

PERTUMBUHAN DAN KANDUNGAN PIGMEN DARI RUMPUT LAUT MERAH *Kappaphycus alvarezii* (DOTY), HASIL BUDIDAYA DI PERAIRAN DENGAN KEDALAMAN BERBEDA

*The Growth and Pigment Content of Red Seaweed *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Cultivated in Different Seawater Depths*

Petrus A. Wenno

*Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pattimura
Jl.Mr.Chr.Soplanit, Poka-Ambon
petrawenno@gmail.com*

ABSTRAK : Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara pertumbuhan dan kandungan pigmen rumput laut merah *Kappaphycus alvarezii* (Doty) yang mempengaruhi tanaman ini di perairan dengan kedalaman berbeda. Penelitian dirancang menggunakan rakit suspensi bertingkat yang ditempatkan berdampingan di kedalaman berbeda. Sejumlah pucuk dari *K. alvarezii* strain hijau dan strain coklat digunakan sebagai bibit dengan berat awal 50, 100 dan 150 gr. Analisis tingkat pertumbuhan dilakukan berdasarkan kedalaman 100, 250, 400, 550 dan 700 cm, sedangkan kandungan pigmen pada kedalaman 100, 400 dan 700 cm. Hasil penelitian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan harian tertinggi rata-rata untuk strain hijau terjadi pada berat awal dari 100g sebanyak 5,28%, diikuti berat awal 50 gr (3,58%) dan 150 g (2,52%), sedangkan strain coklat pada berat awal 100 gr (5,45%), diikuti 50 gr (4,86%) dan 150 gr (4,43%). Kandungan klorofil pada kedua tanaman tidak berbeda untuk semua kedalaman. Peningkatan kandungan karotenoid pada kedua tanaman adalah sesuai dengan kedalaman, sedangkan kandungan pikoeritrin berdasarkan tingkat penyerapan terlalu sedikit untuk dihitung berdasarkan formula yang digunakan. Kesimpulannya budidaya rumput laut dapat dilakukan di perairan-dalam dengan manfaat yang lebih banyak jika dibandingkan dengan di perairan-dangkal.

Kata Kunci : Rakit gantung, *Kappaphycus alvarezii*, Pertumbuhan, Kandungan pigment

ABSTRACT : This study aimed to analyze the relationship between growth and pigment content of red seaweed *Kappaphycus alvarezii* (Doty) which affected this plant to live in different seawater depths. This experiment was designed to utilize a suspension tiered raft which placed side by side at different depths. A number of green and brown shoots of *K. alvarezii* were used as seeds with the initial weight of 50, 100 and 150g. Analysis of growth rate based on 100, 250, 400, 550 and 700cm depths, and pigment contents were measured at the depth of 100, 400 and 700cm. The results showed that the highest daily growth rate on average for green strain occurred at the initial weight of 100g as much as 5.28%, followed by 50g (3.58%) and 150g (2.52%), whereas for brown strain appeared at the initial weight of 100g (5.45%), followed by 50g (4.86%) and 150g (4.43%). The content of chlorophyll a in both plants was not different at three depths. Carotenoid content increases in both plants according to the depth while the content of phycoerythrin which based on absorption level was too little to count following their application to the formula. One may assume that this type of seaweed cultivation can be performed in deeper-water with more benefits than those culturing in shallow-water.

Keywords : Hanging raft, *Kappaphycus alvarezii*, Growth, Pigment content

PENDAHULUAN

Budidaya rumput laut merah *Kappaphycus alvarezii* di Indonesia belakangan ini semakin marak sejak pertama kali diperkenalkan (Adnan *dkk.*, 1987). Jenis rumput laut ini memiliki penyebaran yang luas, dan secara alami dapat mencapai kedalaman 17 m (Doty *ex* Silva, 1996). Ekstrak rumput laut mengandung sejumlah mineral dan zat pengatur tumbuh (Campo *dkk.*, 2009), dan dapat digunakan sebagai pupuk organik. Kandungan pigmen-pigmen fotosintesis seperti klorofil, karotenoid dan fikobiliprotein (Trono, 1997), sangat penting dan memungkinkan tanaman dibudidaya di perairan lebih-dalam (*deeper-seawater*).

Klorofil-a adalah satu-satunya tipe klorofil yang menempati membran tilakoid bersama karotenoid dan lutein (Barsanti dan Gualtieri, 2006), sehingga memudahkan proses fotosintesis berlangsung cepat di dalam air karena sebagian energi cahaya mengalami pembiasan. Sementara karotenoid merupakan pigmen dengan ekspresi warna merah, kuning atau jingga (van den Hoek, 1997), berfungsi menyediakan energi untuk klorofil a, khususnya di perairan dalam (Ramus *dkk.*, 1976), dan berfungsi melindungi tanaman dari radiasi ultraviolet- β (Hanelt dan Roleda, 2009) yang berlebihan. Selanjutnya, fikobiliprotein yang ditemukan di dalam sitoplasma dan stroma kloroplas Rhodophyta dan Cyanophyta memiliki ekspresi warna biru-ungu pada fikosianin dan warna merah pada fikoeritrin (Stewart, 1974; Van den Hoek, 1997). Kondisi ini menyebabkan rumput laut, khususnya Rhodophyta mampu hidup di perairan dengan kedalaman tinggi.

Karakteristik pigmen aksesoris seperti karotenoid dan fikoeritrin adalah menyediakan sebagian energi cahaya matahari spesifik untuk klorofil a. Semakin dalam perairan, semakin tinggi konsentrasi pigmen-pigmen aksesoris, dan semakin mencolok warna rumput laut. Rumput laut dan pigmen merupakan pasangan fungsional, dimana keberhasilan budidaya rumput laut merupakan hasil kerjasama pigmen-pigmen fotosintesis dan penyerapan

unsur hara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju pertumbuhan harian dan peran pigmen-pigmen fotosintesis dari *K. alvarezii* yang dibudidaya di perairan lebih-dalam.

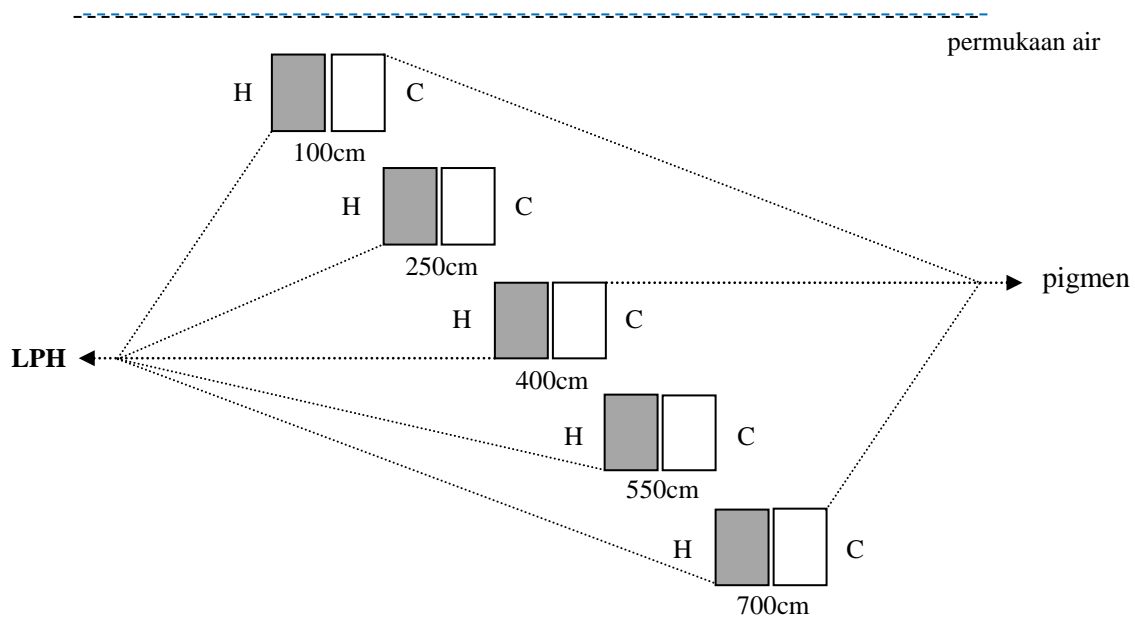
METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di perairan Desa Aeng Batu-Batu, Kecamatan Galesong Utara, Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan. Tepatnya pada posisi geografis 05^o14'02.1" dan 119^o22'48.1". Penelitian berlangsung selama 49 hari dalam bulan Maret-April 2012, sementara pengukuran parameter fisika-kimia dan pengambilan sampel dilakukan setiap minggu, termasuk parameter lingkungan.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan rumput laut merah *K. alvarezii* strain hijau dan coklat sebagai benih dengan berat awal 50, 100 dan 150 gr. Setiap rumpun diikat dengan tali nilon berdiameter 1 mm dan diikatkan lagi pada tali bentang berdiameter 5 mm. Tali bentang diikat pada rangka rakit gantung yang dibuat dari dua pipa pralon 2 inci yang diisi beton, sekaligus berfungsi sebagai pemberat, dan dua potong kayu sebagai penghubung kedua pipa pralon. Selanjutnya, rakit ditempatkan bertumpuk, tetapi berdampingan sampai kedalaman 700 cm (Gambar 1). Pengambilan sampel air dan pengukuran pertambahan berat rumput laut dilakukan setiap minggu sampai masa panen (49 hari), kemudian sampel digunakan untuk analisis pigmen yang mencakup klorofil a, karotenoid dan fikoeritrin. Hasil sampling dalam bentuk pertambahan berat segar (FW, *fresh weight*) rumput laut dipakai untuk menentukan laju pertumbuhan harian (LPH) menurut formula seperti diusulkan Wakibia *dkk.* (2006) dan Hung *dkk.* (2009), sebagai berikut :



Gambar 1. Skema rancangan penelitian hubungan antara laju pertumbuhan harian (LPH) dan pigmen rumput laut merah *K. alvarezii* menurut kedalaman (Keterangan: H, strain hijau; C, strain coklat). Laju pertumbuhan harian diukur pada 5 tingkat kedalaman, dan kandungan pigmen pada 3 tingkat kedalaman

$$LPH = [(Bt/Bo)^{1/t} - 1] \times 100$$

dimana: Bt = berat segar hari ke t (g); Bo = berat segar awal (g)

Pengukuran Variabel dan Analisis Data

Tallus muda berumur empat minggu setelah melewati tahap aklimatisasi digunakan sebagai bibit, karena memiliki banyak jaringan meristem. Setelah penanaman bibit dilakukan pengukuran penambahan berat tallus setiap minggu sampai panen.

Analisis varian (Anova) dilakukan terhadap data pertambahan berat *K. alvarezii* untuk menentukan laju pertumbuhan harian berdasarkan perlakuan strain, berat awal dan kedalaman pada selang kepercayaan 95% ($P < 0,05$). Pengaruh dan hubungan antara variabel dilakukan menurut persamaan regresi linear berganda dan uji lanjut stepwise. Analisis regresi dilakukan menurut formula yang diusulkan Steel dan Torrie (1993), Sementara analisis data menggunakan perangkat lunak SPSS versi 21, menurut RAL (Rancangan Acak Lengkap) faktorial 2 x 3 x 5 dengan 3 ulangan (Sokal *dkk.*, 1995; Hanafiah, 2005).

Analisis dilakukan terhadap variabel tetap (Y), yaitu LPH untuk mengetahui pengaruh perlakuan dan interaksi antara perlakuan (strain, berat awal dan kedalaman) terhadap perubahan LPH *K. alvarezii*. Hubungan antara variabel kimia sebagai variabel tetap (X_n) dilakukan menurut persamaan regresi linier berganda. Variabel bebas untuk parameter kimia adalah salinitas (X_1), derajat keasaman pH (X_2), amonium NH_4^+ (X_3), nitrat NO_3^- (X_4), fosfat PO_4^- (X_5), magnesium Mg (X_6) dan kalsium Ca (X_7).

Berdasarkan data hasil percobaan dirumuskan model matematika untuk rancangan acak kelompok (RAK) menurut formula Steel dan Torrie (1993), dan dinyatakan sebagai:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

dimana: Y_{ijkl} merupakan data pengamatan; μ nilai tengah umum; α_i pengaruh perlakuan strain ke- i; β_j pengaruh perlakuan berat awal ke- j; γ_k pengaruh perlakuan kedalaman ke- k; $\alpha\beta$, $\alpha\gamma$, $\beta\gamma$ adalah interaksi antar faktor; ε_{ijkl} galat acak; $i = 1, 2$; $j = 1, 2, 3$; $k = 1, 2, 3, 4, 5$; dan $l = 1, 2, 3$.

Ekstraksi Pigmen

Analisis pigmen dilakukan terhadap ekstrak rumpun laut yang terdapat pada kedalaman 100, 400 dan 700 cm (Ekpenyong, 2000; Thirumaran *dkk.*, 2009). Tallus dengan berat 500 mg digerus dalam aseton 80% sampai homogen. Homogenat disentrifus pada kecepatan 3000 rpm untuk memperoleh supernatan. Sebanyak 5 ml supernatan diekstraksi ulang dalam aseton 80% sampai larutan kehilangan warna. Konsentrasi pigmen diukur dengan spektrofotometer sesuai daya absorbansi. Analisis dilakukan menurut puncak serap, dimana klorofil-a pada λ (panjang gelombang) 665 nm, karotenoid pada λ 460 nm; dan fikoeritrin berturut-turut pada λ 455 nm, 564 nm dan 592 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran Variabel dan Analisis Data

Hasil Anova menunjukkan perbedaan sangat nyata ($P < 0.01$) interaksi antara perlakuan terhadap laju pertumbuhan harian. Hasil uji lanjut BNJ ($P < 0.05$) menunjukkan nilai tertinggi laju pertumbuhan harian terhadap interaksi berat awal 100 gr dengan strain hijau sebesar 2.80%, dan strain coklat sebesar 2.84%. Hasil interaksi strain coklat dengan kedalaman 100 dan 250 cm berturut-turut sebesar 2.75 dan 2.83%. Hasil interaksi berat awal 100 g dengan kedalaman 100, 250 dan 400 cm berturut-turut sebesar 2.88; 2.92 dan 2.84%.

Laju pertumbuhan harian (LPH) strain hijau dan strain coklat tertinggi terdapat pada berat awal 100 gr berturut-turut sebesar 5.28 dan 5.25%. Hal ini berhubungan dengan kerapatan tallus dan berat awal (Hurtado *dkk.*, 2008), yang menyebabkan pertumbuhan cepat. LPH strain hijau dengan berat awal 100 gr tertinggi terdapat pada kedalaman 250 cm (5.82%).

Tabel 1. Laju pertumbuhan harian *K. alvarezii* strain hijau dan coklat berdasarkan perbedaan berat awal dan kedalaman

	<i>Kappaphycus alvarezii</i> hijau			<i>Kappaphycus alvarezii</i> coklat		
	Bo-50g	Bo-100g	Bo-150g	Bo-50g	Bo-100g	Bo-150g
LPH Maks.	K-100; 4.18	K-250; 5.82	K-100; 2.98	K-250; 5.20	K-250; 5.90	K-100; 5.18
LPH Min.	K-700; 2.78	K-700; 4.52	K-700; 1.97	K-700; 3.57	K-700; 4.85	K-700; 4.53
Mean	3.58 ± 0.26	5.28 ± 0.24	2.52 ± 0.18	4.43 ± 0.28	5.45 ± 0.18	4.86 ± 0.11

Keterangan: LPH, Laju pertumbuhan harian (%); Bo, Berat awal (g); K, Kedalaman (cm)

dan terendah pada kedalaman 700 cm (4.52%). LPH strain coklat tertinggi terdapat pada berat awal 100 gr sebesar 5.45%; diikuti berat awal 150 gr (4.86%) dan 50 gr (4.43%). Laju pertumbuhan harian tertinggi dengan berat awal 100 gr terdapat pada kedalaman 250 cm sebesar 5.90%, dan terendah pada kedalaman 700 cm (5.45%). LPH rata-rata kedua strain adalah sebesar 2.57%, dan menunjukkan pertumbuhan kedua strain sama cepatnya di perairan lebih-dalam (Tabel 1).

Pertumbuhan rata-rata *K. alvarezii* strain coklat di perairan lebih-dalam adalah lebih baik daripada strain hijau berdasarkan LPH. Budidaya strain coklat dengan berat awal yang berbeda memberikan hasil panen yang hampir sama, tetapi lebih efisien jika menggunakan bibit dengan berat awal rendah. Selain itu, budidaya strain coklat lebih menguntungkan daripada strain hijau untuk setiap berat awal, dan pada kedalaman rendah sampai tinggi. Hal ini berhubungan dengan tajuk strain coklat yang lebih lebat dari strain hijau, dan mempercepat serapan unsur hara (Neish, 2005). Sebaliknya, LPH strain hijau terbaik terjadi pada berat awal 100 gr pada semua kedalaman, sedangkan efektifitas pertumbuhan terjadi pada berat awal 50 gr, karena dapat mengurangi jumlah bibit yang diperlukan per meter sampai sebesar 500 gr/m, sebagai kepadatan efektif sesuai temuan Hurtado *dkk.*, (2008).

Pertumbuhan *K. alvarezii* berhubungan dengan strain, berat awal, kedalaman, dan lama pemeliharaan (Hurtado *dkk.*, 2008). Laju pertumbuhan harian tertinggi strain hijau dan coklat pada berat awal 100 gr diduga berhubungan dengan kerapatan stok optimal (1600 gr/m²). Kerapatan stok untuk rakit gantung (gr/m²) berbeda dari kerapatan stok untuk rawai tunggal (gr/m), karena melibatkan jarak tanam terdekat.

Budidaya rumput laut berdasarkan kerapatan stok menjamin kesinambungan program (Kartono *dkk.*, 2008), karena berhubungan dengan kapasitas tampung (Lein, 1993). Kerapatan stok optimal menjamin kesinambungan budidaya dalam jangka panjang. Sebaliknya, semakin tinggi kerapatan stok semakin rendah LPH, menyebabkan produksi lebih rendah. Kerapatan stok berhubungan dengan sirkulasi air laut yang membawa unsur hara untuk koloni rumput laut (Neish, 2005).

Pengaruh Pigmen

Tabel 2 memperlihatkan hubungan antara LPH *K. alvarezii* strain hijau dan coklat dengan kandungan pigmen berdasarkan persamaan regresi liner berganda. Secara statistik, signifikasi dari setiap koefisien regresi dievaluasi dengan memasukkan nilai-*t* yang berasal dari kesalahan ulangan pada tahap awal, sehingga koefisien regresi berganda berhubungan dengan variabel bebas yang berarti terhadap uji-*t* ($p \leq 0,05$). Hampir semua variabel bebas memiliki hubungan dengan

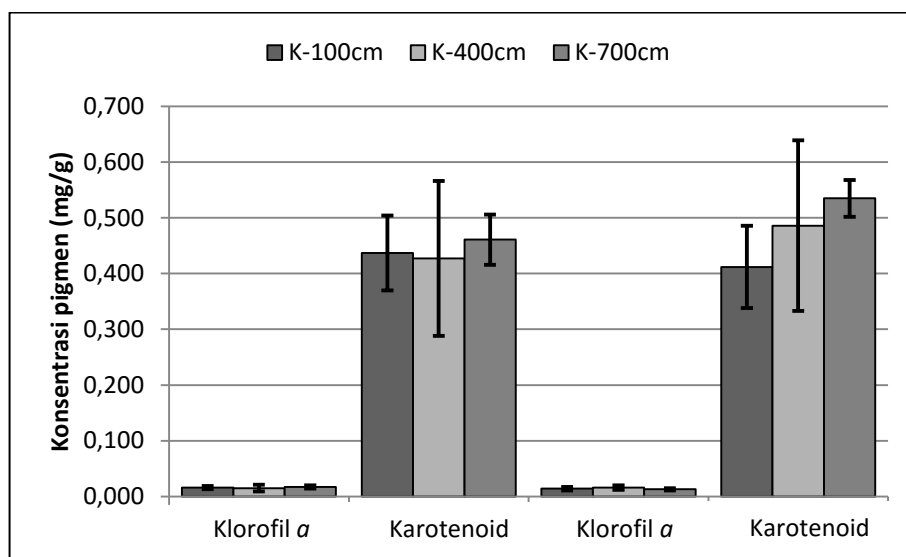
variabel terikat LPH, kecuali klorofil a strain hijau pada kedalaman 100 cm, serta klorofil a strain coklat dan fikoeritrin pada kedalaman 700 cm.

Musim hujan adalah saat yang ditunggu pembudidaya rumput laut di perairan Sulawesi Selatan. Pengaruh hujan menyebabkan salinitas air laut lebih rendah daripada selama musim panas. Selama musim hujan, salinitas berada pada kisaran salinitas penuh 32-35‰ (Neish, 2005). Curah hujan tinggi menyebabkan salinitas air laut lebih rendah, sehingga LPH *K. alvarezii* strain hijau lebih tinggi daripada strain coklat. Sebaliknya, selama curah hujan rendah salinitas air laut lebih tinggi, menyebabkan LPH strain coklat lebih tinggi daripada strain hijau. Curah hujan rendah menyebabkan salinitas air laut meningkat lebih tinggi daripada salinitas penuh (35‰), sehingga pertumbuhan terhambat (Neish, 2009). Pertumbuhan cepat pada kedalaman rendah sesuai dengan temuan Hurtado *dkk.*, (2008) yang melaporkan peristiwa tersebut pada kedalaman 100cm di bawah permukaan air.

Tabel 2. Hubungan antara LPH *K. alvarezii* strain hijau dan coklat dengan parameter pigmen berdasarkan persamaan regresi linear berganda dan uji lanjut ‘stepwise’

Kedalaman	Strain hijau	R	Strain coklat	R
100cm	$Y_1 = -13.9 + 35.5 X_2 + 15.6 X_3$	0,986	$Y_1 = 2.57 + 28.3 X_1 + 7.29 X_2 - 4.46 X_3$	0,961
400cm	$Y_1 = 5.03 + 56.3 X_1 - 13.8 X_2 + 48.6 X_3$	0,765	$Y_1 = 34.2 + 58 X_1 - 39.3 X_2 - 136 X_3$	0,750
700cm	$Y_1 = 59.1 + 1139 X_1 + 622 X_2 - 1556 X_3$	0,754	$Y_1 = 12.5 - 13.7 X_2$	0,912

Keterangan: Y₁, Laju pertumbuhan harian; X₁, klorofil a; X₂, karotenoid; X₃, fikoeritrin



Gambar 2. Histogram pengaruh kedalaman terhadap kandungan pigmen *Kappaphycus alvarezii* strain hijau dan coklat

Sebaliknya, pertumbuhan lambat strain coklat pada kedalaman 100cm diduga berhubungan dengan kerusakan struktur ultra sel-sel epidermis (Navarro *dkk.*, 2010), akibat radiasi ultra violet- β (280-315 nm) pada lapisan ozon (Hanelt *dkk.*, 2009).

Gambar 2 memperlihatkan kadar pigmen dari ekstrak *K. alvarezii* strain hijau dan coklat menurut kedalaman. Kadar pigmen klorofil a relatif sama pada semua kedalaman sesuai temuan Naguit *dkk.*, (2009). Sebaliknya, kadar pigmen aksesoris karotenoid dan fikoeritrin meningkat menurut peningkatan kedalaman, dan menunjukkan perannya sebagai pemasok energi untuk klorofil a (Ramus *dkk.*, 1976), berdasarkan panjang gelombang serap (Lobban *dkk.*, 1994).

Kedalaman perairan mempengaruhi konsentrasi pigmen. Kandungan klorofil a *K. alvarezii* strain hijau dan coklat sebesar 0.010-0.028 mg/gr menunjukkan perannya yang tidak berbeda menurut kedalaman (Naguit *dkk.*, 2009). Karotenoid dan fikoeritrin adalah pigmen aksesoris yang berperan pada kedalaman tinggi (Ramus *dkk.*, 1976), dimana rasio karotenoid lebih tinggi pada kedalaman tinggi. Perbedaan kandungan pigmen menunjukkan bahwa karotenoid adalah komplemen dari klorofil a (Haxo *dkk.*, 1950). Fikoeritrin hanya terdeteksi melalui nilai absorban spektrofotometer, sehingga menunjukkan peranannya di perairan dalam berdasarkan ekspresi warna yang semakin mencolok (Doty ex Silva, 1996).

Perubahan warna rumput laut di perairan dalam bersifat sementara tanpa pembelahan sel, dan berhubungan dengan penggunaan energi untuk pengaturan kadar pigmen (Ramus *dkk.*, 1976). Hal ini terlihat dari hasil panen *K. alvarezii* strain coklat yang lebih tinggi daripada strain hijau. Peningkatan hasil panen *K. alvarezii* strain hijau terjadi saat tallus yang berwarna hijau berubah menjadi hijau tua, dan berubah kembali menjadi hijau muda akibat efisiensi pemanfaatan energi. Peningkatan hasil panen strain coklat terjadi pada saat warna tallus menjadi coklat tua yang menunjukkan bahwa adaptasi pigmen optimal pada curah hujan rendah. Hal ini sesuai dengan kadar pigmen rata-rata *K. alvarezii* strain coklat yang

lebih tinggi daripada strain hijau. Perubahan warna merupakan mekanisme pengaturan energi untuk mendorong fotosintesis pada kondisi klorofil a tidak berfungsi optimal di perairan dalam dengan kecerahan air rendah (Ramus *dkk.*, 1976; Zertuche-Gonzales *dkk.*, 1993). Kecerahan air rendah disebabkan oleh kandungan partikel dan materi organik yang menyerap cahaya biru meninggalkan cahaya hijau intensitas rendah, sehingga tidak terjadi peningkatan konsentrasi fikoeritrin (Kosovel *dkk.*, 1979), seperti terlihat pada penelitian ini.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pertumbuhan rumput laut di perairan lebih dalam adalah lebih tinggi berdasarkan laju pertumbuhan harian yang mempengaruhi hasil panen. Pertumbuhan strain hijau adalah optimal pada berat awal 100 gr, tetapi strain coklat masih dapat ditingkatkan mendekati berat awal 150 gr. Peran klorofil a sebagai pigmen utama fotosintesis tetap optimal sekalipun berada pada kadar rendah di semua kedalaman. Karotenoid meningkat menurut kedalaman pada kedua strain, dan menunjukkan peranannya pada kedalaman tinggi. Sebaliknya, peningkatan fikoeritrin menurut kedalaman terjadi pada kedua strain, kecuali strain coklat pada kedalaman 700 cm.

Budidaya rumput laut pada masa depan dapat diarahkan ke perairan dalam. Untuk itu dibutuhkan penelitian lanjutan, khususnya mengenai pergerakan air yang menjamin sirkulasi unsur hara, penetrasi cahaya matahari yang mencapai kedalaman efektif, serta kisaran salinitas dan suhu yang menjamin pertumbuhan rumput laut tanpa insiden penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Adnan, H., & Porse, H., 1987. Culture of *Eucheuma cottonii* and *Eucheuma spinosum* in Indonesia. *Hydrobiologia*, 151/152: 355-358.
- Barsanti, L., & Gualtieri, P., 2006. *Algae, Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press., pp. 320.
- Campo, V.L., Kawano, D.F., Braz da Silva Jr., D., & Carvalho, I. 2009. Carrageenans: Biological properties, chemical modifications

- and structural analysis - A review. *Carbohydrate Polymers* 77:167-180
- Doty ex Silva, 1996. Invasive Allien. Marine algae of Hawai'i. University of Hawai'i. Botany Department. <http://www.botany.hawaii.edu/Invasive/default.htm>
- Ekpenyong, E., 2000. Algal biomass and pigment diversity in typical tropical fish ponds. *Tropical Ecology* 41(1): 89-94.
- Hanafiah, K.A., 2005. *Rancangan Percobaan Aplikatif*. Aplikasi Kondisional Bidang Pertanian, Peternakan, Perikanan, Industri dan Hayati. Devisi Buku Perguruan Tinggi. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta 188 hal.
- Hanelt, D., & Roleda, M.Y., 2009. UVB radiation may ameliorate photoinhibition in specific shallow-water tropical marine macrophytes. *Aquatic Botany* 91:6-12.
- Haxo, F.T., and Blinks, L.R., 1950. Photosynthetic action spectra of marine algae. *J. Gen. Physiol* 33: 389-422.
- Hung, L.D., Hori, K., Nang, H.Q., Kha, T., & Hoa, L.T., 2009. Seasonal changes in growth rate, carrageenan yield and lectin content in the red alga *Kappaphycus alvarezii* cultivated in Camranh Bay, Vietnam. *J. Appl Phycol*, 21: 265-272.
- Hurtado, A.Q., Critchley, A.T., Trespoey, A., & Bleicher-Lhonneur, G., 2008. Growth and carrageenan quality of *Kappaphycus striatum* var. *sacol* grown at different stocking densities, duration of culture and depth. *J. Appl. Phycol*, 20: 551-555.
- Kartono, Munifatul Izzati, Sutimin, & Dian Insani, 2008. Analisis model dinamik pertumbuhan biomassa nimpot laut *Gracillaria verrucosa*. *Jurnal Matematika*, Vol., 11(1): 20-24.
- Kosovel, V., & Talarico, L., 1979. Seasonal variations of photosynthetic pigments in *Gracillaria verrucosa* (Huds.) Papenfuss (Florideophyceae, Gigartinales), *Boll. Soc. Adri.* 55c, 63: 5-15.
- Lein, J.K., 1993. Applying Expert Systems Technology to Carryng Capacity Assessment: a Demonstration Prototype. *J. Env. Manag.*, 37: 63-84.
- Lobban, C.S., and Harrison, P.J., 1994. *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press, USA, 366 pp.
- Naguit, M.R.A., & Tisera, W., 2009. Pigment analysis on *Eucheuma denticulatum* (Collins & Hervey) and *Kappaphycus alvarezii* (Doty) cultivars cultured at different depths. *The Treshold IV*: 29-37.
- Navarro, N.P., Mansilla, A., & Plastino, E.M., 2010. UVB radiation induces changes in the ultrastructure of *Iridaea cordata*. *Micron* 41: 899-903.
- Neish, I.C., 2005. The Eucheuma Seaplant Handbook Volume I. Agronomics, Biology and Crop System. SEAPlantNet Technical Monograph No. 0505-10A. Makassar.
- Neish, I.C., 2009. Tropical Red Seaweeds as a Foundation for Integrated Multi Tropic Aquaculture (IMTA) Four Propositions and an action plan for this major opportunity in the Coral Triangle. SEAPlant.net Monograph no. HB2E 1209 V3 IMTA. December, 2009.
- Ramus, J., Beale, S.I., Mauzerall, D., & Howard, K.L., 1976. Changes in Photosynthetic Pigment Concentration in Seaweed as a Function of Water Depth. *Marine Biology* 37: 223-229.
- Sokal, R.R., & Rholf, F.J., 1995. *Biometry: The Principles and Practices of Statistics in Biological Research*, 3rd ed. W.H. Freeman, New York. 887 pp.
- Steel, R.G.D., & Torrie, J.H., 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika; Suatu Pendekatan Biometrik* (Terjemahan Sumantri, B). Edisis ke-2. Jakarta, PT Gramedia Pustaka Utama.
- Stewart, W.D.P. (Ed.), 1974. *Algal Physiology and Biochemistry*. University of California Press., Berkeley.
- Thirumaran, G., Manivannan, K., Karthikai Devi, G., Anantharaman, P., & Balasubramanian, T., 2009. Photosynthetic pigments of colour strains of the cultured seaweed *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex. P. Silva in vellar estuair. *Academic J. Plant Sciences* 2(3): 150-153.
- Trono, G.C., 1997. *Field guide: Atlas of the Seaweed Resources of the Philippines*. National Bookstore, Inc., Manila, Philippines, pp. 306.
- Van den Hoek, C., Mann, D.G., and Jahns, H.M., 1997. *Algae. An Introduction to Phycology*. Cambridge University Press. 627 pp.
- Wakibia, J.G., Bolton, J.J., Keats, D.W., & Raitt, L.M., 2006. Factors influencing the growth rates of three commercial eucheumoids at coastal sites in southern Kenya. *J. Appl Phycol*, 18: 565-573.
- Zertuche-Gonzales, J.A., Ezquivel, Garcia Z., and Brinkhuis, B.H., 1987. Tank culture of the red seaweed *Eucheuma uncinatum* from the Gulf of California. *Cienc. Mar.* 13(2): 1-18.