



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PERBEDAAN INTENSITAS CAHAYA  
TERHADAP KELIMPAHAN ZOOXANTHELLA PADA  
KARANG *BRANCHING* DAN *DIGITATE* DI PERAIRAN  
PULAU PARI, KEPULAUAN SERIBU**

**SKRIPSI**

**ACHMAD FACHRURROZIE  
0806453062**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN BIOLOGI  
DEPOK  
NOVEMBER 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGARUH PERBEDAAN INTENSITAS CAHAYA  
TERHADAP KELIMPAHAN ZOOXANTHELLA PADA  
KARANG *BRANCHING* DAN *DIGITATE* DI PERAIRAN  
PULAU PARI, KEPULAUAN SERIBU**

**SKRIPSI**


**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains**

**ACHMAD FACHRURROZIE  
0806453062**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
DEPARTEMEN BIOLOGI  
DEPOK  
NOVEMBER 2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan benar.**



**Nama : Achmad Fachrurrozie**  
**NPM : 0806453062**  
**Tanda Tangan : .....**  
**Tanggal : 26 November 2012**

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Achmad Fachrurrozie  
NPM : 0806453062  
Program Studi : S1 Biologi  
Judul Skripsi : Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya terhadap  
Kelimpahan *Zooxanthella* pada Karang  
*Branching* dan *Digitate* di Perairan Pulau Pari,  
Kepulauan Seribu

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi S1 Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr. rer. nat. Mufti P. Patria, M.Sc. (.....)  
Pembimbing II : Riani Widiarti, M.Si. (.....)  
Penguji I : Drs. Wisnu Wardhana, M.Si. (.....)  
Penguji II : Dra. Titi Soedjiarti, SU. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 26 November 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelami lautan ilmu dan menyelesaikan penelitian hingga akhir penulisan skripsi. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Program Studi Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa sejak masa perkuliahan hingga penyusunan skripsi tidak terlepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. rer. nat. Mufti P. Patria, M.Sc. selaku pembimbing I, yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi ini;
2. Riani Widiarti, M.Si. selaku pembimbing II, yang dengan penuh kesabaran dan kelapangan hati telah mencurahkan waktu, tenaga, dan pikiran selama penelitian dan penulisan; serta pengalaman berharga, motivasi, dan dukungan moral sehingga penulis selalu bersemangat dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini;
3. Drs. Wisnu Wardhana, M.Si. dan Dra. Titi Soedjiarti, SU. selaku penguji atas saran dan masukan yang diberikan untuk kesempurnaan skripsi ini;
4. Dr. Luthfiralda Sjahfirdi, M. Biomed selaku Ketua Departemen Biologi FMIPA UI, Riani Widiarti, M.Si. selaku Sekretaris Departemen Biologi FMIPA UI, Dra. Dian Hendrayanti, M. Sc. selaku Koordinator Pendidikan Departemen Biologi FMIPA UI, serta Dr. Ratna Yuniati dan Drs. Iman Santoso, M.Phil. selaku Koordinator Seminar;
5. Ariyanti Oetari, Ph. D selaku penasehat akademik, yang telah memberikan bimbingan dan arahan selama perkuliahan;

6. Pihak Stasiun Penelitian UPT Pulau Pari, P2O LIPI, terutama Pak Mumu dan Pak Dede atas bantuan yang diberikan selama penelitian di Pulau Pari;
7. Silvianita Timotius, M. Si. dari Yayasan TERANGI atas saran dan masukan mengenai identifikasi karang untuk kepentingan penelitian;
8. Seluruh staf pengajar Departemen Biologi FMIPA UI atas ilmu yang diberikan kepada penulis; seluruh karyawan Departemen Biologi FMIPA UI, terutama Pak Taryono, Pak Taryana, Pak Pri, Bu Rusmalina, Bu Ida, Bu Asri, Bu Sofi, Mas Dedi, dan Mas Arief atas semua bantuan yang diberikan selama penulis menjalani masa perkuliahan;
9. Kedua orang tua penulis tersayang, H. Umin, SE dan Hj. Fatimah yang tiada lelah memberikan kasih sayang, do'a, dan dukungan baik moral maupun materi; serta kedua saudara penulis tercinta, Fachmy Ardiansyah dan Erlinda Esti Hairunnisa;
10. Sahabat yang telah membantu penelitian (Anargha, Jane, Idham, Mulyani, Jill), sahabat Biologi Kelautan (Fitrian, Yudi, Abbas, Jamal, Nita, Fachrul, Aulia, dan Fathia), sahabat seperjuangan (Sentot, Zulfa, Nova, Ria, Rusli, Rahim, Hanum, Widi, Yuan, Tono, Wendy, Dyla, Dini, Okky, dan Jaka), serta seluruh sahabat Biologi (2008) untuk dukungan dan semangat yang tiada henti diberikan kepada penulis;
11. Semua pihak yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam skripsi ini, oleh karena itu kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk perbaikan skripsi ini. Penulis berharap agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 2012

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Achmad Fachrurrozie  
NPM : 0806453062  
Program Studi : S1  
Departemen : Biologi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

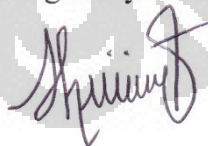
Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya terhadap Kelimpahan *Zooxanthella* pada Karang *Branching* dan *Digitate* di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu.

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Indonesia bebas menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada tanggal : 26 November 2012

Yang menyatakan



(Achmad Fachrurrozie)

## ABSTRAK

Nama : Achmad Fachrurrozie  
Program Studi : Biologi  
Judul : Pengaruh Perbedaan Intensitas Cahaya terhadap  
Kelimpahan *Zooxanthella* pada Karang *Branching*  
dan *Digitate* di Perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu

Telah dilakukan penelitian mengenai pengaruh perbedaan intensitas cahaya terhadap kelimpahan *zooxanthella* pada karang *branching* (*Acropora* sp.) dan *digitate* (*Montipora digitata*) di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu pada tanggal 4--8 April 2012. Penelitian dilakukan dengan cara menutup ujung cabang masing-masing koloni karang *branching* dan *digitate* dengan plastik terang (intensitas cahaya  $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), plastik setengah gelap (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), dan plastik gelap (intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) selama 4 hari, sementara kontrol tidak ditutup dengan plastik. *Zooxanthella* dalam fragmen karang dikeluarkan dengan cara dipanaskan menggunakan *hot plate*. Data hasil penelitian ditabulasi dan dianalisis menggunakan uji ANAVA satu arah. Hasil menunjukkan penurunan kelimpahan *zooxanthella* pada perlakuan di karang *branching* dengan pengaruh intensitas cahaya yang berbeda nyata ( $0,001$  pada  $P \leq 0,05$ ), dan peningkatan kelimpahan *zooxanthella* pada perlakuan di karang *digitate* dengan pengaruh intensitas cahaya yang tidak berbeda nyata ( $0,316$  pada  $P \leq 0,05$ ).

Kata kunci : *Acropora* sp., intensitas cahaya, *Montipora digitata*, Pulau Pari, *zooxanthella*  
xii + 45 hlm. : 19 gambar, 6 lampiran, 6 tabel  
Bibliografi : 58 (1970--2011)



## ABSTRACT

Name : Achmad Fachrurrozie  
Study Program : Biology  
Title : Effect of Light Intensity Variations to The  
Abundance of Zooxanthellae on Coral Branching  
and Digitate at Pari Island, Kepulauan Seribu

Effects of light intensity variations to the abundance of zooxanthellae at branching (*Acropora* sp.) and digitate (*Montipora digitata*) coral colonies, were studied at Pari Island, Kepulauan Seribu in April 4--8<sup>th</sup>, 2012. Tips of each branching and digitate coral colonies were covered with bright plastic bags (light intensity 58  $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), half-dark plastic bags (light intensity 26  $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), and dark plastic bags (light intensity 0  $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) for 4 days, while the control uncovered. Zooxanthellae inside coral fragments were expelled by heating using hot plate. Data was tabulated and analyzed using one way ANAVA test. The result showed decreasing of zooxanthellae abundance at branching coral treatment with significant effect of light intensity (0,001 at  $P \leq 0,05$ ), and there was increasing of zooxanthellae abundance at digitate coral treatment with insignificant effect of light intensity (0,316 at  $P \leq 0,05$ ).

Keywords : *Acropora* sp., light intensity, *Montipora digitata*, Pari Island, zooxanthellae  
xii + 45 pp. : 6 appendices, 19 pictures, 6 tables  
Bibliography : 58 (1970--2011)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iv
<b>HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	vi
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	viii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b> .....	1
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	4
2.1. Terumbu Karang .....	4
2.2. Biologi Hewan Karang .....	5
2.2.1. Pengelompokan Karang .....	5
2.2.2. Morfologi Hewan Karang .....	5
2.2.3. Karang <i>Acropora</i> sp. dan <i>Montipora digitata</i> .....	7
2.3. Zooxanthella .....	9
2.3.1. Biologi Zooxanthella .....	9
2.3.2. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Zooxanthella .....	13
2.4. Pulau Pari, Kepulauan Seribu .....	15
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN</b> .....	16
3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian .....	16
3.2. Alat .....	17
3.3. Bahan .....	17
3.4. Cara Kerja .....	18
3.4.1. Pemilihan Sampel Koloni Karang .....	18
3.4.2. Perlakuan Pengaruh Cahaya terhadap Sampel Karang .....	19
3.4.3. Pengambilan Sampel Zooxanthella .....	20
3.4.4. Pengambilan Parameter Lingkungan Perairan .....	21
3.4.5. Proses Pencacahan Sel Zooxanthella .....	21
3.4.6. Penghitungan Luas Permukaan Fragmen Koloni Karang .....	22
3.4.7. Penghitungan Jumlah Polip dan Pengukuran Diameter Korallit Karang .....	22
3.4.8. Pengolahan Data dan Analisa Data .....	23
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	24
4.1. Hasil .....	24
4.1.1. Morfologi Zooxanthella .....	24
4.1.2. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kelimpahan Zooxanthella ...	24
4.1.3. Jumlah Polip dan Diameter Korallit .....	28

4.1.4. Faktor Lingkungan .....	31
4.2. Pembahasan .....	32
4.2.1. Morfologi Zooxanthella .....	32
4.2.2. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kelimpahan Zooxanthella ...	32
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b> .....	37
5.1. Kesimpulan.....	37
5.2. Saran .....	37
<b>DAFTAR REFERENSI</b> .....	38



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.2.2(1)	Polip Hewan Karang (keterangan diterjemahkan).....	6
Gambar 2.2.2(2)	Bentuk Koloni Karang.....	7
Gambar 2.2.3(1)	Karang <i>Acropora</i> sp.....	8
Gambar 2.2.3(2)	Axial dan Radial Koralit.....	8
Gambar 2.2.3(3)	Karang <i>Montipora digitata</i> .....	9
Gambar 2.3.1(1)	Zooxanthella di dalam Gastrodermis Polip Karang.....	10
Gambar 2.3.1(2)	Fase Motil Zooxanthella.....	11
Gambar 2.3.1(3)	Mekanisme Pelepasan Zooxanthella (keterangan diterjemahkan).....	12
Gambar 3.1	Lokasi Pengambilan Sampel dan Peta Pulau Pari.....	16
Gambar 3.4	Skema Cara Kerja Penelitian.....	18
Gambar 3.4.1	<i>Coral Health Chart</i> .....	19
Gambar 3.4.2	Penutupan Ujung Karang dengan Plastik.....	20
Gambar 3.4.3	Proses Pengambilan Zooxanthella.....	21
Gambar 3.4.6	Pembungkusan Fragmen Koloni Karang <i>Digitate</i> .....	22
Gambar 3.4.7	Penghitungan Diameter Koralit.....	23
Gambar 4.1.1	Zooxanthella.....	24
Gambar 4.1.2(1)	Kelimpahan Zooxanthella/Luas Permukaan Karang <i>Branching</i> (sel/cm <sup>2</sup> ).....	26
Gambar 4.1.2(2)	Kelimpahan Zooxanthella/Luas Permukaan Karang <i>Digitate</i> (sel/cm <sup>2</sup> ).....	27
Gambar 4.1.3	Bentuk Koralit Karang <i>Branching</i> dan <i>Digitate</i> .....	31

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.4.1	Rincian Sampel Fragmen Karang.....	19
Tabel 4.1.2(1)	Kelimpahan Zooxanthella/Luas Permukaan Karang <i>Branching</i> (sel/cm <sup>2</sup> ).....	25
Tabel 4.1.2(2)	Kelimpahan Zooxanthella/Luas Permukaan Karang <i>Digitate</i> (sel/cm <sup>2</sup> ).....	27
Tabel 4.1.3(1)	Penghitungan Jumlah Polip dan Diameter Korallit Fragmen Karang.....	29
Tabel 4.1.3(2)	Jumlah Sel Zooxanthella/Jumlah Polip.....	30
Tabel 4.1.4	Pengukuran Faktor Lingkungan.....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Hasil Analisis Uji LSD Karang <i>Branching</i> .....	43
Lampiran 2	Hasil Analisis Uji ANAVA Karang <i>Branching</i> .....	43
Lampiran 3	Hasil Analisis Uji LSD Karang <i>Digitate</i> .....	44
Lampiran 4	Hasil Analisis Uji ANAVA Karang <i>Digitate</i> .....	44
Lampiran 5	Hasil Analisis Uji Korelasi Pearson Hubungan Kelimpahan Sel Zooxanthella dengan Jumlah Polip pada Karang <i>Branching</i> ( <i>Acropora</i> sp.).....	45
Lampiran 6	Hasil Analisis Uji Korelasi Pearson Hubungan Kelimpahan Sel Zooxanthella dengan Jumlah Polip pada Karang <i>Digitate</i> ( <i>Montipora digitata</i> ).....	45

## BAB 1 PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem perairan tropik yang produktif selain mangrove dan padang lamun. Terumbu karang tidak terlepas dari ancaman yang berpotensi menyebabkan kerusakan. Penyebab kerusakan terumbu karang dapat dibagi menjadi dua, yaitu akibat kegiatan manusia dan pengaruh alam. Kerusakan yang disebabkan oleh kegiatan manusia menjadi ancaman utama bagi keselamatan terumbu karang (Dahuri 2000: 4).

Menurut Setiawan *dkk.* (2011: 27), akibat aktivitas manusia, persentase tutupan karang keras pada tahun 2005 adalah sebesar 31,45% dan turun menjadi 28,86% pada tahun 2007. Kerusakan terumbu karang dapat dilihat dari adanya kerusakan fisik dan fisiologis. Kerusakan fisik ditandai dengan koloni karang yang hancur, cabang-cabang yang patah, dan koloni karang yang terangkat dari substratnya. Kerusakan fisiologis dapat dilihat dari perubahan warna karang yang sebelumnya cerah menjadi memudar bahkan putih (*bleaching*). Fenomena *bleaching* adalah pemutihan karang yang disebabkan keluarnya zooxanthella dari tubuh hewan karang atau berkurangnya konsentrasi pigmen fotosintesis pada zooxanthella (Donner 2005: 2251).

Zooxanthella adalah nama kelompok yang beranggotakan jenis-jenis mikroalga dari marga *Symbiodinium* (Tomas 1997: 460--461). Zooxanthella berada di dalam sel bagian dalam gastrodermis dan tersebar di seluruh koloni, serta berwarna kekuningan hingga coklat (Reid *dkk.* 2011: 95 & 97). Secara umum, jumlah zooxanthella yang terkandung pada polip terumbu karang normal adalah berkisar antara  $0,23--1,75 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup> luas permukaan karang (Costa & Amaral 2000: 1).

Zooxanthella membutuhkan cahaya matahari yang cukup untuk melakukan fotosintesis (Nybakken 1992: 327). Keberadaan zooxanthella dalam karang menyebabkan pertumbuhan terumbu karang sangat terbatas pada perairan yang jernih dan relatif dangkal (<25 meter). Tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis akan berkurang sehingga kemampuan karang untuk menghasilkan kalsium

karbonat dan membentuk terumbu akan berkurang pula. Hal tersebut akan memengaruhi kecepatan pembentukan terumbu karang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Kuhl *dkk.* (1995: 163), gelombang cahaya yang dibutuhkan zooxanthella untuk fotosintesis adalah berkisar antara 550--600 nm.

Intensitas cahaya yang rendah dapat menyebabkan jumlah zooxanthella pada karang menjadi berkurang dan sebaliknya (Steele 1976: 399; Rani *dkk.* 2004: 201). Berkurangnya cahaya yang masuk ke perairan dapat disebabkan oleh sedimentasi, kedalaman, dan kenaikan permukaan air laut. Sedimentasi menyebabkan perairan di sekitar terumbu karang menjadi keruh. Hal tersebut dapat menyebabkan jumlah zooxanthella berkurang hingga 60%, bahkan dapat menyebabkan coral *bleaching* (Rogers 1990: 188--189).

Marga karang dengan *life form* yang berbeda memiliki jumlah kandungan zooxanthella yang berbeda pula (Costa & Amaral 2000: 1). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan pertumbuhan karang sangat tergantung pada kelimpahan zooxanthella pada karang itu sendiri. Semakin padat jumlah zooxanthella maka akan semakin tinggi efisiensi pertumbuhan karang dalam suatu perairan. Dengan demikian, semakin tinggi pula kontribusi zooxanthella terhadap produktivitas primer perairan. Nilai produktivitas zooxanthella pada tingkat global mencapai  $4,6 \times 10^8$  ton C/ tahun atau 2% dari total produksi plankton (Nontji 1984: 78). Beberapa penelitian mengenai laju pertumbuhan karang telah dilakukan di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu karena lokasi tersebut masih memiliki nilai produktivitas primer yang tinggi (Estradivari 2009: 26).

Oleh karena itu, penelitian mengenai kelimpahan zooxanthella perlu dilakukan di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu dengan parameter perbedaan intensitas cahaya dan tipe *life form* karang dari spesies *Acropora* sp. dan *Montipora digitata*. Karang yang digunakan pada penelitian adalah karang *branching* dari spesies *Acropora* sp. dan karang *digitate* dari jenis *Montipora digitata*. Marga karang *Acropora* dan *Montipora* bercabang sangat sering dijumpai dan mendominasi rataan terumbu di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu (Kiswara & Suharsono 1991: 4--7). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kelimpahan zooxanthella akibat perbedaan intensitas cahaya pada dua koloni karang dari tipe *life form branching* (*Acropora* sp.) dan *digitate*

(*Montipora digitata*). Melalui riset ini diharapkan akan diperoleh informasi mengenai jumlah zooxanthella pada berbagai intensitas cahaya dan tipe *life form* karang.





## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan ekosistem laut tropis yang dibangun oleh hewan karang penghasil endapan masif kalsium karbonat (Nybakken 1992: 325; Levinton 2001: 361). Terumbu karang memiliki berbagai fungsi ekologis dan ekonomi. Fungsi ekologis terumbu karang, antara lain sebagai habitat untuk mencari makan (*feeding ground*), habitat untuk asuhan (*nursery ground*), dan berkembang biak (*spawning ground*) bagi biota laut seperti ikan, krustasea, ekinodermata, dan moluska (Nezon *dkk.* 2006: 1). Selain itu, fungsi ekologis lain dari terumbu karang adalah pelindung garis pantai dan pulau-pulau dari bahaya erosi oleh arus dan gelombang (Supriharyono 2000: 246). Fungsi ekonomi terumbu karang yaitu sebagai sumber daya industri perikanan, pariwisata, dan sumber produk-produk farmasi (Reid *dkk.* 2011: 88--89).

Kerusakan terumbu karang meningkat setiap tahun akibat ketergantungan manusia terhadap sumber daya hayati ekosistem terumbu karang. Burke *dkk.* (2002: 8) menyatakan bahwa ancaman utama terumbu karang adalah penangkapan ikan yang berlebihan dan merusak, sedimentasi, dan pencemaran yang berasal dari daratan. Selain itu, aktivitas manusia seperti pembangunan dan pariwisata, limbah industri, pengerukan pasir, dan penambangan di laut, juga berdampak terhadap kerusakan terumbu karang (Ikawati *dkk.* 2001: 73--99).

Selain akibat dari kegiatan manusia, kerusakan terumbu karang juga dapat disebabkan secara alami. Kerusakan yang disebabkan oleh alam dapat dikarenakan oleh faktor biologi, antara lain predasi, kompetisi, penyakit, dan bioerosi (Supriharyono 2000: 246). Selain itu, kerusakan juga dapat disebabkan oleh faktor fisika antara lain aktivitas gunung berapi, perubahan suhu air akibat siklus El Nino, dan pasang surut air laut (Suharsono 1998: 49).

## 2.2. Biologi Hewan Karang

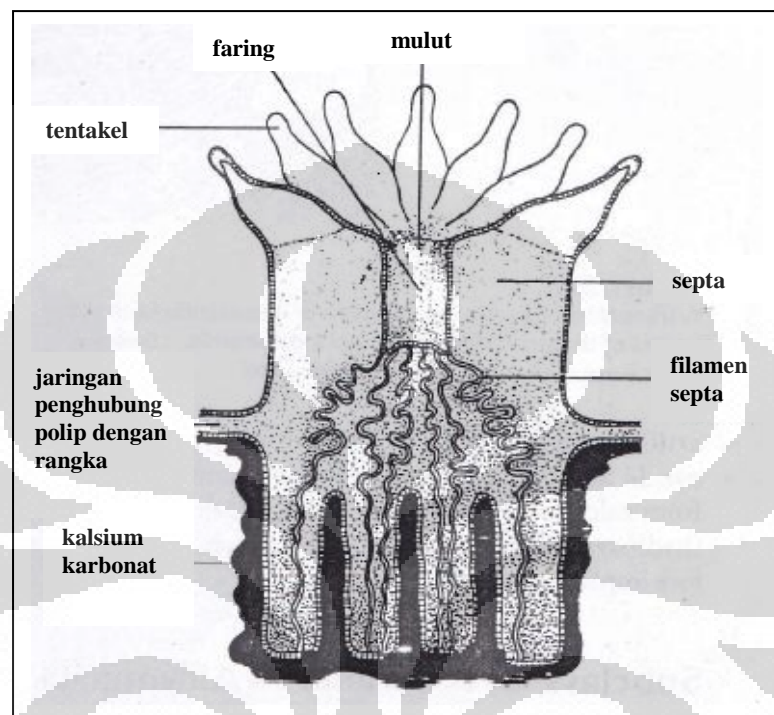
### 2.2.1. Pengelompokan Karang

Secara taksonomi, hewan karang termasuk dalam Filum Cnidaria, Kelas Anthozoa, Subkelas Hexacorallia, dan Bangsa Scleractinia (Pechenik 1996: 100). Berdasarkan kemampuan membentuk terumbu, karang dibagi menjadi dua kelompok, yaitu karang hermatipik dan karang ahermatipik (Nybakken 1992: 325--326). Karang hermatipik adalah karang yang dapat membentuk terumbu. Karang tersebut bersimbiosis dengan zooxanthella yang terdapat di dalam sel gastrodermis polip karang. Sebagian besar karang dari Bangsa Scleractinia merupakan jenis karang pembentuk terumbu (Levinton 2001: 241--242). Berbeda dengan hermatipik, karang ahermatipik tidak bersimbiosis dengan zooxanthella sehingga tidak dapat membentuk terumbu (Sumich 1999: 268--269; Castro & Huber 2005: 286). Pembentukan terumbu membutuhkan faktor lingkungan yang relatif konstan sehingga penyebaran karang hermatipik lebih terbatas daripada karang ahermatipik. Karang hermatipik umumnya tersebar di perairan tropis (Supriharyono 2000: 1; Levinton 2001: 362). Faktor lingkungan yang memengaruhi pembentukan terumbu karang antara lain cahaya (Castro & Huber 2005: 290), suhu (Nybakken 1992: 326), salinitas (Supriharyono 2000: 23--24), sedimentasi (Levinton 2001: 363), arus (Nontji 2005: 292), dan pH (Effendi 2003: 73).

### 2.2.2. Morfologi Hewan Karang

Karang umumnya merupakan bentuk koloni yang terdiri dari banyak polip karang (Nontji 2005: 114). Polip karang umumnya berukuran 1--3 mm. Namun, karang batu soliter seperti *Fungia* hanya terdiri dari satu polip dengan diameter mencapai 25 cm. Polip membentuk kerangka kapur yang disebut skeleton (Nybakken 1992: 328--329). Jaringan yang menghubungkan antar polip disebut konesteum (Castro & Huber 2005: 287). Keseluruhan skeleton yang dibentuk

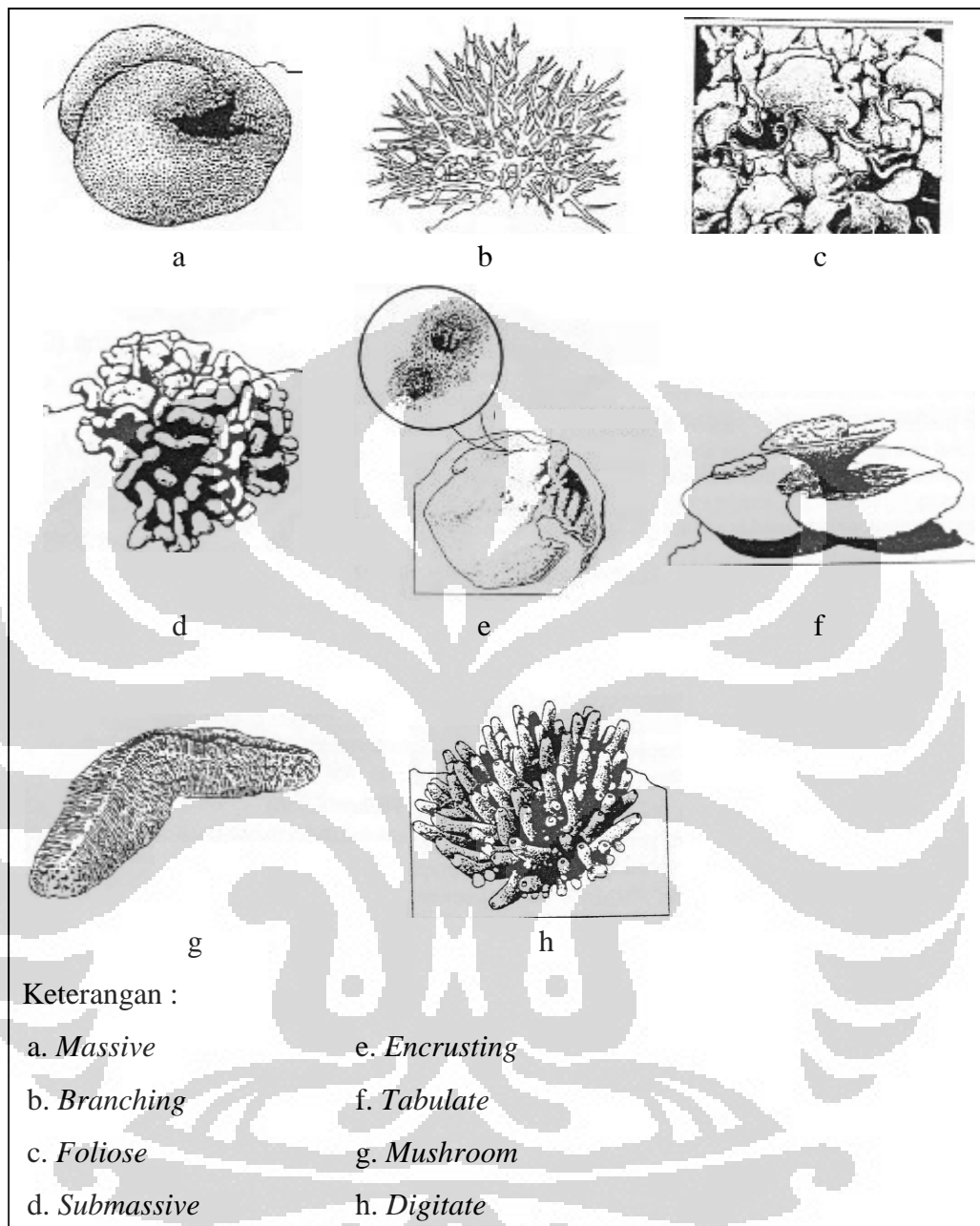
oleh satu polip disebut koralit (*corallite*). Bentuk koralit menyerupai mangkuk sehingga dapat menampung polip (Gambar 2.2.2(1)) (Sumich 1999: 265--266).



Gambar 2.2.2(1). Polip Hewan Karang (keterangan diterjemahkan)

[Sumber: Pechenik 1996: 101.]

Karang memiliki rangka dengan bentuk koloni atau tipe *life form* yang bervariasi. Variasi bentuk koloni dipengaruhi oleh jenis karang dan kondisi lingkungan tempat karang tersebut hidup. Menurut English *dkk.* (1994: 36--37), koloni karang dibedakan menjadi beberapa *life form*, yaitu: masif (*massive*), bercabang (*branching*), lembaran (*foliose*), submasif (*submassive*), mengerak (*encrusting*), meja (*tabulate*), cendawan (*mushroom*), dan menjari (*digitate*) (Gambar 2.2.2(2)).



Gambar 2.2.2(2). Bentuk Koloni Karang

[Sumber: English *dkk.* 1994: 36--37.]

### 2.2.3. Karang *Acropora* sp. dan *Montipora digitata*

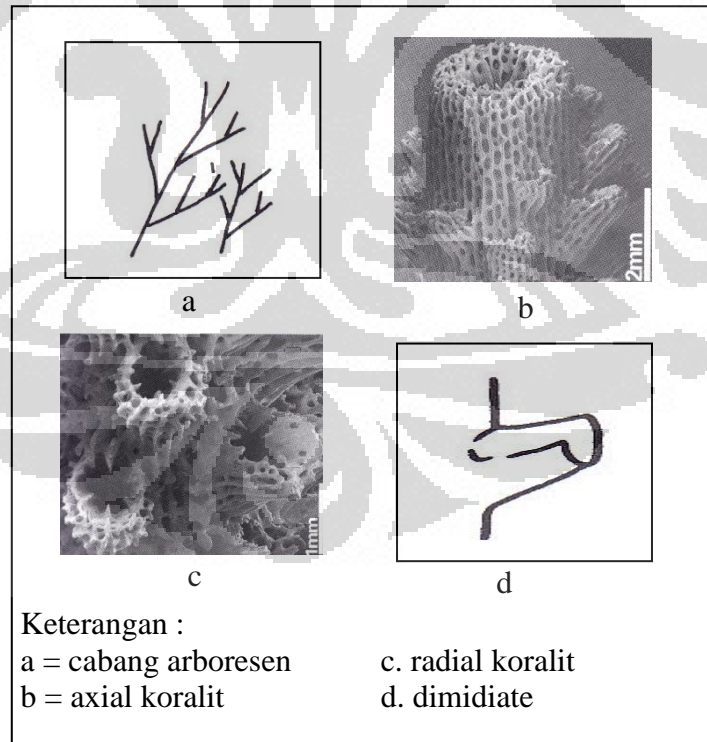
Karang *Acropora* sp. (Gambar 2.2.3(1)) memiliki koloni dengan bentuk percabangan bervariasi, salah satu bentuknya adalah arboresen (Gambar 2.2.3(2a)). Marga *Acropora* memiliki axial koralit (Gambar 2.2.3(2b)) dan radial

korallit (Gambar 2.2.3(2c)). Radial korallit dapat berbentuk tabung dengan bukaan dimidiate dan sebagian tenggelam (Gambar 2.2.3(2d)). Umumnya memiliki koloni berwarna coklat dan hijau muda (Wallace & Wolstenholme 1998: 232; Suharsono 2008: 13).



Gambar 2.2.3(1). Karang *Acropora* sp.

[Sumber: Muzaki 2011: 1.]



Gambar 2.2.3(2). Axial dan Radial Korallit

[Sumber: Wallace & Wolstenholme 1998: 206--207 & 231.]

Karang *Montipora digitata* memiliki koloni bercabang dengan bentuk percabangan yang tidak teratur (Gambar 2.2.3(3)). Beberapa cabang saling menyatu dengan ujung percabangan tumpul. Koralit tenggelam dengan batas antara koralit yang satu dan lainnya terlihat nyata (Suharsono 2008: 74).



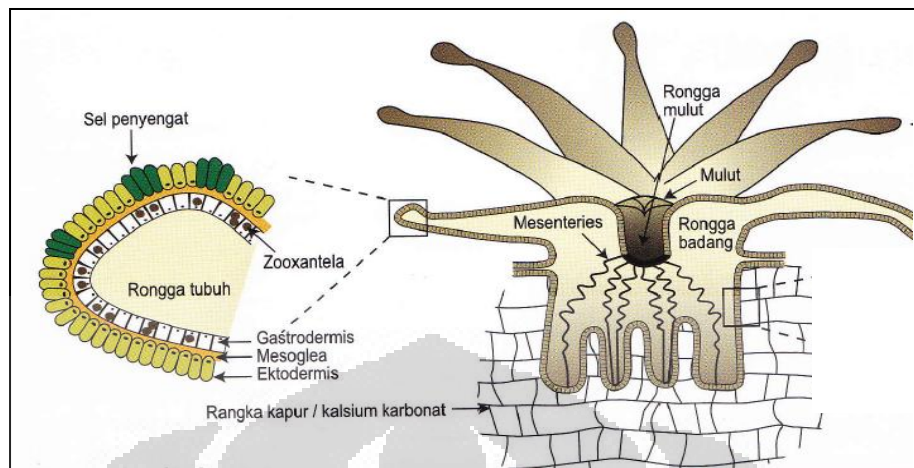
Gambar 2.2.3(3). Karang *Montipora digitata*

[Sumber: Levenson 2011: 1.]

## 2.3. Zooxanthella

### 2.3.1. Biologi Zooxanthella

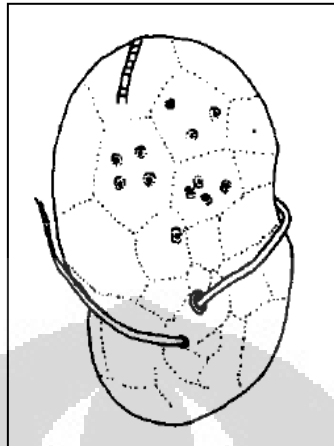
Zooxanthella adalah mikroalga uniseluler dari kelompok dinoflagellata yang bersimbiosis mutualisme dengan karang. Zooxanthella hidup pada sel gastrodermis dan tersebar di seluruh koloni hewan karang (Reid *dkk.* 2011: 95 & 97) (Gambar 2.3.1(1)). Selain pada hewan karang, zooxanthella juga bersimbiosis dengan invertebrata lain seperti Pelecypoda (*Tridacna*) dan Platyhelminthes (Rudman 2000: 1). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa simbiosis antara zooxanthella dengan *Tridacna* terletak pada jaringan mantel (Nontji 1984: 75).



Gambar 2.3.1(1). Zooxanthella di dalam Gastrodermis Polip Karang [Sumber: Reid *dkk.* 2011: 95.]

Marga zooxanthella yang umumnya membentuk simbiosis dengan hewan karang adalah *Symbiodinium*. Secara taksonomi, zooxanthella termasuk ke dalam Bangsa Suesiales, Suku Symbiodiniaceae, dan Marga *Symbiodinium* (Tomas 1997: 460--461). Zooxanthella memperoleh keuntungan dari polip karang berupa tempat tinggal, perlindungan dari predator, dan sisa-sisa hasil metabolisme karang untuk fotosintesis. Sebagai simbion yang mutualis, zooxanthella juga memberikan keuntungan bagi karang berupa oksigen dan nutrisi, serta membantu proses pembentukan terumbu (Levinton 2001: 363).

Zooxanthella memiliki dua daur hidup, yaitu fase kokoid dan fase motil. Fase kokoid merupakan fase dimana zooxanthella bersimbiosis dengan hewan inang, dengan sel berbentuk agak bulat dan berukuran 10--14  $\mu\text{m}$ . Seperti halnya dinoflagellata pada umumnya, zooxanthella pada fase motil juga memiliki struktur flagella yang digunakan untuk bergerak di perairan (Gambar 2.3.1(2)) (Tomas 1997: 462). Fase motil zooxanthella memiliki waktu yang singkat dan dipergunakan untuk berpindah dari satu inang ke inang yang lain (Nontji 1984: 75).



Gambar 2.3.1(2). Fase Motil Zooxanthella

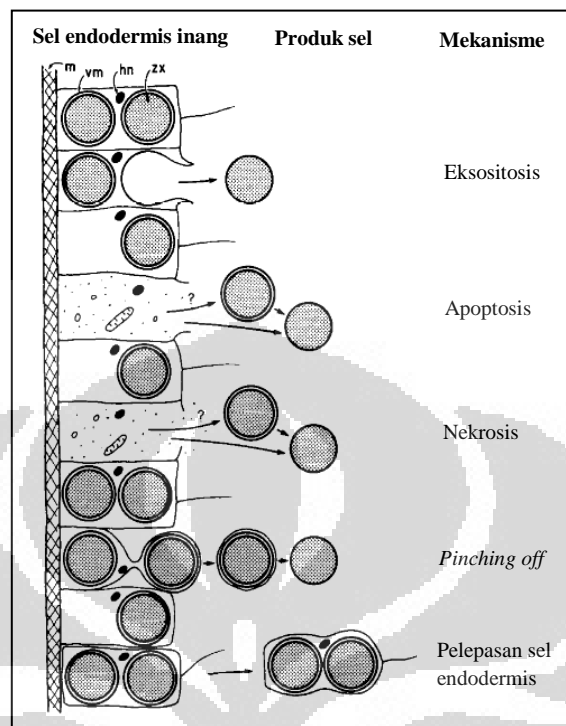
[Sumber: Tomas 1997: 462.]

Zooxanthella memiliki beberapa cara untuk masuk ke dalam jaringan gastrodermis karang. Reproduksi aseksual (fragmentasi koloni dan *budding* polip baru) menyebabkan zooxanthella ikut berpindah ke dalam koloni baru.

Zooxanthella juga dapat berpindah melalui telur pada hewan karang yang menghasilkan telur. Perpindahan zooxanthella dari koloni induk ke telur dikarenakan perpanjangan sitoplasma (Sunarto 2008: 16--17).

Zooxanthella dapat keluar dari polip karang melalui lima mekanisme, yaitu eksositosis, apoptosis, nekrosis, *pinching off*, dan pelepasan sel endodermis (Gambar 2.3.1(3)). Eksositosis merupakan keluarnya zooxanthella dari sel inang karena diisolasi (Steen & Muscatine 1987: 249--259). Apoptosis merupakan keluarnya zooxanthella secara terprogram karena sudah tidak dibutuhkan, sedangkan nekrosis adalah keluarnya zooxanthella karena sel sudah rusak (Searle *dkk.* 1982: 229--259). *Pinching off* merupakan pelepasan zooxanthella yang diselubungi vakuola dan terjepit membran plasma, sedangkan pelepasan sel endodermis adalah pelepasan zooxanthella utuh beserta sel endodermis polip karang (Gates *dkk.* 1992: 324--325).





Gambar 2.3.1(3). Mekanisme Pelepasan Zooxanthella (keterangan diterjemahkan)

[Sumber: Gates *dkk.* 1992: 325.]

Hilangnya zooxanthella dari polip karang akan menyebabkan karang mengalami pemudaran warna (*bleaching*). *Bleaching* adalah pemutihan karang yang disebabkan keluarnya zooxanthella dari tubuh hewan karang atau berkurangnya konsentrasi pigmen fotosintesis pada zooxanthella. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan *bleaching* adalah cahaya yang masuk ke perairan. Semakin rendah intensitas cahaya yang masuk ke perairan, maka akan menyebabkan zooxanthella yang berada di dalam polip karang menjadi sedikit sehingga akan berdampak terhadap pudarnya warna karang (Rowan *dkk.* 1997: 267--268).

Pertumbuhan terumbu karang terbatas pada perairan dangkal dan jernih karena zooxanthella membutuhkan cahaya matahari yang cukup untuk proses fotosintesis. Hasil fotosintesis zooxanthella membuat karang hermatipik mampu membentuk terumbu sepuluh kali lebih cepat dibandingkan dengan karang yang tidak memiliki alga simbion. Selain pertumbuhannya lambat, karang yang tidak

bersimbiosis dengan zooxanthella memiliki ukuran koralit yang lebih kecil (Suharsono 1998: 43--45; Tomascik *dkk.* 1997: 318).

Zooxanthella memiliki beberapa kelompok genotip yang disebut *clade*. Setiap *clade* zooxanthella memiliki karakteristik yang bervariasi (Toller *dkk.* 2001: 350--351). Zooxanthella *clade* A memiliki toleransi yang cukup baik terhadap intensitas cahaya tinggi, namun memiliki kemampuan beradaptasi yang rendah terhadap intensitas cahaya rendah dan toleransi yang rendah terhadap perubahan suhu. Seperti halnya zooxanthella *clade* A, zooxanthella *clade* B juga memiliki toleransi terhadap intensitas cahaya tinggi (Riddle 2006: 1). Zooxanthella *clade* C memiliki kemampuan bertahan hidup pada kondisi lingkungan dengan intensitas cahaya rendah dan memiliki kisaran toleransi suhu yang luas (Rowan *dkk.* 1997: 261). Zooxanthella *clade* D sering ditemukan pada area yang baru mengalami kerusakan, keadaan *coral bleaching*, dan lingkungan yang panas. Hal tersebut dikarenakan zooxanthella *clade* D toleran terhadap temperatur, tekanan, dan iradiasi yang ekstrim (Riddle 2006: 1).

### 2.3.2. Faktor Lingkungan yang Memengaruhi Zooxanthella

Kelimpahan zooxanthella pada terumbu karang tidak terlepas dari pengaruh faktor lingkungan. Faktor lingkungan tersebut antara lain cahaya, suhu, sedimentasi, dan nutrisi.

#### 1. Cahaya

Karang umumnya tumbuh baik pada perairan dengan intensitas cahaya cukup. Cahaya diperlukan oleh alga zooxanthella yang bersimbiosis dengan karang untuk proses fotosintesis. Semakin dalam suatu perairan maka intensitas cahaya yang masuk akan semakin berkurang. Toller *dkk.* (2001: 5--9) menyatakan bahwa perbedaan *life form* karang dan kedalaman, akan menyebabkan perbedaan kelimpahan dan *clade* zooxanthella. Gelombang cahaya yang dibutuhkan oleh zooxanthella untuk fotosintesis berkisar antara 550--650 nm

(Kuhl *dkk.* 1995: 163). Hasil fotosintesis alga zooxanthella digunakan oleh karang untuk respirasi, sintesis sel, sintesis produk ekstraseluler, dan proses kalsifikasi karang (Levinton 2001: 363). Penelitian Steele (1976: 390--406) menunjukkan bahwa perubahan intensitas cahaya memengaruhi jumlah zooxanthella. Semakin tinggi intensitas cahaya, maka semakin tinggi pula jumlah zooxanthella yang terkandung dalam polip karang. Sebaliknya, jumlah zooxanthella berkurang dalam kondisi intensitas cahaya rendah.

## 2. Suhu

Kisaran suhu yang dapat diterima oleh zooxanthella untuk bertahan hidup adalah 25--38°C (Hill *dkk.* 2009: 228--237). Zooxanthella dapat tumbuh optimum pada suhu 26--28°C (Glynn & Croz 1990: 181). Penelitian Glynn & Croz (1990: 188) menunjukkan kenaikan suhu menyebabkan hilangnya zooxanthella dan berkurangnya protein dalam karang. Secara tidak langsung, suhu yang tinggi dapat menyebabkan proses fotosintesis terhambat karena rusaknya membran tilakoid zooxanthella (Hill *dkk.* 2009: 239). Penelitian Steen & Muscatine (1987: 249--259) menyatakan bahwa suhu rendah dapat menyebabkan penurunan laju fotosintesis, penurunan laju mitosis sel, penurunan jumlah zooxanthella, peningkatan pelepasan karbon, dan eksositososis zooxanthella.

## 3. Sedimentasi

Cahaya di perairan juga dipengaruhi oleh adanya sedimentasi. Sedimentasi oleh lumpur dan pasir menyebabkan perairan menjadi keruh. Sedimentasi menghalangi cahaya yang masuk ke perairan sehingga menyebabkan zooxanthella sulit untuk mendapatkan cahaya dan menghambat laju fotosintesis (Suharsono 1984: 41--48). Hal tersebut akan berdampak terhadap proses kalsifikasi karang (Levinton 2001: 363; Castro & Huber 2005: 292).

#### 4. Nutrien

Konsentrasi nitrat dan fosfat di dalam perairan dapat memengaruhi kelimpahan zooxanthella. Penelitian Marubini & Davies (1996: 321--327) menunjukkan bahwa populasi zooxanthella dapat meningkat seiring dengan peningkatan jumlah nitrat di perairan. Namun, peningkatan tersebut tidak diiringi dengan pertumbuhan karang. Hal tersebut dikarenakan CO<sub>2</sub> yang tersedia lebih banyak digunakan zooxanthella untuk proses fotosintesis, sehingga mengurangi ketersediaan karbon anorganik untuk proses kalsifikasi.

##### 2.4. Pulau Pari, Kepulauan Seribu

Kepulauan Seribu terdiri atas rangkaian 108 pulau-pulau karang yang terbentang ke arah utara sejauh 80 km dari DKI Jakarta pada posisi 106°25'25.9"--106°40'57.03" BT dan 5°24'33.56"--5°59'47.43" LS. Terumbu karang yang berada di Kepulauan Seribu merupakan tipe karang tepi dengan dasaran pasir kasar serta dipengaruhi oleh angin musim barat dan timur. Rataan terumbu karang umumnya lebar dan berada dekat tubir dengan kemiringan lereng terumbu 30°--60° (Azkab & Hutomo 1986: 73--74).

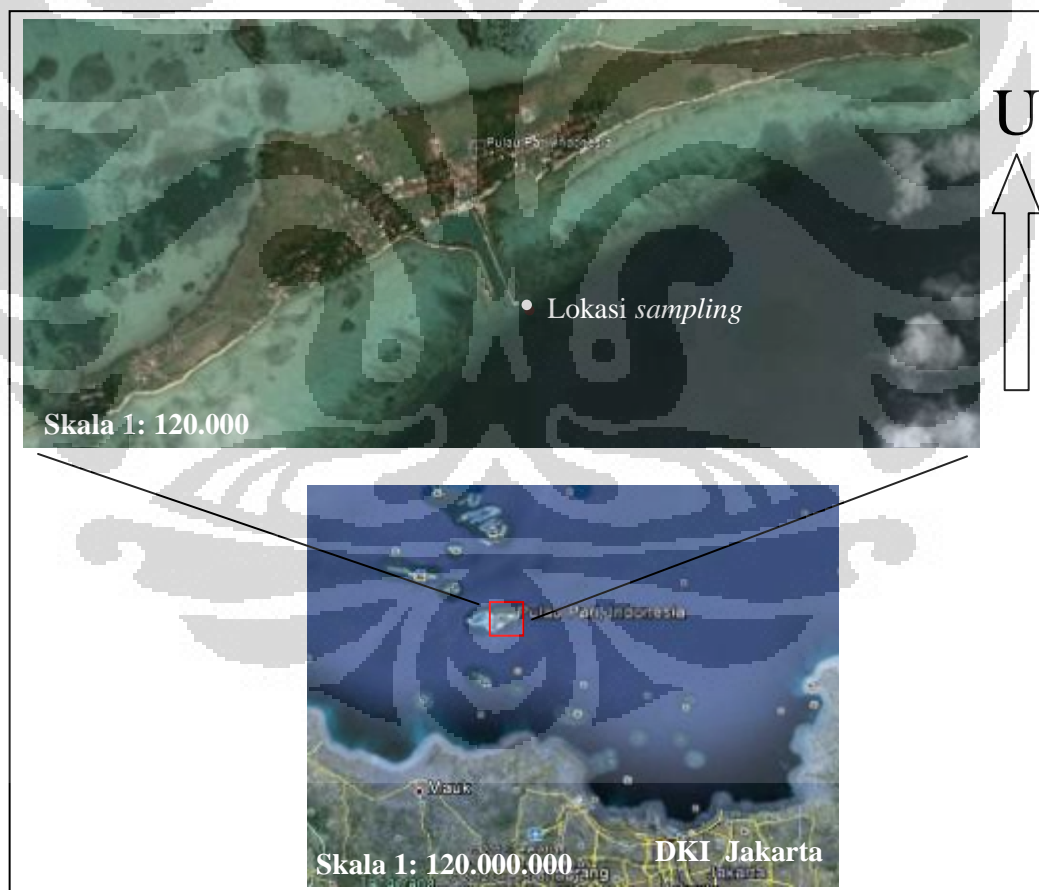
Secara geografis Pulau Pari terletak antara 106°36'24.68"--106°37'53.42" BT dan 5°51'16.79"--5°51'55.00" LS. Pulau Pari terletak di Laut Jawa, tepatnya di sebelah utara DKI Jakarta dan Tangerang. Secara administrasi, Kepulauan Pari termasuk dalam Kelurahan Pulau Tidung, Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan, Kabupaten Kepulauan Seribu, Propinsi DKI Jakarta. Rataan terumbu di pantai Pulau Pari mempunyai bentuk landai dengan lebar antara 180--900 m.

Persentase tutupan karang keras di Pulau Pari pada tahun 2007 berkisar antara 19,1 hingga 40,4% (Estradivari 2009: 26). Marga karang yang mendominasi ratahan terumbu adalah *Acropora*, *Montipora* bercabang, dan *Porites* (Kiswara & Suharsono 1991: 4--7). Kegiatan rehabilitasi karang berupa transplantasi karang telah dilakukan di Pulau Pari, dan menunjukkan keberhasilan yang cukup baik. Hal tersebut dibuktikan dengan tingkat pertumbuhan karang hasil transplantasi mencapai 64% per delapan tahun (Johan *dkk.* 2008: 289--299).

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Pengambilan sampel karang dilakukan di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu pada tanggal 4--8 April 2012 pada posisi  $106^{\circ}37'15.49''$  BT dan  $5^{\circ}51'40.04''$  LS untuk karang *branching* (*Acropora* sp.), sedangkan untuk karang *digitate* (*Montipora digitata*) pada posisi  $106^{\circ}37'15.42''$  BT dan  $5^{\circ}51'39.07''$  LS. Lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1. Lokasi Pengambilan Sampel dan Peta Pulau Pari

[Sumber: Google Earth, 2012.]

Proses pengeluaran zooxanthella dari polip karang dilakukan di laboratorium Stasiun Penelitian UPT Pulau Pari, P2O-LIPI. Pencacahan sampel zooxanthella dilakukan di Laboratorium Biologi Kelautan Departemen Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

### 3.2. Alat

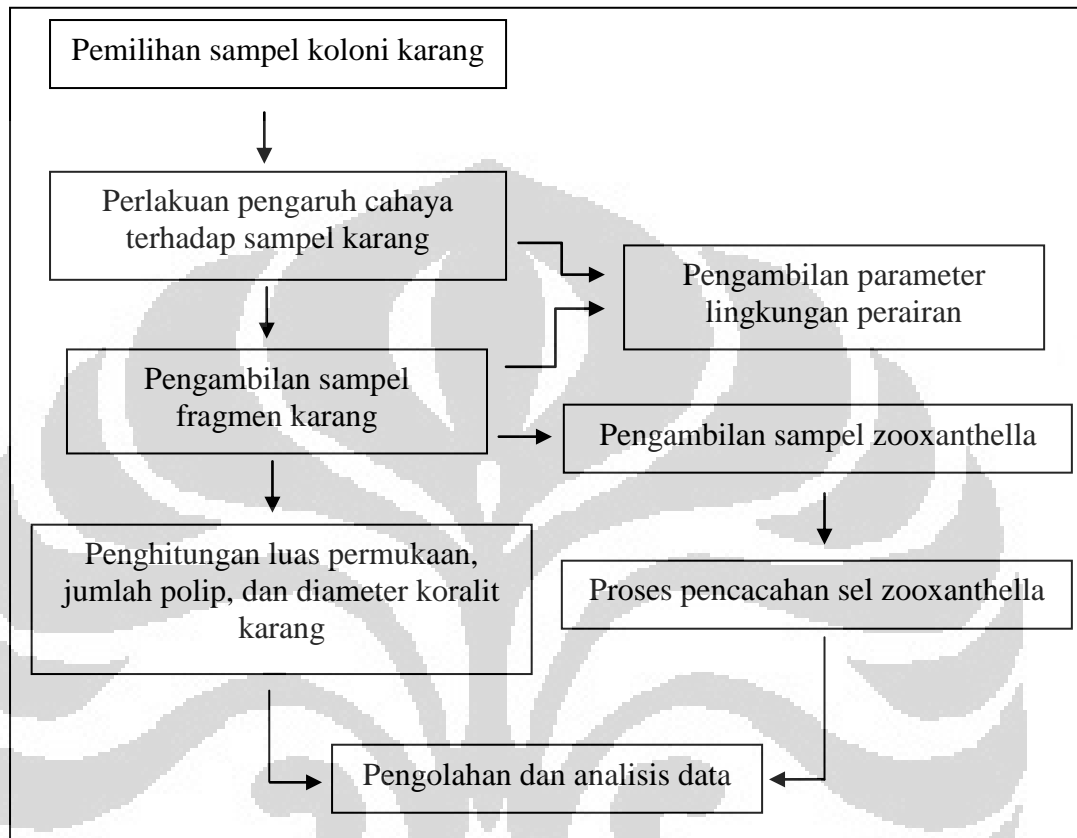
Peralatan yang digunakan dalam penelitian dibedakan menjadi 2, yaitu peralatan pengambilan sampel dan peralatan laboratorium. Peralatan yang digunakan pada saat pengambilan sampel antara lain perlengkapan *snorkeling* (*masker*, *snorkel*, dan *fins*), *lux meter* [HANNA], *coral health chart* [CORAL WATCH], refraktometer [ATAGO], pH indikator universal [MERCK], termometer batang, DO meter [HANNA], GPS [GARMIN], kamera digital [CANON IXUS 80 IS], tali pengukur kedalaman, alat pengukur arus, alat tulis, papan mika, botol sampel, dan plastik sampel. Peralatan yang digunakan di laboratorium adalah mikro pipet, *object glass*, *cover glass* 18 x 18, mikroskop [Nikon SE], mikroskop binokuler [BOECO], *beaker glass* (500 ml) [IWAKI], *hot plate* [AS ONE], dan counter [HOPE].

### 3.3. Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah fragmen koloni karang *life form branching* (*Acropora* sp.) dan *digitate* (*Montipora digitata*), air laut, *aluminium foil*, kertas milimeter blok, formalin 40%, plastik terang dengan penetrasi intensitas cahaya  $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ , plastik setengah gelap dengan penetrasi intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ , dan plastik gelap dengan penetrasi intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ .

### 3.4. Cara Kerja

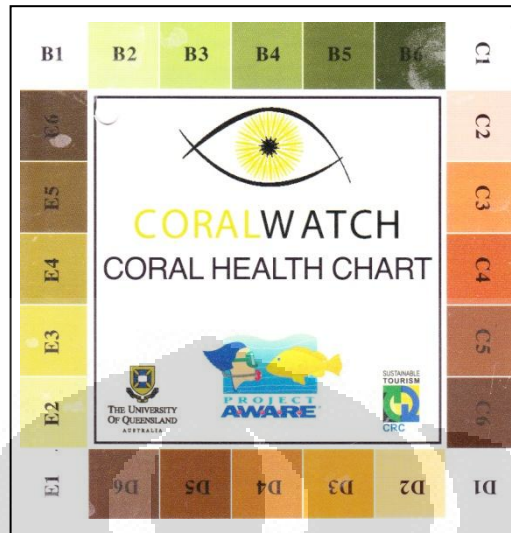
Skema cara kerja penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4. Skema Cara Kerja Penelitian

#### 3.4.1. Pemilihan Sampel Koloni Karang

Pengambilan sampel koloni karang dilakukan pada kedalaman 80--150 cm. Koloni karang (*branching* dan *digitate*) di lokasi pengambilan sampel diamati menggunakan *coral health chart* (Gambar 3.4.1.) untuk mengetahui koloni karang yang sehat. Sampel koloni karang yang sehat dijadikan obyek penelitian dengan asumsi masih banyak terdapat zooxanthella di dalam karang yang sehat. Koloni karang yang akan dijadikan sampel adalah karang *branching* (*Acropora* sp.) dan *digitate* (*Montipora digitata*) sebanyak 24 fragmen koloni karang (Tabel 3.4.1).

Gambar 3.4.1. *Coral Health Chart*

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

Tabel 3.4.1. Rincian Sampel Fragmen Karang

Ulangan	Perlakuan							
	Kontrol		Intensitas 58 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$		Intensitas 26 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$		Intensitas 0 $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$	
	B	D	B	D	B	D	B	D
1	(1)	(4)	(7)	(10)	(13)	(16)	(19)	(22)
2	(2)	(5)	(8)	(11)	(14)	(17)	(20)	(23)
3	(3)	(6)	(9)	(12)	(15)	(18)	(21)	(24)

Keterangan:

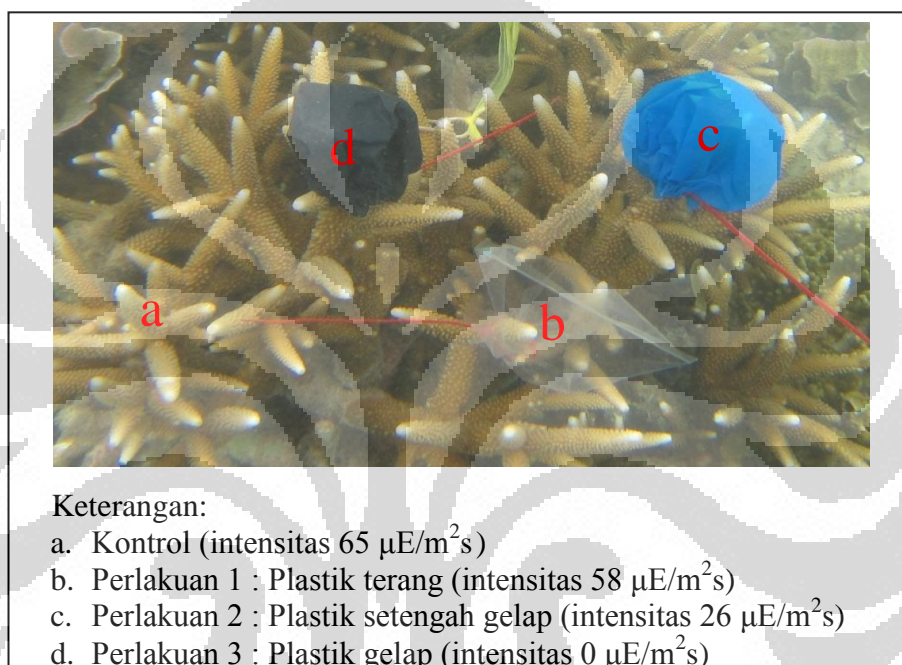
B = *Branching*D = *Digitate*

### 3.4.2. Perlakuan Pengaruh Cahaya terhadap Sampel Karang

Koloni karang dari masing-masing tipe *life form* (*branching* dan *digitate*) yang akan dijadikan sampel ditutup selama  $\pm 72$  jam, untuk menghalangi masuknya cahaya matahari. Perlakuan yang diberikan pada hari ke-0 adalah dengan menutup ujung cabang koloni sepanjang  $\pm 5$  cm dengan plastik terang (intensitas cahaya  $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), plastik setengah gelap (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), dan plastik gelap (intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), sementara kontrol tidak ditutup dengan plastik (Gambar 3.4.2). Plastik kemudian diikat menggunakan



*nylon cable tie*, dan bagian bawah plastik (dekat dengan ikatan) diberi lubang untuk jalan keluar masuk air. Setelah itu, pengukuran intensitas cahaya dilakukan setiap hari pada masing-masing perlakuan menggunakan *luxmeter* (dimodifikasi) di kedalaman 80--150 cm. Ujung cabang fragmen koloni kemudian diambil sepanjang  $\pm 5$  cm pada hari ke--3, dan dimasukkan ke dalam botol sampel yang berisi air laut, masing-masing sebanyak 24 sampel.



Gambar 3.4.2. Penutupan Ujung Karang dengan Plastik

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

### 3.4.3. Pengambilan Sampel Zooxanthella

Mula-mula setiap fragmen dari sampel koloni karang yang diambil dimasukkan ke dalam *beaker glass* (500 ml) yang sudah berisi air laut sebanyak 100 ml. Setelah itu *beaker glass* dipanaskan menggunakan *hot plate*, yaitu dengan penambahan suhu air hingga  $\pm 45^\circ\text{C}$  selama 10 menit dengan tujuan untuk mengeluarkan zooxanthella yang terdapat di dalam polip karang (Gambar 3.4.3). Fragmen karang selanjutnya dipersiapkan untuk penghitungan luasan karang. Air laut dalam *beaker glass* yang telah berisi sampel zooxanthella diberi formalin 40%, kemudian dimasukkan ke dalam botol sampel dan diberi keterangan.



Gambar 3.4.3. Proses Pengambilan Zooxanthella

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

#### 3.4.4. Pengambilan Parameter Lingkungan Perairan

Parameter lingkungan perairan diambil setiap hari mulai dari hari ke--0 sampai hari ke--3 untuk mengetahui fluktuasi harian. Parameter lingkungan yang diambil meliputi suhu (dengan termometer), salinitas (dengan refraktometer), pH (dengan pH-indikator), kedalaman (dengan alat pengukur kedalaman), kecepatan arus (dengan alat pengukur arus), kandungan oksigen (dengan DO-meter), dan intensitas cahaya (dengan *lux-meter*).

#### 3.4.5. Proses Pencacahan Sel Zooxanthella

Proses pencacahan dilakukan dengan cara meneteskan sampel air laut yang berisi zooxanthella di atas *object glass* sebanyak 100  $\mu\text{l}$  kemudian ditutup dengan *cover glass*. Setelah itu, sampel diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 10. Zooxanthella yang terlihat dihitung dengan bantuan *counter* dan jumlahnya dicatat. Pemotretan terhadap sel zooxanthella dilakukan di bawah mikroskop pada perbesaran 10 x 100 dengan bantuan minyak imersi.

### 3.4.6. Penghitungan Luas Permukaan Fragmen Koloni Karang

Penghitungan luas permukaan fragmen sampel koloni karang dilakukan dengan membungkus fragmen koloni karang dengan *aluminium foil* (Gambar 3.4.6). Selanjutnya *aluminium foil* dilepaskan dan diletakkan di atas kertas milimeter blok untuk pengukuran luas. Penghitungan luas permukaan karang sesuai dengan metode Marsh (1970). Data hasil penghitungan luas permukaan karang dicatat.

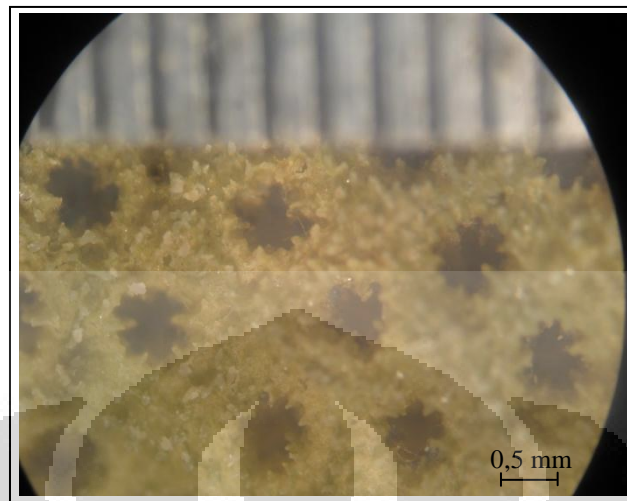


Gambar 3.4.6 Pembungkusan Fragmen Koloni Karang *Digitate*

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

### 3.4.7. Penghitungan Jumlah Polip dan Pengukuran Diameter Koralit Karang

Penghitungan jumlah polip dilakukan pada fragmen koloni karang yang telah dijadikan sampel. Diameter koralit diukur di bawah mikroskop binokuler dengan perbesaran 10 x 4 (Gambar 3.4.7). Hasil yang didapat dari proses penghitungan dan pengukuran dicatat.



Gambar 3.4.7. Penghitungan Diameter Koralit

[Sumber: Dokumentasi oleh Widiarti.]

#### 3.4.8. Pengolahan Data dan Analisa Data

Kelimpahan sel diperoleh berdasarkan penghitungan terhadap jumlah sel yang ditemukan per luasan karang ( $\text{sel}/\text{cm}^2$ ). Kelimpahan sel kemudian ditabulasi dan dideskripsikan dengan bantuan grafik. Hubungan antara kelimpahan sel dan intensitas cahaya dianalisis dengan uji ANAVA satu arah untuk menguji signifikansi pengaruh intensitas cahaya terhadap kelimpahan sel zooxanthella. Perbedaan kelimpahan sel zooxanthella antar perlakuan dianalisis dengan uji LSD. Hubungan kelimpahan sel zooxanthella per luas permukaan karang ( $\text{sel}/\text{cm}^2$ ) dengan jumlah polip pada fragmen karang ( $\text{polip}/\text{cm}^2$ ) dianalisis dengan uji Korelasi Pearson untuk melihat korelasi antara kelimpahan sel zooxanthella dan jumlah polip. Ketiga uji tersebut dianalisa menggunakan *software* komputer SPSS versi 17.

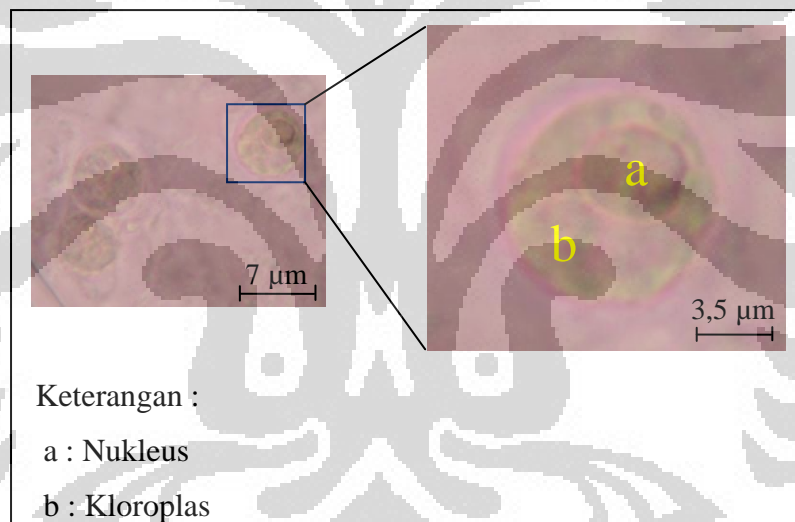
## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Hasil

##### 4.1.1. Morfologi Zooxanthella

Zooxanthella yang berhasil diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 10 x 100 berukuran 6--7  $\mu\text{m}$ , serta memiliki bentuk bulat dan berwarna kuning kehijauan seperti terlihat pada gambar 4.1.1.



Gambar 4.1.1. Zooxanthella

[Sumber: Dokumentasi oleh Widiarti.]

##### 4.1.2. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kelimpahan Zooxanthella

Berdasarkan hasil penghitungan jumlah sel zooxanthella pada fragmen karang *branching* (*Acropora* sp.) dan *digitate* (*Montipora digitata*), diperoleh data

kelimpahan sel zooxanthella per luasan karang yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.2(1) dan Tabel 4.1.2(3).

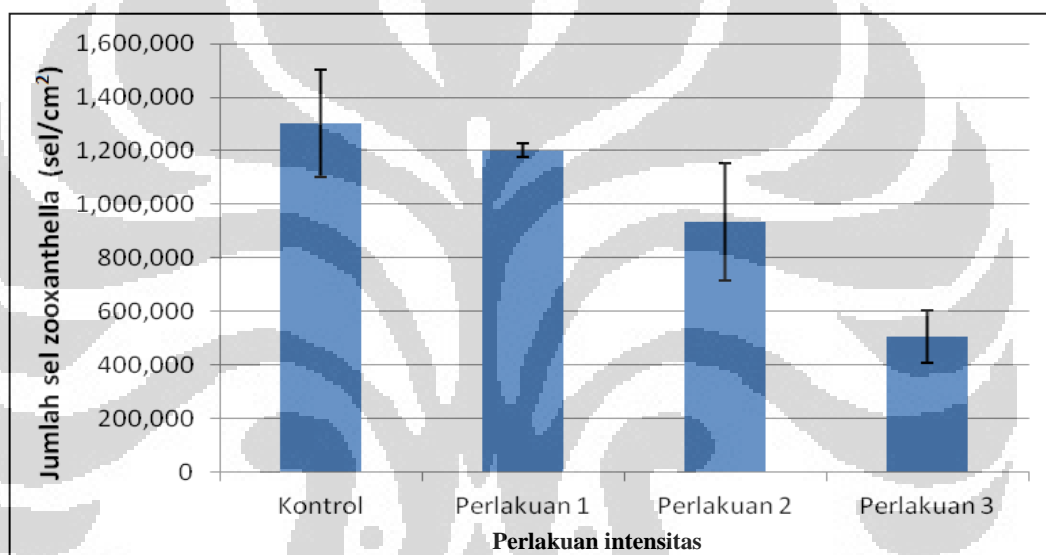
Tabel 4.1.2(1). Kelimpahan Sel Zooxanthella/Luas Permukaan Karang *Branching* (sel/cm<sup>2</sup>)

Tipe Life Form	Perlakuan	Intensitas cahaya (μE/m <sup>2</sup> s)	Jumlah zooxanthella/ luas permukaan karang (sel/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata jumlah zooxanthella/ luas permukaan karang (sel/cm <sup>2</sup> ) + SD	Koefisien variasi (KV)
<i>Branching</i>	Kontrol	65	1.292.885	1.302.425 ± 201.245	15 %
			1.106.120		
			1.508.270		
	Perlakuan 1	58	1.191.648	1.201.644 ± 24.235	2 %
			1.229.278		
			1.184.005		
	Perlakuan 2	26	827.667	933.944 ± 219.239	23 %
			1.186.066		
			788.097		
	Perlakuan 3	0	458.898	507.458 ± 97.228	19 %
			444.074		
			619.401		

Berdasarkan hasil uji LSD (Lampiran 1), terdapat perbedaan kelimpahan sel zooxanthella pada karang *branching*, yaitu antara kontrol dengan ketiga perlakuan, dan perlakuan 1 (intensitas cahaya 58 μE/m<sup>2</sup>s) dengan perlakuan 3 (intensitas cahaya 0 μE/m<sup>2</sup>s), sedangkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan 1 (intensitas cahaya 58 μE/m<sup>2</sup>s) dengan perlakuan 2 (intensitas cahaya 26 μE/m<sup>2</sup>s), dan perlakuan 2 (intensitas cahaya 26 μE/m<sup>2</sup>s) dengan perlakuan 3 (intensitas cahaya 0 μE/m<sup>2</sup>s). Hasil uji ANAVA menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,001 pada  $P \leq 0,05$  (Lampiran 2). Nilai tersebut menunjukkan bahwa perlakuan penutupan ujung cabang koloni karang memiliki pengaruh nyata terhadap kelimpahan sel zooxanthella.

Berdasarkan data yang diperoleh (Tabel 4.1.2(1)), terlihat bahwa pada karang dengan tipe *life form branching*, rata-rata kelimpahan sel zooxanthella pada kontrol (intensitas cahaya 65 μE/m<sup>2</sup>s) adalah sejumlah 1.302.425 sel/cm<sup>2</sup>

dengan KV sebesar 15%, pada perlakuan 1 (intensitas cahaya  $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) sejumlah  $1.201.644 \text{ sel}/\text{cm}^2$  dengan KV sebesar 2%, pada perlakuan 2 (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) sejumlah  $933.944 \text{ sel}/\text{cm}^2$  dengan KV sebesar 23%, dan pada perlakuan 3 (intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) sejumlah  $507.458 \text{ sel}/\text{cm}^2$  dengan KV sebesar 19%. Hal tersebut menunjukkan bahwa jumlah zooxanthella pada karang *branching* mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya intensitas cahaya. Penurunan kelimpahan sel zooxanthella pada *life form branching* dapat dilihat pada Gambar 4.1.2(1).



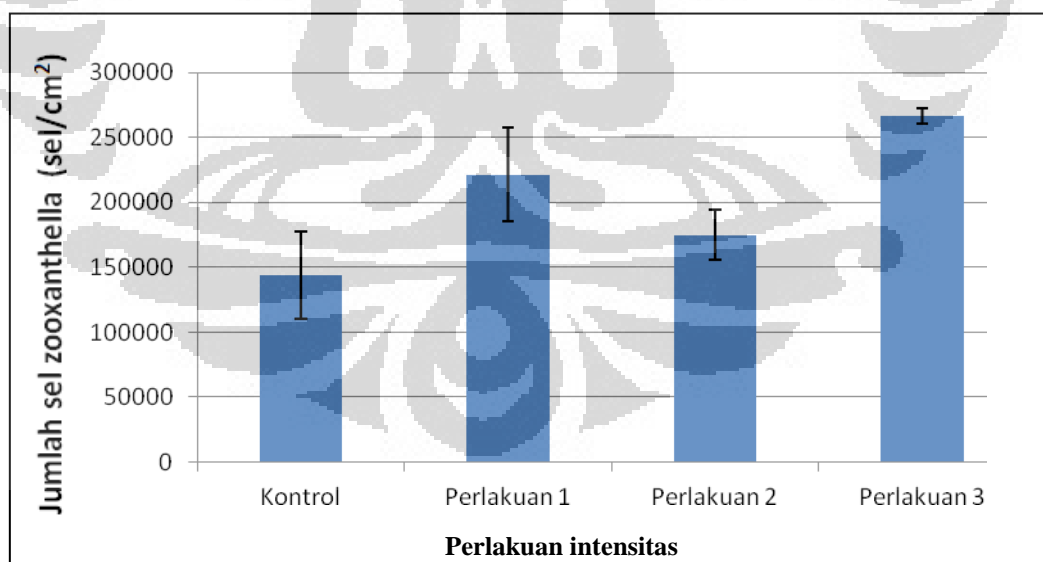
Gambar 4.1.2(1). Kelimpahan Zooxanthella/Luas Permukaan Karang *Branching* (sel/cm<sup>2</sup>)

Berdasarkan hasil uji LSD (Lampiran 3), terdapat perbedaan kelimpahan sel zooxanthella pada karang *digitate*, yaitu antara kontrol dengan perlakuan 1 (intensitas cahaya  $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) dan perlakuan 3 (intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), serta antara perlakuan 2 (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) dengan perlakuan 3 (intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), sedangkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara perlakuan kontrol dengan perlakuan 2 (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ), serta antara perlakuan 1 (intensitas cahaya  $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) dengan perlakuan 2 (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) dan perlakuan 3 (intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ). Hasil uji ANAVA menunjukkan nilai signifikansi 0,316 pada  $P \leq 0,05$  (Lampiran 4). Nilai tersebut

menunjukkan bahwa perlakuan penutupan ujung koloni karang tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kelimpahan sel zooxanthella.

Tabel 4.1.2(2). Kelimpahan Sel Zooxanthella/Luas Permukaan Karang *Digitate* (sel/cm<sup>2</sup>)

Type Life Form	Perlakuan	Intensitas cahaya (μE/m <sup>2</sup> s)	Jumlah zooxanthella/luas permukaan karang (sel/cm <sup>2</sup> )	Rata-rata jumlah zooxanthella/luas permukaan karang (sel/cm <sup>2</sup> ) + SD	Koefisien variasi
<i>Digitate</i>	Kontrol	65	109.882	143.881 ± 33.496	23 %
			176.850		
			144.912		
	Perlakuan 1	58	182.518	221.167 ± 36.112	16 %
			226.935		
			254.047		
	Perlakuan 2	26	154.225	174.900 ± 19.432	11 %
			192.835		
			177.609		
	Perlakuan 3	0	260.174	266.312 ± 6055	2 %
			272.280		
			266.481		



Gambar 4.1.2(2). Kelimpahan Zooxanthella/Luas Permukaan Karang *Digitate* (sel/cm<sup>2</sup>)



Berdasarkan Tabel 4.1.2(2), terlihat bahwa pada karang dengan tipe *life form digitate*, rata-rata kelimpahan sel zooxanthella pada kontrol (intensitas cahaya  $65 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) adalah sejumlah  $143.881 \text{ sel}/\text{cm}^2$  dengan KV sebesar 23%, pada perlakuan 1 (intensitas cahaya  $58 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) sejumlah  $221.167 \text{ sel}/\text{cm}^2$  dengan KV sebesar 16%, pada perlakuan 2 (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) sejumlah  $174.900 \text{ sel}/\text{cm}^2$  dengan KV sebesar 11%, dan pada perlakuan 3 (intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) sejumlah  $266.312 \text{ sel}/\text{cm}^2$  dengan KV sebesar 2%. Secara umum, kelimpahan zooxanthella pada karang *digitate* mengalami peningkatan seiring dengan berkurangnya intensitas cahaya. Peningkatan kelimpahan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.2(2).

#### 4.1.3. Jumlah Polip dan Diameter Koralit

Berdasarkan hasil penghitungan jumlah polip dan diameter koralit pada fragmen karang *branching* (*Acropora* sp.) dan *digitate* (*Montipora digitata*), diperoleh data yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.3(1). Hasil penghitungan jumlah polip pada Tabel 4.1.3(1) menunjukkan bahwa setiap fragmen karang memiliki jumlah polip yang bervariasi. Rata-rata jumlah polip pada fragmen karang *branching* (*Acropora* sp.) adalah  $19,6 \text{ polip}/\text{cm}^2$ . Rata-rata jumlah polip pada fragmen karang *digitate* (*Montipora digitata*) adalah  $53,2 \text{ polip}/\text{cm}^2$ . Secara deskriptif, data tersebut menunjukkan bahwa jumlah polip pada fragmen karang *branching* (*Acropora* sp.) relatif berjumlah lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah polip pada fragmen karang *digitate* (*Montipora digitata*).

Seperti halnya jumlah polip, hasil penghitungan diameter koralit juga menunjukkan nilai yang bervariasi pada setiap fragmen karang (Tabel 4.1.3(1)). Rata-rata diameter koralit pada fragmen karang *branching* (*Acropora* sp.) adalah  $0,74 \text{ mm}$ . Rata-rata diameter koralit pada fragmen karang *digitate* (*Montipora digitata*) adalah  $0,63 \text{ mm}$ . Secara deskriptif dapat dilihat bahwa diameter koralit pada fragmen karang *branching* (*Acropora* sp.) berukuran lebih besar dibandingkan dengan diameter koralit pada fragmen karang *digitate* (*Montipora digitata*).

Tabel 4.1.3(1). Penghitungan Jumlah Polip dan Diameter Korallit Fragmen Karang

<b>Tipe Life Form</b>	<b>Jumlah polip pada fragmen karang (polip/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Rata-rata jumlah polip pada fragmen karang (polip/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Diameter korallit fragmen karang (mm)</b>	<b>Rata-rata diameter korallit fragmen karang (mm)</b>
<b>Branching</b>	20	19,6	0,6	0,74
	12		1	
	20		0,9	
	20		0,5	
	22		0,7	
	26		0,6	
	19		1	
	18		1	
	17		0,8	
	21		0,7	
	18		0,6	
	23		0,5	
	<b>Digitate</b>		43	
55		0,6		
51		0,7		
62		0,5		
48		0,6		
55		0,6		
56		0,5		
54		0,5		
47		0,7		
45		0,8		
68		0,7		
55		0,8		

Berdasarkan hasil pengamatan, diperoleh kelimpahan sel zooxanthella per jumlah polip pada tipe *life form branching* (*Acropora* sp.) kontrol dan *digitate* (*Montipora digitata*) kontrol yang dapat dilihat pada Tabel 4.1.3(2). Kelimpahan sel zooxanthella per jumlah polip pada fragmen karang *branching* (*Acropora* sp.) kontrol adalah 64.644 sel/polip, 92.177 sel/polip, dan 75.414 sel/polip, sedangkan kelimpahan sel zooxanthella per jumlah polip pada karang *digitate* (*Montipora digitata*) adalah 2.555 sel/polip, 3.215 sel/polip, dan 6.901 sel/polip.

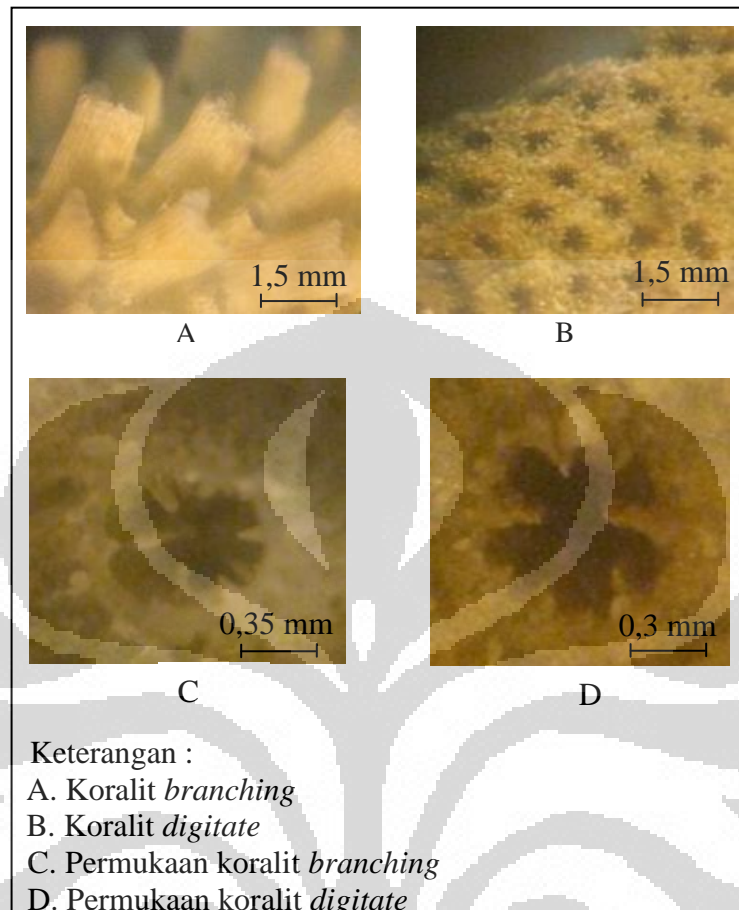
Tabel 4.1.3(2). Jumlah Sel Zooxanthella/Jumlah Polip

<b>Tipe Life Form (Kontrol)</b>	<b>Jumlah polip pada fragmen karang (polip/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Jumlah zooxanthella/luas permukaan karang (sel/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Jumlah zooxanthella/polip karang (sel/polip)</b>
<b><i>Branching</i></b>	20	1.292.885	64.644
	12	1.106.120	92.177
	20	1.508.270	75.414
<b><i>Digitate</i></b>	43	109.882	2.555
	55	176.850	3.215
	51	144.912	6.901

Hubungan antara kelimpahan sel zooxanthella dan jumlah polip pada fragmen karang *branching* (*Acropora* sp.) kontrol dianalisis dengan uji Korelasi Pearson. Hasil uji korelasi Pearson pada karang *branching* (*Acropora* sp.) menunjukkan nilai  $R = 0,845$  (Lampiran 5). Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat korelasi antara kelimpahan sel zooxanthella dengan jumlah polip pada karang *branching* (*Acropora* sp.).

Hubungan antara kelimpahan sel zooxanthella dan jumlah polip pada fragmen karang *digitate* (*Montipora digitata*) kontrol dianalisis dengan uji Korelasi Pearson. Hasil uji korelasi Pearson pada karang *digitate* (*Montipora digitata*) menunjukkan nilai  $R = 0,987$  (Lampiran 6). Hal tersebut menunjukkan bahwa terdapat korelasi kuat antara kelimpahan sel zooxanthella dengan jumlah polip pada karang *digitate* (*Montipora digitata*).

Pengamatan terhadap bentuk koralit menunjukkan perbedaan antara *life form* karang *branching* (*Acropora* sp.) dengan *digitate* (*Montipora digitata*). Koralit pada karang *branching* (*Acropora* sp.) sedikit lebih menonjol keluar dengan tinggi tonjolan berkisar antara 1--2 mm dari konesteum, sedangkan koralit pada karang *digitate* (*Montipora digitata*) adalah rata dengan konesteum. Perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.1.3.



Gambar 4.1.3. Bentuk Koralit Karang *Branching* dan *Digitate*

[Sumber: Dokumentasi pribadi.]

#### 4.1.4. Faktor Lingkungan

Hasil pengukuran faktor abiotik dapat dilihat pada Tabel 4.1.4 yang menunjukkan bahwa perairan memiliki kisaran suhu sebesar 29--31°C, salinitas sebesar 29--33‰, derajat keasaman (pH) sebesar 6, kecepatan arus sebesar 0,05--0,33 m/s, kedalaman (dari ujung cabang koloni ke permukaan air) sebesar 95--110 cm, kandungan oksigen terlarut (DO) sebesar 7,2--8,5 mg/l, dan intensitas cahaya sebesar 49,5--77  $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ .

Tabel 4.1.4. Pengukuran faktor lingkungan

Hari ke-	Suhu (°C)	Salinitas (‰)	pH	Kecepatan Arus (m/s)	Kedalaman (cm)	DO (mg/l)	Intensitas Cahaya ( $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ )
1	30	33	6	0,33	96	7,2	77
2	30	31	6	0,08	100	7,8	69,4
3	31	30	6	0,08	95	8,5	74,8
4	29	29	6	0,05	110	7,3	49,5

## 4.2. Pembahasan

### 4.2.1. Morfologi Zooxanthella

Menurut Tomas (1997: 461), zooxanthella memiliki ukuran  $< 10 \mu\text{m}$ , bentuk sel membulat, dan memiliki flagella. Hal tersebut menunjukkan bahwa ukuran zooxanthella yang teramati masih dalam kisaran normal, yaitu berukuran 6--7  $\mu\text{m}$ . Namun, zooxanthella yang berhasil diamati tidak memiliki flagella. Hal tersebut dikarenakan zooxanthella yang terlihat adalah zooxanthella fase kokoid, yaitu zooxanthella yang bersimbiosis dengan hewan inang, dalam hal ini adalah karang. Perbedaan antara zooxanthella pada fase motil dengan fase kokoid adalah terletak pada ada atau tidaknya flagella, dimana zooxanthella dengan fase motil memiliki flagella yang berfungsi sebagai alat gerak. Warna kuning kehijauan pada sel yang diamati disebabkan oleh kloroplas yang tampak tersebar di dalam sel (Gambar 4.1.1). Fungsi kloroplas adalah tempat penyimpanan pigmen klorofil sekaligus sebagai tempat berlangsungnya proses fotosintesis (Fahn 1991: 13).

### 4.2.2. Pengaruh Intensitas Cahaya terhadap Kelimpahan Zooxanthella

Zooxanthella merupakan mikroalga autotrof dari kelompok dinoflagellata yang membutuhkan cahaya untuk melakukan proses metabolisme berupa fotosintesis (Rani *dkk* 2004: 201). Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa jumlah zooxanthella pada karang *branching* (*Acropora* sp.) dan *digitate* (*Montipora digitata*) di perairan Pulau Pari, Kepulauan Seribu berada dalam kisaran normal ( $0,14 \text{ --} 1,3 \times 10^6 \text{ sel}/\text{cm}^2$ ). Secara umum, jumlah zooxanthella yang

terkandung pada terumbu karang normal berkisar antara  $0,23--1,75 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup> (Costa & Amaral 2000: 1).

Berdasarkan hasil pengamatan, kelimpahan zooxanthella pada karang *branching* mengalami penurunan seiring dengan berkurangnya intensitas cahaya. Kelimpahan semakin menurun pada perlakuan 2 (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) dan perlakuan 3 (intensitas  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) (Gambar 4.1.2(1)). Hal tersebut didukung oleh hasil uji LSD (Lampiran 1) yang menunjukkan terdapat perbedaan yang signifikan antara kelimpahan sel zooxanthella pada ketiga perlakuan terhadap kontrol. Hasil uji ANAVA menunjukkan nilai signifikansi sebesar 0,001 pada  $P \leq 0,05$  (Lampiran 2). Hal tersebut menunjukkan bahwa kelimpahan zooxanthella pada polip karang *branching* tergantung kepada intensitas cahaya yang masuk ke perairan. Oleh karena itu, berkurangnya intensitas cahaya akibat perlakuan penutupan ujung cabang koloni dapat menghambat proses fotosintesis, yang berdampak pula terhadap jumlah zooxanthella yang mampu bertahan di dalam polip karang.

Intensitas cahaya yang dibutuhkan zooxanthella untuk berfotosintesis berkisar antara  $50--90 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$  (Farrant *dkk.* 1987: 1), sehingga intensitas cahaya pada perlakuan 2 (intensitas cahaya  $26 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) dan perlakuan 3 (intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ ) merupakan intensitas yang kurang optimum untuk pertumbuhan sel zooxanthella. Hewan karang akan melepaskan zooxanthella secara teratur dalam kondisi normal. Namun, pada saat kondisi lingkungan tidak menguntungkan atau berkurangnya intensitas cahaya, hewan karang akan menjadi stress dan melepaskan zooxanthella dengan sangat cepat (Suharsono 1992: 59).

Berkurangnya cahaya yang masuk ke perairan dapat disebabkan oleh sedimentasi. Sedimentasi menyebabkan perairan di sekitar terumbu karang menjadi keruh. Hal tersebut akan berdampak terhadap jumlah zooxanthella yang berada pada terumbu karang (Rogers 1990: 188--189). Intensitas cahaya yang masuk juga dipengaruhi oleh kedalaman perairan. Semakin tinggi kedalaman suatu perairan, maka intensitas cahaya yang masuk akan semakin berkurang. Intensitas cahaya yang sedikit akan menghambat zooxanthella dalam melakukan proses fotosintesis (Jones & Yellowlees 1997: 464--465). Hal tersebut mengakibatkan persediaan makanan karang terbatas sehingga berdampak terhadap

pertumbuhan karang. Kondisi perairan pada saat pengambilan sampel tidak menunjukkan adanya kekeruhan. Intensitas cahaya di lokasi pengambilan sampel dapat menembus hingga dasar pada kedalaman 1,5--2 m. Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan kelimpahan sel zooxanthella yang diperoleh pada hasil penelitian dikarenakan pengaruh perlakuan penutupan ujung koloni karang, bukan dikarenakan perairan yang keruh.

Hasil pada perlakuan 3 dengan intensitas cahaya  $0 \mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$  menunjukkan masih adanya zooxanthella, walaupun dalam jumlah yang lebih sedikit dibandingkan perlakuan lainnya. Zooxanthella memiliki daya tahan dan plastisitas yang tinggi (Hill *dkk.* 2009: 236--240; Mwaura *dkk.* 2009: 197--201). Oleh karena itu, zooxanthella dapat menyesuaikan diri dengan cepat pada lingkungan yang kurang menguntungkan. Selain itu, keberadaan zooxanthella pada perlakuan 3 juga dapat disebabkan oleh pemberian perlakuan penutupan karang yang kurang lama sehingga masih ada zooxanthella yang dapat bertahan dalam keadaan tidak terkena cahaya.

Berbeda halnya dengan *life form branching*, jumlah zooxanthella pada *life form digitate* justru mengalami peningkatan seiring dengan penurunan intensitas cahaya (Gambar 4.1.2(2)). Hal tersebut didukung oleh hasil uji LSD (Lampiran 3) yang menunjukkan terdapat perbedaan antara kelimpahan sel zooxanthella pada ketiga perlakuan terhadap kontrol. Hasil uji ANAVA menunjukkan nilai signifikansi 0,316 pada  $P \leq 0,05$  (Lampiran 4). Hal tersebut menunjukkan bahwa perlakuan penutupan ujung koloni karang tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kelimpahan sel zooxanthella. Tidak terpengaruhnya kelimpahan zooxanthella pada karang dengan tipe *life form digitate* oleh intensitas cahaya diduga disebabkan oleh perbedaan *clade* zooxanthella yang terkandung di dalam polip karang. *Clade* merupakan kelompok genotip pada zooxanthella dengan karakteristik yang bervariasi (Toller *dkk.* 2001: 350--351). Penelitian Hill *dkk.* (2009: 232) menunjukkan bahwa beberapa genus karang *Acropora* mengandung zooxanthella dengan *clade A*, sedangkan pada spesies *Montipora digitata* terkandung zooxanthella dengan *clade C*.

Zooxanthella *clade C* memiliki toleransi yang lebih baik terhadap intensitas cahaya rendah dibandingkan dengan zooxanthella *clade A* (Toller *dkk.*

2001: 355--358). Rowan *dkk.* (1997: 261) menyatakan bahwa zooxanthella *clade* C memiliki kemampuan bertahan hidup pada kondisi lingkungan dengan intensitas cahaya rendah dan memiliki kisaran toleransi suhu yang luas, sedangkan zooxanthella *clade* A memiliki toleransi yang cukup baik terhadap intensitas cahaya tinggi, namun memiliki kemampuan beradaptasi dan toleransi yang rendah terhadap intensitas cahaya rendah dan perubahan suhu (Riddle 2006: 1). Karang dengan tipe *life form digitate* pada penelitian ini merupakan karang dari jenis *Montipora digitata*, sehingga kemungkinan mengandung zooxanthella *clade* C. Hal tersebut menyebabkan kelimpahan sel zooxanthella pada karang dengan tipe *life form digitate* lebih tinggi pada perlakuan dibandingkan kontrol. Perbedaan *clade* zooxanthella menyebabkan toleransi *bleaching* yang berbeda-beda pula pada masing-masing karang (Rowan *dkk.* 1997: 261).

Toleransi *bleaching* berkaitan erat dengan kemampuan membran tilakoid beradaptasi terhadap suhu dan intensitas cahaya yang berfluktuasi. Membran tilakoid tersebut terkandung di dalam kloroplas zooxanthella, dimana zooxanthella merupakan organisme yang autotrof. Membran tilakoid merupakan struktur berbentuk cakram dan lipatan yang terbentuk di dalam membran kloroplas (Campbell *dkk.* 2002: 128; Lee 2008: 486). Membran tilakoid dapat beradaptasi dengan perubahan intensitas cahaya dan suhu (Hill *dkk.* 2009: 232). Kemampuan membran tilakoid dari setiap *clade* pada zooxanthella berbeda-beda sehingga memengaruhi proses fotosintesis, yang berdampak pula pada kelimpahan sel zooxanthella.

Peningkatan kelimpahan sel zooxanthella pada karang dengan tipe *life form digitate* kemungkinan lebih dipengaruhi oleh jumlah polip yang terdapat pada koloni karang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah sel zooxanthella pada *life form* karang *digitate* berbanding lurus dengan jumlah polip karang. Hal tersebut didukung oleh hasil uji Korelasi Pearson yang menunjukkan bahwa hubungan antara kelimpahan sel zooxanthella dan jumlah polip memiliki korelasi yang kuat pada karang *digitate* (Lampiran 6). Hal tersebut didukung oleh penelitian Drew (1972: 1) yang menyatakan bahwa jumlah zooxanthella yang bersimbiosis dengan hewan karang lebih berkorelasi dengan jumlah polip yang terdapat pada koloni karang dibandingkan dengan intensitas cahaya.



Berdasarkan hasil yang diperoleh, karang dengan tipe *life form branching* memiliki kandungan zooxanthella lebih banyak ( $0,5--1,3 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>) daripada karang dengan tipe *life form digitate* ( $0,14--0,26 \times 10^6$  sel/cm<sup>2</sup>). Hal tersebut dikarenakan oleh diameter koralit karang *branching* yang lebih besar daripada karang *digitate*. Penelitian Suharsono & Soekarno (1993: 6) menunjukkan bahwa karang yang memiliki diameter koralit besar, memiliki jumlah zooxanthella yang besar pula. *Life form branching* memiliki kisaran diameter koralit 0,6--0,9 mm, sedangkan diameter *life form digitate* hanya berkisar antara 0,56--0,76 mm (Tabel 4.1.3(1)).

Kondisi lingkungan perairan sekitar terumbu karang dapat memengaruhi keberadaan zooxanthella dalam hewan karang. Perubahan salah satu faktor lingkungan dapat mengubah jumlah zooxanthella (Suharsono 1992: 52). Tabel 4.1.4 menunjukkan bahwa faktor lingkungan pada saat pengambilan sampel dalam kondisi optimal untuk pertumbuhan hewan karang maupun zooxanthella. Zooxanthella dapat tumbuh optimum pada suhu 26--28°C (Glynn & Croz 1990: 181) dan salinitas 25--37‰ (Hadikusumah 2007: 34). Selain suhu dan salinitas, derajat keasaman (pH) dan kandungan oksigen terlarut (DO) juga dapat memengaruhi pertumbuhan zooxanthella. Derajat keasaman (pH) dan kandungan oksigen terlarut (DO) yang optimum untuk pertumbuhan zooxanthella adalah berkisar antara 8,2--8,7 (Burhan *dkk.* 1994: 8--9) dan 7--8 mg/L (Jeffries & Mills 1990: 9--10). Hal tersebut menunjukkan bahwa perubahan kelimpahan zooxanthella pada saat penelitian tidak disebabkan oleh fluktuasi lingkungan sekitar, namun disebabkan oleh perlakuan intensitas cahaya.

## BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

1. Pengurangan intensitas cahaya pada karang dengan tipe *life form branching* (*Acropora* sp.) memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kelimpahan sel zooxanthella.
2. Pengurangan intensitas cahaya pada karang dengan tipe *life form digitate* (*Montipora digitata*) tidak memengaruhi secara signifikan kelimpahan sel zooxanthella, kemungkinan disebabkan oleh keberadaan zooxanthella *clade C* yang memiliki ketahanan tinggi terhadap intensitas cahaya rendah.

### 5.2. Saran

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut menggunakan karang dengan tipe *life form* selain *branching* dan *digitate*, untuk mengetahui ketahanan dari tipe *life form* lain terhadap fenomena *bleaching*.
2. Disarankan untuk memberi perlakuan penutupan ujung koloni karang yang lebih lama dari 4 hari pada penelitian lebih lanjut, untuk mengetahui fluktuasi kelimpahan zooxanthella.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai cara pengeluaran sel zooxanthella dari dalam polip karang dengan metode selain pemanasan, seperti misalnya *water spray* atau pelarutan dengan HCl.
4. Penelitian mengenai identifikasi zooxanthella secara molekuler perlu dilakukan untuk menentukan *clade* zooxanthella yang terkandung pada polip hewan karang.

## DAFTAR REFERENSI

- Azkab, M.H. & M. Hutomo. 1986. Sumberdaya kepulauan seribu dan peranan stasiun penelitian oseanologi Pulau Pari. *Oseana* **2**(11): 72--86.
- Burhan, H.A.L., F. Hubies, Hamidah & Nurtiati. 1994. *Pola distribusi fosfor terlarut (othofosfat) sebagai penentu produktifitas fitoplankton perarain pantai timur, Surabaya*. Lembaga Penelitian Universitas Airlangga, Surabaya: ii + 30 hlm.
- Burke, L., E. Selig & M. Spalding. 2002. *Terumbu karang yang terancam di Asia Tenggara*. Terj. dari *Reef at risk in Southeast Asia*. World Resources Institute, USA: 44 hlm.
- Campbell, N.A., J.B. Reece & L.G. Mitchell. 2002. *Biologi*. Terj dari *Biology* oleh Lestari, L., E.I.M. Adil, N. Anita, Andri, W.F. Wibowo & W. Manalu. Erlangga, Jakarta: xxi + 438 hlm.
- Castro, P. & M.E. Huber. 2005. *Marine biology*. 5<sup>th</sup> ed. McGraw-Hill, New York: xii + 452 hlm.
- Costa, C.F. & F.D. Amaral. 2000. Density and size differences of symbiotic dinoflagellates from five reef-building coral species from Brazil. *Proceedings of the 6<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium*: 159--162.
- Dahuri, R. 2000. Kebijakan dan strategi pengelolaan terumbu karang Indonesia. *Prosiding pengelolaan dan IPTEK terumbu karang Indonesia*: 1--16.
- Donner, S. D., W. J. Skirving, C. M. Little, M. Oppenheimer & O. Hoegh-Guldberg. 2005. Global assesment of coral bleaching and required rates of adaptation under climate change. *Global Change Biology* **11**: 2251--2265.
- Drew, E. A. 1972. The biology and physiology of alga-invertebrate symbioses. II. The density of symbiotic algae cells in a number of hermatypic hard corals and alcyonarians from various depth. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **9**: 71--75.
- Effendi, H. 2003. *Telaah kualitas air: Bagi pengelolaan sumber daya dan lingkungan perairan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta: 258 hlm.

- English, S., C. Wilkinson & V. Baker. 1994. *Survey manual for tropical marine resources*. ASEAN-Australia Marine Science Project, Townsville: xii + 368 hlm.
- Estradivari, E. Setyawan & S. Yusri (ed). 2009. *Terumbu karang Jakarta: Pengamatan jangka panjang terumbu karang Kepulauan Seribu (2003--2007)*. Yayasan TERANGI. Jakarta: ix + 101 hlm.
- Fahn, A. 1991. *Anatomi tumbuhan* ed. 3. Gajah Mada University Press. Yogyakarta: xii + 943 hlm.
- Farrant, P. A., M. A. Borowitzka, R. Hinde & R. J. King. 1987. Nutrition of the temperate Australian soft coral *Capnella gaboensis*. *Marine Biology* **95**: 565--574.
- Gates, R. D., G. Baghdasarian & L. Muscatine. 1992. Temperature stress causes host cell detachment in symbiotic cnidarians: implications for coral bleaching. *Biol. Bull.* **182**: 324--332.
- Glynn, P & L. D'Croz. 1990. Experimental evidence for high temperature stress as the cause El Nino-coincident coral mortality. *Coral reefs* **8**: 181--192
- Hadikusumah. 2007. *Variabilitas musiman temperatur dan salinitas di Teluk Jakarta*. Marine Dynamic Division - Research Centre for Oceanography Indonesian Institute of Sciences (LIPI). *Lingkungan Tropis, Edisi Khusus Agustus* 33--41.
- Hill, R., K. E. Ulstrup & P. J. Ralph. 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.
- Ikawati, Y., P.S. Hanggarwati, H. Parlan, H. Handini & B. Siswodihardjo. 2001. *Terumbu karang di Indonesia*. Masyarakat Penulis Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (MAPPIPTEK), Jakarta: xi + 198 hlm.
- Jeffries, M. & D. Mills. 1990. *Freshwater ecology principles and application*. Belhaven Press, London: viii + 285 hlm.
- Johan, O., D. Soedharma & Suharsono. 2008. Tingkat keberhasilan transplantasi karang batu di Pulau Pari Kepulauan Seribu, Jakarta. *Ris. Akuakultur* **3**(2): 289--300.

- Jones, R. J. & D. Yellowlees. 1997. Regulation and control of intracellular algae (= zooxanthellae) in hard corals. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* **352**: 457--468.
- Kiswara, W. & Suharsono. 1991. Sebaran karang batu di rataan terumbu pantai Pulau Pari, Pulau-Pulau Seribu, Teluk Jakarta. *Oseanologi* **24**: 1--14.
- Kuhl, M., Y. Cohen, T. Dalsgaard, B.B. Jorgensen & N.P. Revsbech. 1995. Microenvironment and photosynthesis of zooxanthellae in scleractinian corals studied with microsensor for O<sub>2</sub>, pH, and light. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **117**: 159--172.
- Lee, R. E. 2008. *Phycology*. 4<sup>th</sup> ed. Cambridge University Press, New York: xi + 547 hlm.
- Levenson, M. 2011. *Montipora* sp. 1 hlm. [www.melevsreef.com/id/sps/html](http://www.melevsreef.com/id/sps/html). 22 Oktober 2012, pk. 11.00.
- Levinton, J.S. 2001. *Marine biology: Function, biodiversity, ecology*. 2nd ed. Oxford University Press, New York: x + 420 hlm.
- Marsh, J. A. 1970. Primary productivity of reef-building calcareous red algae. *Ecology* **51**: 255--263.
- Marubini, P. & P.S. Davies. 1996. Nitrate increases zooxanthellae population density and reduces skeletogenesis in corals. *Marine Biology*, **127**: 319--318.
- Muzaki, F. 2011. *Acropora*. 1 hlm. [www.fobi.web.id](http://www.fobi.web.id). 11 Oktober 2012, pk. 07.21.
- Mwaura, J., G. Grimsditch, J. Kilonzo, Nassir Amiyo & D. Obura. 2009. Zooxanthellae densities are highest in Summer Months in equatorial Coral in Kenya. *Western Indian Ocean J. Mar. Sci. Vol.* **8(2)**: 193--202.
- Nezon, E., B. Sadarun, S. Wardono, Y.A. Afandy & L. Nuriadi. 2006. *Pedoman pelaksanaan transplantasi karang*. Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut: ix + 37 hlm.
- Nontji, A. 1984. Peranan zooxanthella dalam ekosistem karang. *Oseana* **9(3)**: 74--87.
- Nontji, A. 2005. *Laut nusantara*. Penerbit Djambatan, Jakarta: viii + 372 hlm.

- Nybakken, J.W. 1992. *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis*. Terj. dari *Marine biology: An ecological approach*, oleh Eidman, M., Koesbiono, D.G. Bengen, M. Hutomo & Sukardjo. PT. Gramedia, Jakarta: xv + 459 hlm.
- Pechenik, J.A. 1996. *Biology of the invertebrates*. 3rd ed. Wm. C. Brown McGraw Hill, Boston: xvii + 537 hlm.
- Rani, C., J. Jompa & Amiruddin. 2004. Pertumbuhan tahunan karang keras *Porites lutea* di Kepulauan Spermonde: hubungannya dengan suhu dan curah hujan. *Torani* **14**(4): 195--203.
- Reid, C., J. Marshall, D. Logan & D. Kleine. 2011. *Terumbu karang dan perubahan iklim: Panduan pendidikan dan pembangunan kesadaran*. CoralWatch, The University of Queensland, Australia: 272 hlm.
- Riddle, D. 2006. Lighting by Number: "Types" of Zooxanthellae. 1 hlm. [www.advanceaquarist.com](http://www.advanceaquarist.com). 3 Oktober 2012, pk. 21.50.
- Rogers, C.S., 1990. Responses of coral and reef organisms to sedimentation. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **62**: 185--202.
- Rowan, R., N. Knowlton, A. Baker & J. Jara. 1997. Landscape ecology of algal symbionts creates variation in episodes of coral bleaching. *Nature* **388**: 265--268.
- Rudman, W.B. 2000. What are Zooxanthellae?. [In] *Sea Slug Forum*. Australian Museum, Sydney. 1 hlm. [www.seaslugforum.net/factsheet/zoox1](http://www.seaslugforum.net/factsheet/zoox1). 29 Februari 2012, pk. 14.30.
- Searle, J., J. F. R. Kerr & C. J. Bishop. 1982. Necrosis and apoptosis: distinct modes of cell death with fundamentally different significance. *Pathol. Annu.* **17**: 229--259.
- Setiawan, E., S. Yusri & S. Timotius (ed). 2011. *Terumbu karang Jakarta: Laporan pengamatan jangka panjang terumbu karang Kepulauan Seribu (2005-2009)*. Yayasan TERANGI, Jakarta: vi + 102 hlm.
- Steen, R. G., & L. Muscatine. 1987. Low temperature evokes rapid exocytosis of symbiotic algae by a sea anemone. *Biol. Bull.* **172**: 246--263.
- Suharsono. 1984. Pertumbuhan karang. *Oseana* **2**(9): 41--48.

- Suharsono. 1992. Perbandingan cara mencacah indeks mitosis dengan metode irisan dan metode homogenisasi pada zooxanthella yang bersimbiose dengan Sea Anemon *Anemonia viridis*. *Oceanologi di Indonesia* **25**: 51--64.
- Suharsono & Soekarno. 1993. Kandungan zooxanthella pada karang batu di terumbu karang Pulau Pari. *Oceanologi di Indonesia* **16**: 1--7.
- Suharsono. 1998. Condition of coral reef resources in Indonesia. *Jurnal pesisir dan lautan* **1**(2): 44--52.
- Suharsono. 2008. *Jenis-jenis Karang di Indonesia*. LIPI Press, Jakarta: vii + 344 hlm.
- Sumich, J.L. 1999. *An introduction to the biology of marine life*. 7th ed. The McGraw-Hill Companies, Inc., Boston: xii + 484 hlm.
- Sunarto. 2008. Penyediaan energi karbon dalam simbiosis coral-alga. Karya Ilmiah, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Padjajaran, Bandung: 23 hlm.
- Supriharyono. 2000. *Pengelolaan ekosistem terumbu karang*. Djambatan, Jakarta: x + 108 hlm.
- Steele, R. D. 1976. Light intensity as a factor in the regulation of density of symbiotic zooxanthellae in *Aiptasia tagetes* (Coelenterata, Anthozoa). *J. Zool., Lond.* **179**: 387--405.
- Toller, W.W., R. Rowan & N. Knowlton. 2001. Zooxanthellae of the *Montrastraea annularis* species complex: pattern of distribution of four taxa of *Symbiodinium* on different reefs and across depths. *Biol. Bull.* **201**(?): 348--359.
- Tomas, C.R. 1997. *Identifying marine phytoplankton*. Academic Press, California: xv + 858 hlm.
- Tomascik, T., A.J. Mah, A. Nontji & M.K. Moosa. 1997. *The ecology of Indonesia series volume III part one: the ecology of Indonesian Seas*. Periplus Editions (HK) Ltd., Singapore: vi + 642 hlm.
- Wallace, C. C. & J. Wolstenholme. 1998. Revision of the coral genus *Acropora* (Scleractinia: Astrocoeniina: Acroporidae) in Indonesia. *Zoological journal of the Linnean Society* **123**: 199--384.

Lampiran 1  
 Hasil Analisis Uji LSD Karang *Branching*

Intensity ( $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ )	Intensity ( $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ )				95% Confidence Interval	
		Mean Difference	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
Control	58	-426485.667*	128196.468	.010	-722107.25	-130864.08
	26	-694186.000*	128196.468	.001	-989807.58	-398564.42
	0	-794967.333*	128196.468	.000	-1090588.92	-499345.75
58	Control	426485.667*	128196.468	.010	130864.08	722107.25
	26	-267700.333	128196.468	.070	-563321.92	27921.25
	0	-368481.667*	128196.468	.021	-664103.25	-72860.08
26	Control	694186.000*	128196.468	.001	398564.42	989807.58
	58	267700.333	128196.468	.070	-27921.25	563321.92
	0	-100781.333	128196.468	.454	-396402.92	194840.25
0	Control	794967.333*	128196.468	.000	499345.75	1090588.92
	58	368481.667*	128196.468	.021	72860.08	664103.25
	26	100781.333	128196.468	.454	-194840.25	396402.92

Keterangan:

\* = Rata-rata perbedaan signifikan pada tingkat 0,05

Sig. = Nilai taraf nyata pada  $P \leq 0,05$

Lampiran 2  
 Hasil Analisis Uji ANAVA Karang *Branching*



	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	1.135E12	3	3.783E11	15.348	.001
Within Groups	1.972E11	8	2.465E10		
Total	1.332E12	11			

Keterangan:

Df = Derajat bebas

Sig. = Nilai taraf nyata pada  $P \leq 0,05$

F = Nilai F hitung

### Lampiran 3

#### Hasil Analisis Uji LSD Karang *Digitate*

Intensity ( $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ )	Intensity ( $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$ )	95% Confidence Interval				
		Mean Difference	Std. Error	Sig.	Lower Bound	Upper Bound
Control	58	-77285.333*	21757.372	.007	-127457.92	-27112.74
	26	-31018.333	21757.372	.192	-81190.92	19154.26
	0	-122430.333*	21757.372	.000	-172602.92	-72257.74
58	Control	77285.333*	21757.372	.007	27112.74	127457.92
	26	46267.000	21757.372	.066	-3905.59	96439.59
	0	-45145.000	21757.372	.072	-95317.59	5027.59
26	Control	31018.333	21757.372	.192	-19154.26	81190.92
	58	-46267.000	21757.372	.066	-96439.59	3905.59
	0	-91412.000*	21757.372	.003	-141584.59	-41239.41
0	Control	122430.333*	21757.372	.000	72257.74	172602.92
	58	45145.000	21757.372	.072	-5027.59	95317.59
	26	91412.000*	21757.372	.003	41239.41	141584.59

Keterangan:

\* = Rata-rata perbedaan signifikan pada tingkat 0,05

Sig. = Nilai taraf nyata pada  $P \leq 0,05$

### Lampiran 4

#### Hasil Analisis Uji ANAVA Karang *Digitate*

	Sum of Squares	Df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4.026E9	3	4.026E9	1.754	.316
Within Groups	4.589E9	8	2.295E9		
Total	8.615E9	11			

Keterangan:

Df = Derajat bebas

Sig. = Nilai taraf nyata pada  $P \leq 0,05$

F = Nilai F hitung

#### Lampiran 5

Hasil Analisis Uji Korelasi Pearson Hubungan Kelimpahan Sel *Zooxanthella* dengan Jumlah Polip pada Karang *Branching* (*Acropora* sp.)

		Jumlah Polip <i>Branching</i>	Sel <i>Zooxanthella</i> <i>Branching</i>
Jumlah Polip <i>Branching</i>	Pearson Correlation	1	.845
	Sig. (2-tailed)		.359
	N	3	3
Sel <i>Zooxanthella</i> <i>Branching</i>	Pearson Correlation	.845	1
	Sig. (2-tailed)	.359	
	N	3	3

#### Lampiran 6

Hasil Analisis Uji Korelasi Pearson Hubungan Kelimpahan Sel *Zooxanthella* dengan Jumlah Polip pada Karang *Digitate* (*Montipora digitata*)

		Jumlah Polip <i>Digitate</i>	Sel Zooxanthella <i>Digitate</i>
Jumlah Polip <i>Digitate</i>	Pearson Correlation	1	.987
	Sig. (2-tailed)		.104
	N	3	3
Sel Zooxanthella <i>Digitate</i>	Pearson Correlation	.987	1
	Sig. (2-tailed)	.104	
	N	3	3

