

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

**SKRIPSI**

Oleh  
**WENI FITRIYANI**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

## **ABSTRACT**

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

**By**

**Weni Fitriyani**

Zooxanthellae are microorganisms that live inside coral polyps, which contribute to the formation of coral reefs. Zooxanthellae donate 90% of their photosynthetic production for coral growth. In addition zooxanthellae are also capable of providing color to the reef because the zooxanthellae have pigments such as carotenoids, fucoxanthin and phaeophytin. Carotenoid pigments, fucoxanthin and phaeophytin help the process of photosynthesis by absorbing light that is not able to be absorbed by chlorophyll. Light absorbed is then transferred to the center of photosynthesis. The purpose of research is to determine the effect of light intensity on carotenoid pigments, fucoxanthin and phaeophytin zooxanthellae from soft coral isolates *Zoanthus* sp. The study was conducted in July-August 2016 held at the Laboratory of Aquaculture Department of Fisheries and Marine Resources, 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  $IC_4 = 11800$  Lux. Measurement of carotenoid pigments, fucoxanthin and phaeophytin performed using a spectrophotometer Genesys 20 at different wavelengths. Based on the analysis of variance test at 95% confidence interval showed that the intensity of light that affect the production of carotenoids and fucoxanthin, but the intensity of the light does not affect the production of phaeophytin. The light intensity is best used for the production of carotenoids, namely phaeophytin fucoxanthin and  $IC_3$  (7980 Lux). Light used in the  $IC_3$  is sunlight, so that pigment production either on the intensity because sunlight contains all the energy that can be absorbed by zooxanthellae to produce pigment.

*Keywords: Light, pigments, reef, symbionts, color.*

## **ABSTRAK**

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

**Oleh**

**Weni Fitriyani**

Zooxanthellae merupakan mikroorganisme yang hidup didalam polip karang, yang berkontribusi dalam pembentukan terumbu karang. Zooxanthellae menyumbangkan 90% hasil fotosintesisnya untuk pertumbuhan karang. Selain itu zooxanthellae juga mampu memberikan warna pada karang karena zooxanthellae memiliki pigmen seperti carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin. Pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin membantu proses fotosintesis dengan cara menyerap cahaya yang tidak mampu diserap oleh klorofil. Cahaya yang diserap tersebut kemudian 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. Pengukuran pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin dilakukan menggunakan spektrofotometer Genesys 20 pada panjang gelombang yang berbeda. Berdasarkan uji analisis varian pada selang kepercayaan 95% menunjukkan bahwa intensitas cahaya berpengaruh terhadap produksi carotenoid dan fucoxanthin, namun intensitas cahaya tidak berpengaruh terhadap produksi phaeophytin. Intensitas cahaya yang paling baik digunakan untuk produksi carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin yaitu  $IC_3$  (7980 Lux). Cahaya yang digunakan pada  $IC_3$  merupakan cahaya matahari, sehingga produksi pigmen baik pada intensitas tersebut karena cahaya matahari memiliki semua energi yang dapat diserap oleh zooxanthellae untuk menghasilkan pigmen.

*Kata Kunci : Cahaya, pigmen, karang, simbion, warna.*

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

Oleh  
**WENI FITRIYANI**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERIKANAN**

**Pada**

**Program Studi Budidaya Perairan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

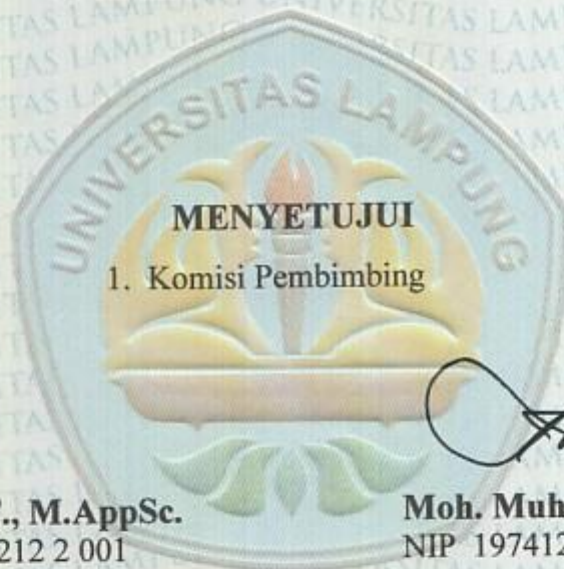
Judul Skripsi : **PENGARUH INTENSITAS CAHAYA TERHADAP  
PIGMEN CAROTENOID, FUcoxANTHIN DAN  
PHAEOPHYTIN ZOOXANTHELLAE DARI  
ISOLAT KARANG LUNAK *Zoanthus* sp.**

Nama Mahasiswa : **Weni Fitriyani**

No. Pokok Mahasiswa : 1214111067

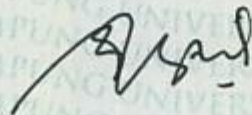
Program Studi : Budidaya Perairan

Fakultas : Pertanian

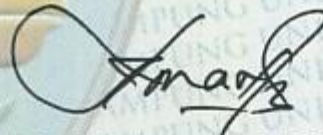


**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

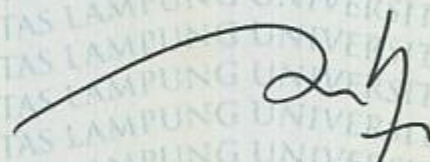


**Esti Harpeni, S.T., M.AppSc.**  
NIP 19791118 200212 2 001



**Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.**  
NIP 19741212 200003 1 002

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan

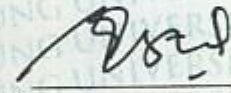


**Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.**  
NIP 19640215 199603 2 001

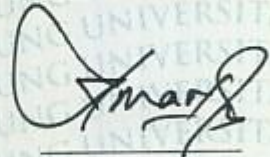
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

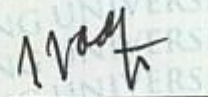
**Ketua : Esti Harpeni, S.T., M.AppSc.**



**Sekretaris : Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si.**

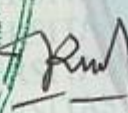


**Penguji  
Bukan Pembimbing : Wardiyanto, S.Pi., M.P.**



**Dekan Fakultas Pertanian**

**Prof. Dr. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP 19611020 198603 1 002



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 07 Desember 2016**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis saya, Skripsi/Laporan Akhir ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (Sarjana/Ahli Madya), baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing
3. Dalam karya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah tertulis atau di publikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya yang sesuai norma yang berlaku di Perguruan Tinggi ini.

Bandar Lampung, 21 Desember 2016

Yang Membuat Pernyataan



Weni Fitriyani

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Natar pada tanggal 08 Oktober 1994, merupakan anak ketiga dari pasangan Bapak Mudiyono dan Ibu Sugiyatni. Pendidikan yang pernah ditempuh penulis adalah Taman Kanak-Kanak di Desa Tanjung Sari yang diselesaikan pada tahun 2001. Pendidikan Dasar di SD Negeri 1 Tanjung Sari yang diselesaikan pada tahun 2006. Pendidikan Tingkat Pertama di SMP Negeri 1 Natar yang diselesaikan pada tahun 2009, kemudian pendidikan tingkat Atas di SMA Negeri 1 Natar yang diselesaikan pada tahun 2012.

Penulis diterima menjadi mahasiswa program Studi Budidaya Perairan pada tahun 2012 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Mikrobiologi, Fisiologi Hewan Air dan Manajemen Kesehatan Ikan. Organisasi yang pernah diikuti penulis yaitu HIDRILA, menjadi anggota bidang Kerohanian pada periode 2013/2014 dan menjadi Ketua Bidang Kerohanian Periode 2014/2015. Penulis pernah melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Gedung Aji Kecamatan Selagai Lingga Lampung Tengah pada tahun 2015. Penulis pernah melakukan magang kerja di Loka Pemeriksaan Penyakit Ikan dan Lingkungan (LP2IL) Serang pada tahun 2014 di Laboratorium Kualitas Air dan mikrobiologi serta melakukan kegiatan praktik umum di Loka Pemeriksaan Penyakit Ikan dan Lingkungan (LP2IL) Serang pada tahun 2015 di Laboratorium Mikrobiologi.

Pada semester delapan tahun 2016, penulis mengajukan judul skripsi dan melaksanakan penelitian sebagai salah satu syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar sarjana perikanan dengan judul **“Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kandungan Carotenoid, Fucoxanthin dan Phaeophytin Zooxanthellae dari Isolat Karang Lunak *Zoanthus* sp.”**.



Dengan rasa syukur kepada Allah SWT. Kupersembahkan karya terbaik dalam hidupku kepada Bapak dan Ibu yang selalu mendoakan, mendidik dan memberi semangat yang tiada henti

Mamas serta keluarga besar tercinta yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan

Sahabat yang selalu menemani dan memberikan semangat

Almamater tercinta "Universitas Lampung"

Hidup ini kadang tidak berjalan sesuai keinginan kita, karena pengemudi hidup kita sejatinya bukan kita sendiri (Tere Liye)

Ketika Allah belum mengizinkan kita mendapatkan yang kita minta, sesungguhnya Dia tengah menyuruh kita untuk mensyukuri apa yang sedang kita punya (Anonim)

Ketahuiilah bahwa sabar, jika dipandang dalam permasalahan seseorang adalah ibarat kepala dari suatu tubuh. Jika kepalanya hilang maka keseluruhan tubuh itu akan membusuk. Sama halnya, jika kesabaran hilang, maka seluruh permasalahan akan rusak.

*(Ali Bin Abi Thalib)*

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”

*(Al-Baqarah: 216)*

## SANWACANA

Alhamdulillah atas kehadiran ALLAH SWT yang melimpahkan rahmat dan hidayah Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kandungan Carotenoid, Fucoxanthin dan Phaeophytin Zooxanthellae dari Isolat Karang Lunak *Zoanthus* sp.”**, yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu, Bapak, Mamas dan Mbak yang tak pernah lelah mendukung dan mendoakan serta senantiasa memberikan semangat dalam menyelesaikan pembuatan skripsi.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. sebagai dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ibu Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. sebagai ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan Universitas Lampung
4. Bapak Limin Santoso, S.Pi., M.Si sebagai ketua Program Studi Budidaya Perairan Universitas Lampung
5. Bapak Moh. Muhaemin, S.Pi., M.Si dan Ibu Esti Harpeni S.T., MappSc selaku Pembimbing atas ilmu, bimbingan, nasehat serta saran yang menjadikan saya lebih baik lagi
6. Bapak Wardiyanto, S.PI., M.P. selaku pembahas atas bimbingan, motivasi, nasehat, saran dan evaluasi dalam penyelesaian skripsi.
7. Bapak Dr. Supono, S.Pi., M.Si selaku pembimbing akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan kepada penulis selama menjalankan studi di Program Studi Budidaya Perairan.
8. Tim Zooxanthellae (Cun, Sulis) yang saling melengkapi satu sama lain sehingga penelitian kita dapat terselesaikan dengan baik.
9. Tim Coral Reef (Akbar, Kak Mustawa) yang selalu membantu dalam pelaksanaan penelitian hingga selesai.

10. Teman-teman seperjuangan Ayu, Anggita, Haryanti, Sohib, Desi, Gita, Atik, Ira S, Pallupi, Abang (Puji), Doni Nur, Wijay, Sulee, Ike, Helda, Heydi, Ando, Yoga, Dede, Fajri, Fajriza, Jupri, Agi, Tuyul (dhiah), Ayi, Denti, Mita, Yepe, Dharta, Doni Putra, Gom gom, serta teman-teman Jurusan Budidaya Perairan angkatan 2012 yang tidak disebutkan satu persatu terimakasih atas kebersamaan, bantuan, dukungan dan persaudaraan kita selama ini.
11. Mba Melisha, Mba yola, bang Adit terimakasih dukungan dan bantuannya.

Penyusun menyadari dalam pembuatan dan penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk kesempurnaan skripsi ini.

Bandar Lampung, 21 Desember 2016  
Penulis

**Weni Fitriyani**

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	iv
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	4
1.3 Manfaat .....	4
1.4 Kerangka Pikir .....	4
1.5 Hipotesis.....	6
<b>BAB II. METODOLOGI</b>	
2.1 Waktu dan Tempat .....	7
2.2 Alat dan Bahan .....	7
2.3 Prosedur Penelitian.....	8
2.3.1 Persipan alat dan bahan .....	8
2.3.2 Pembuatan media .....	8
2.3.3 Kultur zooxanthellae .....	9
2.3.4 Rancangan penelitian .....	10
2.3.5 Pengukuran carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin .....	11
2.3.6 Parameter kualitas air .....	12
3.4 Analisis Data .....	12
<b>BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
3.1 Carotenoid .....	13
3.2 Fucoxanthin.....	17
3.3 Phaeophytin.....	21
3.4 Kualitas air .....	25
<b>BAB IV. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
4.1 Kesimpulan .....	27
4.2 Saran.....	27
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Alat penelitian .....	7
2. Bahan penelitian .....	8
3. Komposisi pupuk <i>conwy</i> .....	9
4. Komposisi bahan media cair .....	10
5. Persamaan regresi carotenoid.....	15
6. Persamaan regresi fucoxanthin.....	19
7. Persamaan regresi phaeophytin.....	23
8. Parameter kualitas air .....	25

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Kerangka penelitian .....	6
2. Tata letak rancangan penelitian.....	10
3. Struktur carotenoid .....	13
4. Hubungan intensitas cahaya dengan carotenoid .....	15
5. Ilustrasi hasil uji BNT carotenoid .....	17
6. Struktur fucoxanthin .....	17
7. Hubungan intensitas cahaya dan fucoxanthin .....	19
8. Ilustrasi hasil uji BNT fucoxanthin .....	20
9. Struktur phaeophytin .....	21
10. Hubungan intensitas cahaya dan phaeophytin .....	23
11. Proses degradasi klorofil .....	24

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Rata-rata $\pm$ Stdev, kisaran konsentrasi ( $\mu\text{g}$ ), total konsentrasi ( $\mu\text{g}$ ) carotenoid zooxanthellae.....	31
2. Rata-rata $\pm$ Stdev, kisaran konsentrasi ( $\mu\text{g}$ ), total konsentrasi ( $\mu\text{g}$ ) fucoxanthin zooxanthellae .....	32
3. Rata-rata $\pm$ Stdev, kisaran konsentrasi ( $\mu\text{g}$ ), total konsentrasi ( $\mu\text{g}$ ) fucoxanthin zooxanthellae .....	33
4. Uji analisis ragam carotenoid.....	34
5. Uji analisis ragam fucoxanthin .....	36
6. Uji analisis ragam phaeophytin.....	38
7. Perhitungan lux ke watt.....	39
8. Alat penelitian .....	40
9. Bahan penelitian.....	42
10. Kultur zooxanthellae .....	43
11. Esktraksi pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin .....	44



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Terumbu karang merupakan ekosistem laut yang berperan penting bagi organisme akuatik, yaitu berperan dalam fungsi ekonomi dan fungsi ekologi. Fungsi ekonomi terumbu karang yaitu sebagai sumber industri perikanan, pariwisata. Fungsi ekologis terumbu karang yaitu tempat mencari makan, tempat untuk pengasuhan dan tempat untuk berkembang biak (Anggraeni, 2008).

Berdasarkan data coremap, persentase tutupan karang keras pada tahun 2010 sebesar 30,66% dan mengalami penurunan menjadi 30,52% pada tahun 2011. Tahun 2012, persentase tutupan karang sebesar 30,31%, tahun 2013 sebesar 29,81% dan pada tahun 2014 persentase tutupan karang keras sebesar 30,08%. Berdasarkan data tersebut, dapat diketahui bahwa kondisi terumbu karang berada dalam kondisi yang cukup baik, karena berada pada kisaran 25-49%. Akan tetapi, seiring berjalannya waktu kondisi terumbu karang semakin mengalami penurunan. Hal tersebut dikarenakan terjadinya kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas manusia dan perubahan alam.

Manfaat dari terumbu karang tidak terlepas dari berbagai ancaman yang menyebabkan kerusakan karang, baik kerusakan akibat pengaruh alam dan kegiatan manusia (Dahuri, 2003). Kerusakan karang akibat kegiatan manusia yaitu seperti penangkapan ikan berlebihan, pencemaran dari limbah industri dan rumah tangga, pembangunan dan pariwisata serta penambangan. Kerusakan akibat perubahan alam seperti kenaikan suhu permukaan laut, aktivitas gunung berapi dan pasang surut air laut. Kerusakan yang terjadi pada karang dapat dilihat secara fisik maupun fisiologis (Fachrurizie *et al.*, 2012). Donner *et al.*, (2005) menyatakan bahwa kerusakan fisik seperti adanya cabang karang yang patah, koloni hancur serta karang yang terangkat dari substratnya. Sedangkan kerusakan fisiologis seperti perubahan warna pada karang karena pemutihan (*bleaching*).

Pemutihan karang terjadi karena beberapa faktor seperti adanya tekanan baik secara alami maupun dari manusia. Tekanan alami yang terjadi pada terumbu karang berupa kenaikan suhu permukaan laut, kurangnya cahaya, tingkat

kekeruhan dan sedimentasi laut. Kenaikan suhu permukaan laut menyebabkan karang tidak mampu bertahan sehingga memaksa zooxanthellae untuk meninggalkan karang, lama kelamaan karang akan kehilangan zooxanthellae dan menjadi putih.

Zooxanthellae merupakan alga uniseluler yang termasuk golongan dinoflagellata yang bersimbiosis dengan karang. Zooxanthellae menyediakan makanan untuk terumbu 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 berkontribusi dalam ketahanan inangnya serta berperan penting dalam pembangunan karang dari kalsium karbonat yang dihasilkan..

Zooxanthellae membutuhkan cahaya yang cukup untuk melakukan fotosintesis. Rendahnya cahaya yang diterima zooxanthellae akan menurunkan laju fotosintesis, sehingga kemampuan karang dalam menghasilkan kalsium karbonat akan berkurang (Fachrurrozie *et al.*, 2012). Intensitas cahaya yang terlalu tinggi menjadikan terhambatnya proses fotosintesis (fotoinhibisi) (Sunarto, 2008). Pada intensitas cahaya yang tinggi kelebihan energi yang diserap dapat menonaktifkan sistem fotosintesis.

Cahaya yang diserap zooxanthellae berpengaruh terhadap pigmen yang dihasilkan. Zooxanthellae mengandung pigmen alami yang dapat memberikan warna kuning hingga merah pada terumbu karang. Salah satu pigmen alami yang dihasilkan oleh zooxanthellae yaitu carotenoid. Carotenoid berfungsi untuk menangkap kelebihan cahaya dalam proses fotosintesis. Selain itu, carotenoid juga dapat memberikan warna pada zooxanthellae sehingga karang terlihat berwarna dan menarik. Pigmen carotenoid terdiri dari dua golongan, yaitu xantofil dan karoten (Fretes *et al.*, 2012). Perbedaan dari kedua golongan tersebut yaitu unsur penyusunnya. Unsur penyusun xantofil terdiri dari C, H dan O, sedangkan unsur penyusun karoten hanya C dan H. Carotenoid merupakan pigmen yang dimiliki zooxanthellae yang mengabsorpsi cahaya hijau dan biru, contohnya  $\beta$ -carotene (terdapat pada seluruh alga) dan fucoxanthin (terdapat pada alga coklat).

Carotenoid menangkap cahaya biru dan hijau sehingga terlihat oranye, merah atau coklat (Gama & Sylos, 2005).

Selain carotenoid, zooxanthellae memiliki pigmen lain yang membantu dalam proses fotosintesis, yaitu pigmen fucoxanthin dan phaeophytin. Pigmen fucoxanthin merupakan produk turunan dari carotenoid yang termasuk golongan xanthofil. Fucoxanthin menghasilkan warna oranye dan mengabsorpsi cahaya hijau dan biru (Hii *et al.*, 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. Peran yang dimiliki oleh fucoxanthin tidak berbeda jauh dengan phaeophytin.

Phaeophytin merupakan senyawa turunan klorofil yang terbentuk akibat hilangnya ion  $Mg^{2+}$  pada klorofil. Proses terbentuknya phaeophytin yaitu karena denaturasi perlindungan dalam kloroplas yang mengakibatkan lepasnya ion  $Mg^{2+}$  di pusat klorofil dan diganti oleh ion  $H^+$  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. Peristiwa fotodegradasi akan mendorong terjadinya perubahan struktur molekul klorofil menjadi turunannya (Gross, 1991). 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 (Dimara *et al.*, 2012).

Pigmen pada zooxanthellae seperti carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin mudah mengalami penurunan konsentrasi apabila terpapar oleh cahaya. Fucoxanthin akan mengalami penurunan konsentrasi bila terpapar oleh intensitas cahaya tinggi. Sedangkan pada phaeophytin, apabila klorofil terpapar oleh intensitas cahaya terlalu lama maka akan mempercepat proses pembentukan phaeophytin (Dimara *et al.*, 2012). Perbedaan intensitas cahaya yang diterima oleh zooxanthellae, berpengaruh terhadap konsentrasi pigmen yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh intensitas cahaya

terhadap kandungan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp.

## **1.2 Tujuan**

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh intensitas cahaya terhadap pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp.

## **1.3 Manfaat**

Manfaat dari penelitian yaitu dapat memberikan informasi mengenai pengaruh intensitas cahaya terhadap kandungan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp.

## **1.4 Kerangka Pikir**

Terumbu karang merupakan ekosistem yang memiliki fungsi secara ekonomis dan ekologis. Fungsi ekologis terumbu karang salah satunya yaitu sebagai tempat hidup bagi biota laut. Semakin beragam jenis terumbu karang maka semakin beragam jenis ikan yang hidup pada ekosistem tersebut. Aktivitas penangkapan yang semakin tinggi mengakibatkan kerusakan pada terumbu karang, sehingga keberadaan ikan-ikan pada ekosistem terumbu karang semakin berkurang.

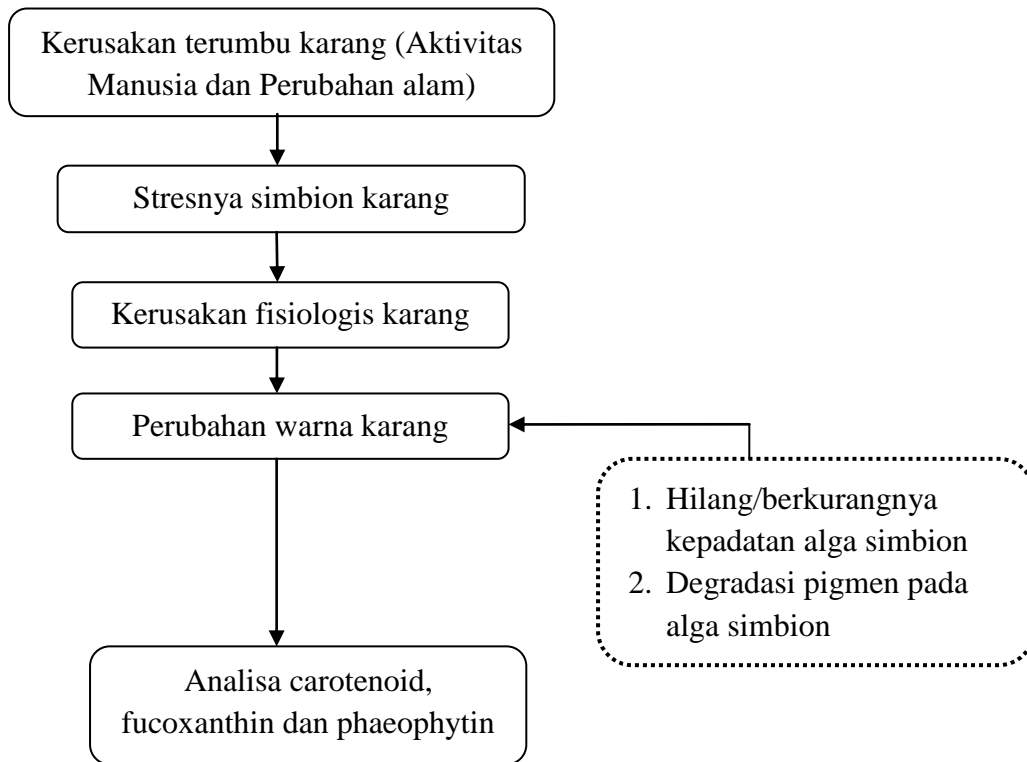
Fungsi terumbu karang yang begitu penting tidak terlepas dari ancaman-ancaman yang dapat merusak ekosistem terumbu karang. Ancaman tersebut dapat terjadi akibat perubahan iklim global serta aktivitas manusia. Perubahan iklim global seperti peningkatan intensitas cahaya matahari, sedangkan ancaman dari aktivitas manusia seperti penangkapan yang berlebihan serta pembangunan pariwisata. Ancaman yang datang dapat menyebabkan zooxanthellae menjadi stres, sehingga zooxanthellae meninggalkan karang dan lama kelamaan karang akan menjadi putih dan mati.

Zooxanthellae merupakan mikroalga golongan dinoflagellata. Zooxanthellae berperan penting terhadap pertumbuhan dan kelangsungan hidup terumbu karang. Zooxanthellae mampu memberikan warna pada terumbu karang dengan pigmen alami yang dihasilkannya. Pigmen alami yang dihasilkan yaitu carotenoid,

fucoxanthin dan phaeophytin. Carotenoid merupakan pigmen yang mampu memberikan warna merah, oranye pada karang, sehingga karang terlihat menarik dengan warna yang dipancarkannya. Fucoxanthin menghasilkan warna oranye dengan menyerap cahaya hijau dan biru. Sedangkan phaeophytin merupakan pigmen turunan klorofil yang terbentuk akibat degradasi klorofil. Warna didefinisikan sebagai refleksi dari panjang gelombang yang berbeda dari cahaya tampak, maka warna adalah hasil penyerapan selektif.

Carotenoid di dalam sel mikroalga berperan sebagai pigmen yang membantu klorofil dalam penyerapan cahaya yang dibutuhkan untuk proses fotosintesis. Selain itu, carotenoid juga berkontribusi melindungi sel dari serangan radikal bebas yang dihasilkan dari proses metabolisme maupun dari lingkungan. Hingga saat ini telah teridentifikasi 700 jenis carotenoid berdasarkan perbedaan struktur molekulnya (Britton, 1995). Pigmen carotenoid pada karang seperti peridinin dan  $\beta$ -caroten memiliki peranan penting yaitu menangkap kelebihan cahaya dan melindungi karang dan zooxanthellae dari radiasi cahaya tinggi

Peristiwa pemutihan karang terjadi akibat hilangnya simbiosis alga zooxanthellae dan degradasi pigmen alga simbiosis karang. Degradasi pigmen alga simbiosis karang menyebabkan warna karang menjadi putih. Warna yang dihasilkan oleh alga tergantung pada cahaya yang diserap pigmen carotenoid. Penyerapan cahaya bergantung pada intensitas dan lama penyinaran cahaya. Semakin tinggi intensitas cahaya maka pigmen carotenoid yang dihasilkan semakin tinggi, hal ini diakibatkan oleh intensitas cahaya tinggi cenderung menyebabkan fotoinhibisi sehingga carotenoid berperan sebagai pigmen fotoprotektif. Gabungan dari intensitas cahaya yang tinggi dan lama penyinaran dapat mempengaruhi kandungan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaruh intensitas cahaya terhadap kandungan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp. (Gambar 1).



Gambar 1. Kerangka penelitian

### 1.5 Hipotesis

Hipotesis yang akan digunakan dalam penelitian yaitu:

a. Hipotesis analisis varian

$H_0: \mu_0 = 0$  Intensitas cahaya tidak berpengaruh terhadap kandungan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp.

$H_1: \mu_0 \neq 0$  Intensitas cahaya berpengaruh terhadap kandungan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp.

b. Hipotesis Uji Lanjut

$H_0: \infty = 0$  Tidak terdapat satu atau lebih intensitas cahaya yang berpengaruh terhadap kandungan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp.

$H_1: \infty \neq 0$  Terdapat satu atau lebih intensitas cahaya yang berpengaruh terhadap kandungan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae dari isolat karang lunak *Zoanthus* sp.

## II. METODOLOGI

### 2.1 Waktu dan Tempat

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

### 2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat penelitian

No	Nama Alat	Spesifikasi	Kegunaan
1	Spektrofotometer	Genesys 20	Untuk mengukur absorbansi carotenoid
2	Timbangan digital	Boeco Germany BBL41	Untuk menimbang bahan
3	Luxmeter	Digital luxmeter	Untuk mengukur intensitas cahaya
4	<i>Hot Stirrer Plate</i>	STUART CB162	Untuk menghomogenkan larutan
5	Inkubator	75x55 cm	Untuk menyimpan sampel uji
6	Refraktometer	Atago 5/Mill-E	Untuk mengukur salinitas
7	Shaker	Boeco Germany PSU 15I	Untuk mengaduk sampel agar tetap homogen
8	Erlenmeyer	Pyrex	Untuk wadah kultur
9	Autoklaf	Wiselave Wacs1060	Untuk sterilisasi alat
10	Alat bedah	Gold Cross	Untuk memotong sampel karang
11	Mikropipet	Socorex (10-200 $\mu$ l)	Untuk mengambil larutan
12	Lampu TL	Philips	Untuk menerangi inkubasi
13	Kertas Saring	0,045 $\mu$ m	Untuk menyaring sampel
14	<i>Laminar Air Flow</i>	NUAIRE, Series 11	Sebagai tempat preparasi sampel
15	Sentrifuge	aRotina35	Untuk memisahkan antara pellet dan supernatan
16	<i>Compound microscope</i>	Leica EC3	Untuk mengamati sel zooxanthellae
17	Cawan Petri	Steriplan	Pembuatan media padat
18	Mortar porcelaine	Diameter 8 cm	Untuk menghaluskan polip
19	Tabung reaksi	Pyrex	Untuk menyimpan sampel pigmen

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan penelitian

No	Nama Alat	Kegunaan
1	<i>Zoanthus sp.</i>	Inang Zooxanthellae
2	Air laut	Sebagai media kultur Zooxanthellae
3	Pupuk <i>conwy</i>	Nutrien untuk pertumbuhan Zooxanthellae
4	Vitamin B1 (Thiamin)	Unsur esensial yang mendukung pertumbuhan species mikroalga
5	Biotin	Unsur esensial yang mendukung pertumbuhan species mikroalga
6	Aquades	Sebagai larutan tambahan untuk menaikkan dan menurunkan salinitas
7	Alkohol 70%	Untuk sterilisasi
8	Antibiotik (Amoxicillin, kanamisin dan streptomisin)	Untuk menghambat pertumbuhan bakteri
9	Aseton 90%	Pengamatan pigmen carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae

## 2.3 Prosedur Penelitian

### 2.3.1 Persiapan alat dan bahan

Persiapan alat dan bahan yang dilakukan meliputi sterilisasi menggunakan autoklaf, perebusan, filter dan UV serta menggunakan alkohol 70%. Alat-alat yang diautoklaf yaitu alat yang terbuat dari bahan kaca, seperti botol kultur dan erlenmeyer. Alat yang disterilisasi dengan perebusan yaitu selang aerator, sedangkan bahan yang disterilisasi dengan filter dan UV yaitu air laut yang dilakukan oleh PT. Centralproteina Prima. Alat-alat yang akan diautoklaf dicuci terlebih dahulu dengan sabun dan dikeringkan. Mulut erlenmeyer ditutup dengan kapas yang dilapisi kasa. Peralatan kemudian diautoklaf dengan suhu 121<sup>0</sup>C selama 15 menit dengan tekanan 1 atm. Peralatan yang tidak diutoklaf, seperti pipet tetes, tabung reaksi dan kuvet diberi alkohol untuk menghindari kontaminasi.

### 2.3.2 Pembuatan media

Media yang digunakan untuk kultur zooxanthellae yaitu media air laut yang ditambahkan dengan bahan pengkaya seperti pupuk *conwy*, vitamin B1, B7,



antibiotik amoxilin, kanamisin dan streptomisin. Langkah dalam pembuatan media cair sebagai berikut :

1. Air laut steril dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang sudah diatoklaf
2. Kemudian ditambahkan antibiotik ampisilin, kanamisin dan streptomisin serta pupuk conwy (Tabel 3), vitamin B1 (thiamin) dan vitamin B7 (biotin).
3. Air laut tersebut kemudian dihomogenkan di atas hotplate stirrer selama 10-15 menit.
4. Setelah air laut homogen, lalu diberi aerasi dan siap dimasukkan biota kultur.

Tabel 3. Komposisi pupuk *conwy* (Muhaemin *et al.*, 2014) (dengan penambahan)

No	Bahan Kimia	Takaran Per Liter	Penambahan
1	EDTA	45 gram	
2	FeCl <sub>3</sub>	1,5 gram	
3	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	33,6 gram	
4	NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	20 gram	75 gram/L
5	MnCl <sub>2</sub>	0,5 gram	
6	NaNO <sub>3</sub>	100 gram	5 gram/L
7	Aquabides	100 ml	
8	<i>Trace metal solution</i>	1 cc	
	a. ZnCl <sub>2</sub>	2,1 gram	
	b. CoCl <sub>2</sub>	2 gram	
	c. CuSO <sub>4</sub>	2 gram	
	d. (NH <sub>4</sub> )MO <sub>7</sub>	0,9 gram	
	e. Distilled	100 ml	
9	Aquabides	Ditambahkan hingga 1 liter	

### 2.3.3 Kultur zooxanthellae

Kultur menggunakan media cair dilakukan dengan cara mengambil bagian polip yang menempel pada karang, lalu dihaluskan dengan mortar. Setelah itu sampel disaring menggunakan kertas saring sebanyak 2 kali. Hasil saringan tersebut kemudian dicampurkan dengan media cair yang berisi pupuk conwy dan air laut steril dan ditambahkan dengan bahan-bahan lainnya (Tabel 4) kemudian di aerasi dan diberi cahaya.

Tabel 4. Komposisi bahan media cair

No	Naman Bahan	Jumlah /200 ml air laut)
1	Pupuk conwy*	200 µl
2	Biotin (Vitamin B1)**	0,04 gram
3	Thiamin (Vitamin B7)**	2000 µl
4	Ampisilin***	0,04 gram
5	Kanamisin***	0,01 gram
6	Streptomisin***	0,01 gram

Ket : \* Muhaemin *et al.*, 2014

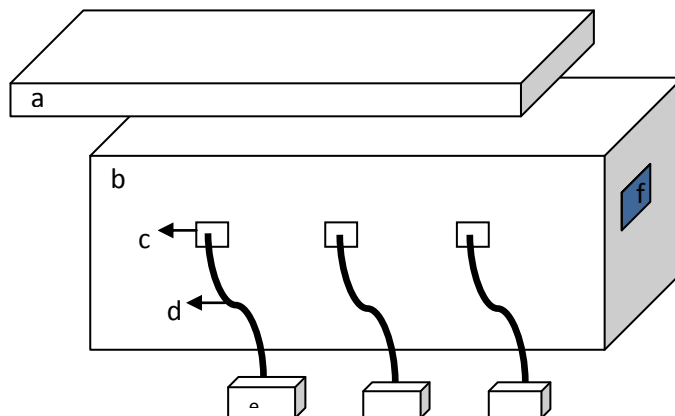
\*\* Pujiono *et al.*, 2010

\*\*\* Soffer, 2009

### 2.3.4 Rancangan penelitian

Penelitian terdiri dari 3 perlakuan intensitas cahaya yang berbeda, yaitu IC<sub>1</sub> (20 watt = 3800 lux), IC<sub>2</sub> (40 watt = 6250 lux), dan IC<sub>3</sub> (60 watt = 11800 lux) dan IC<sub>K</sub> (cahaya matahari = 7980 Lux) dengan setiap perlakuan diulang sebanyak 5 kali (Gambar 2 ).

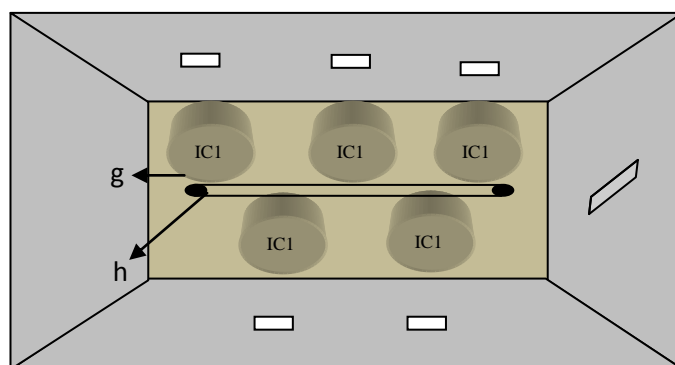
a. Tampak samping (Perlakuan, IC<sub>1</sub>, IC<sub>2</sub> dan IC<sub>3</sub>)



Keterangan :

- a. Tutup inkubator
- b. Inkubator
- c. Lubang aerasi
- d. Selang aerasi
- e. Aerator
- f. Lubang udara
- g. Wadah Kultur
- h. Lampu TL (Philips)

b. Tampak atas



Gambar 2. Tata letak rancangan penelitian

### 2.3.5 Pengukuran carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin

Sampel kultur diambil sebanyak 10 ml kemudian di saring dengan kertas whatman GF/F. Hasil saringan disuspensikan kedalam 10 ml aseton 90% dan dihomogenisasi selama 1 menit dengan kecepatan rendah. Ekstraksi pigmen disimpan dalam ruang gelap pada suhu -4°C selama minimal 24 jam. Sampel yang sudah disimpan selama 24 jam lalu disentrifugasi pada kecepatan 1000 rpm selama 5 menit untuk menghilangkan serat filter dan kotoran alga. Hasil sentrifugasi berupa supernatan dan pellet. Supernatan diambil dan diukur konsentrasinya menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang yang berbeda. Pada pengukuran phaeophytin dilakukan sebelum dan sesudah penambahan HCl. Penambahan HCl berfungsi untuk mempercepat proses feofitinase. Hal tersebut sesuai dengan Budiyanto *et al.*, (2008) bahwa pemberian asam klorida dapat mempercepat proses fotodegradasi klorofil serta membentuk phaeophytin. Setelah didapat nilai absorbansi, dihitung konsentrasi carotenoid, fukosanthin dan phaeophytin dengan menggunakan rumus:

$$Ct = 7,6 \times [(Abs\ 480\ nm - Abs\ 750\ nm) - (1,49 \times (Abs\ 510\ nm - Abs\ 750\ nm))]$$

$$Fx = [Abs\ 470\ nm - 1.239 (Abs\ 631\ nm + Abs\ 581\ nm - (0.3 \times Abs\ 664\ nm) - (0.0275 \times Abs\ 664\ nm))] / 14$$

$$Ph = 26.7 \times [1.7 \times ((Abs_a * 665\ nm - 750\ nm) - (Abs_b * 664\ nm - 750\ nm))]$$

Ket : Ct = Carotenoid

Fx = Fucoxanthin

Ph = Phaeophytin

\*Abs<sub>a</sub> adalah 665 nm – 750 nm setelah penambahan HCl

\*Abs<sub>b</sub> adalah 665 nm – 750 nm sebelum penambahan HCl

### **2.3.6 Parameter kualitas air**

Parameter kualitas air yang diukur pada penelitian yaitu salinitas, suhu dan pH. Pengukuran kualitas air dilakukan secara bersamaan saat pengamatan sampel yang dilakukan setiap 6 jam sekali.

### **2.4 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 & Torrie, 1993). Sedangkan persamaan regresi dibahas berdasarkan nilai Koefisien Determinasi ( $R^2$ ) dan Koefisien Korelasi ( $r$ ) serta data kualitas air dianalisis secara deskriptif.

## **IV. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai pigmen pada zooxanthellae diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu :

- a. Pigmen carotenoid, fucoxanthin, dan phaeophytin lebih teraktivasi pada intensitas cahaya tinggi.
- b. Paparan intensitas cahaya akan direspon secara aktif oleh zooxanthellae yang ditandai dengan tingginya konsentrasi carotenoid, fucoxanthin dan phaeophytin zooxanthellae pada awal kultur (0-18 jam).

### **4.2 Saran**

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya mengenai zooxanthellae yaitu, perlu dilakukan penelitian mengenai kandungan lemak, protein dan karbohidrat pada zooxanthella untuk mengetahui komponen kimia zooxanthellae.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adams, M. R., & Moss. (2000). *Food microbiology*. 2 nd ed. Royal Society of Chemistry, Athenaeum Press Ltd, University of Surrey, Guildford, UK
- Anggraeni, R. (2008). *Evaluasi ekonomi ekosistem terumbu karang Taman Nasional Karimun Jawa*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Britton, G. (1995). Structure and properties of carotenoids in relation to function. 1551-1558.
- Budiyanto, A. W., Notosudarmo, S., & Limantara, L. (2008). Pengaruh pengasaman terhadap fotodegradasi klorofil a. *Jurnal Matematika dan Sains*, 13 (03), 66-75.
- Clydesdale, F.M. & Francs. (1976). Pigments. *Principles of food science*. Marcel Dekker, Inc, New York.
- Dahuri R. (2003). Keanekaragaman hayati laut: Aset pembangunan berkelanjutan Indonesia. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Dimara, L., Tuririday, H., & Yenus, T. N. (2012). Identifikasi dan fotodegradasi pigmen klorofil rumput laut *Caulerpa racemosa* (Forsskal) J.Agardh. *Jurnal Biologi Papua*, 4 (2), 47-53.
- Donner, S. D., Skirving, W. J., Little, C. M., Oppenheimer, M., & Guldborgs, O. H. (2005). Global assessment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate change. *Global Change Biology*, 11 (1), 2251-2265.
- Erdmann, N., & Hagemann, M. (2001). *salt acclimation of algae and cyanobacteria: a comparison*. Springer: Verlag Berlin Heidelberg.
- Fachrurrozie, A., Patria, M. P., & 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.
- Frete, H. D., Susanto, A., Prasetyo, B., & Limantara, L. (2012). Karotenoid dari makroalga dan mikroalga : potensi kesehatan aplikasi dan bioteknologi. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan*, 18 (2), 221-228.
- Gama, J., & Sylos, C. (2005). Major carotenoid composition of brazilian valencia orange juice: identification and quantification by HPLC. *Food Research International* , 38 (2), 899-903.

- Gross, J., (1991). *Pigment in vegetable, chlorophyl and caretenoids*. Van Nonstrand Reinhold. New York
- Gunawan. (2012). Pengaruh perbedaan ph pada pertumbuhan mikroalga klas *chlorophyta*. *Bioscientiae* , 9, 62 – 65.
- Guo, B., Liu, B., Yang, B., Sun, P., Lu, X., Liu, J., & Feng, C. (2016). Screening of diatom strains and characterization of *Cyclotella cryptica* as a potential fucoxanthin producer. *marine drugs* , 14 (125), 1-14.
- Hadikusumah. (2007). Variabilitas Musiman temperature dan salinitas di Teluk Jakarta. *LIPi* , 33-41.
- Hii, S.L., Choong, P.Y., Woo, K.K., & Wong, C.L. (2010). Stability studies of fucoxanthin from *Sargassum binderi*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* , 4 (10), 4580-4584.
- Hill, R., E, K., Ulstrup, & Ralph, P. J. (2009). Temperature induced changes in thylakoid membrane thermostability of cultured, freshly isolated, and expelled zooxanthellae from scleractinian corals. *Bulletin Of Marine Science* , 85 (3), 223–244.
- Hui, Y. H. (2006). *Handbook of food science, technology, and, engineering*. USA: CRC Press.
- IUPAC. (1974). *Nomenclature of carotenoid* (Vol. 31). London: Butterworth.
- Klimov, VV. (2003). Discovery of pheophytin function in the photosynthetic energy conversion as the primary electron acceptor of Photosystem II". *Photosyn. Res.* 76 (1-3): 247–253
- Kusmita, L. & Limantara, L. (2009). The influence of strong and weak acid upon aggregation and pheophytinization of chlorophyll a and b. *Indo. J. Chem* , 9 (1), 70-76.
- Latasa, M., Bidigare, R. R., Ondrusek, M. E., & Kennicutt II, M. C. (1995). HPLC analysis of algal pigments: a comparison exercise among laboratories and recommendations for improved analytical performance. *Marine Chemistry* , 51, 315-324.
- Mandelli, F., Yamashita, F., Pereira, J. L., & Mercadante, A. Z. (2012). Evaluation of biomass production, carotenoid level and antioxidant capacity produced by *Thermus filiformis* using fractional factorial design. *Brazilian Journal of Microbiology* , 3 (2), 126-134
- Mane. A., Karadge. B., & Samant. J. (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, D. S., & Tri, A. (2014). Starvasi nitrogen dan pengaruhnya terhadap biomassa dan protein total *Nannochloropsis* sp. *Maspari Journal* , 6 (2).
- Pujiono, W. P., Dedi, S., Neviaty, P. Z., & Harpasis, S. S. (2010). Model kehidupan zooxanthellae dan penumbuhan massalnya pada media binaan. *Jurnal Saintek Perikanan* , 6 (1), 46-54
- Sivagnanam, S. P., Yin, S., Choi, J. H., Park, Y. B., Woo, H. C., & Chun, B. S. (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.
- Soffer, N. (2009). *Practical applications for symbiodinium grown on solid media: culturing, fluorometry and transformations*. University of Miami.
- Steel, R. G., & Torrie, J. H. (1993). Prinsip dan prosedur statistika. *Gramedia Pustaka Utama*, Jakarta, 772.
- Sudjana. (1982). *Metode statistika*. Bandung: Tarsito.
- Sunarto. (2008). *Peranan cahaya dalam proses produksi di Laut*. Bandung: Universitas Padjadjaran.
- Tranggono, & Sutardi. (1990). *Biokimia dan teknologi pasca panen*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Tyas, K. N. (2006). *Adaptasi kedelai terhadap intensitas cahaya rendah melalui efisiensi penangkapan cahaya*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Ulfa, M. (2009). *Pengaruh jenis lampu yang berbeda terhadap mitotik indeks, densitas zooxanthellae dan morfologi anemon ( heteractis malu ) pada skala laboratorium*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wahyuni, D. T., & Widjanarko, S. B. (2015). Pengaruh jenis pelarut dan lama ekstraksi terhadap ekstrak karotenoid labu kuning dengan metode gelombang ultrasonik. *Jurnal Pangan dan Agroindustri* , 3 (2), 390-401.
- Young, J. A. (1991). The photoprotective role of carotenoids in higher plants. *Physiologia Plantarum* , 83 (1), 702-708.