

**PENGARUH INTENSITAS CAHAYA TERHADAP PIGMEN  
CAROTENOID, FUcoxANTHIN, DAN PHAEOPHYTIN  
ZOOXANTHELLAE DARI ISOLAT KARANG LUNAK *Zoanthus* sp.**

***EFFECT OF LIGHT INTENSITY ON CAROTENOID, FUcoxANTHIN, AND  
PHAEOPHYTIN PIGMENTS OF ZOOXANTHELLAE FROM SOFT CORAL  
*Zoanthus* sp. ISOLATE***

**Weni Fitriyani, Esti Harpeni, dan Moh. Muhaemin**

Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Indonesia

Email: wenify3@gmail.com; mmuhaemin@gmail.com

Registrasi: 22 November 2016; Diterima setelah perbaikan: 1 Maret 2017;

Disetujui terbit: 3 Maret 2017

**ABSTRAK**

Zooxanthellae merupakan simbion karang yang membantu pertumbuhan dan pembentukan warna karang. Warna karang dihasilkan dari pigmen yang dimilikinya, seperti carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin. Ketiga pigmen tersebut juga berfungsi dalam menyerap cahaya tidak mampu diserap oleh klorofil, yang kemudian akan ditransfer ke pusat fotosintesis. Tujuan penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp. Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli - Agustus 2016, bertempat di Laboratorium Budidaya Perikanan Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan dengan empat intensitas cahaya yang berbeda yaitu  $IC_1=3800$  Lux,  $IC_2=6250$  Lux,  $IC_3=7980$  Lux dan  $IC_4=11800$  Lux. Berdasarkan uji analisis ragam pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa intensitas cahaya berpengaruh terhadap konsentrasi carotenoid dan fucoxanthin, namun intensitas cahaya tidak berpengaruh terhadap konsentrasi phaeophytin. Intensitas cahaya yang paling baik digunakan untuk produksi carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin yaitu  $IC_3$  (7980 Lux).

**KATA KUNCI: Cahaya, carotenoid, fucoxanthin, phaeophytin, zooxanthellae.**

**ABSTRACT**

*The zooxanthellae a coral symbionts help the growth and formation of coral color. From the resulting coral color pigments has, such as carotenoids, fucoxanthin and phaeophytin. The third pigment absorbs the light not able to be absorbed by chlorophyll, the which are to be transferred to the center of photosynthesis. The purpose of research is to determine the effect of light intensity on the carotenoid pigment, fucoxanthin and phaeophytin zooxanthellae from soft coral *Zoanthus* sp. Isolates. The experiment was conducted during the month of July-August 2016 held at the Laboratory of Aquaculture Department of Fisheries and Marine Faculty of Agriculture, University of Lampung. This research was conducted with four different light intensities are  $IC_1 = 3800$  Lux,  $IC_2 = 6250$  Lux,  $IC_3 = 7980$  Lux and  $Lux IC_4 = 11800$  Lux. Based on analysis of variance test on confidence interval of 95% indicates that the effect of light intensity on concentration of carotenoids and fucoxanthin, but the intensity*

*of light has no effect on concentration phaeophytin. Good light intensity used for carotenoids, fucoxanthin and phaeophytin that IC<sub>3</sub> (7980 Lux).*

**KEYWORDS:** Carotenoid, fucoxanthin, light, phaeophytin, zooxanthellae.

## 1. PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan ekosistem yang terancam kepunahannya akibat perubahan alam dan aktivitas manusia. Dampak dari ancaman tersebut di tandai dengan adanya cabang karang yang patah serta pemutihan. Pemutihan karang disebabkan oleh hilangnya simbion karang yaitu zooxanthellae akibat kondisi karang yang rusak.

Zooxanthellae termasuk golongan dinoflagellata yang hidup bersimbiosis dengan karang. Zooxanthellae menyediakan makanan untuk karang dari hasil fotosintesis, sedangkan karang memberikan tempat perlindungan zooxanthellae dari pemangsa serta menyediakan nutrisi seperti nitrogen, fosfor dan karbon dioksida untuk fotosintesis zooxanthellae (Ulfa, 2009). Zooxanthellae membutuhkan cahaya untuk tetap melakukan fotosintesis. Kemampuan zooxanthellae dalam menyerap cahaya berbeda-beda. Ketika cahaya terlalu tinggi maka pigmen aksesori akan membantu menyerap cahaya tersebut untuk diteruskan ke pusat fotosintesis.

Pigmen aksesori yang dimiliki zooxanthellae antara lain pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin. Carotenoid berfungsi sebagai pigmen aksesori dan fotoproteksi. Pigmen fucoxanthin merupakan produk turunan dari carotenoid yang termasuk golongan xanthofil. fucoxanthin menghasilkan warna oranye dan mengabsorpsi

cahaya hijau dan biru (Hii, 2010). Pada fotosintesis, fucoxanthin menyerap cahaya yang tidak dapat diserap oleh klorofil. Cahaya tersebut kemudian diubah menjadi energi dan ditransfer kembali ke klorofil untuk fotosintesis. Phaeophytin merupakan senyawa turunan klorofil yang terbentuk akibat hilangnya ion Mg<sup>2+</sup> pada klorofil. Proses terbentuknya phaeophytin yaitu karena denaturasi perlindungan dalam kloroplas yang mengakibatkan lepasnya ion Mg<sup>2+</sup> di pusat klorofil dan diganti oleh ion H<sup>+</sup> sehingga membentuk phaeophytin (Gross, 1991). Phaeophytin merupakan komponen penting dari pusat reaksi fotosintesis dan terlibat dalam transfer elektron dimana energi cahaya diubah menjadi energi kimia. Sedikitnya informasi mengenai pigmen tersebut maka perlu dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp.

## 2. BAHAN DAN METODE

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli - Agustus 2016, bertempat di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

### Prosedur Penelitian

#### Persiapan alat dan bahan

Persiapan alat dan bahan yang dilakukan meliputi sterilisasi menggunakan autoklaf Wiseclave

Daihan, perebusan, filter dan UV serta dengan alkohol 70%. Alat-alat yang diautoklaf yaitu botol kultur dan erlenmeyer, dan bahannya yaitu air laut. Alat yang disterilisasi dengan perebusan yaitu selang aerator, sedangkan bahan yang disterilisasi dengan filter dan UV yaitu air laut yang dilakukan oleh PT. Central Proteina Prima Tbk. Alkohol 70% digunakan untuk sterilisasi alat seperti pipet tetes, kuvet dan tabung reaksi. Tujuan dari sterilisasi yaitu untuk mencegah terjadinya kontaminasi selama masa kultur.

### Pembuatan Media

Media kultur zooxanthellae merupakan media air laut yang ditambahkan dengan pengkaya (Tabel 1). Langkah pembuatan media cair yaitu 400 ml air laut steril dimasukkan ke dalam botol kultur, kemudian ditambahkan bahan pengkaya lalu dihomogenkan di atas hotplate stirrer Stuart CB162 selama 10-15 menit dan siap digunakan.

Tabel 1. Komposisi media kultur zooxanthellae

Bahan	Kuantitas (lL)	Stok (g/950 ml Air Laut)	Literatur
Biotin (B1)	10 ml	0,1 gram	
Thiamine.HCl	200 mg	-	Pujiono <i>et al.</i> , 2010
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	75 g/l		
NaNO <sub>3</sub>	5 g/l		
Pupuk Conwy	1 ml	-	Muhaemin <i>et al.</i> , 2014
Kanamycin	50 µg/ml		
Amoxicillin	100 µg/ml		Soffer, 2009
Streptomycin	50 µg/ml		

### Kultur Zooxanthellae

Kultur zooxanthellae dilakukan dengan cara mengambil polip ( $\pm 50$  gram) yang menempel pada karang, lalu dihaluskan dengan mortar. Setelah itu sampel disaring menggunakan kertas saring ( $0,45 \mu\text{m}$ ) sebanyak 2 kali (Pujiono, 2012).. Hasil saringan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam media

cair lalu diaerasi dan diberi cahaya (3800, 6250, 7980 dan 11800 lux).

### Rancangan Penelitian

Penelitian terdiri dari 4 perlakuan intensitas cahaya yang berbeda, yaitu IC<sub>1</sub> (3800 lux), IC<sub>2</sub> (6250 lux), IC<sub>3</sub> (7980 Lux) dan IC<sub>4</sub> (11800 lux) dengan setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali.

### Pengukuran Pigmen Zooxanthellae

Sampel kultur diambil sebanyak 10 ml kemudian di sentrifuge selama 5 menit dengan kecepatan 1000 rpm. Endapan yang terbentuk ditambahkan 10 ml aseton 90% dan dihomogenisasi menggunakan votex mixer PV-1 selama 1 menit dengan kecepatan rendah. Sampel disimpan dalam ruang gelap pada suhu -4°C selama 24 jam. Sampel yang sudah disimpan lalu dibiarkan mencair, kemudian disentrifugasi aRotina35 dengan kecepatan 1000 rpm selama 5 menit. Hasil sentrifugasi berupa supernatan dan pellet. Supernatan diambil dan diukur menggunakan spektrofotometer Genesys 20 dengan panjang gelombang 480, 510, 750 nm (carotenoid), 664, 665, 750 nm (phaeophytin), 470, 581, 631 nm (fucoxanthin). Pengukuran phaeophytin dilakukan sebelum dan sesudah penambahan HCl. Penambahan HCl berfungsi untuk mempercepat proses phaeophytinasi. Reaksi phaeophytinasi adalah reaksi pembentukan phaeophytin yang berwarna coklat, dimana ion Mg<sup>2+</sup> dari klorofil akan semakin banyak lepas dengan proses pemanasan serta pengaruh keasaman (Gross, 1991). Hal tersebut sesuai dengan Budiyanto (2008) bahwa pemberian asam klorida dapat mempercepat proses fotodegradasi klorofil serta membentuk phaeophytin. Setelah didapat nilai absorbansi, dihitung konsentrasi

carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin berdasarkan Strychar (2012).

### Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air selama masa kultur dijaga dalam kondisi optimum (Tabel 2). Kondisi optimum yaitu kondisi media kultur yang berada pada kondisi terbaik untuk kelangsungan hidup zooxanthellae.

Tabel 2. Parameter kualitas air

Parameter	Nilai Optimum	Sumber
Suhu (°C)	25-38	Hill <i>et al.</i> , (2009)
Salinitas(ppt)	25-37	Hadikusumah (2007)
pH	7-9	Gunawan (2012)

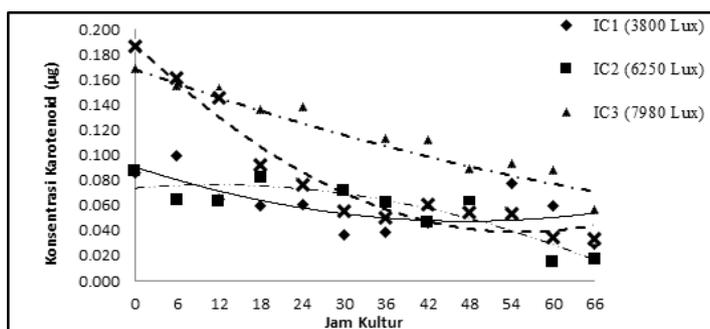
### Analisis Data

Data hasil penelitian diolah dengan menggunakan uji Anova dengan tingkat kepercayaan 95%. Apabila terdapat perbedaan nyata antara perlakuan maka dilanjutkan uji lanjut Beda Nyata Terkecil (BNT) (Steel dan Torrie, 2001). Sedangkan hubungan intensitas cahaya dan pigmen dibahas berdasarkan nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) dan Koefisien Korelasi ( $r$ ) serta data kualitas air dianalisis secara deskriptif.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pigmen Carotenoid

Pemberian intensitas cahaya terhadap zooxanthellae memberikan pengaruh terhadap pigmen carotenoid yang dihasilkan. Selama kultur zooxanthellae jam ke-0 hingga ke-66, carotenoid yang dihasilkan cenderung mengalami penurunan pada setiap perlakuan (Gambar 1). Konsentrasi pigmen carotenoid berdasarkan rata-rata konsentrasi pigmen per sel zooxanthellae yaitu IC<sub>1</sub> ( $2,13.10^{-7}$  µg/sel), IC<sub>2</sub> ( $1,24.10^{-7}$  µg/sel), IC<sub>3</sub> ( $4,02.10^{-7}$  µg/sel), IC<sub>4</sub> ( $2,23.10^{-7}$  µg/sel). Perlakuan IC<sub>3</sub> dengan intensitas cahaya yang lebih rendah dari IC<sub>4</sub> menunjukkan konsentrasi pigmen carotenoid yang lebih tinggi. Hal tersebut diduga karena cahaya (IC<sub>4</sub>) yang dipaparkan ke zooxanthellae terlalu tinggi sehingga stabilitas carotenoid terganggu dan mengalami degradasi menjadi turunannya. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Wahyuni (2015), bahwa pengaruh intensitas cahaya yang tinggi dapat mempengaruhi penurunan carotenoid serta menyebabkan terjadinya degradasi. Perlakuan IC<sub>1</sub> menghasilkan konsentrasi carotenoid zooxanthellae yang lebih tinggi dibandingkan IC<sub>2</sub>. Hal tersebut dikarenakan pada IC<sub>2</sub>, cahaya yang diberikan berada dalam kondisi yang sesuai untuk menghasilkan pigmen carotenoid, sehingga klorofil masih dapat memanfaatkannya dengan baik untuk fotosintesis.



Gambar 1. Konsentrasi carotenoid zooxanthellae

Secara umum, carotenoid tertinggi dihasilkan pada jam kultur ke-0 hingga ke-18. Pada jam kultur tersebut merupakan mekanisme proteksi carotenoid terhadap klorofil akibat paparan cahaya. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kumar (2011), bahwa peningkatan jumlah carotenoid dengan meningkatkan tingkat radiasi cahaya. Peningkatan kandungan carotenoid dengan meningkatkan intensitas cahaya adalah mekanisme adaptif oleh organisme untuk fotoproteksi. Akan tetapi, konsentrasi carotenoid mengalami penurunan pada jam kultur ke-24 hingga ke-66, karena pigmen fotosintesis sudah mampu memanfaatkan cahaya dengan baik. Penurunan carotenoid juga dapat diakibatkan oleh paparan cahaya yang terlalu tinggi, seperti pada perlakuan IC<sub>4</sub>. Pengaruh intensitas cahaya yang tinggi dapat mempengaruhi penurunan carotenoid serta menyebabkan terjadinya degradasi (Wahyuni, 2015). Semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk kultur zooxanthellae, maka akan semakin banyak cahaya yang dipaparkan. Hal tersebut mengakibatkan degradasi carotenoid karena carotenoid tidak mampu menyerap semua cahaya yang diberikan sehingga konsentrasi yang dihasilkan semakin sedikit.

Carotenoid merupakan pigmen berwarna kuning, oranye yang dapat ditemukan pada organisme fotosintetik. Pada sistem fotosintesis, carotenoid memiliki dua fungsi utama yaitu sebagai pigmen aksesori dan proteksi. Sebagai pigmen aksesori, carotenoid menyerap kelebihan cahaya yang tidak mampu diserap klorofil sehingga memperluas jangkauan penyerapan cahaya yang efektif untuk fotosintesis (Young, 1991). Sebagai fotoproteksi, carotenoid menyerap dan melepaskan energi

cahaya yang berlebihan yang apabila energi tersebut tidak dilepas akan merusak klorofil (Tyas, 2006).

Hubungan waktu kultur terhadap pigmen carotenoid dijelaskan dengan regresi polinomial. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) yang lebih dari 0,791 menunjukkan bahwa regresi polinomial mampu menjelaskan variasi data dengan baik. Hasil uji ANOVA, pemberian intensitas cahaya yang berbeda berpengaruh terhadap pigmen carotenoid ( $p < 0,05$ ). Hasil uji BNT menunjukkan bahwa IC<sub>3</sub> berbeda nyata terhadap IC<sub>1</sub> dan IC<sub>2</sub>, IC<sub>1</sub> tidak berbeda nyata terhadap IC<sub>2</sub> dan IC<sub>4</sub>, serta IC<sub>2</sub> tidak berbeda nyata terhadap IC<sub>4</sub>.

### **Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pigmen Fucoxanthin**

Fucoxanthin merupakan pigmen turunan carotenoid termasuk kelompok xanthofil yang terdapat pada alga coklat. Fucoxanthin berperan dalam penyerapan cahaya yang membantu mikroorganisme fotosintetik agar tetap berfotosintesis (Sivagnanam, 2015). Pada fotosintesis, fucoxanthin berperan dalam mentransfer energi berlebih ke rantai transpor elektron fotosintesis melalui klorofil a. Fucoxanthin menghasilkan warna orange yang menyerap cahaya hijau dan biru. Hasil penelitian menunjukkan penurunan konsentrasi fucoxanthin pada setiap perlakuan selama waktu kultur (Gambar 2). Konsentrasi fucoxanthin pada setiap perlakuan yaitu IC<sub>1</sub> ( $2,16 \cdot 10^{-8}$  µg/sel), IC<sub>2</sub> ( $1,05 \cdot 10^{-8}$  µg/sel), IC<sub>3</sub> ( $4,133 \cdot 10^{-8}$  µg/sel) dan IC<sub>4</sub> ( $2,3 \cdot 10^{-8}$  µg/sel).

Penurunan konsentrasi fucoxanthin terjadi karena zooxanthellae terpapar oleh cahaya dalam waktu yang lama, sehingga dapat menyebabkan perubahan stabilitas fucoxanthin terhadap paparan cahaya. Kestabilan fucoxanthin dipengaruhi

oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu cahaya. fucoxanthin akan mengalami penurunan stabilitas bila terpapar cahaya. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Latasa (1995) bahwa kultur mikroalga dengan intensitas cahaya rendah menghasilkan pigmen fucoxanthin lebih tinggi dibandingkan kultur dengan intensitas cahaya tinggi.

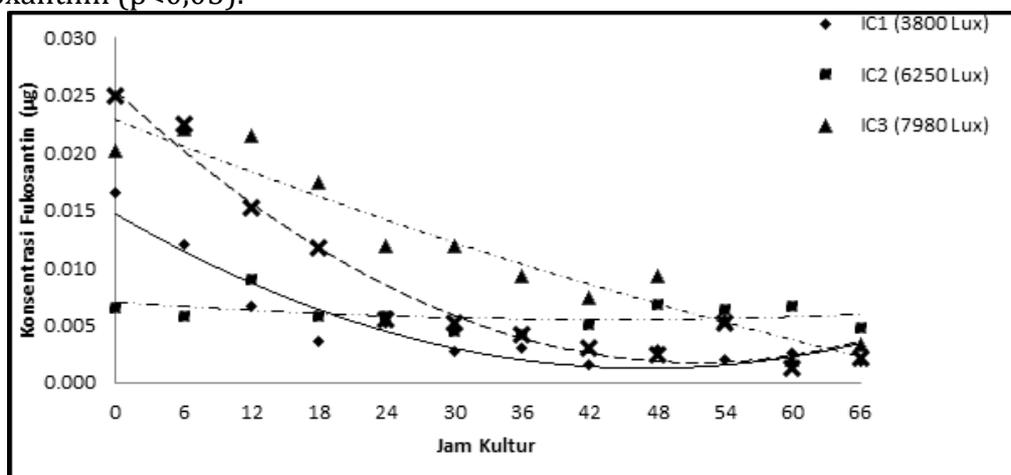
Fucoxanthin merupakan pigmen turunan carotenoid yang termasuk kelompok xanthofil yang terdapat pada alga coklat. Fucoxanthin berkontribusi lebih dari 10% dari total produksi carotenoid di alam. Fucoxanthin menghasilkan warna oranye yang menyerap cahaya hijau dan biru. Fucoxanthin berperan dalam penyerapan cahaya dan perpindahan energi yang membantu mikroorganisme fotosintetik agar tetap berfotosintesis (Sivagnanam, 2015).

Hubungan waktu kultur terhadap pigmen fucoxanthin menunjukkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) lebih dari 0,894. Hal tersebut menunjukkan bahwa regresi polinomial dapat digunakan untuk menggambarkan keragaman data dengan baik. Hasil uji ANOVA menyatakan bahwa intensitas cahaya berpengaruh terhadap produksi pigmen fucoxanthin ( $p < 0,05$ ).

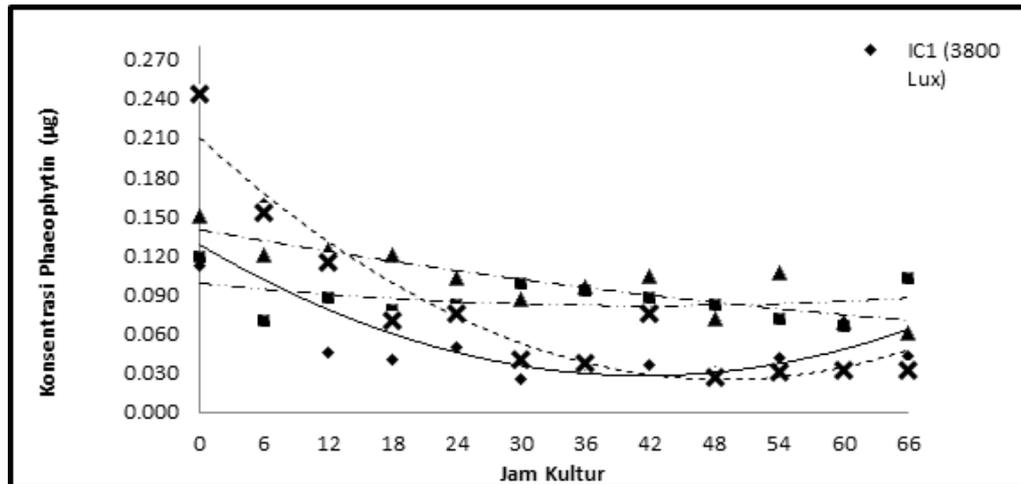
Berdasarkan uji lanjut BNT diketahui bahwa  $IC_4$  berbeda nyata terhadap  $IC_1$  dan  $IC_2$  namun tidak berbeda nyata terhadap  $IC_4$ . Perlakuan  $IC_1$  tidak berbeda nyata terhadap  $IC_2$  dan  $IC_4$ , serta  $IC_2$  tidak berbeda nyata terhadap  $IC_4$ .

### **Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pigmen Phaeophytin**

Phaeophytin merupakan pigmen turunan dari klorofil yang terbentuk akibat degradasi oleh klorofil. Phaeophytin merupakan komponen penting dari pusat reaksi fotosintesis dan terlibat dalam transfer elektron dimana energi cahaya diubah menjadi energi kimia (Dimara, 2012). Konsentrasi phaeophytin pada zooxanthellae secara umum mengalami penurunan seiring lamanya waktu kultur (Gambar 3). Konsentrasi phaeophytin pada setiap perlakuan yaitu  $IC_1$  ( $3,15 \cdot 10^{-7} \mu\text{g}/\text{sel}$ ),  $IC_2$  ( $1,19 \cdot 10^{-7} \mu\text{g}/\text{sel}$ ),  $IC_3$  ( $2,54 \cdot 10^{-7} \mu\text{g}/\text{sel}$ ) dan  $IC_4$  ( $2,07 \cdot 10^{-7} \mu\text{g}/\text{sel}$ ). Pada perlakuan  $IC_3$  menghasilkan phaeophytin per sel yang lebih banyak dibandingkan  $IC_4$ . Perbedaan konsentrasi antara  $IC_K$  dan  $IC_3$  sebesar  $7 \cdot 10^{-7} \mu\text{g}/\text{sel}$ .



Gambar 2. Konsentrasi fucoxanthin zooxanthellae



Gambar 3. Konsentrasi Phaeophytin Zooxanthellae

Penurunan konsentrasi phaeophytin yang cepat terjadi karena klorofil mampu memanfaatkan cahaya dan memiliki kestabilan yang baik, sehingga produk degradasi yang terbentuk semakin sedikit (Gross, 1991). Akan tetapi, penurunan terjadi secara fluktuatif hingga jam kultur ke-66. Waktu kultur yang semakin lama dan lama penyinaran cahaya, menyebabkan klorofil tidak stabil sehingga terdegradasi menjadi phaeophytin dan konsentrasi yang dihasilkan mengalami peningkatan dan penurunan. Phaeophytin merupakan senyawa turunan klorofil yang terbentuk akibat hilangnya ion  $Mg^{2+}$  pada klorofil karena paparan cahaya (Kusmita, 2009). Phaeophytin merupakan komponen penting dari pusat reaksi fotosintesis dan terlibat dalam transfer elektron dimana energi cahaya diubah menjadi energi kimia. Peristiwa fotodegradasi akan mendorong terjadinya perubahan struktur molekul klorofil menjadi turunannya apabila ekstrak klorofil diradiasi terus menerus dalam waktu lama dengan intensitas cahaya tinggi akan menyebabkan perubahan struktur kimia klorofil, dapat membentuk molekul baru yang lebih sederhana strukturnya, dan mampu

mempengaruhi pigmen hijau menjadi oranye dan bening. Pada rangkaian klorofil terdapat rangkaian yang disebut fitil ( $C_{20}H_{39}O$ ) yang jika terkena air dengan pengaruh enzim klorofilase akan merubah menjadi fitol ( $C_{20}H_{39}OH$ ) atau menjadi turunannya seperti phaeophytin.

Hubungan waktu kultur terhadap pigmen phaeophytin menunjukkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) lebih dari 0,646 kecuali pada perlakuan IC<sub>1</sub> dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) hanya 0,113. Hal tersebut menunjukkan bahwa regresi polinomial dapat digunakan untuk menggambarkan keragaman data dengan baik. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa intensitas cahaya tidak berpengaruh terhadap produksi phaeophytin.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pigmen pada zooxanthellae diperoleh kesimpulan, yaitu intensitas cahaya yang berbeda memberikan pengaruh terhadap produksi pigmen carotenoid dan fucoxanthin, namun tidak memberikan pengaruh terhadap phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp. Selain itu, paparan

intensitas cahaya akan merespon secara aktif oleh zooxanthellae yang ditandai dengan tingginya konsentrasi carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae pada awal kultur (0-18 jam).

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggraeni R. 2008. *Evaluasi Ekonomi Ekosistem Terumbu Karang Taman Nasional Karimun Jawa*. Bogor: IPB.
- Budiyanto AW, Notosudarmo S, Limantara L. 2008. Pengaruh pengasaman terhadap fotodegradasi klorofil a. *Jurnal Matematika dan Sains*. 13(03):66-75.
- Dahuri R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut: Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama,
- Donner SD, Skirving WJ, Little CM, Oppenheimer M, Guldbergs OH. 2005. Global assessment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate change. *Global Change Biology*. 11(1):2251-2265.
- Fachrurrozie A, Patria MP, Widiarti R. 2012. Pengaruh perbedaan intensitas cahaya terhadap kelimpahan zooxanthellae pada karang bercabang (marga: acropora) di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu. *Jurnal Akuatika*. 3(2):115-124.
- Gross J. 1991. *Pigment in Vegetables*. Van Nostrand Reinhold: Springer US.
- Hii SL, Choong PY, Woo KK, Wong CL. 2010. Stability Studies of Fucoxanthin From Sargassum Binderi. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 4(10):4580-4584.
- Kusmita L, Limantara L. 2009. Pengaruh Asam Kuat dan Asam Lemah terhadap Agregasi dan Feofitinisasi Klorofil a dan b. *Indo. J. Chem*. 9(1):70-76.
- Latasa M, Bidigare RK, Ondrusek ME, Kennicutt MC. 1995. HPLC analysis of algal pigments: a comparison exercise among laboratories and recommendations for improved analytical performance. *Marine Chemistry*. 315-324.
- Mandelli F, Yamashita F, Pereira JL, Mercadante AZ. 2012. Evaluation of biomass production, carotenoid level and antioxidant capacity produced by *thermus filiformis* using fractional factorial design. *Brazilian Journal of Microbiology*. 126-134.
- Mane A, Karadge BA, Samant JS. 2010. Salinity induced changes in photosynthetic pigments and polyphenols of *Cymbopogon Nardus* (L.) Rendle. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*. 2(3):338-347.
- Muhaemin M, Practica F, Rosi DS, Agustina T. 2014. Starvasi nitrogen dan pengaruhnya terhadap biomassa dan protein total *Nannochloropsis* sp. *Maspari Journal*. 6(2).
- Purnomo PW, Soedharma D, Zamani NP, Sanusi HS. 2010. Model kehidupan zooxanthellae dan penumbuhan massalnya pada media binaan. *Jurnal Saintek Perikanan*. 6(1):46-54.
- Sivagnanam SP, Yin S, Choi JH, Park Y. B, Woo HC, Chun BS. 2015. Biological properties of fucoxanthin in oil recovered from two brown seaweeds using supercritical CO<sub>2</sub> extraction. *Marine Drugs*. 13(1): 3422-3442.

- Steel RG, Torrie JH. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistika*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Soffer N. (2009). *Practical Applications for Symbiodinium Grown on Solid Media: Culturing, Fluorometry and Transformations*. University of Miami.
- Strychar KB, Sammarco PW. 2012. Effects of heat stress on phytopigments of zooxanthellae (*Symbiodinium* spp.) symbiotic with the corals *Acropora hyacinthus*, *Porites solida*, and *Favites complanata*. *International Journal of Biology*. 4(1):3.
- Tyas KN. 2006. *Adaptasi Kedelai Terhadap Intensitas Cahaya Rendah Melalui Efisiensi Penangkapan Cahaya*. Bogor: IPB.
- Ulfa M. 2009. *Pengaruh Jenis Lampu Yang Berbeda Terhadap Mitotik Indeks, Densitas Zooxantellae Dan Morfologi Anemon (Heteractis Malu) Pada Skala Laboratorium*. Bogor: IPB.
- Wahyuni DT, Widjanarko SB. 2015. Pengaruh jenis pelarut dan lama ekstraksi terhadap ekstrak karotenoid labu kuning dengan metode gelombang ultrasonik. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(2):390-401.

**Weni Fitriyani *et al.***  
**Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Pigmen**  
**Carotenoid, Fucoxanthin, dan Phaeophytin**  
**Zooxanthellae dari Isolat Karang Lunak *Zoanthus* sp.**