

PEMANFAATAN KARBONDIOKSIDA (CO₂) UNTUK OPTIMALISASI PERTUMBUHAN RUMPUT LAUT *Kappaphycus alvarezii*

M. Kawaroe, D. G. Bengen dan W. O. B. Barat ¹⁾

¹⁾ Departemen Ilmu dan Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Email : mujizat@gmail.com

Diterima 20 Oktober 2012; disetujui 1 November 2012

ABSTRACT

Research on macroalgae needs to be developed in order to increase macroalgae production quantity effectively. One factor to be explored is carbondioxide (CO₂) utilization as the indicator of growth rate increasement in macroalgae *Kappaphycus alvarezii* which controlled in laboratory scale. Experimental design used in this study was completely randomized design (CRD) with treatment: P1 is giving CO₂ 1 time/3 days (5x100 ml/min for 25 min), P2 is giving CO₂ 1 time/ 2 days (5x100 ml/min for 25 minutes), P3 is giving CO₂ 1 time/ 1 day (5x100 ml/min for 25 minutes), and the controls are is no carbondioxide injection. The results of this study indicates that carbondioxide injection significantly affects the macroalgae *Kappaphycus alvarezii* growth rate, so Tukey's test was examined to determine which treatment are significantly different to macroalgae *Kappaphycus alvarezii* growth rate. Based on theTukey'stestresult, the further treatment on P3 media significantly different to macroalgae *Kappa phycus alvarezii* growth rate with value of $P3 > L : 0747 > 0.65$, while the media treatment P1 and P2 with successive values - $P1 < L : 0093 < 0.65$ and $P2 < L : 0068 < 0.65$ was not significantly different to macroalgae *Kappaphycus alvarezii* growth rate. Based on the measurement of alkalinity by titration method,we obtained the highest alkalinity values in P3 of 80mg/l, while the lowest alkalinity values in P1 (40mg/l).

Keywords: macroalgae, *Kappaphycus alvarezii*, carbondioxide

PENDAHULUAN

Rumput laut merupakan salah satu tumbuhan laut yang memiliki potensi sangat besar dalam mengurangi karbondioksida (CO₂) di laut, karena rumput laut memanfaatkan CO₂ untuk proses fotosintesis. Sebagai tumbuhan tingkat rendah rumput laut tidak memiliki batang sejati, daun sejati, dan akar sejati, sehingga rumput laut dapat melakukan fotosintesis melalui seluruh permukaan tubuhnya yang disebut *thallus*.

Rumput laut merupakan penyumbang utama produksi sektor perikanan budidaya. Setiap tahun produksi rumput laut terus mengalami peningkatan, dari sebesar 2,574 juta ton pada tahun 2009 menjadi 3,082 juta ton pada tahun 2010. Indonesia dan Filipina merupakan negara produsen rumput laut berkaraginan terbesar dunia, dan sekitar 90% pasar dunia telah dikuasai oleh Indonesia (KKP, 2010).

Salah satu jenis rumput laut yang mempunyai potensi untuk dibudidayakan di Indonesia adalah *Kappaphycus alvarezii* yang juga dikenal sebagai *Eucheuma cottonii*. Jenis ini menjadi komoditas ekspor karena permintaan pasar sekitar 8 kali lebih banyak dari jenis lainnya (Sulistijo, 2002). Menurut Doty (1981) kebutuhan rumput laut jenis *Kappaphycus*

alvarezii sangat tinggi bagi pemanfaatan industri karena mengandung kappa karaginan yang penting untuk stabilisator, bahan pengental, pembentuk gel dan pengemulsi.

Kebutuhan rumput laut setiap tahun mengalami peningkatan, karena besarnya permintaan dalam negeri dan luar, sehingga berimplikasi pada peningkatan budidaya dalam skala kecil maupun besar. Merespon kebutuhan rumput laut di dunia yang begitu besar dan baru sebagian dapat dipenuhi, maka perlu dikembangkan teknik budidaya yang efektif dan efisien.

Penelitian tentang metode budidaya rumput laut perlu terus dikembangkan dalam upaya meningkatkan produksi rumput laut secara efektif. Salah satu penelitian yang potensial untuk meningkatkan produksi rumput laut adalah dengan menggunakan CO₂ sebagai indikator peningkatan laju pertumbuhan rumput laut dalam skala laboratorium terkontrol. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan informasi dasar tentang pengaruh CO₂ terhadap laju pertumbuhan rumput laut jenis *Kappaphycus alvarezii*, sealin itu pemanfaatan CO₂ untuk kegiatan budidaya rumput laut diharapkan dapat mengurangi konsentrasi CO₂ di laut (*carbon sink*).

METODE

Penelitian dilaksanakan mulai bulan September 2010 sampai Mei 2011. Kegiatan penelitian meliputi tahap persiapan, pengamatan laju pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii*, dan pengukuran kualitas air. Pengamatan laju pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii*, dilakukan di

Laboratorium Mikroalga di Pusat Penelitian Surfaktan dan Bioenergi (SBRC) Baranang Siang, Bogor. Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang digunakan penelitian ini diperoleh dari Pulau Panjang, Banten. Pemilihan dan pengemasan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* di pulau Panjang.

Alat dan bahan yang digunakan selama kegiatan penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Bahan

No	Alat	Spesifikasi	Unit
1	Akuarium kaca ukuran	kaca ukuran (50x50x100cm)	2
2	Pompa air	Liquid Filter 220/240V,50Hz,55/60W,Hmax 2.5m FImax2500L/H	2
3	Aerator		1
4	Pipa aerasi		6
5	Tabung karbondioksida (CO ₂)		1
6	Timbangan digital	ACIS (Compact Multi-purpose balance- BC 500)	1
7	Refraktometer	Atago – Japan (Hand-held refractometer)	1
8	DO meter	Horiba (DO meter QM-51)	1
9	Termometer	Termometer tempel	1
10	pH meter	Multi 340i	1
11	Erlenmeyer	Pyrex (500ml)	1
12	Gelas ukur	Pyrex (100ml)	1
13	Alat pemotong (Cutter)		1
14	Alat ukur (penggaris)		1
15	pemanas (heater)		2
16	Syring		1
Bahan			
1	Rumput laut <i>Kappaphycus alvarezii</i>	10 kg	
2	Karbondioksida (CO ₂)		
3	Indikator PP	80 ml	
4	HCl	80 ml	
5	Air laut murni		

Prosedur penelitian meliputi tahap persiapan media dan bibit, pengamatan laju pertumbuhan rumput laut, pengukuran kualitas air, dan pengukuran CO₂.

Persiapan Media

Kegiatan penelitian ini dilakukan pada skala laboratorium dengan menggunakan akuarium sebagai wadah pemeliharaan rumput laut. Persiapan media pemeliharaan ini mengacu pada sistem tertutup *running water system*. Akuarium yang digunakan berukuran 50x50x100cm³ sebanyak dua unit. Total volume akuarium adalah 250 liter pada setiap unit. Volume air yang digunakan dalam pemeliharaan rumput laut berkisar antara 130-150 liter pada setiap unit.

Akuarium pemeliharaan dibentuk satu rangkaian dengan filter yang bertujuan untuk efisiensi ruang dalam melakukan penelitian. Bahan yang digunakan pada akuarium filter yaitu *gravel*, karbon aktif (arang), *sponge*, dan *bioball*. Sebelum komponen-komponen filter digunakan, terlebih dahulu dicuci dengan menggunakan air tawar lalu dijemur hingga kering. *Gravel* diletakkan pada kolom pertama, karbon aktif pada kolom kedua, dan *bioball* pada kolom. *Sponge* diletakkan pada setiap dinding pemisah antar kolom agar air yang telah di filter bersih.

Ruangan penelitian memiliki desain kaca transparan sehingga cahaya matahari dapat masuk pada siang hari, dan pada malam hari cahaya berasal dari lampu ruangan. Ruangan penelitian menggunakan *air conditioner* (AC), sehingga untuk mengontrol suhu air pada akuarium digunakan pemanas (*heater*). Setiap akuarium dilengkapi 3 pipa aerasi agar oksigen masuk secara konstan ke dalam akuarium. Pada akuarium perlakuan diberi 1 pipa plastik sebagai saluran masukan CO₂. Karbondioksida dimasukkan sebesar 5x100 ml /menit selama 25 menit setiap perlakuan.

Persiapan Bibit

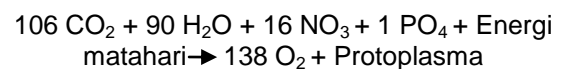
Pemeliharaan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dilakukan selama 30 hari. Rumput laut yang dipilih adalah rumput laut yang muda, bersih, dan segar, untuk memberikan pertumbuhan yang optimum (Atmadja *et al.*, 1996) (Gambar 5). Bibit rumput laut yang akan digunakan sebagai objek penelitian terlebih dahulu dilakukan aklimatisasi selama 2 minggu, hal ini dilakukan agar rumput laut beradaptasi dengan lingkungan dan mencegah kematian pada saat dilakukan pengamatan.

Tumbuh-tumbuhan sangat memerlukan karbondioksida untuk melakukan kegiatan fotosintesis. Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* juga melakukan kegiatan fotosintesis untuk kelangsungan hidup dan pertumbuhannya, sehingga rumput laut *Kappaphycus alvarezii* sangat membutuhkan karbondioksida untuk kegiatan fotosintesis. Karbondioksida digunakan sebagai bahan pokok dalam penelitian ini, dengan melihat seberapa besar pengaruh karbondioksida terhadap laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii*.

Penelitian ini dilakukan dengan 3 perlakuan dan 6 kali ulangan. Perlakuan 1 adalah pemberian karbondioksida sebanyak 1 kali dalam 3 hari, perlakuan 2 adalah pemberian karbondioksida sebanyak 1 kali dalam 2 hari, dan perlakuan 3 adalah pemberian karbondioksida sebanyak 1 kali dalam 1 hari. Karbondioksida dimasukkan ke dalam akuarium dengan jumlah yang sama pada setiap perlakuan yaitu 5x100 ml/menit selama 25 menit.

Pengamatan Laju Pertumbuhan Harian Rumput Laut

Kegiatan fotosintesis akan membentuk protoplasma atau biomassa, hal ini dapat dijelaskan melalui persamaan sebagai berikut (Dawes, 1971 dalam Patadjai, 1993):



Pengamatan laju pertumbuhan rumput laut dilakukan 1 kali dalam 3 hari, dengan menimbang bobot rumput laut menggunakan timbangan digital. Pertambahan bobot rumput laut dipengaruhi oleh jumlah tunas dan diameter rumput laut, sehingga dalam pengamatan laju pertumbuhan rumput laut juga harus dilakukan penghitungan jumlah tunas dan pengukuran diameter batang rumput laut.

Sistem Sirkulasi Karbondioksida (CO₂)

Karbondioksida yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini berasal dari tabung gas berukuran 50 kg. Karbondioksida dimasukkan ke dalam media pemeliharaan menggunakan selang. Tabung gas yang berisi karbondioksida dilengkapi alat ukur (*flow meter*) yang dapat menunjukkan jumlah volume yang dikeluarkan dari tabung, sehingga memudahkan dalam proses pengukuran jumlah karbondioksida yang dimasukkan ke dalam media pemeliharaan.

Pengukuran Kualitas Air

Parameter fisika dan parameter kimia yang diukur adalah suhu, derajat keasaman, oksigen terlarut, salinitas, dan Alkalinitas. Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan termometer yang ditempel pada akuarium. Untuk mengontrol suhu pada akuarium digunakan pemanas (*heater*) agar suhu pada akuarium sesuai yang diinginkan untuk pertumbuhan optimal rumput laut yaitu berkisar antara 27- 30°C.

Pengukuran pH, DO, dan salinitas dilakukan secara *in situ*, pH diukur dengan menggunakan pH meter, sementara DO diukur dengan menggunakan DO meter. Pengukuran dengan menggunakan alat DO meter harus dilakukan dengan hati-hati dan teliti karena oksigen terlarut pada akuarium sangat fluktuatif, hal ini disebabkan oleh pemberian aerasi, dan salinitas diukur dengan menggunakan refraktometer. Karbondioksida diukur dengan metode titrasi.

Tabel 2. Parameter Fisika dan Parameter Kimia yang diamati

Parameter	Satuan	Alat
Suhu	°C	Termometer
Salinitas	‰	Refraktometer
Oksigen Terlarut (DO)	mg/l	DO meter
Derajat keasaman (pH)	-	pH meter
Alkalinitas	mg/liter	Titrasi

Pengukuran Alkalinitas

Pengukuran alkalinitas dilakukan dengan metode titrasi. Pengukuran alkalinitas dilakukan dengan menggunakan larutan indikator *phenolphthalein* (indikator pp) dan asam kuat HCL. Air sampel di ambil menggunakan gelas ukur sebanyak 50 ml, dimasukkan ke dalam gelas Erlenmeyer, lalu ditambahkan dengan indikator pp sekitar 2 – 4 tetes pp. Jika air sampel berubah warna menjadi merah jambu maka dilakukan titrasi dengan HCL hingga terjadi perubahan warna dari merah jambu menjadi tidak berwarna, lalu catat banyak titran yang digunakan.

Nilai alkalinitas dihitung melalui konsentrasi CaCO₃ dengan rumus (Boyd, 1988):

$$\text{Konsentrasi CaCO}_3 = \frac{\text{volume titran} \times \text{N titran} \times 50 \times 1000}{\text{VS}}$$

Keterangan:

CaCO₃ = volume CaCO₃ dalam air pemeliharaan (mg/l)

Volume titran = volume titran HCL (ml)

N titran = nilai konstanta (0.02) N

VS = 50 ml

50ml = nilai standarisasi larutan

1000 = volume pereaksi HCL (1000 ml)

Analisis Data

Kegiatan penelitian ini menggunakan rancangan acak sederhana dengan 3 perlakuan dan 6 kali ulangan (Lampiran 4). Adapun perlakuan tersebut adalah sebagai berikut:

Perlakuan 1 = pemberian CO₂ 1 kali/3 hari (5x100 ml/menit selama 25 menit)

Perlakuan 2 = pemberian CO₂ 1 kali/2 hari (5x100 ml/menit selama 25 menit)

Perlakuan 3 = pemberian CO₂ 1 kali/1 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit)

Kontrol = tidak dilakukan pemberian karbondioksida

Laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada semua perlakuan dibandingkan terhadap kontrol. Laju pertumbuhan harian dihitung dengan rumus (Nelson *et al.*, 1980 in Yulianto dan Arfah, 2003):

$$\mu = \frac{\ln \frac{N_t}{N_0}}{t} \times 100\%$$

dimana :

μ = Laju pertumbuhan harian rumput laut (%)

N_t = Berat rumput laut pada umur t hari (g)

N_0 = Berat awal rumput laut (g)

t = Umur hari (hari)

Data dianalisis secara statistik menggunakan Analisis Ragam (ANOVA) dengan selang kepercayaan 95% (Steel dan Torrie, 1989). Persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

dimana :

- Y_{ij} = Perlakuan jenis bahan organik (ke-i) pada ulangan ke-j
- μ = Nilai tengah umum
- τ_i = Nilai tambah akibat perlakuan jenis bahan organik (ke-i)
- ϵ_{ij} = Kesalahan perlakuan percobaan pada perlakuan jenis bahan organik (ke-i) dan ulangan ke-j

Untuk melihat pengaruh pemberian CO₂ terhadap laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dan untuk melihat dosis yang paling baik untuk memberikan pertumbuhan yang optimal, maka dilakukan uji lanjut Tukey (Mattjik dan Sumertajaya, 2002) dengan persamaan sebagai berikut:

$$BNJ = q_{\alpha; p; db_g} \cdot S\gamma$$

dimana :

- BNJ = Beda Nyata Jujur
- P = Perlakuan
- db_g = Derajat bebas galat
- $S\gamma$ = Galat baku rerata deviasi
- $q_{\alpha; p; db_g}$ = Nilai tabel Tukey pada taraf nyata α

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bobot basah *Kappaphycus alvarezii* pada perlakuan berbeda

Pertumbuhan bobot basah rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang dilakukan selama 30 hari pemeliharaan memiliki variasi pada setiap perlakuan. Bobot basah rumput laut rata-rata terkecil terdapat pada hari ke-0 sampai hari ke-6 di setiap perlakuan, dan bobot basah rata-rata terbesar terdapat pada akhir pemeliharaan di setiap perlakuan. Pada minggu pertama pemeliharaan yaitu hari pertama sampai hari ke-6 pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* tidak signifikan pada setiap perlakuan.

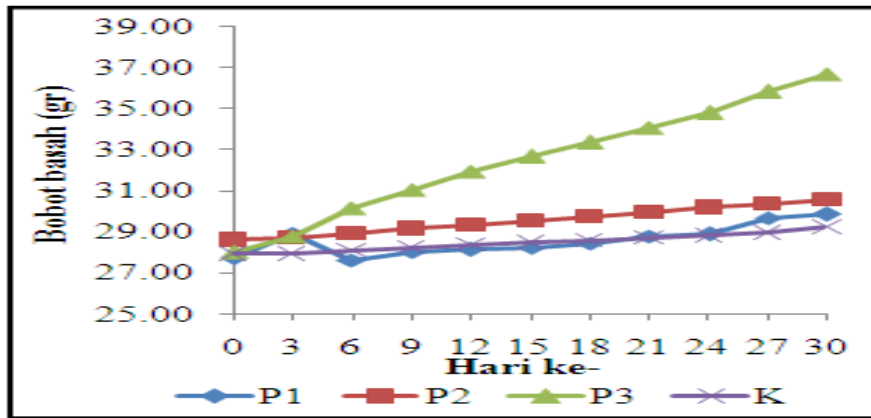
Bobot basah terbesar pada awal pemeliharaan terjadi pada media P2 yang diberi CO₂ sebanyak 1 kali setiap 2 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) yaitu 28.60 gr, sedangkan bobot basah terkecil terdapat pada media P1 yang diberi CO₂ sebanyak 1 kali setiap 3 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) yaitu 27.70 gr dan kontrol (K) sebesar 27.90 gr tanpa perlakuan (Lampiran 2). Sementara di akhir pemeliharaan, bobot basah terbesar terdapat

pada media P3 dengan pemberian CO₂ sebanyak 1 kali setiap 1 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) yaitu 36.67 gr, sedangkan bobot basah terkecil terdapat pada media P1 yaitu 27.60 gr.

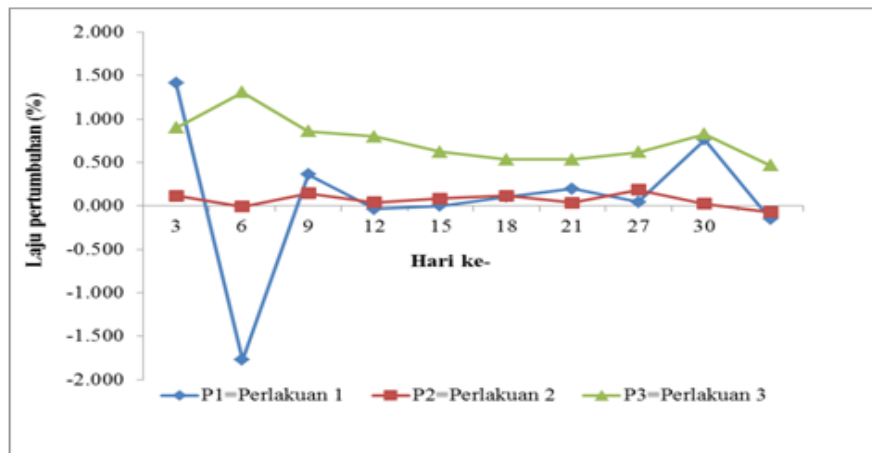
Bobot basah pada P3 memiliki tingkat pertumbuhan paling tinggi, hal ini dapat dilihat dari mulai awal pemeliharaan hingga akhir pemeliharaan pertumbuhan biomassa P3 terus meningkat. Bobot basah P3 di awal pemeliharaan adalah 27.98 gr, pertumbuhan bobot basah pada P3 meningkat secara signifikan mulai dari 9hsa yaitu 30.12 gr. Akhir pemeliharaan bobot basah P3 sebesar 36.67 gr. Rumput laut pada media P2 mengalami pertumbuhan yang relatif sama dengan P3, dengan bobot basah di awal pemeliharaan sebesar 28.60 gr dan terus bertambah hingga bobot basah di akhir pemeliharaan sebesar 30.57 gr, dan penambahan bobot basah rata-rata sebesar 0.19gr/ 3 hari.

Pertumbuhan bobot basah P1 mengalami penurunan drastis pada hari ke-6, hal ini diakibatkan di awal pemeliharaan timbul bintik-bintik putih pada *thallus* (*bleaching*) sehingga *thallus* patah. Bobot basah rata-rata P1 pada awal pemeliharaan sebesar 27.70 gr, hari ke-3 sebesar 28.90 gr, dan mengalami penurunan drastis pada hari ke-6 sebesar 27.60 gr. Peningkatan pertumbuhan rumput laut P1 yang sangat signifikan terjadi berturut-turut pada hari ke-24, 27, dan hari ke-30 yaitu 28.87 gr, 29.67 gr, dan 29.83 gr.

Rumput laut yang dijadikan sebagai media kontrol (K) tanpa perlakuan mengalami pertumbuhan bobot basah relatif lebih lambat dari media rumput laut yang diberi perlakuan. Bobot basah K di awal pemeliharaan sebesar 27.90 gr, pertumbuhan bobot ini terus meningkat hingga akhir pemeliharaan, namun peningkatan pertumbuhan pada media K lebih rendah dibandingkan pada media perlakuan. Pertambahan bobot basah rata-rata rumput laut pada media kontrol (K) sebesar 0.13 gr/3 hari. Bobot rata-rata rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada setiap perlakuan disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 . Pertumbuhan bobot basah (gr) *Kappaphycus alvarezii* pada perlakuan yang berbeda, pemberian CO₂ 1 kali/3 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) (P1), pemberian CO₂ 1 kali/2 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) (P2), dan pemberian CO₂ 1 kali/1 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) (P3), serta control (K).



Gambar 2. Laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (%), adalah pemberian CO₂ 1 kali/3 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) (P1), pemberian CO₂ 1 kali/2 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) (P2), dan pemberian CO₂ 1 kali/1 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) (P3).

Variasi nilai bobot basah yang didapat dari kegiatan penelitian dapat dijelaskan dari kegiatan fotosintesis yang dilakukan oleh *Kappaphycus alvarezii*. Ketersediaan komponen penting yang cukup dalam kegiatan fotosintesis akan menghasilkan biomassa yang semakin baik. Karbondioksida (CO₂), air, dan energi matahari merupakan komponen pokok yang dibutuhkan alga untuk melakukan fotosintesis. Fotosintesis akan menghasilkan biomassa dan oksigen. Biomassa dibangun oleh produsen dan digunakan oleh konsumen sebagai bahan makanan. Sebaliknya, dalam kegiatan respirasi, oksigen dibutuhkan alga untuk bernafas pada malam hari dan menghasilkan karbon dioksida. Selain ketersediaan karbondioksida, air, dan

energi matahari, alga juga membutuhkan beberapa elemen penting untuk mendukung pertumbuhannya, seperti unsur S, Ca, Na, K, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, CO, Mo, B, dan V (Siregar, 2005).

Laju pertumbuhan harian *Kappaphycus alvarezii*

Laju pertumbuhan pada setiap perlakuan sangat bervariasi dengan kisaran antara -1.772% - 1.310%. Variasi laju pertumbuhan ini disebabkan oleh perbedaan respon setiap individu rumput laut terhadap lingkungan. Laju pertumbuhan pada P1 sangat fluktuatif, dapat dilihat pada hari ke-6 terjadi penurunan laju pertumbuhan hingga negatif yaitu -1.772%. Hal ini terjadi karena di awal pemeliharaan timbul

bintik- bintik putih pada *thallus* rumput laut, sehingga sebagian *thallus* rumput laut patah. Namun laju pertumbuhan pada P1 meningkat hingga 0.364% pada hari ke-9. Penurunan laju pertumbuhan juga terjadi pada hari ke-12 yaitu -0.034%, dan pada hari ke-24 yaitu 0.046%, serta di akhir pemeliharaan yaitu -0.153% (Lampiran 3).

Laju pertumbuhan tertinggi dari semua perlakuan berada pada P3 yaitu 1.310% pada hari ke-6, namun laju pertumbuhan terendah dari semua perlakuan berada pada P1 yaitu -1.772% pada hari ke-6. Kondisi laju pertumbuhan pada P2 juga mengalami fluktuasi, penurunan laju pertumbuhan juga mencapai angka negatif. Hal ini dapat dilihat pada hari ke-6 dan hari ke-30 dimana laju pertumbuhan sebesar -0.007% dan -0.070%. Laju pertumbuhan tertinggi media P2 berada pada hari ke-24 yaitu 0.185% dan laju pertumbuhan terendah berada di akhir pemeliharaan yaitu -0.070%. Peningkatan laju pertumbuhan pada P3 lebih signifikan dibanding dengan P1 dan P2 (Tabel 5). Nilai tertinggi berada pada hari ke-6 yaitu 1.310%, dan nilai laju pertumbuhan terendah terjadi pada hari ke-30 yaitu 0.465%.

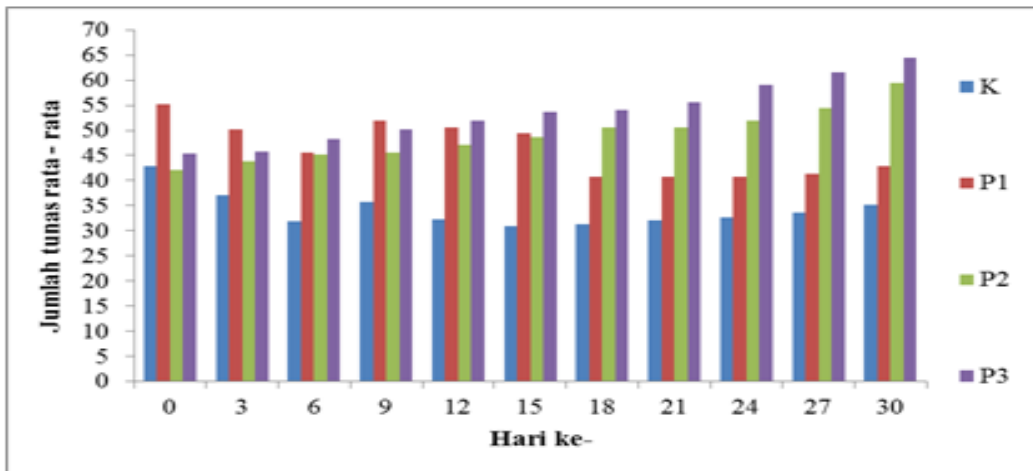
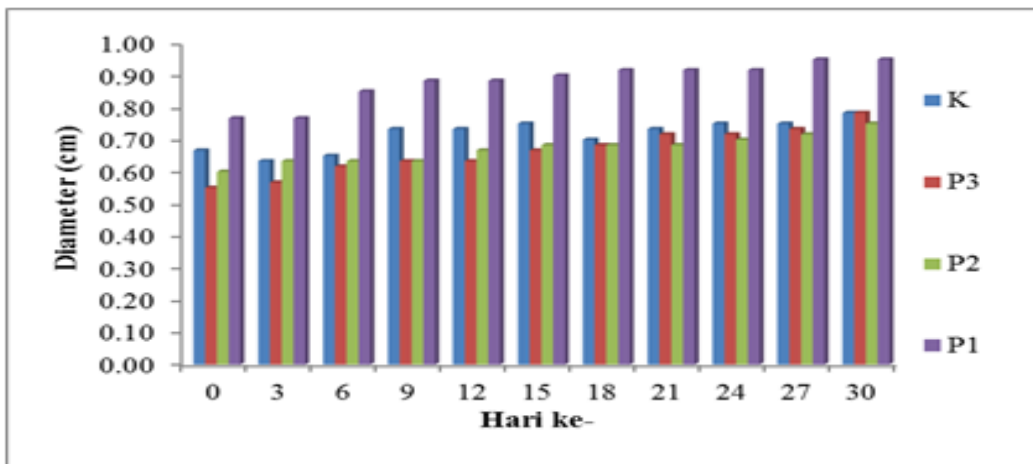
Hasil analisis secara statistik dengan selang kepercayaan 95%, menghasilkan bahwa perlakuan P1 yaitu pemberian CO₂ 1 kali/3 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) dan perlakuan P2 dengan pemberian CO₂ 1 kali/2 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) tidak berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan rumput laut, dimana nilai yang dihasilkan adalah $P1 < L = 0.093\% < 0.65\%$, dan $P2 < L = 0.068\% < 0.65\%$ (Lampiran 5). Namun hasil uji pada perlakuan P3 dengan pemberian CO₂ 1 kali/ hari (5x100 ml /menit selama 25 menit) berpengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yaitu dengan nilai $P3 > L = 0.747\% > 0.65\%$.

Laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* selama penelitian relatif lambat. Menurut Amiluddin (2007), laju pertumbuhan

rumpul laut yang baik adalah sebesar 3-5% perhari selama waktu penanaman. Hal ini terjadi kemungkinan disebabkan oleh faktor daya dukung lingkungan. Pergerakan air pada media pemeliharaan sangat mempengaruhi laju pertumbuhan. Menurut Anggadiredja *et al.*(2007), bahwa kecepatan pergerakan yang optimal terhadap pertumbuhan rumput laut berkisar 0.2 – 0.4 m/detik, dengan kondisi tersebut maka perairan menjadi homogen dan penyerapan nutrien oleh rumput laut menjadi optimal. Disamping itu juga pemindahan bibit dari pulau Panjang, Banten menuju laboratorium pemeliharaan SBRC IPB Bogor akan mempengaruhi adaptasi rumput laut terhadap lingkungan yang mengakibatkan laju pertumbuhan semakin lambat bahkan perubahan lingkungan ini dapat menimbulkan munculnya penyakit seperti *ice – ice* hingga dapat menyebabkan kematian.

Pertumbuhan tunas rata-rata *Kappaphycus alvarezii* pada setiap perlakuan

Pertumbuhan tunas rata - rata rumput laut *Kappaphycus alvarezii* untuk semua perlakuan sangat bervariasi. Jumlah tunas tertinggi pada awal pemeliharaan terdapat pada media P1 yaitu sekitar 55 – 56 tunas, dan nilai tunas terendah terdapat pada media P2 yaitu sekitar 42 – 43 tunas. Pertumbuhan tunas pada media P1 mengalami penurunan, hal terjadi karena rumput laut pada media P1 mengalami penyakit *ice – ice*. Penurunan jumlah tunas rata – rata rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada media P1 yaitu sekitar 42 – 43 tunas di akhir pemeliharaan. Hal yang serupa juga terjadi pada media kontrol, jumlah tunas pada awal pemeliharaan yaitu sekitar 42 – 43 tunas, namun pada akhir pemeliharaan menjadi sekitar 35 – 36 tunas.

Gambar 3. Pertumbuhan tunas rata-rata *Kappaphycus alvarezii*Gambar 4. Pertumbuhan diameter thallus rumput laut *Kappaphycus alvarezii*

Pertumbuhan tunas rata-rata *Kappaphycus alvarezii* pada setiap perlakuan

Pertumbuhan tunas rata-rata rumput laut *Kappaphycus alvarezii* untuk semua perlakuan sangat bervariasi (gambar 3). Jumlah tunas tertinggi pada awal pemeliharaan terdapat pada media P1 yaitu sekitar 55 – 56 tunas, dan nilai tunas terendah terdapat pada media P2 yaitu sekitar 42 – 43 tunas. Pertumbuhan tunas pada media P1 mengalami penurunan, hal terjadi karena rumput laut pada media P1 mengalami penyakit *ice-ice*. Penurunan jumlah tunas rata-rata rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada media P1 yaitu sekitar 42 – 43 tunas di akhir pemeliharaan. Hal yang serupa juga terjadi pada

media kontrol, jumlah tunas pada awal pemeliharaan yaitu sekitar 42 – 43 tunas, namun pada akhir pemeliharaan menjadi sekitar 35 – 36 tunas. Pertumbuhan tunas rata-rata rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada media P2 dan P3 mengalami peningkatan dari awal pemeliharaan hingga akhir pemeliharaan (Gambar 3). Jumlah tunas rumput laut pada media P2 yaitu sekitar 42 – 43 tunas di awal pemeliharaan, dan mengalami peningkatan menjadi sekitar 59 – 60 tunas di akhir pemeliharaan. Hal serupa juga terjadi pada media P3 yaitu sekitar 45 – 46 tunas di awal pemeliharaan, menjadi sekitar 64 – 65 tunas di akhir pemeliharaan. Berdasarkan nilai tersebut, maka pertumbuhan tunas yang paling baik pada semua perlakuan terdapat pada media P3.

Pertumbuhan diameter *thallus*

Pertumbuhan diameter *thallus* rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada semua perlakuan sangat bervariasi selama pemeliharaan (Gambar 4). Diameter terbesar terdapat pada media P1 yaitu 0.77 cm di awal pemeliharaan, dan mengalami pertumbuhan selama pemeliharaan dengan baik hingga akhir pemeliharaan mencapai 0.95 cm.

Pertumbuhan diameter *thallus* pada media P1 sangat berbeda dengan P2, P3, dan kontrol yang mengalami pertumbuhan diameter yang tidak signifikan dari awal pemeliharaan hingga akhir pemeliharaan. Diameter P2, P3, dan kontrol di awal pemeliharaan secara berturut – turut adalah 0.60 cm, 0.55 cm, dan 0.67 cm, dan di akhir pemeliharaan yaitu 0.75 cm, 0.78 cm, dan 0.78 cm.

Alkalinitas

Alkalinitas merupakan jumlah basa yang terkandung dalam sebuah perairan yang ditentukan oleh CO_3^{2-} dan HCO_3^- dengan satuan CaCO_3 (Dongoran, 2003). Alkalinitas dihasilkan dari karbondioksida dan air yang dapat melarutkan sedimen batuan karbonat menjadi bikarbonat. Kelarutan kalsium karbonat menurun dengan meningkatnya suhu dan meningkat dengan keberadaan karbondioksida. Kalsium karbonat bereaksi dengan karbondioksida membentuk kalsium bikarbonat $[\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2]$ yang memiliki daya larut lebih tinggi dibandingkan dengan kalsium karbonat (CaCO_3) (Cole, 1983).

Berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan selama penelitian, dihasilkan nilai alkalinitas pada P1 sebesar 40 mg/l CaCO_3 . Hal ini diduga karena air yang menjadi wadah pemeliharaan memiliki kadar mineral yang relatif sama dan pemberian karbondioksida tidak mempengaruhi perubahan pH secara signifikan (Tabel 3).

Nilai alkalinitas pada P2 berkisar antara 40 – 60 mg/l CaCO_3 dengan pH cukup bervariasi antara 7 – 8.6. Variasi pH tidak diikuti dengan perbedaan nilai alkalinitas, karena sifat keasaman CO_2 lebih rendah daripada sifat kebasaaan CO_3^{2-} . Menurut effendi. (2003), sifat kebasaaan CO_3^{2-} lebih kuat daripada sifat keasaman CO_2 pada kondisi kesetimbangan, ion OH^- dalam larutan bikarbonat selalu melebihi ion H^+ . Nilai alkalinitas pada P3 sangat bervariasi yaitu berkisar antara 50 – 80 mg/l CaCO_3 , tetapi pH relatif seragam pada kondisi normal yaitu antara 7.00 – 7.10. Nilai alkalinitas terendah terdapat pada 21 hari setelah aplikasi dilakukan yaitu dengan pemberian CO_2 1 kali/hari selama (5x100 ml liter /menit selama 25 menit), hal ini terjadi diduga karena mineral yang terdapat pada air pemeliharaan menurun akibat telah dimanfaatkan oleh rumput laut untuk proses fotosintesis. Sementara nilai alkalinitas tertinggi pada P3 yaitu terdapat pada hari ke-12 dan hari ke-24 dengan nilai 80 mg/l CaCO_3 . Tingginya nilai alkalinitas ini diduga karena karbondioksida yang diberikan setiap hari pada perlakuan tiga (P3) mempengaruhi penurunan pH hingga angka 7, sehingga nilai alkalinitas juga ikut berubah.

Tabel 3. Nilai derajat keasaman (pH) dan alkalinitas (mg/liter) selama penelitian

Hari	P1		P2		P3	
	Derajat keasaman	Alkalinitas [CaCO_3 (mg/l)]	Derajat keasaman	Alkalinitas [CaCO_3 (mg/l)]	Derajat keasaman	Alkalinitas [CaCO_3 (mg/l)]
3	8.10	40.00	7.50	40.00	7.10	60.00
6	7.60	40.00	7.60	40.00	7.00	70.00
9	7.80	40.00	7.60	40.00	7.00	70.00
12	8.00	40.00	8.00	60.00	7.00	80.00
15	8.00	40.00	8.00	60.00	7.00	60.00
18	8.00	40.00	7.00	40.00	7.00	60.00
21	8.00	40.00	7.00	40.00	7.00	50.00
24	8.00	40.00	7.20	60.00	7.00	80.00
27	8.00	40.00	7.00	40.00	7.00	60.00
30	8.00	40.00	7.00	60.00	7.00	60.00

Keterangan:

Perlakuan 1 = pemberian CO_2 1 kali/3 hari (5x100 ml/menit selama 25 menit)

Perlakuan 2 = pemberian CO_2 1 kali/2 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit)

Perlakuan 3 = pemberian CO_2 1 kali/1 hari (5x100 ml /menit selama 25 menit)

Berdasarkan nilai alkalinitas yang terdapat pada tabel 5, dapat dikatakan bahwa nilai alkalinitas masih baik untuk pertumbuhan rumput laut, karena nilai alkalinitas masih terdapat pada kisaran standar bakumutu nilai alkalinitas. Nilai alkalinitas yang baik berkisar antara 30 – 500 mg/liter CaCO_3 . Nilai alkalinitas di perairan berkisar antara 5 hingga ratusan mg/liter CaCO_3 . Nilai alkalinitas pada perairan alami adalah > 40 mg/liter CaCO_3 disebut perairan sadah (*hard water*), sedangkan perairan dengan nilai alkalinitas < 40 disebut perairan lunak (*soft water*) (Effendi, 2003).

Kualitas air

Kualitas air merupakan faktor yang sangat menentukan dalam kelangsungan hidup organisme air, terutama tumbuhan. Menurut Anggadireja *et al.* (2007), standar bakumutu air dalam budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yaitu salinitas optimal sekitar 28 – 33‰, suhu berkisar antara 26 – 30°C. Hal ini tidak jauh berbeda dengan Mubarak *et al.* (1990), bahwa standar bakumutu air di dalam budidaya rumput laut *Euclima* spp meliputi beberapa parameter lingkungan, yaitu gerakan air sekitar 20-40 cm/detik, kejernihan air tidak kurang dari 5 m, suhu sekitar 20-28 °C, salinitas sekitar 28-34‰ dengan nilai optimum sebesar 25‰, pH sebesar 7.3-8.2, dan mengandung makro nutrisi seperti N, P, K, Ca, S, dan Mg yang sangat dibutuhkan untuk klorofil tumbuhan. Nilai oksigen terlarut (DO) yang optimal untuk pertumbuhan alga adalah lebih dari 5mg/l (Sulistijo dan Atmajda, 1996).

Pengukuran kualitas air yang dilakukan sebelum aplikasi pada K, P1, P2, dan P3 secara berturut – turut yaitu salinitas sebesar 30, 30, 31, dan 31‰, nilai suhu sebesar 30, 30, 27, dan

27°C, nilai pH sebesar 7.80, 7.90, 7.70, dan 7.20, serta nilai DO sebesar 5.82, 5.95, 5.60, dan 5.70 mg/l) (Tabel 4). Berdasarkan kualitas air tersebut dapat dilihat bahwa semua nilai masih berada pada selang bakumutu kualitas air untuk budidaya rumput laut, sehingga kegiatan penelitian diharapkan dapat berjalan dengan lancar dan rumput laut dapat bertumbuh dengan baik.

Setelah diberikan perlakuan terhadap rumput laut yaitu dengan memasukkan CO_2 ke dalam air pemeliharaan, maka dilakukan pengukuran kualitas air selama pemeliharaan dengan rentang waktu 1 kali/3 hari. Nilai suhu pada semua perlakuan relatif seragam yaitu antara 27 – 28°C, hal ini terjadi karena ruangan pemeliharaan dilengkapi alat pendingin ruangan (*air conditioner*) namun untuk menjaga suhu air pemeliharaan berada pada selang nilai yang dapat ditoleransi oleh rumput laut, maka akuarium pemeliharaan diberikan alat pemanas (*heater*) agar suhu dapat diatur sesuai yang diinginkan.

Salinitas air selama penelitian pada semua perlakuan berkisar antara antara 30 – 31‰ untuk semua perlakuan selama pemeliharaan. Salinitas tersebut berada pada kisaran nilai optimum pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* antara 28 – 33‰ (Anggadireja *et al.*, 2007). Nilai salinitas tersebut relatif seragam disebabkan oleh tingkat penguapan air dalam akuarium yang cukup tinggi, sehingga dilakukan penambahan air laut dan air tawar hingga mencapai salinitas yang relatif seragam. Penambahan air biasanya dilakukan 1 kali/3 hari. Tingginya tingkat penguapan yang terjadi disebabkan oleh suhu ruangan yang rendah, karena ruangan dilengkapi AC.

Tabel 4. Kualitas air sebelum aplikasi

Perlakuan	Parameter			
	Salinitas (‰)	Suhu (°C)	Derajat keasaman (pH)	Oksigen terlarut [(DO)(mg/l)]
P1	30	29	7.9	5.95
P2	31	27	7.7	5.6
P3	31	27	7.2	5.7
K	30	30	7.8	5.82

Setelah dilakukan pengukuran oksigen terlarut (DO) dalam setiap akuarium pemeliharaan, maka didapatkan nilai dengan kisaran antara 5.05 – 6.60 mg/l. DO terendah ditemukan pada minggu terakhir yaitu pada hari ke-24 dengan nilai 5.05 mg/l, hal ini terjadi pada perlakuan P1, sementara DO tertinggi ditemukan pada hari ke-15 dengan nilai 6.60 mg/l pada media P2. Variasi nilai oksigen terlarut yang terjadi pada penelitian ini disebabkan oleh difusi pada setiap akuarium berbeda. Laju difusi sangat dipengaruhi oleh pergerakan air. Namun, variasi DO pada setiap perlakuan masih berada dalam selang bakumutu kadar DO untuk pemeliharaan rumput laut. Nilai oksigen terlarut (DO) yang optimal untuk pertumbuhan alga adalah lebih dari 5mg/l (Sulistijo dan Atmadja, 1996).

Parameter kimia yang paling berkaitan erat dengan CO₂ adalah tingkat keasaman (pH). Pengukuran pH yang telah dilakukan menghasilkan rentang nilai antara 7.00 – 8.10. Berdasarkan nilai pH tersebut, dapat dilihat bahwa pH terendah memiliki nilai CO₂ yang tinggi. Hal ini terjadi pada P3 yaitu pada hari ke-12 dan hari ke-24 dengan nilai pH 7.00 memiliki kadar CO₂ 119.86 mg/l. Sementara pada pH>8 tidak ditemukan lagi CO₂. Hal ini sesuai dengan Mackereth *et al.* (1989), bahwa pH sangat berkaitan erat dengan CO₂, semakin tinggi kadar CO₂ maka semakin rendah pH dan hal ini juga berlaku sebaliknya semakin rendah CO₂ maka semakin tinggi pH.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa perlakuan yang paling baik terhadap laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yaitu perlakuan P3 dengan pemberian CO₂ sebanyak 1 kali / hari (5x100 ml /menit selama 25 menit). Hasil ini secara statistika berbeda nyata pada taraf nyata 0.05. Hasil uji Beda Nyata Jujur (BNJ) memperlihatkan bahwa perlakuan P1 dan P2 terhadap kontrol tidak berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* dengan nilai $P1 < L = 0.093\% < 0.65\%$, dan $P2 < L = 0.068\% < 0.65\%$. Sementara perlakuan P3 terhadap kontrol berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii*.

DAFTAR PUSTAKA

- 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.
- Amiluddin., dan N. Masita. 2007. Kajian Pertumbuhan dan Kandungan Karaginan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* yang terkena Penyakit Ice-ice di perairan pulau pari Kepulauan Seribu. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Anggadiredja, J. T., A. Zatinika, H. Purwoto, dan S. Istini. 2007. Rumpul Laut Pembudidayaan, Pengolahan, dan Pemasaran Komoditas Perikanan Potensial. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Atmadja, W. S., A. Kadi., Sulistijo, dan Rachmaniar. 1996. Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut di Indonesia. Puslitbang Oseanologi. LIPI. Jakarta.
- Apriyana, D. 2006. Studi Hubungan Karakteristik Habitat terhadap Kelayakan Pertumbuhan dan Kandungan Karagenan Alga *Euclima spinosum* di Perairan Kecamatan Bluto Kabupaten Sumenep. Tesis (tidak dipublikasikan). Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Bachtiar, N. A. 2004. Kajian Kualitas air dalam upaya menentukan lokasi terbaik pertumbuhan rumput laut (*Kappaphycus alvarezii*) di pulau panggang kepulauan seribu. Skripsi. Progam studi Teknologi dan manajemen akukultur. Budidaya Perikanan.Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Barnes, B 1989. Coast and Shore. The Crowood Press, Spain.
- Bhatt, J. J. 1978. Oceanography Exploring the Planet Ocean. D'von Nonstrand Company. Toronto.
- Boney, A.D. 1989. Phytoplankton. Second Edition. Edward Arnold, London.
- Boyd, C.E. 1988. Water Quality in Warmwater Fish Ponds. Fourth Printing. Auburn

- University Agricultural Experiment Station, Alabama, USA.
- Cole, G.A. 1988. Textbook of Limnology. Third Edition. Waveland Press, Inc., Illinois, USA.
- Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2004. Program Unggulan Bidang Perikanan Budidaya Periode 2004 – 2009. Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.
- Dongoran, R.K. 2003. Pengaruh Alkalinitas Total dari Kalsium Karbonat (CaCO₃) terhadap Kelangsungan Hidup dan pertumbuhan Larva Ikan Jambal Siam (*Pangasius* sp.). Skripsi. Budidaya Perikanan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Doty, M.S. 1987. The Production and Uses of *Euclima*. In: Doty, M.S., J. F. Caddy and B. Santelices (Eds). Studies of Seven Commercial Seaweed Resource. FAO Fish. Tech. Paper No. 281 Rome.
- Doty, M. S., and E. P. Glenn. 1981. Aquatic Botany. Photosynthesis and Respiration of the Tropical Red Seaweeds, *Euclima striatum* (Tambalang and Elkhorn Varieties) and *E. denticulatum*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Hadinafta, R. 2009. Analisis Kebutuhan Oksigen untuk Dekomposisi Bahan Organik Di Lapisan Dasar Perairan Estuari Sungai Cisadane, Tangerang. Skripsi (tidak dipublikasikan). Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Iksan, K. H. 2005. Kajian Pertumbuhan, Produksi Rumput Laut (*Euclima 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.
- KKP (Kementerian Kelautan dan Perikanan). 2010. Optimasi Keunggulan Komparatif Rumput Laut Indonesia. Warta Pasarikan. Vol 85:1 – 20.
- Kuncoro, E. B. 2004. Akuarium Laut. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.
- Mackereth, F.J.H., J. Heron., and J.F Talling. 1989. Water Analysis. Freshwater Biological Association, Cumbria, UK.
- Mamang, N. 2008. Laju Pertumbuhan Bibit Rumput Laut *Euclima cottonii* dengan Perlakuan Asal *Tallus* terhadap Bobot Bibit di Perairan Lakeba, Kota Bau-bau, Sulawesi Tenggara. Skripsi. Ilmu dan Teknologi Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Mattjik, A., dan M. Sumertajaya. 2002. Rancangan Percobaan dengan Aplikasi SAS dan Minitab Jilid 1. IPB Press. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- McNeely, R.N., V. P. Neimanis., and L. Dawyer. 1979. Water Quality Source Book, a Guide to Water Quality Parameter. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch. Ottawa. Canada.
- Mubarak, H., S. Ilyas., W. Ismail., I. S. Wahyuni., S. T. Hartati., E. Pratiwi., Z. Jangkaru., dan R. Arifudin. 1990. Petunjuk Teknis Budidaya Rumput Laut. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Nontji, A. 1993. Laut Nusantara. Djambatan. Jakarta.
- Patadjai, R.S. 1993. Pengaruh Pupuk TSP Terhadap Pertumbuhan dan Kualitas Rumput Laut *Gracilaria gigas*. Tesis. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Siregar, S.A. 2005. Instalasi Pengolahan Air Limbah. Kanisius. Yogyakarta. Indonesia.
- Steel, R. G.D., dan J.H. Torrie. 1989. Prinsip dan Prosedur Statistika. Edisi Kedua. PT. Gramedia. Jakarta.
- Sulistijo. 2002. Penelitian Budidaya Rumput Laut (Alge Makro/ Seaweed) di Indonesia. Pidato Pengukuhan Ahli Penelitian Utama Bidang Akuakultur, Pusat Penelitian Oseanografi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Jakarta.
- Sulistijo., dan W.S. Atmadja. 1996. Perkembangan Budidaya Rumput Laut di

- Indonesia. Puslitbang Oseanografi LIPI. Jakarta, Indonesia.
- Supit, S.D. 1989. Karakteristik Pertumbuhan dan Kandungan Karagenan Rumput Laut (*Eucheuma cottonii*) yang Berwarna Abu-Abu Cokelat dan Hijau yang Ditanam di Goba Lambungan Pasir Pulau Pari. Karya Ilmiah (tidak dipublikasikan). Skripsi. Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Trono, G. C., Ganzon., and F. Fortes. 1988. *Philippine Seaweeds*. National Book Store Inc. Manila. Philippines.
- Yulianto, K., dan H. Arfah. 2003. Pengaruh Pupuk Urea [$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] Terhadap Pertumbuhan *Gracilaria edulis* (Gmelin) silva pada suatu Studi *In Vitro*. *Buku Kumpulan Abstrak ISOI*. Jakarta, Indonesia.