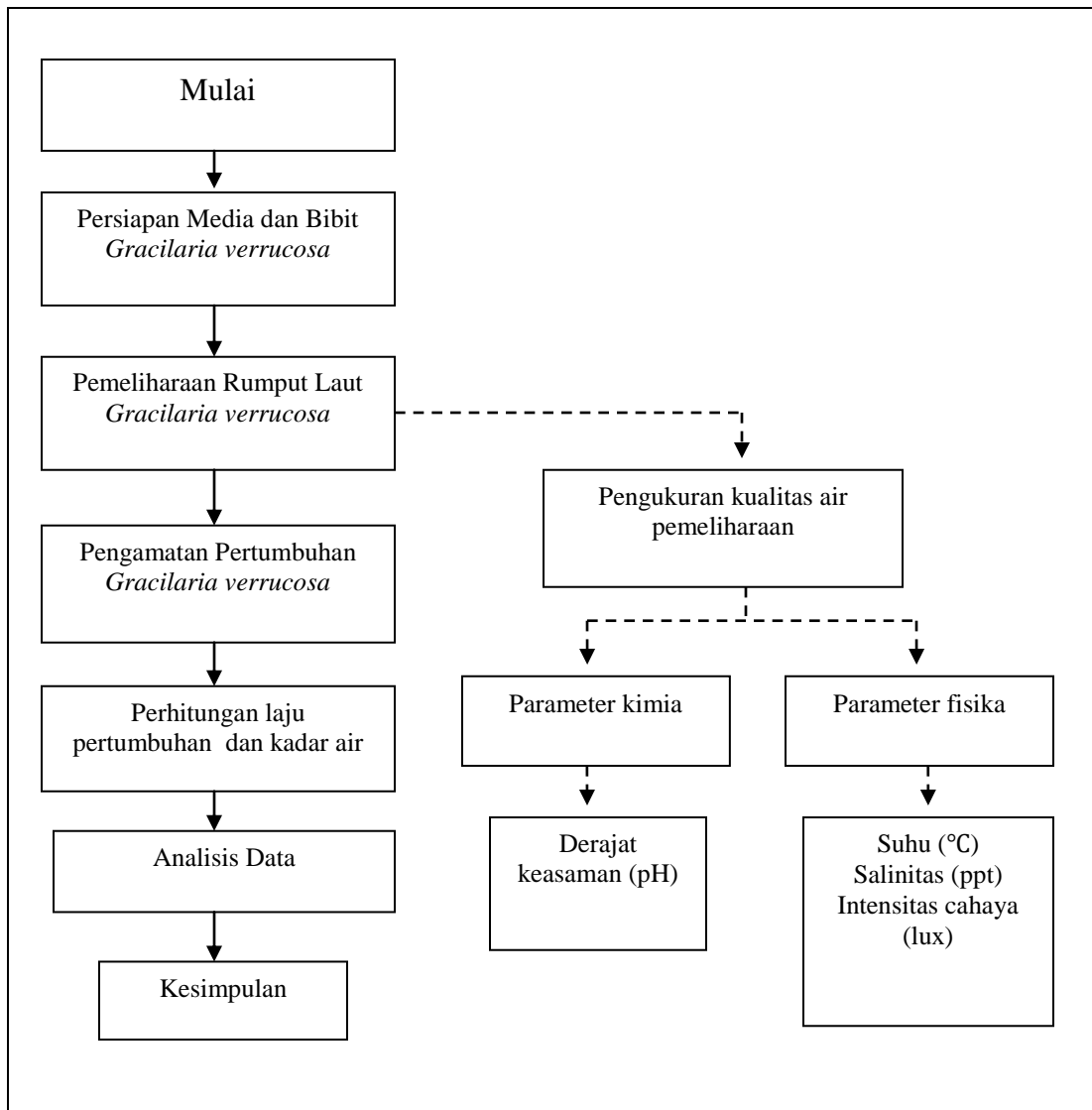
Tanaman uji yang pada masing-masing perlakuan temperatur diamati pertumbuhannya (Susanto *et al.* 2001) ditimbang dan diukur panjangnya, untuk mengamati laju pertumbuhannya dalam setiap minggu sampai empat minggu secara kontinyu untuk melihat efek temperatur terhadap pertumbuhan *gracilaria*.

a. Laju Pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*

Parameter utama yang diukur dalam penelitian ini adalah pertumbuhan (massa dan panjang). Pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* diukur setiap 1 minggu sekali dari awal sampai akhir penelitian. Sedangkan perhitungan pada jumlah kadar air juga diukur pada awal dan akhir penelitian. Susanto *et al.*, (2001) menyatakan bahwa data rumput laut diukur 1 minggu sekali.

Pengamatan laju pertumbuhan rumput laut dilakukan setiap minggu, dengan menimbang bobot rumput laut menggunakan timbangan digital. Seluruh kegiatan penelitian yang dilakukan kurang lebih selama 4 minggu dalam bentuk diagram alir seperti pada Gambar 3.1

Pengamatan pertumbuhan adalah ukuran panjang dan massa pada suatu waktu tertentu, dalam hal ini digunakan untuk mengetahui pertambahan panjang dan massa benih rumput laut *Gracilaria verrucosa* selama 4 minggu. *Daily Growth Rate* (DGR). *Daily Growth Rate* (DGR) adalah laju pertumbuhan rumput laut, digunakan untuk mengetahui pertambahan massa bibit rumput laut.



Gambar 3.1 Diagram alir kegiatan penelitian

1) Pengukuran Biomassa *Gracilaria verrucosa*

Pada pengukuran biomassa (massa basah), *Gracilaria verrucosa* terlebih dahulu ditaruh pada kertas tissue selama ± 5 menit agar air yang terdapat pada *Gracilaria verrucosa* dapat diserap. Pengukuran biomassa dari *Gracilaria verrucosa*

dengan menggunakan timbangan digital. Pengamatan biomassa dilakukan pada saat pengambilan contoh.

Menurut Raiker *et al.*, (2001) Daily Growth Rate (DGR) dapat menghitung menggunakan rumus :

$$\text{DGR (massa)} = \ln \frac{\left(\frac{W_t}{W_0}\right)}{t} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan :

- DGR : persentase massa rata-rata individu per hari (%/hari)
- W_t : massa rata-rata pada waktu ke-t (gram)
- W₀ : massa rata-rata awal (gram)
- t : waktu (hari)

Laju pertumbuhan ini dihitung sebagai parameter utama apakah masing-masing perlakuan berbeda dan apakah berpengaruh nyata terhadap kondisi rumput laut yang ditanam, yang berupa laju pertumbuhannya.

2) Pertumbuhan Nisbi

Pertumbuhan nisbi ialah panjang atau massa yang dicapai dalam satu periode tertentu dihubungkan dengan panjang atau massa awal periode.

Menurut Mukti (2007), rumus pertumbuhan nisbi adalah :

Keterangan :

$$h = \frac{L_t - L_0}{L_0} \times 100\% \quad (3.2)$$

- h : pertumbuhan nisbi (%)
- L_t : panjang pada akhir penelitian (cm)
- L₀ : panjang pada awal penelitian (cm)

Pengukuran panjang rumput laut yaitu, mengukur dengan benang di atas jangka sorong. Pengukuran dengan benang bertujuan untuk mencegah rumput laut tidak putus. Pengukuran massa pada rumput laut adalah massa kering. Sebelum ditimbang rumput laut dihisap pada kertas atau tissue, bertujuan agar kandungan air hilang. Timbangan yang digunakan adalah timbangan digital.

3) Perhitungan Kadar Air

Menghitung kadar air, dinyatakan dalam persen dengan rumus :

$$KA = \frac{M_1 - M_2}{M_2} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan : KA : kadar air (%)

M1 : massa sampel sebelum dioven (g)

M2 : massa sampel setelah dioven (g)

3.5 Analisis Data

Data hasil pengukuran laju pertumbuhan yang meliputi ukuran panjang dan massa setiap minggu ditabelkan, kemudian masing-masing data tersebut ditampilkan dalam bentuk grafik dengan menggunakan program Microsoft Excell 2007.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil dan Analisis Data

Pada hasil dan analisis data, seluruh data yang dihasilkan dari data pengukuran disajikan dalam lampiran data (data lampiran-B). Laju pertumbuhan harian (*daily growth rate*) mengacu pada pertumbuhan biomassa (gram) dalam tiga hari pertama dan tiga hari kedua, pada masing-masing penanaman sebanyak 10 sampel dari masing-masing perlakuan temperatur yang kemudian penanaman tersebut diulang dalam 4 minggu berurutan dari sampel yang telah ditumbuhkan dalam tanki pertumbuhan dalam temperatur, salinitas dan pH dan intensitas yang sama selama satu bulan. Pertumbuhan panjang nisbi adalah penambahan ukuran panjang *Gracilaria verrucosa* yang diukur selama masing-masing dua kali perminggu, yaitu pada tiga hari pertama dan tiga hari kedua (6 hari) dari *Gracilaria verrucosa* yang telah dibudidayakan selama empat minggu dalam tanki pertumbuhan dalam air laut salinitas 25 ‰ di laboratorium. Media air laut setiap minggu diganti dengan air laut yang baru dengan menambahkan tiga perempat air baru dari air yang disisakan sebanyak ¼ bagian. Penggantian air laut diperlukan untuk mendapatkan nutrisi yang cukup bagi pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Penambahan pupuk tidak dilakukan karena penggantian air selama setiap minggu diasumsikan cukup mewakili nutrisi yang diperlukan dalam pertumbuhan sampel setiap minggu. Juga pada observasi yang telah dilakukan penambahan pupuk NPK yang disarankan seperti dalam penelitian pendahulu menimbulkan kematian pada sampel, sehingga kebutuhan nutrisi didapatkan dari penggantian air laut dan penambahan air laut yang dengan menjaga volume dan salinitas yang relatif konstan.

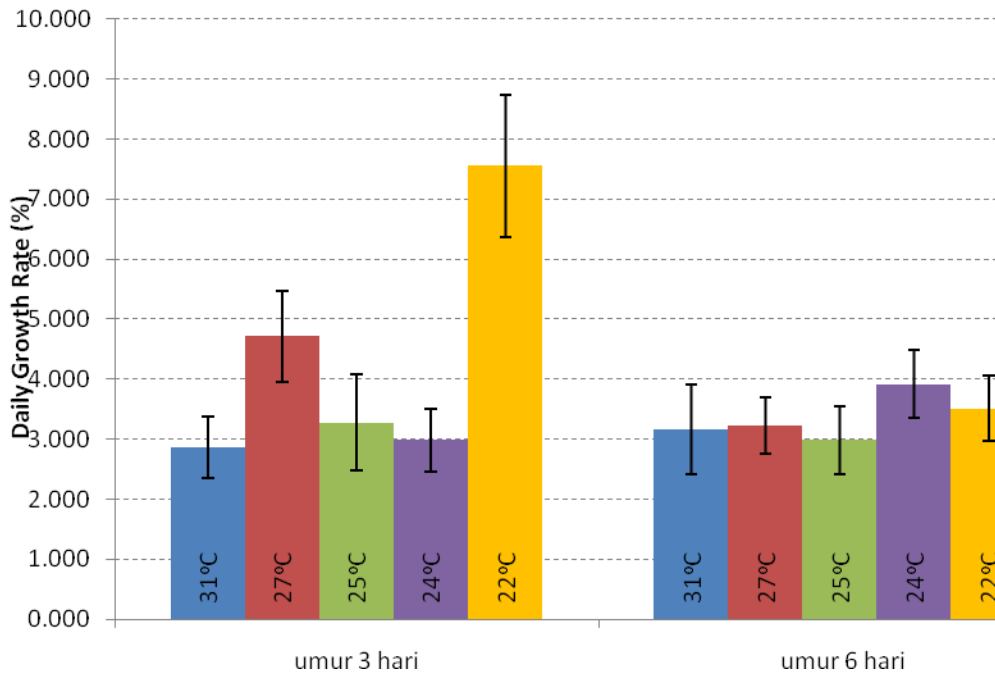
4.1.1 Hasil dan Analisis Data Laju Pertumbuhan Harian (*Daily Growth Rate*) *Gracilaria. verrucosa*

Nilai rata-rata dan *standart error* (s.e.) hasil pengukuran laju pertumbuhan harian (DGR) dari perkembangan bobot *Gracilaria. verrucosa* yang ditumbuhkan pada skala laboratorium pada salinitas 25 ‰ pada berbagai temperatur disajikan pada tabel 4.1 dan grafik DGR pada berbagai temperatur pada pengamatan 3 dan 6 hari disajikan gambar 4.1.

Tabel 4.1 Nilai rata-rata hasil pengukuran laju pertumbuhan harian (DGR) ± *standar error* (s.e) *Gracilaria verrucosa* pada umur 3 dan 6 hari pada empat kali penanaman pada berbagai temperatur 31°C, 27°C, 25°C, 24°C dan 22°C dari sampel *Gracilaria verrucosa* yang ditumbuhkan dalam laboratorium selama satu bulan.

Perlakuan Temperatur (°C)	Umur hari ke-3 DGR± s.e (%)	Umur hari ke-6 DGR± s.e (%)
31°C	2,87 ± 0,51	3,17 ± 0,75
27°C	4,71 ± 0,76	3,22 ± 0,46
25°C	3,28 ± 0,80	2,98 ± 0,57
24°C	2,98 ± 0,53	3,91 ± 0,57
22°C	7,56 ± 1,18	3,51 ± 0,55

Pada tabel terlihat 4.1 terlihat bahwa perlakuan temperatur memberikan efek pada pertumbuhan bobot rumput laut *Gracilaria verrucosa* yang berbeda pada masing-masing perlakuan gracilaria pada pengamatan tiga hari dan enam hari selama empat minggu berturut-turut (30 hari). Terjadi kenaikan pada DGR pada hari ke 3 pertumbuhan pada semua variasi temperatur dengan laju pertumbuhan harian antara (2,87%-7,56%) dan laju pertumbuhan harian antara (2,98% - 3,91%) pada hari ke enam pertumbuhan pada temperatur antara 22 °C-31°C.



Gambar 4.1 Grafik nilai laju pertumbuhan harian (%) rumput laut *Gracilaria. verrucosa* dengan variasi temperatur 25°C, 31°C, 27°C, 24°C dan 22°C.

Pada grafik gambar 4.1. terlihat bahwa laju pertumbuhan harian (DGR) *Gracilaria. verrucosa* mengalami peningkatan pada semua perlakuan temperatur pada pertumbuhan selama tiga hari pertama dengan pertumbuhan tertinggi pada temperatur 22⁰C, dan pertumbuhan terendah pada temperatur 31⁰C, sedangkan pada pertumbuhan 3 hari kedua (umur 6 hari) efek temperatur memberikan nilai DGR yang berbeda-beda. Pada temperatur 22⁰C dan 27⁰C menunjukkan pertumbuhan yang menurun apabila dibandingkan pada pertumbuhan pada tiga hari pertama, sedangkan pada temperatur 24⁰C laju pertumbuhan harian harian *Gracilaria* menunjukkan kenaikan DGR. Pada temperatur 25⁰C relatif tidak terjadi penurunan yang besar pada pengukuran enam hari.

4.1.2 Hasil Data Pertumbuhan Panjang Nisbi *Gracilaria verrucosa*

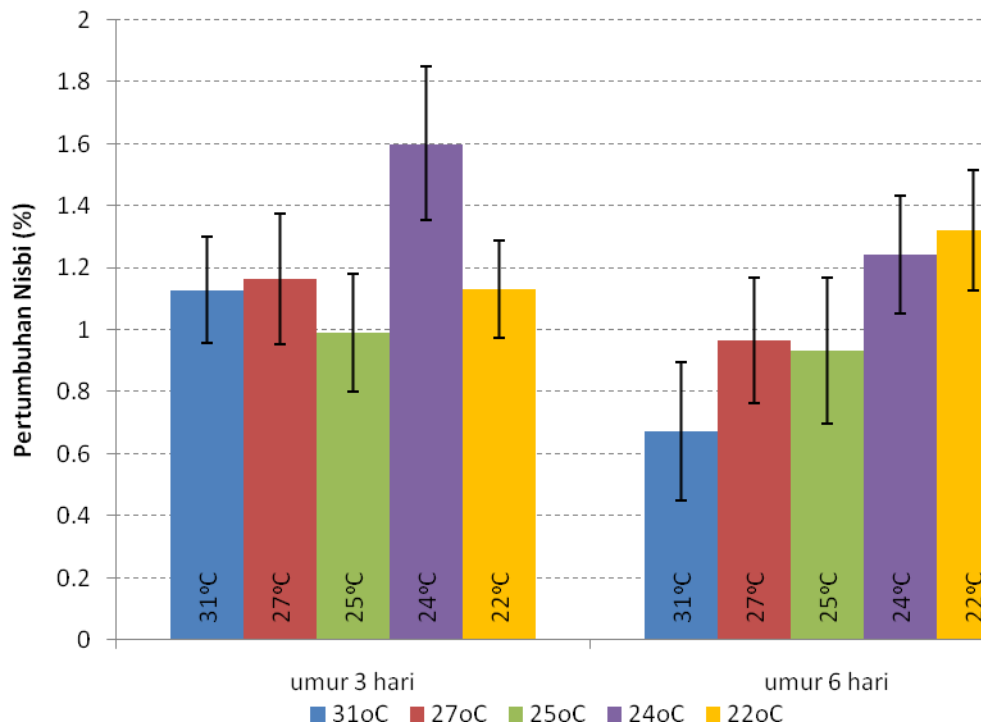
Nilai rata-rata hasil pengukuran pertumbuhan panjang nisbi *Gracilaria verrucosa* yang ditumbuhkan dalam skala laboratorium selama satu bulan pada berbagai temperatur dari masing-masing pertumbuhan 3 hari pertama dan pertumbuhan 6 hari (3 hari kedua) disajikan pada tabel 4.2, sedangkan grafik laju pertumbuhan nisbi pada pertumbuhan 3 hari dan 6 hari pada berbagai temperatur disajikan pada grafik gambar 4.2.

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran nilai rata-rata pertumbuhan panjang nisbi \pm standar error (s.e) dari 4 pengulangan penanaman yang diberi perlakuan variasi temperatur *Gracilaria verrucosa* pada berbagai variasi temperatur 31°C, 27°C, 25°C, 24°C dan 22°C

Perlakuan Temperatur (°C)	Umur hari ke-3 h \pm s.e (%)	Umur hari ke-6 h \pm s.e (%)
31°C	1,13 \pm 0,17	0,67 \pm 0,22
27°C	1,16 \pm 0,21	0,97 \pm 0,20
25°C	0,99 \pm 0,19	0,93 \pm 0,23
24°C	1,60 \pm 0,25	1,24 \pm 0,19
22°C	1,13 \pm 0,16	1,32 \pm 0,19

Pada tabel 4.2 terlihat bahwa *Gracilaria* mengalami efek pertumbuhan panjang nisbi rata-rata yang berbeda pada pengukuran dalam 3 hari pertama dan pengukuran 6 hari pada seluruh pengamatan yang dilakukan selama satu bulan dari *Gracilaria* yang ditumbuhkan dalam skala laboratorium pada temperatur yang berbeda. Efek pertumbuhan yang berbeda tersebut juga dapat dilihat pada grafik gambar 4.2 di bawah, dimana pada pertumbuhan 24°C merupakan pertumbuhan panjang yang tertinggi pada pengukuran 3 hari pertama dibandingkan pada temperatur lainnya. Sedangkan pada pengukuran 3 hari kedua terdapat perbedaan pertumbuhan nisbi harian yang berbeda pada efek yang ditunjukkan. Yaitu penurunan pertumbuhan nisbi harian pada temperatur 31°C, 27°C dan 24°C dari pengukuran

umur 3 hari, serta kenaikan pertumbuhan nisbi pada temperatur 22⁰C, sedangkan pada temperatur 25⁰C hanya terjadi sedikit penurunan pertumbuhan nisbi dari pengukuran umur hari ke tiga dan ke enam. Secara jelas hasil ini ditunjukkan pada grafik gambar 4.2 di bawah ini.



Gambar 4.2 Grafik nilai laju pertumbuhan panjang nisbi (%) rumput laut *Gracilaria verrucosa*. dengan variasi temperatur 31^oC, 27^oC, 24^oC dan 22^oC.

Pada gambar 4.2 terlihat bahwa temperatur 31⁰C merupakan temperatur pertumbuhan *Gracilaria* yang paling rendah dalam rata-rata pertumbuhan panjang harian dalam 3 hari kedua dalam seluruh sampel yang ditumbuhkan di laboratorium. Dari hasil didapatkan bahwa laju pertumbuhan panjang harian *Gracilaria verrucosa* antara 0,99% sampai 1,60% pada pertumbuhan umur 3 hari, dan antara (0,93%-1,32%) pada pengukuran umur 6 hari.

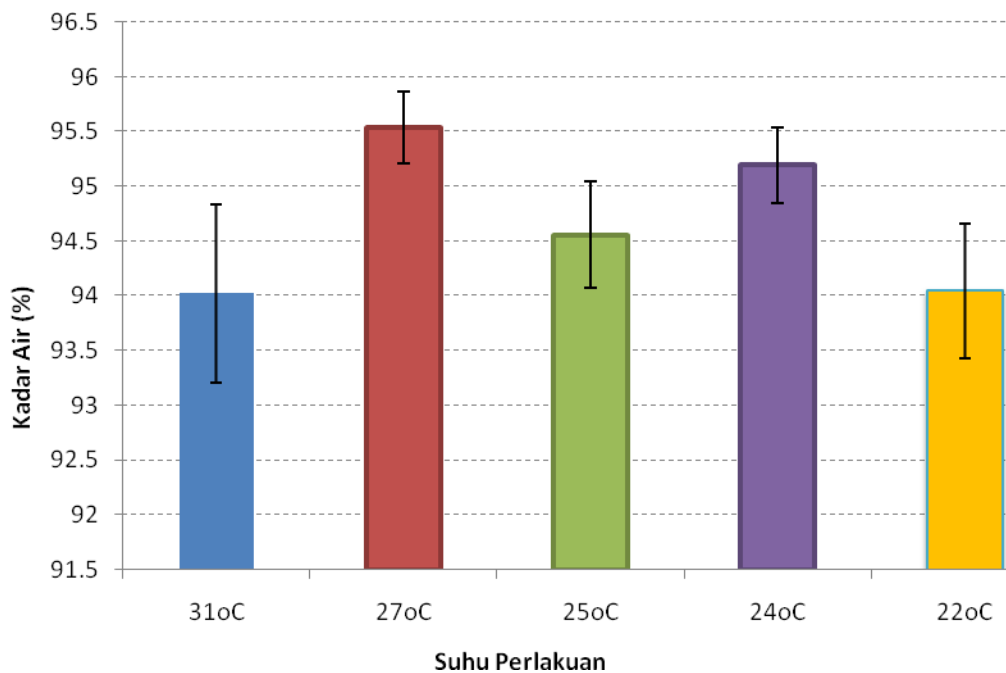
4.1.3 Hasil dan Analisis Data Kadar Air *Gracilaria verrucosa*

Nilai rata-rata hasil pengukuran kadar air *Gracilaria verrucosa* dapat dilihat pada tabel 4.4 terlihat bahwa kadar air *Gracilaria* yang ditumbuhkan pada berbagai variasi temperatur setelah pengovenan pada temperatur 60°C selama enam jam menunjukkan rata-rata nilai yang berbeda. Secara lebih jelas grafik hasil perhitungan kadar air terhadap efek temperatur disajikan pada grafik gambar 4.4. Pengukuran kadar air dilakukan pada setiap minggu dari masing-masing sampel sebanyak 10 sampel setiap perlakuan, masing-masing selama empat minggu.

Tabel 4.3 Data hasil pengukuran nilai rata-rata kadar air \pm standar error (s.e) dari masing-masing 40 sampel pada masing-masing dari pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* pada temperatur 31°C, 27°C, 24°C dan 22°C

Perlakuan Temperatur				
31°C	27°C	25°C)	24°C	22°C
KA \pm s.e (%)	KA \pm s.e (%)	KA \pm s.e (%)	KA \pm s.e (%)	KA \pm s.e (%)
94,0% \pm 0,81	96,5% \pm 0,41	94,5% \pm 0,48	95,1% \pm 0,34	94,0% \pm 0,61

Secara lebih jelas hasil rata-rata kadar air *Gracilaria* dalam setiap minggu diukur dan hasil perhitungan didapatkan bahwa kadar air tertinggi didapatkan pada pertumbuhan *Gracilaria* pada pertumbuhan temperatur 27⁰C, sedangkan kadar air terendah didapatkan pada *Gracilaria* yang ditumbuhkan pada temperatur 22⁰C dan 31⁰C (gambar 4.3). Pada tabel 4.3 kadar air *Gracilaria* yang ditumbuhkan dalam berbagai variasi temperatur setelah dikeringkan berkisar antara (94,5% - 96,5%).

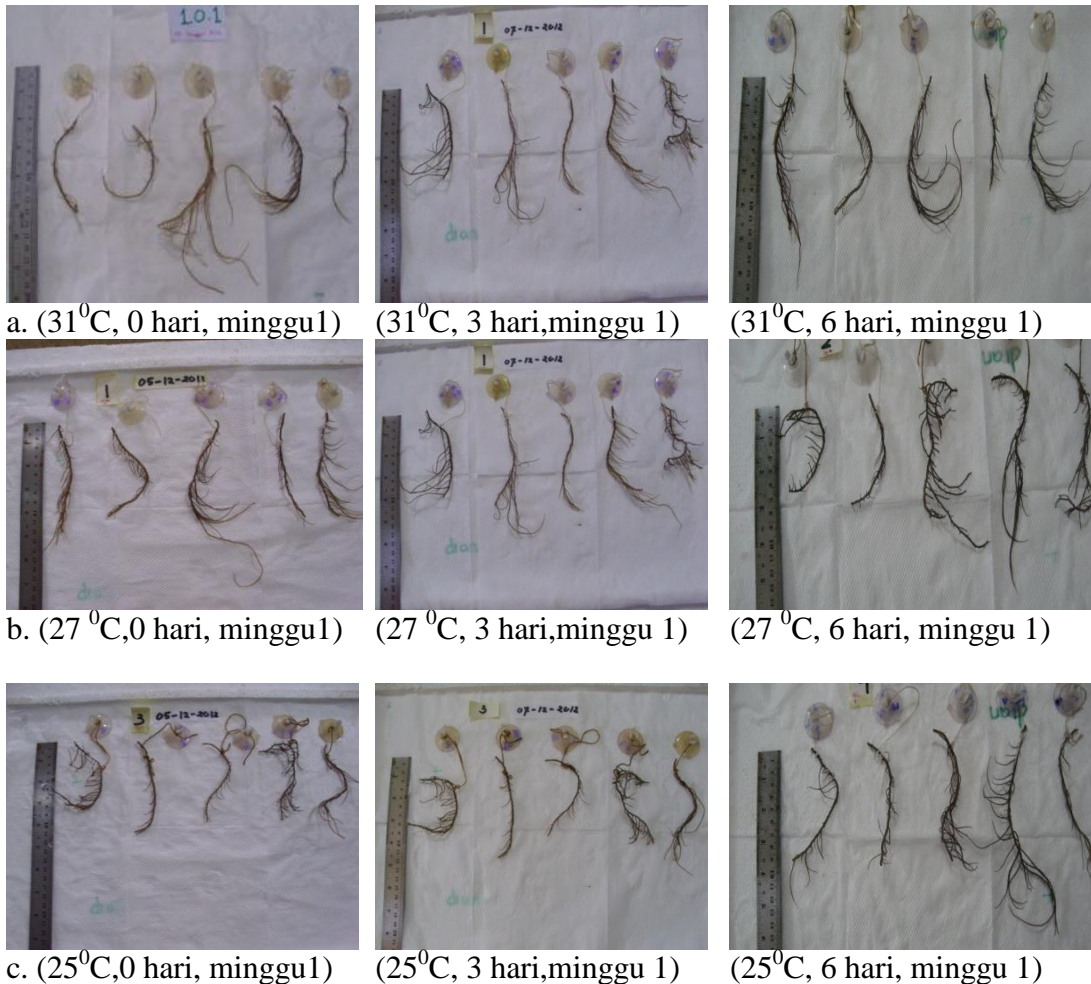


Gambar 4.3 Grafik nilai kadar air (%) rumput laut *Gracilaria verrucosa* setelah pengeringan pada temperatur 60°C selama 6 jam, dari *Gracilaria* yang ditumbuhkan pada berbagai variasi temperatur 31°C, 27°C, 25°C, 24°C dan 22°C.

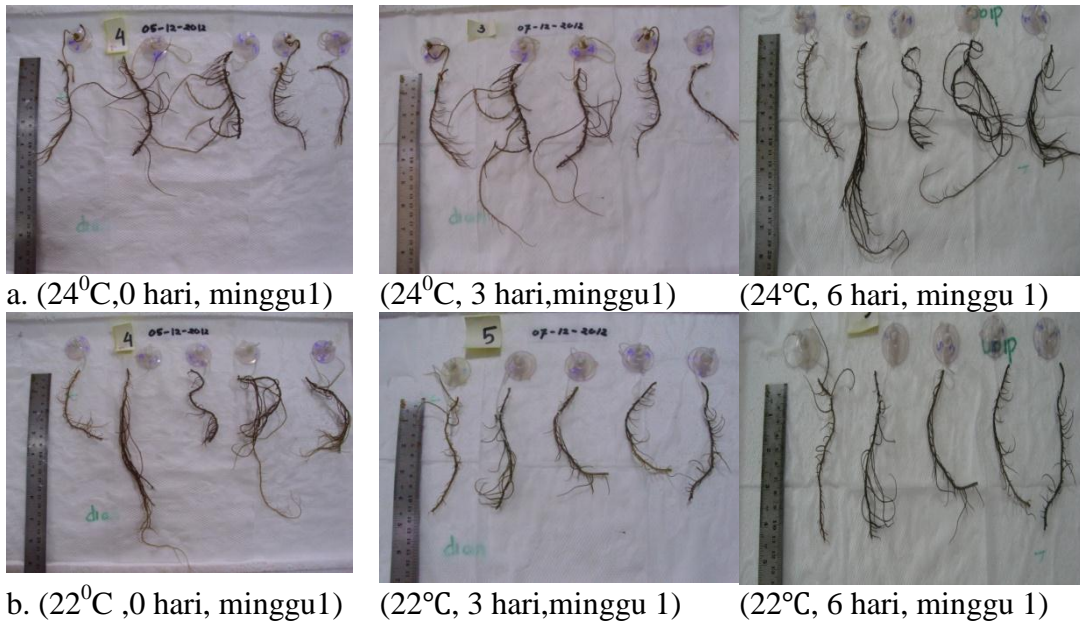
4.1.4 Hasil Pengamatan Visual *Gracilaria verrucosa*

Hasil pengamatan foto visual *Gracilaria verrucosa* yang ditumbuhkan dalam berbagai variasi temperatur ditunjukkan pada gambar 4.4 dan gambar 4.5 (halaman 47- 48) berikut. 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 variasi temperatur 31^oC (gambar 4.4a) terjadi penambahan panjang pada setiap minggu pengamatan, dan mengalami perubahan panjang pada cabang-cabang setiap thallus sehingga memiliki penambahan massa yang signifikan terhadap perubahan massa pada setiap thallus. Pada penumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* pada variasi temperatur 27^oC yang ditunjukkan (gambar 4.4b) terjadi penambahan cabang-cabang thallus pada 3 hari dan 6 hari pengamatan sehingga penambahan cabang thallus memiliki nilai yang

signifikan pada umur enam hari, sehingga juga diikuti oleh penambahan massa yang signifikan. Penambahan panjang terjadi pada penumbuhan *Gracilaria* akibat variasi temperatur 27 °C. Sedangkan pada penumbuhan *Gracilaria* dengan variasi temperatur 25°C (4.4c) terjadi efek perubahan panjang dan penambahan cabang *thallus*.



Gambar 4.4. Foto hasil pengamatan visual *Gracilaria verrucosa* pada pertumbuhan dengan variasi temperatur a. 31⁰C, b. 27⁰C, dan c. 25⁰C, pada pengamatan tiga hari dan enam hari pada minggu 1.



Gambar 4.5 Foto hasil pengamatan visual *Gracilaria verrucosa* pada pertumbuhan dengan variasi temperatur a. 24°C, b. 22°C, pada pengamatan tiga hari dan enam hari pada minggu 1

4.2 Pembahasan

Mengacu pada hasil dan analisis data didapatkan bahwa suhu yang berbeda memberikan efek yang berbeda pada rata-rata laju pertumbuhan bobot harian *Gracilaria verrucosa* (tabel 4.1; gambar 4.1) dan rata-rata laju pertumbuhan panjang harian (tabel 4.2; tabel 4.2) dalam setiap minggu pada *Gracilaria* yang ditumbuhkan dalam skala laboratorium selama satu bulan. Perbedaan hasil pengukuran dalam kedua hasil laju pertumbuhan massa (DGR) dan panjang harian pada seluruh pengukuran yang dilakukan pada setiap tiga hari dalam setiap minggu dari masing-masing 10 sampel pada masing-masing pertumbuhan suhu yang berbeda yaitu 22⁰C, 24⁰C, 25⁰C, 27⁰C dan 31⁰C pada 4 kali pengulangan atau masing-masing 40 sampel laju pertumbuhan *Gracilaria* pada setiap perlakuan suhu. Dari 200 sampel yang teramati terlihat bahwa suhu berpengaruh pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* pada pertumbuhan massa harian (DGR) maupun panjangnya (panjang nisbi).

Dari masing-masing perhitungan laju pertumbuhan, rata-rata laju DGR dan panjang nisbi perhari diambil pertumbuhan yang positif dalam mendapatkan nilai rata-rata. Sehingga total n sampel rata-rata tidak sama dalam setiap perlakuan (lampiran perhitungan laju panjang dan massa harian). Pertumbuhan negatif *Gracilaria* disebabkan beberapa kemungkinan karena patahnya cabang thallus sehingga tidak terjadi penambahan panjang, ataupun massa (DGR). Hal ini dikarenakan cabang *thallus* yang mudah patah akibat perlakuan suhu ataupun karena terjadinya penyakit pada cabang *thallus*, yang secara visual dapat diamati dari perubahan warna *thallus* yang keputih-putihan. Pada suhu akuarium di atas 33⁰C *Gracilaria verrucosa* juga menunjukkan perubahan warna menjadi putih. Mendasari pada hasil-hasil observasi tersebut maka tidak dilakukan pengaturan suhu di atas 31⁰C. Menurut Guisseley (1970) suhu air di permukaan laut berkisar antara 28⁰C-31⁰C, dengan suhu di dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi daripada di lepas pantai. Suhu mempunyai pengaruh tidak langsung terhadap organisme laut, dimana peningkatan suhu dapat mempercepat kehabisan air, dan air yang habis mendorong kematian pada organisme laut.

Selain itu salinitas yang terlalu rendah juga berkontribusi pada laju pertumbuhan harian yang negatif pada *Gracilaria verrucosa*. Dalam seluruh perlakuan penelitian salinitas digunakan 25 ‰, dan faktor-faktor eksternal lainnya telah dapat direduksi melalui penyekatan dengan plastik mika sehingga pencahayaan masih dapat terpenuhi selain penggunaan lampu yang sama. Dengan demikian maka kelembaban udara dan suhu sekitar dapat diatur menjadi lebih konstan, sehingga dapat mengontrol suhu media perlakuan karena perubahan lingkungan.

Pada hasil dan analisis DGR (tabel 4.1 dan gambar 4.1) Terjadi kenaikan pada DGR pada hari ke 3 pertumbuhan pada semua variasi suhu dengan laju pertumbuhan harian antara (2,87%-7,56%) dan laju pertumbuhan harian antara (2,98%-3,91%) pada hari ke enam pertumbuhan pada suhu antara 22 °C-31°C. Kenaikan laju pertumbuhan DGR menunjukkan bahwa semua suhu dalam kisaran tersebut berpengaruh pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Peningkatan pertumbuhan dengan laju DGR yang lebih besar dari 3% pada suhu 22°C, 25°C, 27°C, dengan nilai DGR tertinggi pada 22°C menunjukkan bahwa kisaran suhu tersebut merupakan kisaran optimal pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Hal ini karena apabila mengacu pada Mubarak (1990) bahwa laju pertumbuhan yang dianggap menguntungkan adalah di atas 3% penambahan bobot per hari, sehingga kisaran suhu tersebut merupakan suhu yang menguntungkan bagi pertumbuhan *Gracilaria* pada pertumbuhan skala laboratorium. Kisaran pertumbuhan suhu optimal antara 22°C-27°C tersebut juga apabila mengacu pada suhu 24°C, yang mengalami kenaikan DGR dari 2,98% (mendekati 3%) menjadi 3,91% pada umur ke-3 dan umur ke-6. Sedangkan pada suhu 31°C meskipun pada pengukuran tiga hari pertama pengukuran rata-rata DGR kurang dari 3% tetapi terjadi kenaikan pada tiga hari kedua yang menunjukkan bahwa pada suhu tersebut *Gracilaria* masih dapat tumbuh. Hasil ini mendukung pada hasil penelitian Ismail *et al.*, 2002 *Gracilaria* masih dapat tumbuh pada suhu 31°C, serta puncak fotosintesis terjadi pada intensitas 20°C-28 °C, sehingga dimungkinkan juga bahwa kisaran suhu 22°C-27°C merupakan puncak fotosintesis *Gracilaria verrucosa*.

Meskipun pada penelitian ini pengaruh pertumbuhan pada suhu 20⁰C tidak diukur dimungkinkan bahwa pada suhu tersebut *gracilaria* juga masih dapat tumbuh pada skala laboratorium pada kondisi yang telah didesain. Hal ini dimungkinkan karena dalam penelitian Ismail *et al.*, 2002 *Gracilaria* masih dapat tumbuh pada suhu 31⁰C dengan puncak fotosintesis terjadi pada intensitas 20⁰C-28⁰C.

Dikaitkan dengan hasil dan analisis pada efek suhu terhadap pertumbuhan panjang nisbi (Gambar 4.2 dan tabel 4.2) dapat disimpulkan bahwa suhu yang berbeda memberikan efek yang berbeda pada pertumbuhan *Gracilaria verrucosa* yang ditumbuhkan dalam skala laboratorium. Kenaikan laju pertumbuhan nisbi antara 0,99% sampai 1,60% pada pertumbuhan umur 3 hari, dan antara (0,93%-1,32%) pada pengukuran umur 6 hari. Pertumbuhan nisbi maksimum *Gracilaria* terjadi pada suhu 22⁰C, dan terendah pada 31⁰C. Meskipun terjadi penurunan pertumbuhan nisbi pada 3 hari kedua pengukuran (umur 6 hari), pada suhu 27⁰C, 25⁰C, dan 24⁰C, tetapi masih lebih besar daripada pada penurunan pada suhu 31⁰C menunjukkan bahwa kisaran suhu 24⁰C sampai 27⁰C tersebut merupakan suhu optimal pertumbuhan. Kenaikan pertumbuhan nisbi pada 22⁰C pada seluruh hasil pengukuran pada seluruh sampel menunjukkan bahwa suhu 22⁰C merupakan suhu optimal pertumbuhan panjang *Gracilaria*, hasil ini juga didukung pada pertumbuhan DGR pada pengukuran 3 hari pertama yang mempunyai rata-rata nilai tertinggi pada suhu 22⁰C tersebut. Kenaikan pertumbuhan disebabkan karena *Gracilaria* dapat melakukan proses respirasi dan fotosintesis yang menguntungkan bagi pertumbuhan rumput laut (Mubarak, 1990). Faktor-faktor eksternal dan internal yang mempengaruhi pertumbuhan *Gracilaria* juga dimungkinkan mendukung dalam pertumbuhan pada suhu tersebut. Faktor internal yang meliputi *thallus* dan umur yang digunakan dalam sampel penelitian mendukung pada pertumbuhan laboratorium. Adanya kenaikan pertumbuhan pada minggu ke-0 sampai minggu ke-5 karena sel dan jaringan *thallus* masih muda sehingga memberikan pertumbuhan yang optimal (Sahabuddin dan Tangko, 2008). Sedangkan faktor eksternal yang meliputi lingkungan fisika, seperti suhu air, intensitas cahaya, kelembaban udara yang digunakan dalam penelitian untuk

mendukung pada pertumbuhan *Gracilaria* pada nilai bobot yang menguntungkan yaitu pada sekitar 3%. Faktor eksternal lain yaitu pH air yang diukur dalam penelitian yaitu antara 7-8 merupakan pH optimal dalam pertumbuhan *Gracilaria* (Meiyana, 2001). Nilai pH dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain aktifitas biologi seperti fotosintesis dan respirasi organisme, suhu, dan keberadaan ion-ion dalam perairan tersebut (Pescod, 1973). Dalam penelitian ini air yang digunakan berasal dari perairan yang sama, sehingga diasumsikan memiliki keberadaan ion-ion yang hampir sama dalam seluruh pengukuran setiap minggunya, melalui penggantian air laut yang digunakan dengan salinitas yang sama yaitu pada 25 ppt. Cahaya mempunyai peranan yang sangat penting terhadap proses fotosintesis yang mempengaruhi intensitas dan panjang gelombang (Sudiaji, 2005). Sumber cahaya pada kultur ini menggunakan lampu fluorescent (FL), hal ini disebabkan karena lampu fluorescent menghasilkan cahaya berwarna putih, selain itu sinar lampu fluorescent tidak meningkatkan suhu ruang kultur secara drastis (suhu stabil), dan menghasilkan intensitas cahaya dalam ruang kultur yang sesuai untuk pertumbuhan tunas *Gracilaria. verrucosa*. Pada penelitian ini cahaya yang digunakan sebesar 5130 lux. Sehingga penurunan DGR dan pertumbuhan nisbi pada pengukuran tiga hari ke dua dimungkinkan karena ketidakcukupan unsur hara yang ada karena telah diserap oleh *Gracilaria* dalam proses pertumbuhan.

Secara umum bahwa suhu mempengaruhi daya larut gas-gas yang diperlukan untuk fotosintesis seperti CO₂ dan O₂, gas-gas ini mudah terlarut pada suhu rendah dari pada suhu tinggi akibatnya kecepatan fotosintesis ditingkatkan oleh suhu rendah (Romimohtarto, 2001). Suhu lingkungan berperan penting dalam proses fotosintesis, dimana semakin tinggi intensitas matahari dan semakin optimum kondisi suhu, maka akan semakin sistematis hasil fotosintesisnya (Lee.,*et al.* 1999). Selain fotosintesis suhu air juga mempengaruhi beberapa fungsi fisiologis rumput laut seperti respirasi, metabolisme, pertumbuhan dan reproduksi (Dawes, 1981) tetapi rumput laut mempunyai kisaran suhu yang spesifik karena adanya enzim pada rumput laut yang tidak dapat berfungsi pada suhu yang terlalu dingin maupun terlalu panas. Apabila hal

ini dikaitkan pada hasil-hasil observasi dan pengukuran pada pertumbuhan *Gracilaria* di atas 31°C terlihat tanaman banyak mengalami kematian dengan patahnya *thallus* dan perubahan warna keputihan pada *thallus*. Sehingga meskipun pada suhu 31°C *Gracilaria* masih dapat tumbuh tetapi dimungkinkan pada skala laboratorium nilai ini merupakan nilai ambang pertumbuhan panjang karena terjadinya pertumbuhan panjang yang negatif.

Suhu tinggi dapat mempengaruhi aktivitas proses biokimia dan pertumbuhan *thallus*. Hal ini disebabkan peningkatan suhu dapat menyebabkan penurunan kelarutan gas O₂, CO₂, N₂, dan CH₄ dalam air (Haslam, 1995). Sarjito (1996) mengatakan bahwa suhu diatas 35°C akan menghambat pertumbuhan *Gracilaria*, dengan suhu yang baik untuk *Gracilaria* berkisar antara 20-29°C. Menurut Santika (1985), kisaran suhu 27-29°C memberikan indikasi negatif terhadap pertumbuhan *thallus*. Beberapa hasil sebelumnya menunjukkan bervariasinya nilai-nilai kisaran suhu tumbuh *Gracilaria*. Menurut Sjafrie (1990) suhu optimum yang diperlukan untuk budidaya *Gracilaria* adalah 20-25°C, sedangkan menurut Kadi dan Atmadja (1988) bahwa suhu air untuk hidup rumput laut *Gracilaria verrucosa* berkisar antara 18°C-30°C dan yang paling ideal sekitar 20-28°C. Menurut Anggadiredja *et al.*, (2006), kisaran suhu air yang optimal bagi pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* berkisar 20°C - 30°C. Mengacu pada seluruh kajian tersebut dan hasil dan analisis menunjukkan bahwa suhu mempunyai peranan yang sangat penting bagi kehidupan dan pertumbuhan *Gracilaria* (Aslan, 1991). Semakin tinggi suhu maka laju pertumbuhannya semakin lambat. Menurut Baracca (1989), rumput laut akan mati bila suhu mencapai 31°C, dan pada umumnya pertumbuhan karagenofit akan menurun atau berhenti selama suhu tinggi. Kondisi inilah yang diduga terjadinya awal proses kematian pada suhu 31°C tersebut, dimulai dari perubahan warna *thallus* rumput laut menjadi putih lunak, yang kemudian putus sehingga hilang terbawa arus. Secara prinsip suhu yang tinggi dapat menyebabkan protein mengalami denaturasi, serta dapat merusak enzim dan membran sel yang bersifat labil terhadap

suhu yang tinggi. Pada suhu yang rendah, protein dan lemak membran dapat mengalami kerusakan sebagai akibat terbentuknya kristal di dalam sel. Menurut Cholick (1986) suhu yang terlalu rendah atau terlalu tinggi sangat berpengaruh terhadap proses metabolisme rumput laut, dimana setiap kenaikan 10°C akan menyebabkan proses metabolisme meningkat sebesar dua kali atau dengan kata lain konsumsi oksigen di dalam media akuarium akan meningkat dua kali pula, terkecuali untuk perlakuan suhu 24°C yang mana, nilai laju pertumbuhannya mengalami peningkatan. Penurunan laju pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* diduga disebabkan oleh dua hal, yang pertama adalah dari pertambahan biomassa di media tanamnya sehingga terjadi persaingan nutrient yang lebih, dan yang kedua dari sifat thallus rumput laut yang mudah patah apabila terkena arus kuat sehingga hilang dan mengalami pengurangan bobot.

Gerakan air melalui penggunaan aerator dalam penelitian mendukung pada pertumbuhan harian *Gracilaria* dalam budidaya skala laboratorium. Hal ini dimungkinkan karena adanya aerasi dapat membantu proses difusi, dimana difusi diperlukan dalam masuknya unsur hara dalam seluruh permukaan tubuh *Gracilaria*. Unsur hara diperlukan dalam proses fotosintesis dalam menunjang pertumbuhan. (Doty dan Glenn, 1981). Keuntungan dari pengaruh aerasi pada kultur makroalga adalah untuk mengurangi batas lapisan difusi dan meningkatkan nutrisi (Luning, 1990). Pergerakan air, juga mempengaruhi ketersediaan makanan, pertumbuhan epifit dan pengendapan (Kautsky, 1989); transportasi nutrisi, serta keberadaan oksigen terlarut (Trono dan Fortes, 1974). Difusi nutrisi ke dalam sel tanaman semakin banyak sehingga metabolisme dipercepat (Soegiarto *et al.*, 1979) sehingga pertumbuhan rumput laut akan semakin cepat.

Mengacu pada tabel 4.3 dan gambar 4.3 didapatkan bahwa kadar air *Gracilaria verrucosa* yang tertinggi pada penelitian setiap minggu ini terdapat pada perlakuan suhu 27°C yaitu sebesar (96,5% ± 0,41), dan kadar air terendah pada 31°C dan 22°C dengan nilai yang hampir mendekati yaitu sekitar 94,0%. Kadar air

termasuk parameter mutu rumput laut yang menggambarkan tingkat kekeringan rumput laut tersebut. Kadar air menjadi pertimbangan karena kadar air rumput laut yang tinggi akan menyebabkan menurunnya kuantitas dan kualitas karaginan yang dihasilkan (Anonymous, 1986), dan menyebabkan rumput laut lebih mudah rusak (Suryaningrum, 1990). Kadar air yang tinggi pada *Gracilaria verrucosa* akan menyebabkan rumput laut lebih mudah rusak jika dibandingkan pada kadar air *Gracilaria verrucosa* berkadar air rendah. Nilai kadar air yang berfluktuasi ini kemungkinan dipengaruhi oleh perbedaan jumlah air yang tidak menguap dalam proses pengeringan. Hal ini menyatakan bahwa perlakuan dengan berbagai variasi suhu yang berbeda-beda selama penyimpanan berpengaruh terhadap kandungan air dalam rumput laut *Gracilaria verrucosa* yang disimpan.

Faktor luar yang mempengaruhi nilai kadar air ini diduga karena terjadinya adsorpsi air ketika sampel akan dimasukkan ke dalam oven. Adsorpsi ini dapat terjadi ketika kelembaban nisbi yang dimiliki oleh bahan lebih tinggi dibandingkan dengan kelembaban udara. Seperti yang dikemukakan oleh Winarno (1980), yaitu kadar air permukaan rumput laut dipengaruhi oleh kelembaban udara disekitarnya. Bila kadar air rumput air rendah sedangkan kelembabannya tinggi, maka akan terjadi penyerapan uap air di udara sehingga rumput laut menjadi lembab atau kadar air menjadi tinggi.

Kadar air mempunyai hubungan dengan tekanan turgor dalam jaringan tanaman dan akan berpengaruh pada proses fotosintesis. K^+ berperan dalam banyak proses fisiologis dan biokimia tanaman dan diserap secara aktif dengan penyerapan yang tinggi dengan adanya transfer energi oleh ATP-ase, sedangkan K^+ konsentrasi tinggi akan menghambat mekanisme transport aktif dan berakibat pada turgor sel. Jaringan muda sangat memerlukan K^+ untuk memelihara turgor sel untuk pembesaran sel. Pada jaringan muda turgor sel sangat sensitif terhadap status K^+ . K^+ dalam sel stomata ikut mengendalikan membuka dan menutupnya stomata, stomata membuka bila kadar K^+ di dalam sel stomata tinggi dan menutup bila kadar K^+ rendah. Pada siang hari akan berlangsung fotosintesis, yang menghasilkan energi

untuk mendorong peningkatan penyerapan K^+ yang akhirnya akan meningkatkan konsentrasi K^+ dan menaikkan tekanan turgor. Turunnya turgor menyebabkan jumlah kadar air yang masuk ke dalam jaringan tanaman meningkat, sehingga tanaman menjadi layu dan mudah terserang hama dan penyakit (Romimohtarto, 2007).

Stress yang diakibatkan perubahan kondisi lingkungan yang mendadak seperti: perubahan salinitas, suhu air dan intensitas cahaya, merupakan faktor utama yang memacu timbulnya penyakit *ice-ice*. Bila dikaitkan dengan penyakit rumput laut, maka *ice-ice* pada rumput laut terjadi karena infeksi mikroba pada saat tanaman menjadi rentan. Kondisi ini disebabkan karena adanya perubahan lingkungan yang ekstrem dan tidak dapat ditolerir, sehingga tanaman menjadi lemah atau tidak sehat. Rumput laut yang terkena penyakit *ice-ice* ini sebelumnya disebabkan adanya gejala pertumbuhan yang lambat, permukaan *thallus* menjadi kasar dan pucat. Suhu air dalam akuarium rumput laut *Gracilaria verrucosa* selama penelitian berkisar antara 22-31°C yang masih berada pada kisaran optimal untuk budidaya *Gracilaria verrucosa*, dimana kisaran suhu optimal untuk *Gracilaria verrucosa* berkisar antara suhu 20-28°C. Stabilitasnya suhu dapat disebabkan karena penggunaan tutup plastik pada akuarium untuk mencegah fluktuasi suhu yang ekstrim. Apabila suhu kurang dari 20°C pertumbuhan rumput laut akan terganggu (Luning, 1990). Sedangkan untuk suhu optimal pada pertumbuhan rumput laut *Gracilaria verrucosa* adalah berkisar antara 20-28°C (Zatnika, 2009). Yang *et al.* (2006) menyatakan bahwa banyak spesies rumput laut tumbuh baik pada suhu 20°C atau lebih, tetapi pada suhu yang lebih tinggi lagi dapat menurunkan pertumbuhan rumput laut.

Secara umum dapat diambil kesimpulan bahwa rumput laut *Gracilaria verrucosa* dapat tumbuh secara optimal pada kisaran suhu penelitian tersebut, dengan didukung oleh kualitas air yang berada pada kisaran toleransi, serta cara budidaya rumput laut yang diaplikasikan pada pertambakan dalam skala laboratorium. Meskipun demikian diperlukan pengamatan yang lebih lanjut pada suhu lebih rendah mengingat pentingnya suhu yang merupakan parameter fisika dalam pertumbuhan

gracilaria verrucosa. Dalam penelitian ini pengamatan suhu sekitar 18°C sangat sulit dilakukan karena AC yang digunakan dalam penelitian terendah adalah 18°C, sedangkan pada semua suhu sekitar 32°C yang diatur secara konstan menunjukkan sampel banyak yang mati sehingga penelitian pada suhu tersebut tidak dapat dilakukan.

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Pada hasil didapatkan bahwa temperatur yang berbeda memberikan efek yang berbeda pada rata-rata laju pertumbuhan bobot harian dan rata-rata laju pertumbuhan panjang harian dalam setiap minggu pada *Gracilaria* yang ditumbuhkan dalam skala laboratorium selama satu bulan. Pada hasil juga didapatkan bahwa temperatur yang berbeda memberikan efek pertumbuhan yang berbeda pada pertumbuhan *gracilaria verrucosa* pada pengukuran kadar air dan efek visual yang dihasilkan pada temperatur 22⁰C, 24⁰C, 25⁰C, 27⁰C dan 31⁰C.

Secara umum dapat diambil kesimpulan bahwa rumput laut *Gracilaria. verrucosa* dapat tumbuh secara optimal pada kisaran temperatur 22⁰C, 24⁰C, 25⁰C, 27⁰C penelitian tersebut, dengan didukung oleh kualitas air yang berada pada kisaran toleransi, serta cara budidaya rumput laut yang diaplikasikan pada pertambakan dalam skala laboratorium, sedangkan pada suhu 31⁰C, rumput laut *Gracilaria. verrucosa* masih dapat tumbuh meskipun mempunyai kendala pertumbuhan.

5.2 Saran

Diperlukan pengamatan yang lebih lanjut pada temperatur lebih rendah antara 18⁰C-20⁰C mengingat pentingnya temperatur yang merupakan parameter fisika dalam pertumbuhan *Gracilaria verrucosa*. Pada penelitian ini suhu kisaran 18⁰C-20⁰C sulit didapatkan karena memerlukan ruangan khusus yang lebih dapat terkontrol melalui penambahan AC yang memerlukan biaya yang lebih mahal. Penelitian dengan pengukuran secara kontinu dalam perioda lama perlu dilakukan, dalam penelitian tidak dapat dilakukan mengingat biaya yang mahal dalam penggantian air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z. 1984. *Ilmu Tanaman*. Penerbit Angkasa. Bandung.
- Afief, A. 2006. *Sistem Filtrasi Akuarium Air Laut untuk Pengendalian Senyawa Nitrogen dalam Air*. Skripsi. Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Afrianto dan Liviawati, 1993. *Budidaya Rumput Laut dan Cara Pengolahannya*. Penerbit Bharata. Jakarta.
- Alfatah Arif dan Yusuf Irwan. 2008. *$mc^2=F$ Misi (Rahasia) Calon Fisikawan Muslim*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Anggadiredja, J.Irawati, S. dan Kusmiyati, 2006. *Rumput Laut : Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial*. Penerbit Penebar Swadaya, Jakarta.
- Anggadiredja, J.T., A. Zatnika, H. Purwoto, dan S. Istini. 2006. *Rumput Laut; Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Anonim. 1978. *Rumput Laut (Algae) Manfaat, Potensi, dan Budidayanya*. Lembaga Oseanologi LIPI. Jakarta.
- Anonim. 2002a. *Teknik Budidaya Rumput Laut Bahan Pembuat Agar-agar Di Dalam Tambak*. BPPT. Jakarta.
- Anonim. 2004. *Anatomi Sel Tumbuhan*. <http://www.lablink.co.id>.
- Anonim. 2005. Faktor Pengelolaan Yang Berpengaruh Terhadap Produksi Rumput Laut (*Gracilaria verrucosa*) Di Tambak Tanah Sulfat Masam (Studi Kasus Di Kabupaten Luwu. Provinsi Sulawesi Selatan). *Buletin dan Jurnal Penelitian Indonesia* **11**(7) : 1 – 7.

- Anonimous, 1986. *Budidaya Rumput Laut*. Departemen Pertanian. Proyek Informasi Pertanian Bali. Denpasar.
- APHA.1995. *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. America Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington DC.
- Arlyza, I., 2005, *Phycocyanin dari Mikroalga Bernilai Ekonomis Tinggi Sebagai Produk Industri*, *Oseana* **30**(3): 27-36.
- Aslan, J. 1991. *Budidaya Rumput Laut*. Kanisius. Yogyakarta.
- Aslan, L. M. 1995. *Budidaya Rumput Laut*. Kanisius, Yogyakarta.
- Aslan, L.M. 1998. *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Aslan, L. M. 1998. *Rumput Laut*. Kanisius. Jakarta. hal. 13-37. Chen, J. X. 1994. *Gracilaria Culture in China*. <http://www.fao.org>. 12/6/2008.
- Atmadja, 2007, *Apa Rumput Laut Sebenarnya?*, Semarang : Divisi Penelitian dan Pengembangan Rumput Laut UNDIP, <http://www.rumputlaut.org>. Diakses pada 26 Juli 2008.
- Atmadja WS, A Kadi, Sulistijo, dan R Satari. 1996. *Pengenalan Jenis-jenis Rumput Laut Indonesia*. Puslitbang Oseanologi LIPI. Jakarta.
- Baracca, R.T. 1989. *Performance of Eucheuma sp (Seaweed) in Indonesia Part I Agronomic Character*. FMC. Marine Colloids Division. Philipines.
- Bhatt, J. J. 1978. *Oceanography Exploring the Planet Ocean*. D'von Nonstrand Company. Toronto.
- Bold, H.C. and Wynne, M.J., 1978, *Introduction to The Algae*, Prentinne, Hall, Incn EngewoodCliffs, New Jersey.
- Boyd, C.E. 1988. *Water Quality in Ponds for Aquaculture*. Agricultural Experiment Station, Auburn University. Auburn, Alabama, USA.

- Boyd, C. E. 1989. Water Quality Management and Aeration in Shrimp Farming. Fisheries and Allied Aquaculture Departement Auburn University. Alabama.
- Chen, J. P. 1976. Aquaculture's Practise in Taiwan. Fishing New Book Limited. England.
- Cholick, F. 1986. Water Quality Management Pond Fish Culture. Direktorat Jendral Perikanan bekerjasama dengan International Development and Research Center. Jakarta.
- Dahuri, R., 2003. Keanekaragaman Hayati Laut. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Davis, M.L. dan D.A. Cornwell. 1991. Introduction To Environmental Engineering. Second Edition. Mc-Graw-Hill, Inc. New York.
- Dawes, C.J., 1981. *Marine Botany*. John Wiley Dawson University of South Florida New York.
- Departemen Agama Republik Indonesia. 1971. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Jakarta: Yayasan Penyelenggara Penterjemah/Pentafsir Al-Qur'an.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. 2005. *Profil Rumput Laut Indonesia*. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Jakarta.
- Departemen Kelautan dan Perikanan. 2006. *Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut (Eucheuma spp)*. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Jakarta.
- Direktorat Pembudidayaan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Departemen Kelautan dan Perikanan (1990). Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut. Direktorat Pembudidayaan, Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya Departemen Kelautan dan Perikanan.
- Dkp.go.id. 2006. *Pesona Rumput Laut Sebagai Sumber Devisa* html. <http://www.dkp.go.id>. Akses 24 Maret 2008.

- Doty, M. S., and E. P. Glenn. 1981. Aquatic Botany. Photosynthesis and Respiration of the Tropical Red Seaweeds, *Eucheuma striatum* (Tambalang and Elkhorn Varieties) and *E. denticulatum*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.
- Doty, M.S., J.F. Caddy and B. Santelices 1987 Case studies of seven commercial seaweed resources. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Dwidjoseputro, D. 1978. *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. PT Gramedia, Jakarta.
- Dwijoseputro, D. 1981. *Pengantar Fisiologi Tanaman*. PT Gramedia. Jakarta.
- Effendie, M.I. 1997. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusatama. Bogor.
- Effendi, Hefni. 2000. Telaah Kualitas Air bagi Pengolahan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Bogor. Jurusan Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB.
- Guanzon, N.G.Jr., 2003. *Seaweed Biology and Ecology*. Lecture Note. Responsible Aquaculture Development Training Programe. Aquaculture Department. SEAFDEC. Tingbauan. Iloilo. Philipines.
- Guisseley, K. B. 1970. The relationship between methoxyl content and gelling temperature of agarose. *Carbohydr. Res.* 13:247-256.
- Hadiat, Moedjadi dkk. 2004. *Kamus Sains*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Resnick, Halliday dan Pantur Silaban. 1985. *Fisika Jilid 1*. Gelora Aksara Pratama: Bandung.
- Harvey, J.W. 1982. *Atmosphere and Ocean*. Vision Pretd. London.
- Haslam, S.M. 1995. River Pollution and Ecological Perspective. John Wiley and Sons, Chichester, UK.

- Hutabarat dan Evans. 2001. *Pengantar Oseonografi*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Hutagalung, H.P. 1988. Pengaruh Suhu Terhadap Kehidupan Organisme Laut. *Pewarta Oseana. LON-LIPI Jakarta* .13 : 153-163.
- Iksan, K. H. 2005. Kajian Pertumbuhan, Produksi Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*), dan Kandungan Karagenan pada Berbagai Bobot Bibit dan Asal *Thallus* di Perairan Desa Guraping Oba Maluku Utara. Tesis (tidak dipublikasikan). Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Irvine, D. E. G. and Price. J. H., 1978. *Modern Approaches to The Taxonomy of Red and Brown Algae*. Academic Press, London.
- Ismail, W. dan Pratiwi, E. 2002. Budidaya Laut Menurut Tipe Perairan. *Warta Penelitian Perikanan Indonesia. Pusat Riset Perikanan Budidaya. Jakarta*. 8(2) : 8-12.
- Istini, S. dan Suhaimi., 1998, *Manfaat dan Pengolahan Rumput laut*, Lembaga Oseanologi Nasional, Jakarta.
- Juneidi, A. W. 2004. Rumput Laut, Jenis Dan Morfologisnya. Departement Pendidikan Nasional Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar Dan Menengah Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Kadi A, Atmadja WS. 1988. Rumput Laut (Algae) Jenis, Reproduksi, Produksi, Budidaya dan Pasca Panen. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi-LIPI. Jakarta.
- Kautsky, L. 1989. *Factor Limiting Seaweed Production*. Workshop-Univ. S. Paulo/int. Foundation for Sciences "Cultivation of Seaweeds in Latin Amerika". Brazil.
- Kuncoro, E. B. 2004. *Akuarium Laut*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Laode, M.A. 1995. *Budidaya Rumput Laut*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

- Lapointe, B.E. 1987. Phosphorus and Nitrogen Limited Photosynthesis and Growth of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae) in the Florida Keys: An Experimental Field Study. *Ma. Biol.*, **93**(4) : 561-568.
- Lee, S. H., T. Sakai., Y. Saito., H. Utsunomiya., dan N. Tsuji. 1999, "Strengthening of Sheet-Rolled Aluminium Based MMC by The ARB Process", (**12**): 1422-1428.
- Lewmanomont, K. 1995. A Review Paper on The Taxonomy of Gracilaria in Asian Countries. <http://www.fao.org>. 12/06/2008.
- Loban, 1997. *Seaweed Ecology and Physiology*. Penerbit ITB. Bandung.
- Luning, K. 1990. *Seaweeds Their Environment, Biogeography and Ecophysiology*. A Wiley Interscience Publication. John Wiley and Sons.Inc. New York.
- Meiyana, M., Evalawati, dan Prihaningrum, A. 2001. *Biologi Rumput Laut. Teknologi Budidaya Rumput Laut (Kappaphicus alvarezii)*. DIRJENKANBUD BBL. Lampung.
- Milchacova, N. 1998. Seaweed of Black Sea *Gracilaria verrucosa*. <http://www.lbss.iuf.net/BlackSea/Species/flora/seaweed/gracver.html>.
- Moll, B. and Deikman, J. 1995. Enteromorpha clatrat : A Potensial Seawater – Irrigated Crop. *Bioresource Technology* 52 : 225-260.
- Mubarak, H., dan I.S. Wahyuni. 1981. Percobaan Budidaya Rumput Laut *Eucheuma spinosum* di Perairan Lorok Pacitan dan Kemungkinan Pengembangannya. Bul. Panel. Badan Litbang Pertanian Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. **1**(2) :157-166.
- Mubarak, H *et.,al.* 1990. *Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut*. Departemen Pusat Penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.
- Muhammad, A.dkk.2003. Tafsir Ibnu Katsir Jilid I. Imam Asy-Syafi'i: Jakarta

- Mukti, A.T. 2007. Perbandingan Pertumbuhan dan Perkembangan Gonad Ikan Mas *Cyprinus carpio* linn (Diploid dan Tetraploid). *Berkala Penelitian Hayati* : **13** : 27-32.
- Muntsji, A.R. 1972. *Beberapa Aspek Biologi Rumput Laut*, Skripsi Dalam Mata Ajaran Pokok Hidrologi. Institut Pertanian Bogor. Fakultas Pertanian.
- Nicholls, R.E. 1993. Hidroponik Tanaman Tanpa Tanah. Dahara Prize. Semarang.
- Nirmala, R. 2003. Pengaruh 2,4 D Dan Kombinasi NAA Dengan Kinetin Terhadap Pertumbuhan Dan Perkecambah Kalus Tomat (*Lycopersicon esculentum* MILL) Varietas Kemir. <http://www.google.com/search>.
- Nazir, M. 2003. Metode Penelitian. Penerbit Ghalia Indonesia. Jakarta.
- Nontji A. 1981. *Fotosintesis dan Fitoplankton Laut*. Tinjauan Fisiologis dan Ekologis. Bogor: Fakultas Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Nontji, A. 1993. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.
- Novizan. 2002. Petunjuk Pemupukan yang Efektif. Agro Media pustaka. Jakarta.
- Nurhayani, R. 1998. *Pengaruh Pemberian Pupuk NPK 15-15-15 Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Alginat Alga Coklat (Sargasum crassifolium C. Agardh)*. Jurusan Biologi Fakultas MIPA Undip. Semarang.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Alih Bahasa H.M. Eidman, Koesobiono, D.G. Bengen, M. Hutomo dan S. Sukardjo. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. W.B. Saunders Company Ltd. Philadelphia.
- Pescod, N. B. 1973. *Investigation of Rational Effluent and Stream For Tropical Countries*. AIT. Bangkok.

- Rahayu, A. Y. dan M. Sutisna. 2001. Laju Pertumbuhan, Biomassa Dan Kandungan Karagenan Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezi* (Doty) Doty Yang Ditanam Dengan Variasi Bagian Tallus Dan Jarak Tanam Yang Berbeda Di Perairan Pantai Sayang Heulang Pameungpeuk, Garut. *Majalah Ilmiah Unsoed*. Tahun XXVII No. 22-12.
- Raikar, S. V, M. Lima and Y. Fujita. 2001. Effect of Temperature, Salinity and Light Intensity on the Growth of *Gracilaria* spp. (Gracilariales, Rhodophyta) from Japan, Malaysia and India. *Journal of Marine Sciences*. **30** : 98-104.
- Robi'in. 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., dan Juwana, S., 2001. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir Secara Berkelanjutan*. Djambatan. Jakarta.
- Romimohtarto, K. 2007. Kualitas Air Dalam Budidaya Laut. <http://www.abdulkadirsalam.com>.01/01/2009. 10 hal.
- Ross, A.D. 1970. *Introduction to Oceanography*, Meredith Corporation. New York.
- Round, F.E. 1977. *The Biology of The Algae*. Edward Arnold Publisher. London.
- Sahabuddin dan A. M. Tangko. 2008. Pengaruh Jarak Lokasi Budidaya Dari Garis Pantai Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Karagenin Rumput Laut *Eucheuma cottoni*. Seminar Nasional Kelautan IV, 24 April 2008. Surabaya.
- Salundik dan Simamora, S. 2006. *Meningkatkan Kualitas Kompos*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Santika, II. 1985. *Budidaya Rumput Laut*. Workshop Budidaya Laut Proyek Pengembangan Tehnik Budidaya Lut Lampung. Dirjen Perikanan Deptan. Jakarta.

- Sarief, E. S. 1986. Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian. CV Pustaka Buana. Bandung.
- Sarjani. 2005. Cuaca dan Iklim. Modul Online Geografi X. <http://www.e-dukasi.net>. [2 April 2008].
- Sarjito, A. B, Susanto dan K, Suwartimah. 1996. *Penelitian Pendahuluan Tentang Metode Budidaya dengan Spray Technique pada Tumbuhan Rumput Laut Genus Gracilaria*. Jurusan Kelautan – FPK. UNDIP.
- Sikong, Ma'sud. 1982. Beberapa Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Produksi Biomassa Udang Windu (*P. monodon*). Fakultas Pasca Sarjana IPB (tidak dipublikasikan). Bogor.
- Sjafrie NDM. 1990. Beberapa Catatan Mengenai Rumput Laut *Gracilaria*. Bul. Pewarta Oceana. LON_LIPI. Jakarta. **15** : 147- 155.
- Soegiarto, A., Sulistijo, Atmadja, W.S., Mubarak, H. 1978. *Rumput Laut (Algae) Manfaat, Potensi dan Usaha Budidayanya*. LON-LIPI, Jakarta.
- Soepomo, T.H.W. 1974. Kriteria Kualitas Air Untuk Pertanian dan Perikanan. PSSDHL-IPB.
- Sudjadi. 2005. Pengaturan Cahaya Lampu Sebagai Fotosintesis Phytoplankton Buatan Dengan Menggunakan MikrokontrolerAt89s52. <http://www.emakpancar.sakti.com>. 01/06/2005. 5 hal.
- Sulistijo. 1985. Budidaya Rumput Laut. <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB882E/AB882E11.htm>. 20 Februari 2006.
- Sulistijo, 1985. Budidaya Rumput Laut. Lembaga Oseanologi Nasional LIPI, Jakarta.
- Sulistijo, M.S. 2002. Penelitian Budidaya Rumput Laut (Alga Makro/Seaweed) di Indonesia. Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.

- Suryaningrum, T.D. 1990. Kajian Sifat-sifat Mutu Komoditi Rumput Laut Budidaya Jenis *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum*. Fakultas Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Susanto, A.B. 1999. *Selintas Tentang "Godir" Si Rumput Laut Gracilaria*. Jur. Ilmu Kelautan. Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan. UNDIP. Semarang.
- 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. UNPAD Bandung. Bandung.
- Sverdrup, H.U.M.W, Johnson and R. Fleeming. 1942. *The Oceans. Their Physic, Chemistry and General Biology*. Prentice Hall inc. Englewood. Cliffs. New York.
- Tim Penulis PS. 2001. *Budidaya, Pengolahan dan Pemasaran Rumput Laut*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Trensongrusmee, B., Pontjoprawiro, S dan Budidaya Rumput Laut Merah *Eucheuma*. Paket Teknologi untuk Budidaya Rumput Laut. Proyek Pengembangan Teknik Budidaya Laut. Seafarming Development Project INS/81/008.
- Trono, G. C, dan Fortes. 1974. *Euchemia Farming in The Phillipine*. U: p. National Science Research Center.
- Trono, J.R., 1988, *Eucheuma Farming in The Philipines* U.P Natural Science Research Centre, Quezon City.
- Trono, G. C, dan Fortes. 1974. *Euchemia Farming in The Phillipine*. U: p National Science Research Center.
- Waite, T.D. 1984. *Principle of Water Quality*. Academic Press Inc. London.
- Walhi. 2006. *Dampak Lingkungan Hidup Operasi Pertambangan Tembaga dan Emas Freeport-Rio Tinto di Papua*. WALHI. Jakarta Indonesia.

- Wardoyo, S.T.H. 1981. *Kriteria Kualitas Air Untuk Pertanian dan Perikanan. Training Analisa Dampak Lingkungan*. PPLH-IPB, PUSDI. PSL. IPB. Bogor.
- Welch, E.B. 1980. *Ecology Effects of Wastewater*. Cambridge University Press. London.
- Widodo dan Suadi. 2006. *Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Laut*. Yogyakarta.
- Widyanto, L.S. dan Susilo, H. 1997. *Pencemaran oleh Logam Berat dan Hubungannya dengan Enceng Gondok*. SEAMEO-BIOTROP. Departemen PUTI., Bogor.
- Winarno, F.G., S. Fardiaz dan D. Fardiaz. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan* PT. Gramedia Jakarta.
- Yang, Y.-F., Fei, X. -G., Song, J. -M, Hu, H. -Y., Wang, G. -C. and Chung, I. K. 2006. Growth of *Gracilaria lemaneiformis* under different cultivation conditions and its effects on nutrient removal in Chinese coastal waters. *Aquaculture* 254, 248-255.
- Yulianda F. 2003. *Pengelolaan Terumbu Karang di Kawasan Wisata Bahari*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Zatnika, A. 2009. *Pedoman Teknis Budidaya Rumput Laut*. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.
- Zemansky, Mark W dan Richard H. Dittman. 1986. *Kalor dan Termodinamika*. Bandung: ITB.

LAMPIRAN A. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

A. Gambar Alat dan Bahan



Gracilaria verrucosa



Refraktometer



Thermometer



pH meter



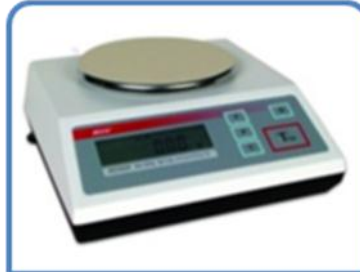
Thermometer inframerah



Heater



Lux meter



Timbangan Digital



Air Conditioner Portable



Satu unit aquarium dan perlengkapan aerasi



Jangka Sorong