

Komposisi dan Fotostabilitas Pigmen Rumput Laut *Padina australis* Hauck. dari Kedalaman yang Berbeda

Dian Ridwan Nurdiana ^{1*}, Leenawaty Limantara ^{1,2}, AB. Susanto ³

¹Program Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga 50711

Telp. 081546829129; dee_nurdiana@yahoo.co.id

² Ma Chung Research Centre for Photosynthetic Pigments, Universitas Ma Chung, Malang 65151

³Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang

Abstrak

Rumput laut merupakan salah satu kekayaan hayati laut Indonesia, yang belum dimanfaatkan secara optimal terutama dari jenis rumput laut coklat. Kandungan pigmen pada rumput laut sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan tempat tumbuhnya. Perbedaan kedalaman menyebabkan intensitas cahaya matahari bervariasi pada setiap zona perairan sehingga menyebabkan perbedaan pada komposisi dan kestabilan pigmen pada tumbuhan laut tersebut. Penelitian komposisi dan fotostabilitas pigmen pada Hauck dilakukan untuk mengetahui peran cahaya dalam mempengaruhi komposisi dan stabilitas pigmen dari kedalaman yang berbeda. Berdasarkan hasil analisa KCKT dan spektrofotometer Varian Cary 50 menunjukkan perbedaan kandungan pigmen pada perbedaan kedalaman. Pada kedalaman 3 m didominasi oleh klorofil a 36,13%, klorofilid a 22,54% dan total fucoxantin 31,97%; sedangkan pada kedalaman 6 m diperoleh klorofil a 34,78%, klorofilid a 20,26% dan total fucoxantin 27,79%. Perbedaan kandungan pigmen merupakan respon adaptasi terhadap lingkungan. Sedangkan fotostabilitas pigmen pada kedalaman 6 m lebih tahan terhadap perlakuan cahaya UV-C dan sinar polikromatik dibandingkan pada kedalaman 3 m. Hal ini berkaitan dengan mekanisme fotoproteksi karotenoid, terhadap klorofil.

Kata kunci : Fotostabilitas, Fucoxantin, Klorofil, Rumput laut

Abstract

Seaweed is one of the Indonesian marine living resources, which is not yet utilized optimally, especially brown seaweed. The content of pigment from seaweed is extremely affected by their habitat. The difference of depth causes the light intensity varied in waters zone, as the result, there is the difference in composition and stability of pigment in seaweed. The research on the composition and photostability of pigment of *Padina australis* Hauck was carried out to find out the role of light in affecting the composition and stability of pigment from different depths. HPLC and spectroscopic analyses showed the difference pigment content toward different of depth. In 3 m depth are dominated by chlorophyll a 36,13%, chlorophyllide a 22,54% and total fucoxanthin 31,97%; while in 6 m depth was dominated by chlorophyll a 34,78%, chlorophyllide a 20,26% and total fucoxanthin 27,79%. The difference of pigment content acts as the environment adaptation response. While photostability pigment of 6 m depth was more stable to UV-C irradiance and polychromatic light than 3 m depth. These are related to photoprotection mechanisms of carotenoid toward chlorophyll.

Key words : Photostability, Fucoxanthin, Chlorophyll, Seaweed

Pendahuluan

Rumput laut merupakan organisme fotosintetik tingkat rendah yang tidak memiliki akar, batang dan daun serta hidup di perairan, baik perairan payau maupun laut. Berdasarkan pigmen yang dikandungnya, rumput laut dikelompokkan ke dalam 3 jenis yaitu rumput laut merah (Rhodophyceae), rumput laut coklat (Phaeophyceae), dan rumput laut hijau (Chlorophyceae).

Klorofil dan karotenoid merupakan pigmen yang

melimpah pada rumput laut coklat. Pada rumput laut coklat, klorofil a berfungsi sebagai penangkap cahaya yang utama dalam proses fotosintesis yaitu sekitar 99% (Gross, 1991; Hegazi *et al.*, 1998; Pepe *et al.*, 2001). Konsentrasi klorofil a akan meningkat pada proses pematangan thallus sehingga dapat dianggap sebagai ukuran pertumbuhan rumput laut (Dhargalkar, 2004; Wasmund *et al.*, 2006), contohnya pada *Phorphyra* sp. yang merupakan salah satu jenis rumput laut merah (Aguilera *et al.*, 2008). Keberadaan klorofil a pada rumput laut coklat dilengkapi dengan pigmen

pendukung (aksesori) yaitu klorofil *c* dan karotenoid yang berfungsi melindungi klorofil *a* dari foto-oksidasi (Atmadja *et al.*, 1996; Green & Dumford, 1996).

Komposisi klorofil *a* dan *c* pada rumput laut coklat bervariasi dari 1:1 sampai 5:1 dengan serapan panjang gelombang maksimum pada 630-638 nm (Luning, 1990). Secara alami fungsi klorofil *c* memiliki kesamaan dengan klorofil *a* dan *b* sebagai antenna penangkap cahaya pada proses fotosintesis dan masih belum banyak diketahui secara detail.

Karotenoid berfungsi sebagai pigmen aksesori untuk melindungi klorofil *a* dari foto-oksidasi cahaya serta menyerap cahaya dan mentransfer energi ke pusat reaksi fotosintesa (Mimuro & Katoh, 1992; Vechetel & Ruppel, 1992). Jenis karotenoid yang banyak terkandung dan menjadi salah satu ciri khas pada rumput laut coklat adalah fukoxantin, flavoxantin, diatoxantin dan zeaxantin (Hegazi *et al.*, 1998). Fukoxantin merupakan jenis karotenoid utama yang membantu proses fotosintesis dan telah banyak digunakan dalam dunia pengobatan seperti anti kanker dan anti obesitas (Mori *et al.*, 2004; Maeda *et al.*, 2005).

Keberadaan klorofil dan karotenoid pada rumput laut sangat dipengaruhi tempat tumbuhnya, salah satu faktor yang berperan adalah kedalaman tempat tumbuh (Bischof *et al.*, 2006). Menurut Herring *et al.* (1990) fukoxantin akan meningkat lebih cepat daripada klorofil *a* seiring dengan bertambahnya kedalaman. Hal ini merupakan salah satu respon rumput laut terhadap lingkungan sebagai fungsi fotoproteksi karotenoid terhadap klorofil.

Menurut Hellebust (1970) intensitas cahaya berpengaruh terhadap alga dimana sebagian besar alga memiliki kisaran toleransi terhadap intensitas cahaya: memutih (*bleaching*) jika berada di bawah intensitas cahaya tinggi dan pertumbuhan lambat jika di bawah intensitas cahaya rendah. Pudarnya warna pada rumput laut, dikarenakan pigmen yang terkandung mengalami fotodegradasi, yaitu perubahan kimiawi dari suatu senyawa atau molekul menjadi senyawa atau molekul yang lebih kecil akibat absorpsi foton, baik yang berasal dari cahaya ultraviolet, cahaya tampak, ataupun cahaya infra merah (Suparmi *et al.*, 2007). Perubahan selama fotodegradasi meliputi perubahan komposisi, perubahan warna, pemutusan ikatan, dan pengaturan kembali atom-atom dalam suatu molekul (Wiles & Carlsson, 1987; Lagowski, 1997 dalam Suparmi *et al.*, 2007).

Rumput laut tidak hanya memiliki fungsi ekologis sebagai sumber makanan dan habitat bagi hewan laut (Bischof *et al.*, 2006). Di beberapa negara khususnya

Asia, rumput laut sudah dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan produksi makanan, pakan, bahan kimia, kosmetik dan obat-obatan. Jenis yang saat ini banyak digunakan pada berbagai bidang industri adalah jenis rumput laut merah dan rumput laut coklat (Atmadja, 2007; Carlsson *et al.*, 2007).

Materi dan Metode

Rumput laut yang digunakan pada penelitian ini adalah *Padina australis* Hauck. Sampel diperoleh dari kedalaman 3 m dan 6 m menggunakan SCUBA di Pulau Tengah, Kepulauan Karimunjawa, Jepara. Pelarut yang digunakan antara lain: metanol, aseton, eter, asetonitril, dan silika gel Lichosorb Si 60.

Ekstraksi pigmen dilakukan dengan menggunakan metode Haugan *et al.* (1995). Rumput laut segar sebanyak 25 gr dipotong-potong halus dan diekstrak menggunakan aseton : metanol, sebanyak 7 : 3 (v/v). Rumput laut kemudian disaring dan diekstraksi lagi sampai seluruh pigmen terangkat kemudian dipartisi menggunakan eter. Pigmen yang telah dipartisi kemudian dikeringkan dengan gas N₂.

Analisa kandungan pigmen ekstrak kasar dilakukan dengan menggunakan kromatografi cair kinerja tinggi (KCKT). Pigmen kering dilarutkan dalam 1 mL larutan metanol:asetonitril (7:3 v/v). Sebanyak 20 µL dari larutan tersebut diinjeksikan ke dalam kolom KCKT, kemudian dianalisis pada panjang gelombang 420 nm menggunakan fase diam Lichosorb Si 60 dan fase gerak metanol:asetonitril (7:3 v/v) (Maeda *et al.*, 2006).

Uji fotostabilitas pigmen ekstrak kasar dilakukan untuk melihat tingkat kestabilan pigmen dengan modifikasi metode Limantara *et al.* (2006). Pigmen kering dilarutkan masing-masing dalam metanol dan aseton sebanyak 3 mL dengan absorbansi Qy awal 1, kemudian diiradiasi menggunakan sinar polikromatik dan sinar UV-C dengan intensitas sama yaitu 115 lux. Pengukuran absorbansi dilakukan setiap 2 jam setelah penyinaran, dan dilakukan sampai 10 jam menggunakan spektrofotometer Varian Cary 50. Sebagai data penunjang diukur suhu dan pH perairan pada saat pengambilan sampel rumput laut. Data serapan gelombang pada spektrofotometer dan KCKT dianalisa secara deskriptif dengan tiga kali ulangan. Pengolahan data dilakukan menggunakan program Origin 6.1.

Hasil dan Pembahasan

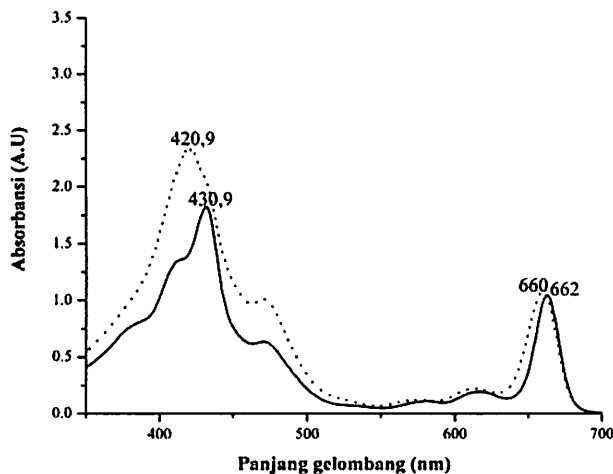
Hasil analisis menggunakan spektrofotometer pada Gambar 1 menunjukkan bahwa ekstrak kasar *Padina australis* memiliki pola spektra yang sama pada

Tabel 1. Analisa jenis pigmen berdasarkan pola spektra dan panjang gelombang serapan maksimal dari ekstrak kasar *P. australis* pada kedalaman 3 m dan 6 m

Puncak ke-	Waktu tambat (t _r) menit		λ _{max}		Jenis Pigmen	
	3 m	6 m	3 m	6 m	3 m	6 m
1	4,29	4,40	445	445	Fukoxantin	Fukoxantin
2	4,43	4,56	445	447	Fukoxantin	Fukoxantin
3	4,88	5,06	416, 439, 468	416,423,439,468	Lutein	Lutein
4	5,03	5,25	416, 439, 468	416,423,456,468	Neoxantin	Neoxantin
5	5,72	5,08	443	442	Siphonaxantin	Siphonaxantin
6	26,70	29,65	431, 504, 618, 632, 664	431,488,634,664	Klorofil a	Klorofil a
7	27,59	30,73	431, 504, 632, 664	432,486,633,664	Klorofilid a	Klorofilid a
8	-	34,38	-	429,480,665	-	Divinyl Klorofil a
9	-	35,68	-	432,464,665	-	Klorofil c

Tabel 2. Persentase pigmen *P.australls* pada kedalaman 3 m dan 6 m.

No.	Jenis pigmen	Konsentrasi (%)	
		3m	6m
1	Fukoxantin	19,68	17,44
2	Fukoxantin	12,29	10,35
3	Lutein	3,98	3,38
4	Neoxantin	2,49	2,11
5	Siphonaxantin	2,89	4,39
6	Klorofil a	36,13	34,78
7	Klorofilid a	22,54	20,26
8	Divinyl Klorofil a	-	4,55
9	Klorofil c	-	2,73



Gambar 1. Spektra absorpsi ekstrak kasar klorofil *Padina australis* pada kedalaman (—) 3 dan (.....) 6m.

kedalaman 3 m dan 6 m, yaitu pola spektra dari klorofil dan karotenoid. Penelusuran menggunakan spektrofotometer dan KCKT menunjukkan bahwa klorofil a dan karotenoid jenis fukoxantin mendominasi *P. australis* dari kedalaman yang berbeda, hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya (Nurchayanti & Limantara, 2007)

Dalam penelitian ini, terdapat perbedaan serapan di daerah NIR (*Near Infra Red*), yaitu 662 nm pada kedalaman 3 m dan 660 nm pada kedalaman 6 m.

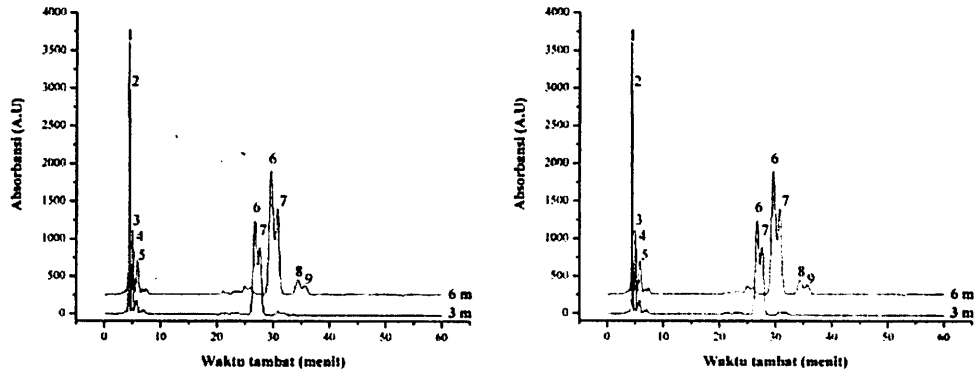
Pola spektra rumput laut *P. australis* pada kedalaman 6 m lebih mengarah ke panjang gelombang pendek atau lebih ke arah cahaya biru dibandingkan dengan kedalaman 3 m. Perbedaan 2 nm pita Qy klorofil di daerah NIR merupakan ciri pola spektra yang berbeda komposisi dan atau kandungan pigmen penyusun ekstrak kasar *P. australis* sebagai respon terhadap kedalaman tempat tumbuhnya.

Menurut Hellebust (1970) intensitas cahaya berpengaruh terhadap alga, dan setiap jenis alga memiliki toleransi tertentu terhadap intensitas cahaya. Dampak sekunder perbedaan intensitas cahaya berpengaruh pada suhu perairan serta mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Pada penelitian ini, suhu perairan pada dua kedalaman menunjukkan nilai yang sama yaitu 26°C; merupakan suhu optimal bagi pertumbuhan rumput laut (20°-28°C) (Illalqisny & Widyartini, 2000). Akan tetapi, terdapat perbedaan pH perairan; yaitu 8 pada kedalaman 3 m dan 9 pada 6m.

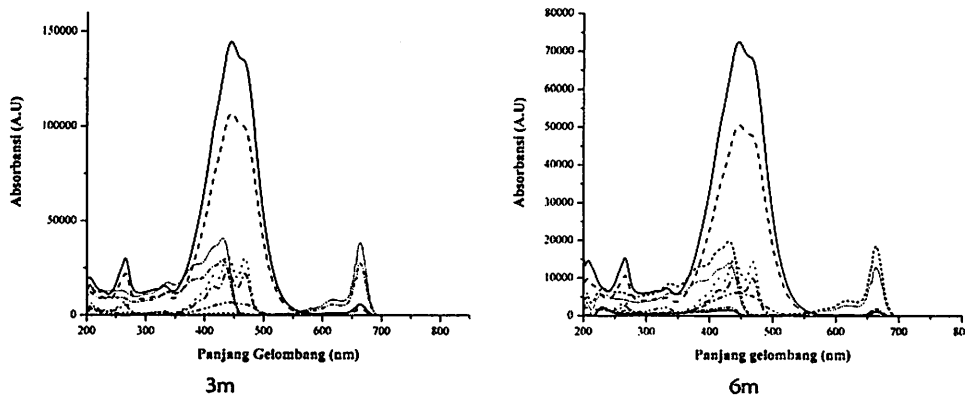
Perbedaan panjang gelombang serapan pada dua kedalaman tersebut (Gambar 1) menunjukkan bahwa *P.australls* melakukan mekanisme adaptasi terhadap lingkungan, terutama cahaya dengan mengubah komposisi dan/atau kandungan pigmen yang menangkap cahaya yang berbeda pada kedalaman yang berbeda. Disamping itu, merupakan adaptasi terhadap faktor lain seperti pola arus, substrat tempat menempel, nutrisi terlarut dan suhu yang berkaitan dengan pertumbuhan *thallus* (Dhargalkar, 2004).

Gambar 2 menunjukkan bahwa baik pada kedalaman 3 m maupun 6 m ekstrak kasar *P. australis* memiliki puncak tertinggi pada puncak ke-1, yang menunjukkan adanya fukoxantin begitu pula halnya dengan puncak ke-2. Hal ini diperjelas dengan Gambar 3 yang menunjukkan spektra puncak dari masing-masing kedalaman. Karotenoid jenis fukoxantin dan klorofil a mendominasi pada masing-masing kedalaman 3 m dan 6 m.

Berdasarkan Tabel 1 dan 2, pada kedalaman 3 m



Gambar 2. Kromatogram KCKT dari ekstrak kasar *Padina australis* pada kedalaman 3 dan 6m (pengamatan pada panjang gelombang 420 nm).



Gambar 3. Spektra pigmen penyusun *P. australis* pada kedalaman 3 m dan 6 m (pengamatan pada panjang gelombang 420 nm).

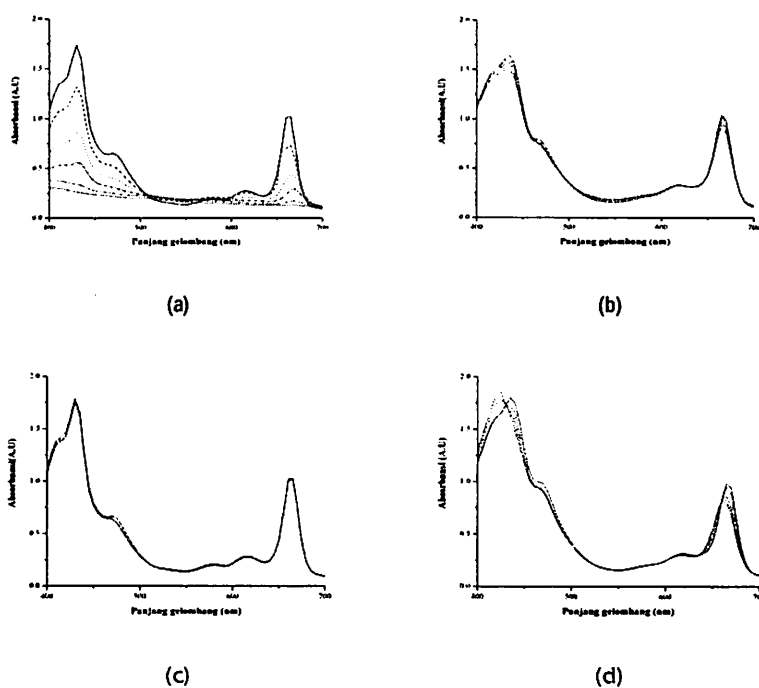
Tabel 3. Fotodegradasi *P. australis* pada kedalaman 3 meter

Waktu Iradiasi (Jam)	% degradasi							
	Aseton				Metanol			
	Sinar Polikromatik		Sinar UV-C		Sinar Polikromatik		Sinar UV-C	
	Soret	Qy	Soret	Qy	Soret	Qy	Soret	Qy
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,22	-0,51	24,22	26,7	-0,68	4,43	1,57	1,62
4	0,67	-0,89	50,82	56	-3,61	8,92	2,95	4,33
6	-0,41	-0,95	67,81	70,5	-6,95	12,98	4,85	6,94
8	-1,21	-1,64	80,48	82,6	-9,78	19,91	7,28	9,69
10	-1,79	-2,94	85,32	86,9	-12,33	25,24	8,98	12,17

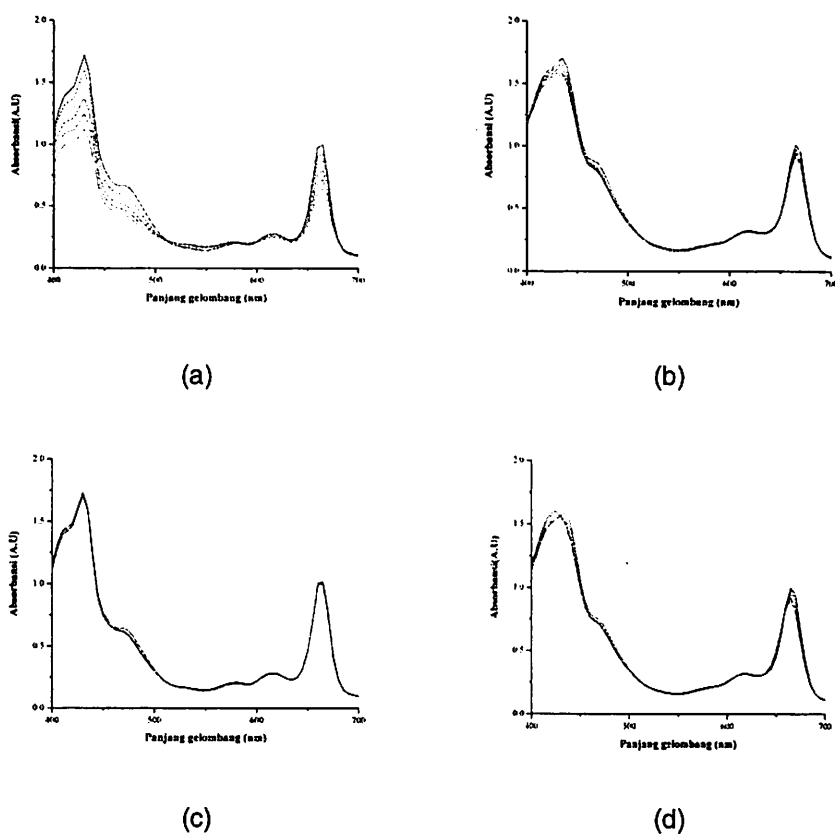
didominasi oleh pigmen klorofil a sebanyak 36,13% dan total fukosantin sebanyak 31,97% sedangkan pada kedalaman 6 m terdapat klorofil a sebanyak 34,78%, klorofilid a 20,26% dan total fukoxantin 27,79%. Pada alga coklat, klorofil c dan fukoxantin berfungsi sebagai pigmen pemanen cahaya, secara *in vivo* fukoxantin menyerap maksimal pada 545 nm dan klorofil c sekitar 460 nm, akan tetapi energi yang diperoleh kemudian ditransfer ke klorofil a pada Fotosistem II (PSII) (Fork *et al.*, 1991). Cahaya yang masuk pada kedalaman 3 m akan lebih banyak dibandingkan dengan cahaya yang masuk pada kedalaman 6 m. Hal ini dapat dilihat dari

jarak pandang saat pengambilan sampel. Perbedaan kedalaman juga akan berpengaruh pada suhu yang berpengaruh pada konsentrasi klorofil a (Dhargalkar, 2004). Pada kedalaman 3 m total karotenoid lebih tinggi dibandingkan karotenoid yang terdapat pada kedalaman 6 m dan total klorofil pada kedalaman 3 m lebih rendah dibandingkan kedalaman 6 m. Ini merupakan fenomena spesifik dari rumput laut dalam mengubah kandungan dan komposisi pigmen untuk merespon perubahan intensitas dan jenis cahaya di habitatnya.

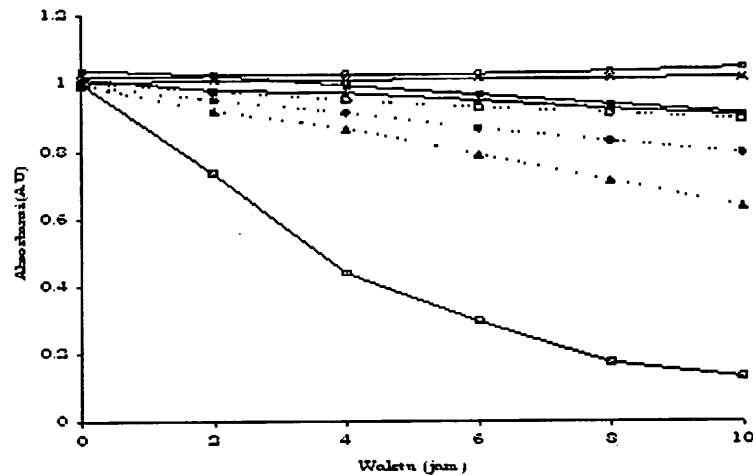
Berdasarkan penelitian sebelumnya, konsentrasi



Gambar 4. Pola spektra fotodegradasi ekstrak kasar *Padina australis* pada pelarut aseton (a), (c) dan metanol (b),(d) dilradiasi sinar UV-C (atas) dan polikromatik (bawah). Waktu iradasi : (—)0; (- - -)2; (·····)4; (-·-·-)6; (- - -)8; (- - -)10 jam.



Gambar 5. Pola spektra fotodegradasi ekstrak kasar *Padina australis* pada pelarut aseton (a),(c) dan metanol (b),(d) dilradiasi sinar UV-C (atas) dan polikromatik (bawah). Waktu iradasi : (—)0; (- - -)2; (·····)4; (-·-·-)6; (- - -)8; (- - -)10 jam.



Gambar 6. Kinetika fotodegradasi pada pelarut aseton : (—□—) 3 m iradiasi UV, (—○—) 3 m iradiasi polikromatik, (—●—) 6 m iradiasi UV, (—□—) 6 m iradiasi polikromatik, dan dalam pelarut metanol : (—○—) 3 m iradiasi UV, (—□—) 3 m iradiasi polikromatik, (—●—) 6 m iradiasi UV, (—□—) 6 m iradiasi polikromatik.

klorofil a akan meningkat pada proses pematangan *thallus* sehingga dapat dianggap sebagai ukuran pertumbuhan rumput laut (Dhargalkar, 2004; Wasmund *et al.*, 2006). Keberadaan klorofil a pada rumput laut coklat dilengkapi dengan pigmen pendukung (aksesori) yaitu klorofil c dan karotenoid yang berfungsi melindungi klorofil a dari foto-oksidasi (Atmadja *et al.*, 1996; Green & Dunford, 1996). Data yang diperoleh menunjukkan bahwa klorofil a pada *P. australis*, sebagai pigmen utama, terdapat dalam konsentrasi yang besar yang diperlukan rumput laut untuk melakukan pertumbuhan. Klorofil c yang terdapat pada kedalaman 6 m digunakan untuk memanen cahaya yang lebih sedikit dibandingkan perairan yang lebih dangkal. Pengaruh yang sama juga terjadi pada jenis rumput laut merah *Porphyra* (Aguilera *et al.*, 2008). Sinar UV yang masuk ke dalam lautan, akan banyak mempengaruhi komposisi pigmen, meskipun dalam penelitian ini tidak diukur secara kuantitatif intensitas cahaya yang masuk pada perairan.

Menurut Hellebust (1970) intensitas cahaya berpengaruh terhadap alga dimana sebagian besar alga memiliki kisaran toleransi terhadap intensitas cahaya: memutih (*bleaching*) jika berada di bawah intensitas cahaya tinggi dan pertumbuhan lambat jika di bawah intensitas cahaya rendah. Pudarnya warna pada rumput laut, dikarenakan pigmen yang terkandung mengalami fotodegradasi, yaitu perubahan kimiawi dari suatu senyawa atau molekul menjadi senyawa atau molekul yang lebih kecil akibat absorpsi foton, baik yang berasal dari cahaya ultraviolet, cahaya tampak, ataupun cahaya infra merah (Suparmi *et al.*,

2007). Perubahan selama fotodegradasi meliputi perubahan komposisi, perubahan warna, pemutusan ikatan, dan pengaturan kembali atom-atom dalam suatu molekul (Wiles & Carlsson, 1987; Lagowski, 1997 dalam Suparmi *et al.*, 2007).

Kestabilan pigmen *P. australis* pada kedalaman laut yang berbeda

Kedalaman mempengaruhi tingkat intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan. Perbedaan kedalaman mempengaruhi pada kestabilan pigmen yang dikandung *P. australis*. Gambar 4 menyajikan pola spektra fotodegradasi ekstrak kasar *P. australis* dari kedalaman 3 m.

Pada Gambar 4(a) nampak terjadinya degradasi pada pita Qy dan Soret seiring waktu iradiasi, yang sesuai dengan Tabel 3. Pada pelarut aseton dengan iradiasi sinar UV-C menunjukkan nilai persen degradasi yang tertinggi yaitu 86,9% pada Qy dan 85,3% pada soret pada jam ke-10. Hal yang sama terjadi pada pelarut metanol dengan iradiasi sinar UV-C Gambar 4(b), persen degradasi tertinggi pada Qy adalah 12,17% dan soret 8,98% pada jam ke-10. Penurunan nilai serapan pada daerah soret dan sinar tampak ini menunjukkan bahwa karotenoid melakukan mekanisme fotoproteksi pada klorofil. Berbeda halnya dengan yang terjadi pada sampel yang dilarutkan dalam metanol dengan iradiasi sinar polikromatik Gambar 4(d). Pada sampel tersebut terjadi peningkatan nilai serapan pada daerah soret, tetapi terjadi degradasi pada daerah Qy. Menurut Nurcahyanti & Limantara (2007) kenaikan absorbansi pada daerah soret dapat

terjadi dan diduga karena efek pembentukan produk-produk karotenoid teroksidasi dengan absorbansi yang lebih tinggi. Berbeda pula halnya pada sampel yang dilarutkan dalam aseton dengan iradiasi sinar polikromatik Gambar 4(c) yang menunjukkan nilai absorbansi yang stabil.

Sampel rumput laut *P. australis* pada kedalaman 6 m menunjukkan pola fotodegradasi yang mirip dengan sampel dari kedalaman 3 m. Gambar 5 menyajikan pola spektra fotodegradasi ekstrak kasar *P. australis* dari kedalaman 6 m.

Pada Gambar 5 (a) terjadi degradasi daerah solet dan Qy karena adanya mekanisme fotoproteksi dari karotenoid seperti pada Gambar 4. Nilai persen degradasi tertinggi terdapat pada pelarut aseton dengan iradiasi sinar UV (Gambar 5a), solet 34% dan Qy 35%. Pada pelarut metanol dengan iradiasi sinar UV (Gambar 5b) persen degradasi solet adalah 7,85% dan Qy 10,39%. Hal yang sama terjadi pada Gambar 5 (d) yaitu terjadi peningkatan daerah serapan pada solet sebagai mekanisme fotoproteksi oleh karotenoid. Sedangkan pada pelarut metanol dengan iradiasi sinar polikromatik (Gambar 5c) menunjukkan nilai yang cenderung stabil. Tabel 4 menyajikan persentase fotodegradasi *P. australis* dari kedalaman 6 meter.

Kinetika fotodegradasi

Tingkat degradasi masing-masing sampel dalam setiap perlakuan disajikan pada Gambar 6 yaitu berupa grafik kinetika fotodegradasi pada daerah Qy dalam pelarut aseton dan metanol.

Berdasarkan Gambar 6 nampak bahwa sampel dari kedalaman 6 m lebih stabil dibandingkan dengan sampel yang berasal dari kedalaman 3 m yang berkaitan dengan lingkungan tempat tumbuhnya. Terdapat perbedaan kandungan pigmen (Tabel 2) total klorofil pada kedalaman 6 m lebih tinggi dibandingkan 3 m.

Kesimpulan

Perbedaan kedalaman perairan mempengaruhi kandungan pigmen pada rumput laut *P. australis* Hauck. sebagai mekanisme adaptasi terhadap pemaparan cahaya. Klorofil a dan Fukoxantin merupakan pigmen dominan pada *P. australis* Hauck, baik pada kedalaman 3 meter maupun 6 meter. Perbedaan kedalaman tidak hanya mempengaruhi kandungan pigmen, akan tetapi juga berpengaruh terhadap kestabilan pigmen. Pigmen ekstrak kasar rumput laut *P. australis* Hauck. pada kedalaman 6 meter lebih stabil dibandingkan pada kedalaman 3 meter.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Depdiknas atas pendanaan penelitian ini, yang diberikan melalui program Beasiswa Unggulan PIIC 2007 di Magister Biologi Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

Daftar Pustaka

- Aguilera, J., Figueroa, F.L., Donat, P. Häder & Jiménez, C. 2008. Photoinhibition and photosynthetic pigment reorganisation dynamics in light/darkness cycles as photoprotective mechanisms of *Porphyra umbilicalis* against damaging effects of UV radiation. *Scientia Marina* 72(1) : 87-97.
- Atmadja, W.S., Kadi, A., Sulistijo & Rachmaniar. 1996. Pengenalan jenis-jenis rumput laut Indonesia. PUSLITBANG Oseanologi. LIPI, Jakarta. Hlm.56-152.
- Atmadja, W. S. 1997. Peranan & Fungsi Alga Makro Dalam Ekosistem Terumbu Karang. Prosiding Seeminar Nasional Pengelolaan Terumbu Karang. Panitia Program MAB Indonesian dan LIPI. Jakarta. Hal : 143 – 147.
- Atmadja, W.S. 2007. Apa rumput laut sebenarnya?. <http://www.coremap.or.id/print/article.php> (diakses 22 Maret 2008).
- Bischof, K., Gomez, I., Molis, M., Hanelt, D., Karsten, U., Luder, U., Roleda, M.Y., Zacher, K., & Wiencke, C. 2006. Ultraviolet radiation shapes seaweed communities. Review paper : *Rev Environ Sci Biotechnol*.
- Carlsson, A.S., Beilen, J.B van., Moller, R., & Clayton, D. 2007. Micro and macro algae : utility for industrial applications. CPL Press. UK.
- Dhargalkar, V.K. 2004. Effect of different temperature regimes on the chlorophyll a concentration in four species of Antarctic macroalgae. *Seaweed Res. Utiln* 26(1&2) :237-243.
- Fork, D.C., Herbert, S.K., & Malkin, S. 1991. Light energy distribution in the brown algae *Macrocystis pyrifera* (Giant Kelp). *Plant Physiol* (95) : 731-739.
- Green, B.R., & Durnford, D.G. 1996. The chlorophyll-carotenoid proteins of oxygenic photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol* 47 : 685-714.
- Gross, J. 1991. Pigment in vegetables : Chlorophylls and Carotenoids. Van Nostrand Reinhold. New

York.

- Haugan J. A., Aakermann T, & Liaaen-Jensen S. 1995. Example 2 : Macroalgae and Microalgae dalam : Britton, G., Liaaen-jensen, S. & Pfander, H. *Carotenoids Volume 1A: Isolation and analysis*. Birkäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin
- Hegazi, M.M., Ruzafa, A.P., Almela, L., & Candela, M.E. 1998. Separation and identification of chlorophylls and carotenoids from *Caulerpa prolifera*, *Jania rubens* and *Padina pavonica* by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *J. Chromatography A* 829 : 153-159.
- Hellebust, J. A. 1970. Light: Plants. In Kinne, O. (ed). *Marine Ecology*, Vol. 1, Part 1. Wiley Interscience. London. Pp. 125 – 158.
- Herring, P.J., Campbell, A.K., Whitfield, M., & Maddock, L. 1990. *Light and Life in The Sea*. Cambridge University press. Melbourne, Australia.
- Ilalqisny, A. I., & Widyaartini, D.S. 2000. Makroalga. Fakultas Biologi. Universitas Jendral Soedirman. Purwokerto. 152 hal.
- Jeffrey, S. W., R. F. C. Mantoura & S. W. Wright. 1997. *Phytoplankton pigments in oceanography*. Paris : United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- Limantara, L., P. Koehler, B. Wilhelm, R. J. Porra, & Hugo Scheer. 2006. Photostability of Bacteriochlorophyll *a* and Derivatives : Potential Sensitizers for Photodynamic Tumor Therapy. *Photochem. Photobiol.* (82) : 770-780.
- Luning, K. 1990. *Seaweeds : Their environment, biogeography and ecophysiology*. John Wiley and Sons Inc. Kanada.
- Maeda, H., Hosokawa, M., Sashima, T., Funayama, K., & Miyashita, K. 2005. Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochem. Biophysical Res. Comm.* 332 : 392-397.
- Maeda, H., Masashi, H., Tokutake, S., Nobuyuki, T., Teruo, K., & Kazuo, M. 2006. Fucoxanthin and its metabolite, fucoxanthinol, suppress adipocyte differentiation in 3T3-L1 cells. *Int. J. Molecular Medicine*. 18: 147-152.
- Mimuro, M., & Katoh, T. 1991. Carotenoids in photosynthesis : absorption, transfer and dissipation of light energy. *Pure & Appl. Chem* 63(1) : 123-130.
- Mori, K., Ooi, T., Hiraoka, M., Oka, N., Hamada, H., Tamura, M., & Kusumi, T. 2004. Fucoxanthin and Its metabolits in edible brown algae cultivated in deep seawaters. *Marine Drugs* 2 : 63-72.
- Nurchayanti, A.D.R., & Limantara, L. 2007. Fotodegradasi ekstrak kasar, klorofil *a*, dan Fukoxantin *Padina australis* dan *Dictyota crenulata*. Paper yang dipresentasikan pada seminar nasional pigmen "Back To Nature", dilaksanakan oleh Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga pada tanggal 24 Agustus 2007.
- Pepe, M., Giordino, C., Borsani, G., Cardoso, A.C., Chiauda, G., G. Premazzi, E., Rodari & Zillioli, E. 2001. Relationship between apparent optical properties and photosynthetic pigments in the sub-alpine Lake Iseo. *The science of total environment* 268 : 31-45.
- Suparmi., Prasetyo, B., & Limantara, L. 2007. Fotodegradasi pigmen bixin dari biji kesumba (*Bixa orellana*) : potensi sebagai pewarna alami makanan. Paper yang dipresentasikan pada seminar nasional pigmen "Back To Nature", dilaksanakan oleh Magister Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga pada tanggal 24 Agustus 2007.
- Vechetel, B.W., & Ruppel, H.G. 1992. Lipid Bodies in *Eremosphaera viridis* De Bary (Chlorophyceae). *Plant and Cell Phys.* 31: 41-48.
- Wasmund, N., Topp, I., & Schories, D. 2006. Optimising the storage and extraction of chlorophyll samples. *Oceanologia* 48(1): 125-144.
- Zapata, M., Garrido, J.L & Jeffrey, S.W. 2006. Chlorophyll *c* pigments : Current status. Didalam: Grimm, B., Porra, R.J., Rudiger, W., & Scheer, H. 2006. *chlorophylls and Bacteriochlorophylls : Biochemsitry, Biophysics, Functions and Applications*. Vol 25, Netherland : Springer. Hlm 40-50.