



**KAJIAN PENGGUNAAN TEKNOLOGI *BIOROCK*[®] TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN TINGKAT KELANGSUNGAN HIDUP KARANG
ACROPORADI PERAIRAN KARANG JERUK KABUPATEN TEGAL**

SKRIPSI

Skripsi Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Meraih Gelar Sarjana Dalam Program
Strata Satu Pada Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan
Universitas Pancasakti Tegal

Oleh:

**BENI SABDO NUGROHO
NPM. 3111500015**

**PROGRAM STUDI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL
2016**

Judul Skripsi : Kajian Penggunaan Teknologi *Biorock*[®] Terhadap
Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang
Acropora Di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.


Nama Mahasiswa : Beni Sabdo Nugroho

NPM : 3111500015


Program Studi : Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan

Menyetujui,

Pembimbing I,


Noor Zuhry, S.Pi, M.Si
NIPY.108329111973

Pembimbing II,


Ir. Retno Budhiati, M.Pi
NIP.195412151983072 001

Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Pancasakti Tegal,



Ir. Kusnandar, M.Si
NIPY.1850371962

Judul Skripsi : Kajian Penggunaan Teknologi *Biorock*[®] Terhadap
Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang
Acropora Di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.


Nama Mahasiswa : Beni Sabdo Nugroho

NPM : 3111500015

Program Studi : Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan

Komisi Ujian Skripsi Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Pancasakti Tegal,

Pembimbing I,



Noor Zuhry, S.Pi, M.Si
NIPY.108329111973

Penguji I,



Ir. Kusnandar, M.Si
NIPY.1850371962

Pembimbing II,



Ir. Retno Budhiati, M.Pi
NIP.19541215 198307 2 001

Penguji II,



Ir. Thimotius Jasman, M.Pi
NIPY. 6516031954

Judul Skripsi : Kajian Penggunaan Teknologi *Biorock*[®] Terhadap
Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang
Acropora Di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.

Nama Mahasiswa : Beni Sabdo Nugroho

NPM : 3111500015

Program Studi : Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan

Skripsi ini telah disidangkan dihadapan suatu komisi
ujian pada tanggal :

**Panitia Ujian Sarjana Fakultas Perikanan
dan Ilmu Kelautan
Ketua,**



Dr. Ir. Suyono, M.Pi
NIPY. 19660115 199303 1 004

Judul Skripsi : Kajian Penggunaan Teknologi *Biorock*[®] Terhadap
Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang
Acropora Di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.

Nama Mahasiswa : Beni Sabdo Nugroho

NPM : 3111500015

Program Studi : Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan

Dosen Wali,



Ir. Thimotius Jasman, M.Pi

NIPY. 6516031954

Laporan Penelitian ini telah dicatat di
Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya
Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu
Kelautan Universitas Pancasakti Tegal

Nomor :

Tanggal :

An. Dekan
Wakil Dekan Bid. Akademik
Fak. Perikanan dan Ilmu Kelautan
UPS Tegal,



Dr. Ir. Suyono, M.Pi

NIPY. 19660115 199303 1 004

RINGKASAN

BENI SABDO NUGROHO. NPM. 31115000015. Kajian Penggunaan Teknologi *Biorock*[®] Terhadap Pertumbuhan Dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang *Acropora* Di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal (Pembimbing : **Noor Zuhry** dan **Retno Budhiati**)

Wilayah Kabupaten Tegal mempunyai ekosistem terumbu karang yang oleh masyarakat sekitar dinamakan Karang Jeruk. Data dari hasil pengamatan pada saat penelitian tahun 2011 menunjukkan bahwa Kondisi persentase tutupan karang hidup pada terumbu karang di Perairan Karang Jeruk pada tahun 2011 menjadi 24,87% - 53,33%. Beberapa upaya rehabilitasi terumbu karang yang telah dilakukan di Indonesia, antara lain adalah dengan mengembangkan teknik transplantasi karang, terumbu karang buatan, maupun metode akresi mineral (*biorock technology*).

Tujuan Penelitian ini adalah untuk mengetahui pertumbuhan dan laju pertumbuhan serta tingkat kelangsungan hidup karang bercabang *Acropora* yang ditransplantasi dengan metode *biorock*[®] di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.

Materi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fragmen* karang genus *Acropora* di perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal sebagai objek yang akan diamati. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan observasi. Kemudian dianalisis melalui uji *t-Students* dengan menggunakan SPSS versi 16 *for windows*.

Berdasarkan hasil penelitian Pertumbuhan mutlak karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] lebih besar dibandingkan dengan pertumbuhan mutlak pada stasiun kontrol, baik untuk tinggi maupun untuk diameter. Dapat dilihat pertumbuhan mutlak tinggi pada stasiun *biorock*[®] $44,9750 \pm 15,3901$ mm sedangkan pada stasiun kontrol $2,1675 \pm 0,6726$ mm serta pertumbuhan mutlak diameter pada stasiun *biorock*[®] $0,8350 \pm 0,2177$ mm sedangkan pada stasiun kontrol $0,2025 \pm 0,0835$ mm. Laju pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] lebih cepat dibandingkan dengan laju pertumbuhan pada stasiun kontrol, baik untuk tinggi maupun untuk diameter. Dapat dilihat laju pertumbuhan tinggi pada stasiun *biorock*[®] $11,2438 \pm 3,8475$ mm bulan⁻¹ sedangkan pada stasiun kontrol $0,5419 \pm 0,1682$ mm bulan⁻¹ serta laju pertumbuhan diameter pada stasiun *biorock*[®] $0,2088 \pm 0,0544$ mm bulan⁻¹ sedangkan pada stasiun kontrol $0,0506 \pm 0,0209$ mm bulan⁻¹. Tingkat kelangsungan hidup karang pada stasiun *biorock*[®] dan stasiun kontrol 100%.

Kata kunci: Karang Jeruk, *Biorock*[®], *Acropora*

ABSTRACT

BENI SABDO NUGROHO. NPM. 31115000015. Study of Technology Usage Biorock[®] To Growth And Survival Rate Acropora in the waters of the Jeruk Coral Reef Tegal regency (First Advisor: **Noor Zuhry** and : **Retno Budhiati**)

Tegal regency has a coral reef ecosystems by local communities called Jeruk Coral Reef. Data from observations at the time of the study in 2011 showed that the conditions of life coral on the reefs in the waters of the Coral Orange in 2011 to 24.87% - 53.33%. Some coral reef rehabilitation efforts that have been made in Indonesia, among others, is to develop a coral transplantation techniques, artificial reefs, as well as methods of mineral accretion (biorock technology).

The purpose of this study is to know growth and the growth rate and survival rate of the transplanted branching Acropora with biorock[®] method in the waters of the Jeruk Coral Reef Tegal regency.

The research material used in this study is the genus Acropora corals in the waters of the Jeruk Coral Reef Tegal regency as an object to be observed. The method used in this research is the method of experiment and observation. And Then analyzed through Students t-test using SPSS version 16 for Windows.

Based on the research results Acropora absolute growth in biorock[®] station is greater than the absolute growth in the control station, either for high or diameter. Absolute growth can be seen high on biorock[®] station 44.9750 ± 15.3901 mm and in control stations 2.1675 ± 0.6726 mm diameter and absolute growth in biorock[®] station 0.8350 ± 0.2177 mm and in control stations $0, 2025 \pm 0.0835$ mm. The growth rate of Acropora in biorock[®] station faster than the growth rate in the control station, either for high or diameter. Can be seen high growth rate in the station biorock[®] month 11.2438 ± 3.8475 mm⁻¹ while the control station 0.5419 ± 0.1682 mm month⁻¹ as well as the growth rate in diameter at the station biorock[®] 0.2088 ± 0.0544 mm month⁻¹ while the control station 0.0506 ± 0.0209 mm month⁻¹. The survival rate of coral on biorock[®] station and control station 100%.

Keywords: Jeruk Coral Reef, biorock[®], Acropora

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa karya tulis dalam bentuk skripsi dengan judul :

"Kajian Penggunaan Teknologi *Biorock*[®] Terhadap Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang *Acropora* Di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal."

beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri dan tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi manapun.

Dalam hal ini penulis tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak benar sesuai dengan etika yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Penulis menyadari yang karenanya telah mengutip dari karya orang lain, Oleh karena itu telah diberi penghargaan secara tertulis dengan mengutip nama pengarang dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan benar dan dapat dipertanggung jawabkan kebenarannya.

Tegal, Desember 2015

Yang membuat pernyataan,



Dem Suddo Nugroho

KATA PENGANTAR

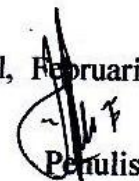
Puji syukur Penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi ini dengan judul “ Kajian Penggunaan Teknologi *Biorock*[®] Terhadap Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang *Acropora* Di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal ”. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan rasa terima kasih kepada yang terhormat:

1. Noor Zuhry, S.Pi,M.Si, selaku Pembimbing Utama.
2. Ir. Retno Budhiati, M.Pi, selaku Dosen Pembimbing Anggota serta Ketua Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pancasakti Tegal.
3. Ir.Thimotius Jasman, M.Pi, selaku Dosen Wali.
4. Ir. Kusnandar, M.Si, Dekan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Pancasakti Tegal.
5. Keluarga Tercinta yang selalu memberikan semangat kepada penulis.

penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari semua pihak untuk kesempurnaan penelitian ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini bermanfaat bagi pembaca pada umumnya dan penulis pada khususnya.

Tegal, Februari 2016


Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
DAFTAR LAMPIRAN	vi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Pendekatan Masalah.....	4
1.4 Tujuan	6
1.5 Kegunaan	6
1.6 Waktu dan Tempat.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Terumbu Karang.....	7
2.2 Pertumbuhan dan Kalsifikasi	13
2.3 Deskripsi dan Klasifikasi Karang <i>Acropora</i>	14
2.4 Transplantasi Karang.....	15
2.5 Terumbu Buatan	17
2.6 Teknologi <i>Biorock</i> [®]	18
BAB III MATERI DAN METODE	
3.1 Materi Penelitian	23
3.1.1 Lokasi.....	23
3.1.2 Alat dan Bahan	24
3.2 Metode Penelitian.....	25
3.2.1 Sistem <i>Biorock</i> [®]	26
3.2.2 Metode Pengumpulan Data	27
3.2.3 Analisis Data	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Keadaan Geografis Perairan Karang Jeruk.....	31
4.2 Kondisi Hidro Oceanografi.....	34
4.3 Pertumbuhan Karang <i>Acropora</i>	37
4.1.1 Diameter dan Tinggi Karang Pada Stasiun Kontrol	37
4.1.2 Diameter dan Tinggi Karang Pada Stasiun <i>Biorock</i> [®]	39
4.1.3 Perbandingan Pertumbuhan Diameter dan Tinggi Karang- Pada Kontrol dan Stasiun <i>Biorock</i> [®]	41

4.4 Laju Pertumbuhan Karang <i>Acropora</i>	43
4.5 Tingkat Kelangsungan Hidup Karang <i>Acropora</i>	46
4.6 Pertambahan Jumlah Tunas Karang <i>Acropora</i>	46
BAB VKESIMPULAN DAN SARAN	
3.1 Kesimpulan	48
3.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Deskripsi stasiun pengamatan <i>biorock</i> [®] dan transplantasi karang.....	25
2.	Perangkat pengambilan dan pengolahan data.....	26
3.	Pengukuran langsung di lokasi pengambilan sampel	34

DAFTAR GAMBAR

No	Judul	Halaman
1.	Diagram Pendekatan Masalah.....	5
2.	Bentuk pertumbuhan karang <i>non-acropora</i>	10
3.	Bentuk pertumbuhan karang <i>acropora</i>	12
4.	Karang <i>acropora</i>	15
5.	Bentuk struktur <i>biorock</i> [®]	20
6.	Peta Lokasi Penelitian.....	24
7.	Ilustrasi Denah Konstruksi stasiun <i>biorock</i> [®] dan transplantasi.....	27
8.	Lokasi Kawasan Konservasi Perairan Karang Jeruk	33
9.	Diameter awal dan akhir serta tinggi awal dan akhir karang <i>acropora</i> - pada stasiun kontrol.....	38
10.	Diameter awal dan akhir serta tinggi awal dan akhir karang <i>acropora</i> - pada stasiun <i>biorock</i> [®]	40
	Pertumbuhan diameter dan tinggi karang <i>acropora</i> pada stasiun-	

11.	kontrol dan stasiun <i>biorock</i> [®]	42
12.	Laju pertumbuhan diameter dan tinggi karang <i>acropora</i> pada stasiun- kontrol dan stasiun <i>biorock</i> [®]	45

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
1.	Diameter awal (mm), diameter akhir (mm) dan pertumbuhan mutlak-diameter (mm) karang <i>acropora</i> pada stasiun kontrol.....	53
2.	Tinggi awal (mm), tinggi akhir (mm) dan pertumbuhan mutlak diameter-diameter (mm) karang <i>acropora</i> pada stasiun kontrol.....	54
3.	<i>Paired-samples t test</i> diameter awal dan akhir karang <i>acropora</i> pada-stasiun kontrol.....	55
4.	<i>Paired-samples t test</i> tinggi awal dan akhir karang <i>acropora</i> pada stasiun-kontrol.....	56
5.	Diameter awal (mm), diameter akhir (mm) dan pertumbuhan mutlak-diameter (mm) karang <i>acropora</i> pada stasiun <i>biorock</i> [®]	57
6.	Tinggi awal (mm), tinggi akhir (mm) dan pertumbuhan mutlak diameter-diameter (mm) karang <i>acropora</i> pada stasiun <i>biorock</i> [®]	58
7.	<i>Paired-samples t test</i> diameter awal dan akhir <i>acropora</i> pada stasiun- <i>biorock</i> [®]	59
8.	<i>Independent-samples t test</i> perbandingan pertambahan diameter karang-	

	<i>acropora</i> pada stasiun kontrol dan stasiun <i>biorock</i> [®]	60
9.	<i>Independent-samples t test</i> perbandingan pertambahan tinggi karang- <i>acropora</i> pada stasiun kontrol dan stasiun <i>biorock</i> [®]	61
10.	Laju pertumbuhan diameter awal (mm bulan ⁻¹) dan diameter akhir (mm- bulan ⁻¹) karang <i>acropora</i> pada stasiun kontrol.....	62
11.	Laju pertumbuhan diameter awal (mm bulan ⁻¹) dan diameter akhir (mm- bulan ⁻¹) karang <i>acropora</i> pada stasiun <i>biorock</i> [®]	63
12.	Laju pertumbuhan tinggi awal (mm bulan ⁻¹) dan tinggi akhir (mm bulan ⁻¹) karang <i>acropora</i> pada stasiun kontrol.....	64
13.	Laju pertumbuhan tinggi awal (mm bulan ⁻¹) dan tinggi akhir (mm bulan ⁻¹) karang <i>acropora</i> pada stasiun <i>biorock</i> [®]	64
14.	<i>Independent-samples t test</i> laju pertumbuhan diameter karang <i>acropora</i> - pada stasiun kontrol dan stasiun <i>biorock</i> [®]	65
14.	<i>Independent-samples t test</i> laju pertumbuhan tinggi karang <i>acropora</i> - pada stasiun kontrol dan stasiun <i>biorock</i> [®]	66
15.	Pertambahan jumlah tunas karang <i>acropora</i> selama pengamatan pada- stasiun kontrol dan stasiun <i>biorock</i> [®]	67
16.	Uji Normalitas Data Metode Kolmogorov-Smirnov.....	

	68
Pembuatan media transplantasi.....	
17.	
Lokasi penelitian.....	69
18. Pelaksanaan transplantasi karang <i>acropora</i>	70
19. Pengamatan karang <i>acropora</i> yang di transplantasi.....	72
20. Kondisi karang <i>acropora</i> pada stasiun kontrol.....	73
21. Kondisi karang <i>acropora</i> pada stasiun <i>biorock</i> [®]	74
22. Proses akresi mineral pada stasiun <i>biorock</i> [®]	75

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, memiliki sumberdaya alam hayati laut yang potensial seperti sumberdaya terumbu karang. Di tambah lagi Indonesia terletak pada pusat segitiga terumbu karang (*the coral triangle*) yang memiliki tingkat keanekaragaman yang tinggi. Sedikitnya ada 750 spesies karang yang termasuk ke dalam 75 genus terdapat di Indonesia (COREMAP II, 2007).

Terumbu karang memiliki peranan sebagai sumber makanan, habitat biota - biota laut yang bernilai ekonomis tinggi. Nilai estetika yang dapat dimanfaatkan sebagai kawasan pariwisata dan memiliki cadangan sumber plasma nutfah yang tinggi. Selain itu juga dapat berperan dalam menyediakan pasir untuk pantai, dan sebagai penghalang terjangan ombak dan erosi pantai (Dahuri, 2003). Demikian juga di Perairan Karang Jeruk dan sekitarnya yang berada di Dukuh Larangan, Desa Munjungagung, Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal. Kawasan ini juga selain mempunyai potensi sumberdaya alam pesisir dan lautan khususnya terumbu karang, yang memiliki prospek perekonomian yang mampu untuk mendorong pertumbuhan dan pengembangan kegiatan ekonomi perikanan serta sosial lainnya di sekitar kawasan tersebut.

Menurut Noor Zuhry (2011) terumbu karang merupakan tempat yang ideal sebagai daerah memijah (*spawning ground*) dan tempat asuhan (*nursery ground*)

bagi ikan karang dan ikan jenis pelagis. Ketersediaan fitoplanton sebagai pakan jenis larva menunjang pertumbuhan dan pembesaran ikan-ikan tersebut. Keberadaan Karang Jeruk mampu meningkatkan *survival rate* dari larva ikan-ikan tersebut dan dalam jangka panjang keberadaan kawasan tersebut mampu menjamin stok perikanan kawasan itu.

Dikatakan juga bahwa Perairan Karang Jeruk merupakan daerah dengan jumlah ikan teri yang melimpah. Hal ini disebabkan karena pakan dari ikan teri adalah plankton. Salah satu indikator kesuburan suatu perairan adalah melimpahnya jumlah plankton dimana semakin subur perairan juga berpengaruh pada kehidupan ekosistem terumbu karang. Oleh sebab itu, ikan teri banyak berkumpul pada Perairan Karang Jeruk yang merupakan tempat untuk mencari makan.

1.2 Permasalahan

Seiring berjalannya waktu, kondisi terumbu karang di Indonesia mengalami degradasi yang cukup mengkhawatirkan. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor antara lain tingginya pemanfaatan oleh manusia dan kerusakan akibat bencana alam. Menurut hasil penelitian Pusat Pengembangan Oseanologi (P2O) LIPI yang dilakukan pada tahun 2000, kondisi terumbu karang Indonesia 41,78% dalam keadaan rusak, 28,30 % dalam keadaan sedang, 23,72 % dalam keadaan baik, dan 6,20 % dalam keadaan sangat baik. Hal ini menunjukkan telah terjadi tekanan yang cukup besar terhadap keberadaan terumbu karang di wilayah Indonesia (Dahuri, 2003).

Hal ini juga terjadi pada Perairan Karang Jeruk, Desa Munjungagung Kabupaten Tegal, Data dari hasil pengamatan pada saat penelitian tahun 2011 menunjukkan bahwa Kondisi persentase tutupan karang hidup pada terumbu karang di Perairan Karang Jeruk pada tahun 2011 menjadi 24,87% - 53,33%. Hasil pengamatan dan wawancara dengan masyarakat bahwa kondisi seperti ini terjadi karena selain faktor alam, faktor manusia juga memberikan pengaruh terhadap kondisi terumbu karang dibuktikan dengan masih adanya masyarakat pengguna yang beroperasi di sekitar Perairan Karang Jeruk walaupun sudah jarang ditemukan penggunaan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan, tetapi dalam kegiatan penangkapannya masih menurunkan jangkar di sekitar karang (Noor Zuhry, 2011).

Melihat kenyataan ini maka sangat diperlukan upaya-upaya untuk rehabilitasi ekosistem terumbu karang. Beberapa upaya rehabilitasi terumbu karang yang telah dilakukan di Indonesia, antara lain adalah dengan mengembangkan teknik transplantasi karang, terumbu karang buatan, maupun metode akresi mineral (*biorock technology*).

Karang yang akan dijadikan sebagai obyek penelitian adalah Genus *Acropora* Genus ini adalah salah satu genus karang yang melimpah dan terdistribusi luas di Indo-Pasifik. Karang ini memiliki kecepatan tumbuh dan tingkat kelangsungan hidup yang tinggi jika ditransplantasi. Karang ini dapat tumbuh 5-10 cm per tahun (Harriot dan Fisk, 1988). Oleh karena itu karang ini banyak dipakai pada kegiatan-kegiatan tranplantasi karang diberbagai kawasan dan negara, termasuk Indonesia. Transplantasi karang jenis ini umumnya dilakukan dengan cara yang konvensional, yaitu dengan melekatkannya pada suatu substrat tanpa aliran listrik.

Sehubungan dengan latar belakang di atas, guna mengetahui kelangsungan hidup dan pertumbuhan karang *Acropora* jika menggunakan *biorock*[®] di Perairan Karang Jeruk, maka perlu dilakukan penelitian tentang hal tersebut.

1.3 Pendekatan Masalah

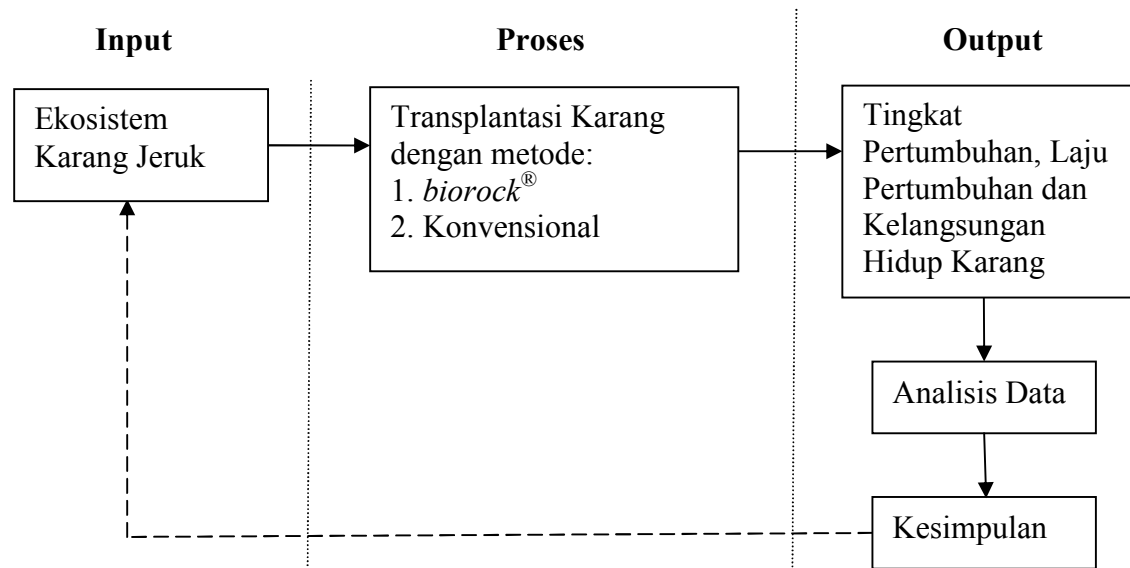
Adanya penurunan dari kualitas dan kuantitas dari ekosistem terumbu karang di Indonesia, maka diperlukan perhatian dan aksi rehabilitasi secara cepat dan tepat. Terdapat dua cara rehabilitasi yang disebut Dahuri (2003) yaitu dengan kebijakan manajemen dan penggunaan teknologi. Akresi mineral (*Mineral Accretion*) merupakan salah satu pengembangan teknologi rehabilitasi. Teknologi ini lebih dikenal dengan sebutan *biorock*[®]

Teknologi *biorock*[®] adalah suatu proses deposit elektro mineral yang berlangsung di dalam laut, biasanya disebut juga dengan teknologi akresi mineral. Cara kerja dari metode ini adalah melalui proses elektrolisis air laut dengan meletakkan dua elektroda pada tegangan rendah yang aman sehingga memungkinkan mineral pada air laut mengkristal di atas elektroda. Mekanisme kimiawi terjadi ketika aliran listrik tadi menimbulkan reaksi elektrolit yang mendorong pembentukan mineral alami pada air laut, seperti kalsium karbonat dan magnesium hidroksida (Zamani *et al.*, 2008).

Teknologi *biorock*[®] diterapkan untuk mempercepat pertumbuhan karang yang ditransplantasi telah banyak diaplikasikan pada berbagai jenis karang, salah satunya adalah *Acropora*, Teknologi *biorock*[®] untuk transplantasi karang telah dilakukan oleh banyak orang di banyak kawasan dan Negara. Goreau *et al.* (2007)

telah melakukannya di Majuro, Republic of the Marshall Islands untuk restorasi terumbu karang dan perlindungan pantai; untuk tujuan penelitian; dan untuk merehabilitasi terumbu karang yang telah tergilas oleh kapal laut.

Skema pendekatan masalah dalam Penelitian ini terlihat pada gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram Pendekatan Masalah

Keterangan :

———— : Hubungan Langsung

----- : Umpan Balik

..... : Batas Skema

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari Penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pertumbuhan (tinggi dan diameter) karang bercabang *Acropora* yang ditransplantasi dengan metode *biorock*[®] di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.
2. Mengetahui laju pertumbuhan (tinggi dan diameter) karang bercabang *Acropora* yang ditransplantasi dengan metode *biorock*[®] di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.
3. Mengetahui tingkat kelangsungan hidup karang bercabang *Acropora* yang ditransplantasi dengan metode *biorock*[®] di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.

1.5 Kegunaan

Kegunaan dari Penelitian ini adalah :

1. Sebagai informasi dasar tentang penggunaan *biorock*[®] khususnya di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.
2. Sebagai bahan acuan bagi pemerintah, terutama pemerintah daerah dalam upaya rehabilitasi terumbu karang.
3. Sebagai bahan acuan untuk penelitian-penelitian selanjutnya.

1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada bulan April sampai dengan September 2015 dan bertempat di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Terumbu Karang

Menurut Herdianto *et al.*, (1998) Kata terumbu karang mengacu pada daerah dangkal di laut yang membentuk wilayah berbahaya untuk dilewati kapal laut. Meski hanya menempati 0,17% dari dasar samudera, terumbu karang merupakan tempat tinggal bagi 25% dari keseluruhan spesies laut. Terumbu karang yang dibentuk oleh aktivitas organisme dan tersusun oleh ribuan karang batu (*stony coral*) ini diperkirakan mulai terbentuk sekitar 500 juta tahun yang lalu sehingga kini menjadi ekosistem yang paling tua.

Terumbu karang meliputi wilayah yang luas (jutaan mil persegi) di daerah tropik. Meskipun karang ditemukan di seluruh lautan di dunia, baik di perairan kutub maupun perairan ughari, seperti yang ada di daerah tropik, tetapi hanya di daerah tropik terumbu dapat berkembang.

Terumbu karang memiliki sifat unik di antara asosiasi biota laut. Terumbu ini dibangun seluruhnya oleh kegiatan biologik. Terumbu merupakan timbunan masif dari kapur CaCO_3 yang terutama dihasilkan oleh hewan karang dengan tambahan penting dari alga berkapur dan organisme-organisme lain penghasil kapur (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Hewan karang memiliki kedekatan dengan anemon laut dan dapat divisualisasikan sebagai koloni anemon yang menghasilkan sekresi berupa *limestone* atau kalsium karbonat sebagai struktur pengokoh dan pelindung bagi hewan karang itu sendiri.

Karang ini bersimbiosis dengan alga bersel satu *zooxanthellae* untuk kepentingan biologis dan memberi warna pada karang.

Klasifikasi karang keras menurut Veron dan Terrence (1979) berdasarkan kerangka karang adalah :

Filum : Cnidaria

Kelas : Anthozoa

Subkelas : Hexacorallia

Ordo : Scleractinia

Hewan karang menghasilkan kalsium karbonat. Proses mineralisasi dengan produk yang dihasilkan berupa material kapur CaCO_3 (kalsium karbonat) dinamakan kalsifikasi. CaCO_3 berupa material yang mengendap dalam bentuk terumbu (Nybakken,1992). Reaksi terbentuknya kalsium karbonat dapat dituliskan sebagai berikut (Guntur, 2012):



Beberapa faktor yang mempengaruhi pertumbuhan terumbu karang, yaitu :

1) Suhu

Terumbu karang dapat hidup secara optimal dengan perairan yang rata-rata suhu tahunannya 23-25 °C. Terumbu karang dapat mentoleransi suhu sampai kira-kira 40 °C (Nybakken,1992).

2) Cahaya.

Cahaya yang kurang dapat menyebabkan laju fotosintesis oleh alga simbion karang berkurang. Hal tersebut akan berpengaruh pada jumlah kalsium karbonat

yang dihasilkan yang berguna dalam pembentukan kerangka karang dalam proses kalsifikasi (Nybakken,1992).

3) Salinitas.

Karang tidak dapat bertahan hidup pada salinitas yang menyimpang dari salinitas air laut normal yaitu 32-35 ‰ (Nybakken, 1992).

4) Faktor pengendapan.

Endapan yang berat mengakibatkan tertutup dan tersumbatnya polip karang sehingga menghambat proses pemberian makanan (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

5) Substrat.

Substrat yang keras dan bersih diperlukan sebagai tempat melekatnya larva planula, sehingga memungkinkan pembentukan koloni baru. Substrat keras ini dapat berupa benda padat yang terdapat di dasar laut, yaitu batu, cangkang moluska, bahkan kapal karam (Nybakken,1992).

6) Gelombang.

Gelombang bermanfaat untuk memberikan sumber air yang segar, memberi oksigen dalam air laut, menghalangi pengendapan dan memberi plankton yang baru untuk makanan koloni karang. (Nybakken,1992).

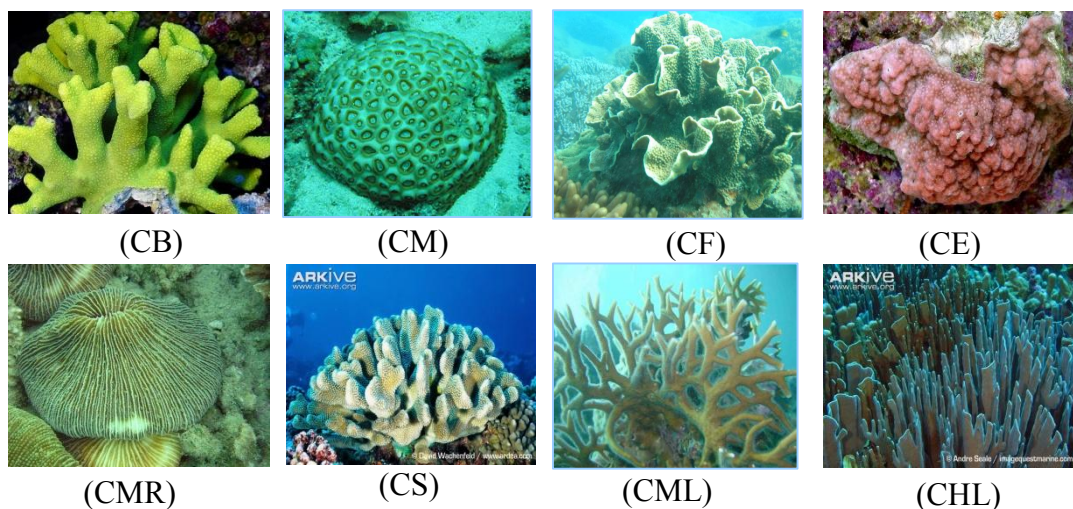
7) Arus.

Pergerakan arus diperlukan untuk tersedianya aliran suplai makanan dan suplai oksigen yang segar maupun terhindarnya karang dari timbunan kotoran yang dapat menyebabkan endapan (Romimohtarto dan Juwana, 2001).

8) Kedalaman.

Terumbu karang tidak dapat berkembang di perairan yang lebih dalam dari 50-70 m. Kebanyakan terumbu tumbuh pada kedalaman 25 m atau kurang (Nybakken, 1992; Romimohtarto dan Juwana, 2001).

Karang memiliki variasi bentuk pertumbuhan koloni yang berkaitan dengan kondisi lingkungan perairan. Berbagai jenis bentuk pertumbuhan karang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, gelombang dan arus, ketersediaan bahan makanan, sedimen, *subareal exposure* dan faktor genetik. Berdasarkan bentuk pertumbuhannya, karang batu terbagi atas karang *Acropora* dan *non-Acropora* (English *et al.*, 1994 dalam Tanty, 2009). Perbedaan *Acropora* dengan *non-Acropora* terletak pada struktur skeletonnya. *Acropora* memiliki bagian yang disebut *axial corallite* dan *radial corallite*, sedangkan *non-Acropora* hanya memiliki *radial corallite*. Bentuk pertumbuhan karang *non-Acropora* (Gambar 2) terdiri atas :



Gambar 2. Bentuk pertumbuhan karang *non-Acropora*
Sumber : English *et al.*, 1994 dalam Tanty (2009).

- 1) Bentuk bercabang (*branching*): memiliki cabang lebih panjang daripada diameter yang dimiliki, banyak terdapat di sepanjang tepi terumbu dan bagian atas lereng, terutama yang terlindungi atau setengah terbuka. Bersifat banyak memberikan tempat perlindungan bagi ikan dan avertebrata tertentu.
- 2) Bentuk padat (*massive*): dengan ukuran bervariasi serta beberapa bentuk seperti bongkahan batu. Permukaan karang ini halus dan padat, biasanya ditemukan di sepanjang tepi terumbu karang dan bagian atas lereng terumbu.
- 3) Bentuk kerak (*encrusting*): tumbuh menyerupai dasar terumbu dengan permukaan yang kasar dan keras serta berlubang-lubang kecil, banyak terdapat pada lokasi yang terbuka dan berbatu-batu, terutama mendominasi sepanjang tepi lereng terumbu. Bersifat memberikan tempat berlindung untuk hewan-hewan kecil yang sebagian tubuhnya tertutup cangkang.
- 4) Bentuk lembaran (*foliose*): merupakan lembaran-lembaran yang menonjol pada dasar terumbu, berukuran kecil dan membentuk lipatan atau melingkar, terutama pada lereng terumbu dan daerah-daerah yang terlindung. Bersifat memberikan perlindungan bagi ikan dan hewan lain.
- 5) Bentuk jamur (*mushroom*): berbentuk oval dan tampak seperti jamur, memiliki banyak tonjolan seperti punggung bukit beralur dari tepi hingga pusat mulut.
- 6) Bentuk submasif (*submassive*): bentuk kokoh dengan tonjolan-tonjolan atau kolom-kolom kecil.
- 7) Karang api (*Millepora*): semua jenis karang yang dapat dikenali karena adanya warna kuning di ujung koloni dan rasa panas seperti terbakar.

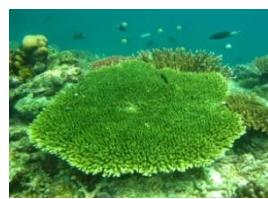
- 8) Karang biru (*Heliopora*): dapat dikenali dengan adanya warna biru pada rangkanya.

Bentuk pertumbuhan *Acropora* (Gambar 3) sebagai berikut (English *et al.*, 1994 dalam Tanty, 2009). :

- 1) *Acropora* bentuk cabang (*branching Acropora*): bentuk bercabang seperti ranting pohon.
- 2) *Acropora* meja (*tabulate Acropora*): bentuk bercabang dengan arah mendatar dan rata seperti meja. Karang ini ditopang dengan batang yang berpusat atau bertumpu pada satu sisi membentuk sudut atau datar.
- 3) *Acropora* merayap (*encrusting Acropora*): bentuk merayap, biasanya terjadi pada *Acropora* yang belum sempurna.
- 4) *Acropora* submasif (*submassive Acropora*): percabangan bentuk gada/lempeng dan kokoh.
- 5) *Acropora* berjari (*digitate Acropora*): bentuk percabangan rapat dengan cabang seperti jari-jari tangan.



(ACB)



(ACT)



(ACE)



(ACS)



(ACD)

Gambar 3. Bentuk pertumbuhan karang *Acropora*
Sumber : English *et al.*, 1994 dalam Tanty (2009).

2.2 Pertumbuhan dan Kalsifikasi

Pertumbuhan karang merupakan pertambahan panjang linier, bobot, volume, atau luas kerangka kapur karang dalam kurun waktu tertentu. Proses tersebut terjadi karena adanya pengapuran atau kalsifikasi yang tersusun dari kalsium karbonat dalam bentuk aragonit kristal (Suharsono, 1984).

Kalsifikasi adalah proses yang menghasilkan kapur dan pembentukan rangka kapur. Kapur dihasilkan dalam reaksi yang terjadi dalam ektodermis karang. Reaksi pembentukan deposit kapur mensyaratkan tersedianya ion kalsium dan ion karbonat. Ion kalsium tersedia dalam perairan yang berasal dari pengikisan batuan. Ion karbonat berasal dari pemecahan asam karbonat. Kalsium karbonat yang terbentuk kemudian membentuk endapan menjadi rangka hewan karang. Karbondioksida akan diambil oleh *zooxanthella* untuk fotosintesis. Kalsifikasi dipengaruhi oleh proses fotosintesis *zooxanthella* dan hasilnya (Wood, 1983). Goreau (1959) dalam Supriharyono (2000) menyatakan bahwa *zooxanthella* merupakan faktor yang esensial dalam proses kalsifikasi atau produksi kapur bagi karang hermatipik atau karang pembentuk terumbu. Mengingat kalsifikasi hanya terjadi bersamaan dengan produksi karbon maka kalsifikasi terjadi pada kondisi-kondisi tertentu saja, yaitu ketika siang hari atau ada sumber cahaya.

Dalam proses pembentukan terumbu karang terjadi hubungan yang saling menguntungkan antara polip karang dan *zooxanthella*. Ketika terkena sinar matahari, *zooxanthella* menghasilkan oksigen dan nutrisi yang terdiri dari gliserol, glukosa, dan asam amino yang melekat di lapisan luar polip karang. Polip karang memberikan tempat hidup dan juga CO₂ untuk digunakan dalam proses

fotosintesis. *Zooxanthella* juga mempengaruhi laju penumpukan zat kapur oleh polip karang. Polip karang menyerap CaCO_3 dari air laut, terjadi reaksi di dalam tubuh polip dan menghasilkan cangkang luar berupa zat kapur. Selain memberi nutrisi, *zooxanthella* dengan pigmen-pigmen yang dimilikinya, memberikan warna pada polip-polip karang sehingga menyebabkan terumbu karang tampak indah (Dahuri, 2003).

2.3 Deskripsi dan Klasifikasi Karang *Acropora*

Karang *Acropora* (Gambar 4) biasanya ditemukan di tempat dangkal di seluruh perairan Indonesia, memiliki bentuk percabangan yang sangat bervariasi dari corimbose, arborescent, kapitosa dan lain-lainnya. Ciri khas dari marga ini adalah mempunyai axial koralit dan radial koralit. Bentuk radial koralit juga bervariasi, yaitu bentuk tubular, nariform dan tenggelam. Marga ini mempunyai sekitar 150 jenis tersebar di seluruh perairan Indonesia (Suharsono, 1996).



Gambar 4. Karang *Acropora*
Sumber : Budi.S (2013.)

Banyak karang *Acropora* yang bersifat oportunistik dan dapat bertahan pada tekanan alam seperti pemanasan dan siltasi. Disamping itu, karang bercabang ini dapat menghasilkan produksi karbonat yang tinggi.

Menurut Johan (2003) karakteristik bentuk kapur genus *Acropora* antara lain adalah koloni biasanya bercabang, jarang sekali menempel ataupun submasif; koralit dua tipe, axial dan radial; septa umumnya mempunyai dua lingkaran; columella tidak ada; dinding koralit dan coenosteum rapuh; tentakel umumnya keluar pada malam hari.

Klasifikasi hewan karang menurut Veron dan Terrence (1979) adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Filum : Cnidaria

Kelas : Anthozoa

Ordo : Scleractinia

Famili : Acroporidae

Genus : Acropora

2.4 Transplantasi Karang

Proses perbaikan secara alami pada terumbu karang yang kondisinya sudah rusak lebih lama dan membutuhkan kondisi lingkungan yang betul-betul tidak terganggu oleh aktivitas manusia. Upaya penanggulangan kerusakan ekosistem terumbu karang dapat dilakukan dengan mengembangkan teknik transplantasi karang (COREMAP II, 2006).

Transplantasi merupakan suatu teknik penanaman dan penumbuhan koloni karang baru dengan metode fragmentasi, dimana benih karang diambil dari suatu induk koloni tertentu. Transplantasi karang bertujuan untuk mempercepat regenerasi terumbu karang yang telah mengalami kerusakan atau untuk memperbaiki daerah terumbu karang yang rusak, terutama untuk meningkatkan keragaman dan persenutupan (Harriot dan Fisk, 1988 *dalam* Amirah 2011).

Herianto (2007) menyatakan bahwa berbagai fungsi atau manfaat transplantasi karang secara umum ditujukan untuk kepentingan rehabilitasi dan pemanfaatan.

Fungsi atau manfaat tersebut antara lain:

- 1) Mempercepat regenerasi ekosistem karang yang telah rusak.
- 2) Membangun daerah ekosistem karang yang sebelumnya tidak ada.
- 3) Pengembangan populasi karang bernilai ekonomis tinggi dan atau langka.
- 4) Menambah jumlah karang dewasa ke dalam populasi sehingga produksi larva di ekosistem karang yang rusak tersebut dapat ditingkatkan.

Makkarette (2007) *dalam* Tanty (2009) menyatakan secara umum gambaran langkah metode transplantasi karang adalah sebagai berikut:

- 1) Pengambilan bibit koloni karang

Pengambilan bibit koloni karang sebaiknya dilakukan di daerah lain yang memiliki kedalaman yang sama dengan lokasi transplantasi.

- 2) Pengikatan bibit koloni karang ke substrat

Substrat pengikatan karang dapat berupa gerabah atau semen.

- 3) Penenggelaman transplantasi karang dan rangka (bila ada).

- 4) Perawatan

Perawatan dilakukan untuk memantau tingkat stres dan kelangsungan hidup karang transplantasi.

2.5 Terumbu Buatan

Terumbu buatan merupakan struktur yang sengaja dibuat oleh manusia untuk meniru karakteristik terumbu karang. Terumbu buatan tidak dimaksudkan sebagai

alternatif pengganti terumbu karang alami yang produktifitasnya tinggi, tetapi sebagai struktur yang dapat memberikan salah satu fungsinya. Fungsi utama dari terumbu buatan menurut Chou (1997) *dalam* Tanty (2009) adalah:

- 1) Tempat berkumpulnya organisme terutama ikan sehingga dapat menambah efisiensi penangkapan.
- 2) Meningkatkan produktivitas alam dengan menyediakan habitat baru untuk organisme menempel yang berkontribusi pada rantai makanan.
- 3) Menyediakan habitat baru spesies target.
- 4) Melindungi organisme kecil atau *juvenile* dan sebagai *nursery ground*.
- 5) Pelindung pantai dari gelombang serta sebagai tempat naungan organisme dari arus yang kuat dan pemangsaan.
- 6) Meningkatkan kompleksitas habitat dasar.

Keuntungan dari terumbu buatan (Hutomo, 1991 *dalam* Isnul, 2007) adalah sebagai berikut :

- 1) Dapat dibangun sesuai dengan kebutuhan yang spesifik di lokasi yang diinginkan dalam waktu singkat.
- 2) Dapat dibangun dari berbagai macam material.
- 3) Dapat meningkatkan sumberdaya hayati laut pada lokasi yang dikehendaki.

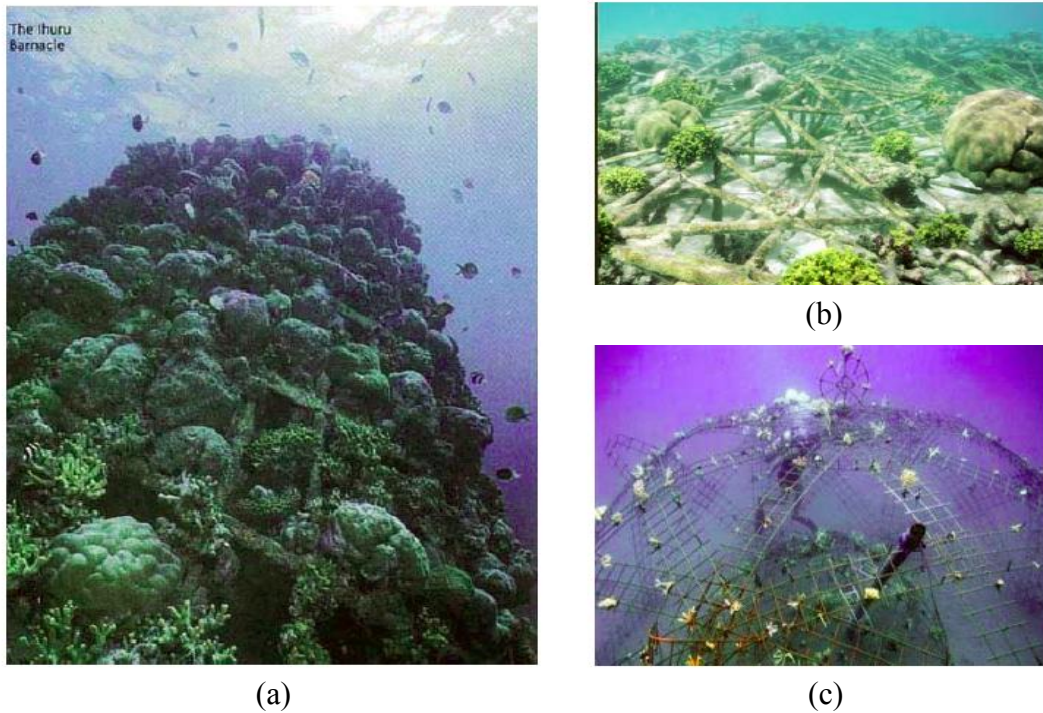
2.6 Teknologi *Biorock*[®]

Teknologi *biorock*[®] adalah suatu proses deposit elektro mineral yang berlangsung di dalam laut, biasanya disebut juga dengan teknologi akresi mineral.

Teknologi ini dikembangkan Prof. Wolf H. Hilbertz seorang ilmuwan kelautan pada tahun 1974. selanjutnya sejak tahun 1988, Prof. Wolf H. Hilbertz (Germany) bersama Dr. Thomas J. Goreau (AS) seorang ahli ekologi karang melakukan riset untuk mengembangkan lagi teknologi *biorock*[®] dengan fokus pada perkembangbiakan, pemeliharaan dan restorasi terumbu karang serta struktur proteksi pesisir. Penelitian mereka telah dilakukan di berbagai belahan dunia termasuk Indonesia. Metode ini dapat mempercepat pertumbuhan karang di daerah yang rusak dan mengembalikan habitat terumbu karang yang sudah ada. Struktur yang dibentuk sangat cepat ditumbuhi dan didiami oleh berbagai macam organisme karang, termasuk ikan, kepiting, kima, gurita, lobster dan bulu babi yang biasanya ditemukan pada terumbu karang yang sehat (Goreau, 1996).

Penerapan metode *biorock*[®] telah dilakukan di beberapa negara, antara lain di Maldiva, Thailand, Meksiko, Papua New Guinea, dan Indonesia (Hilbertz, 2005).

Perkembangan metode ini dalam aplikasinya di Maldiva cukup baik. Saat kenaikan suhu permukaan air laut yang tinggi telah menyebabkan banyak kematian karang di Samudera Hindia pada tahun 1998. Hal ini mengakibatkan kerusakan parah pada terumbu karang di pulau Maldiva, hingga hanya 1% sampai 5% karang terumbu bertahan. Pada tahun 1996 hingga 1998 di area ini (Ihuru, Maldiva) telah diterapkan *biorock*[®] dan hasilnya adalah 50 – 80% karang transplantasi berhasil bertahan hidup (Whorton, 2001). Foto penerapan *biorock*[®] di beberapa negara dapat dilihat di (Gambar 5).



Gambar 5. Bentuk Struktur *biorock*[®] di (a) Maldives (b) Thailand (c) Pamuteran, Bali.
 Sumber : Tanty, M (2009).

Teknologi ini pertama kali diperkenalkan di Indonesia di Pemuteran, Bali pada awal tahun 2000 oleh Prof. Wolf Hilbertz dan Dr. Thomas J. Goreau. Beberapa keunggulan *biorock*[®] sebagai terumbu buatan antara lain mempercepat laju pertumbuhan karang yang ditransplantasikan pada kerangka, struktur terumbu *biorock*[®] dapat segera menyatu sebagai habitat alami untuk biota lain, sebagai substrat baru untuk penempelan alami larva karang, dan penghalang gelombang bagi daerah pesisir (Hilbertz, 2005).

Cara kerja dari metode ini adalah melalui proses elektrolisis air laut, dengan meletakkan dua elektroda di dasar laut dan dialiri dengan tegangan rendah 3,8 sampai 17 volt yang aman sehingga memungkinkan mineral pada air laut mengkristal di atas elektroda (Furqan, 2009). *Biorock*[®] memiliki struktur yang

dibentuk dari besi dialiri listrik tegangan rendah. Mekanisme kimiawi terjadi ketika aliran listrik tadi menimbulkan reaksi elektrolisa yang mendorong pembentukan mineral alami pada air laut, seperti kalsium karbonat dan magnesium hidroksida. Pada saat bersamaan, perubahan elektrokimia mendorong pertumbuhan organisme di sekitar struktur. Akibatnya ketika bibit karang ditempelkan pada struktur besi tersebut, pertumbuhan akan lebih cepat terjadi.

Berdasarkan konsep *biorock*[®] ini, endapan CaCO_3 dibentuk melalui reaksi listrik dari anoda dan katoda. Pada konteks elektrokimia (*electrochemistry*), katoda adalah sambungan yang mensuplai elektron ke ion pada larutan untuk mendorong suatu reaksi kimia terjadi. Katoda dapat terbuat dari berbagai mineral yang menghantar listrik, disarankan untuk menggunakan ram besi non-galvanis. Anoda adalah sambungan yang mengambil ion elektron dari ion pada larutan dengan tujuan untuk memudahkan reaksi kimia terjadi. Anoda dapat terbuat dari karbon, timah ataupun titanium (Isnul, 2007).

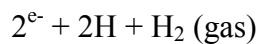
Jika dilihat dari proses pembentukan deposit mineralnya, *mineral accretion* bukanlah suatu reaksi oksidasi langsung seperti *elektroplating*, tetapi merupakan suatu proses yang tidak langsung, dimana pengendapan mineral terjadi karena suatu hasil sampingan dari perubahan pH di sekitar katoda ketika terjadi proses elektrolisis pada air laut. Ketika klorin dan oksigen terkumpul di sekitar anoda, maka mineral magnesium dan kalsium yang melimpah di air laut akan mengendap di katoda. Material yang terdeposit sebagian besar terdiri atas kalsium karbonat yang secara struktur kimia mirip dengan batu karang (Furqan, 2009).

Ada beberapa alternatif sumber tenaga yang digunakan untuk menjalankan

sistem ini, baik dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga matahari (solar cell), pembangkit listrik tenaga pasang surut, generator, aki maupun listrik rumah tangga. Tenaga yang digunakan adalah arus DC dengan kisaran antara 1-24 Volt. Pada beberapa penelitian digunakan tegangan dengan kisaran 6-12 Volt. Densitas yang digunakan untuk memberikan hasil yang terbaik sekitar 3 A per m² permukaan katoda (Gendewa, 2010).

Proses elektrolisis dapat terjadi pada larutan encer atau pada larutan garam. Situasi tersebut yang biasanya terjadi pada proses elektrolisis pada sistem *birock*[®] adalah ekstraksi klorin pada air laut. Deposit mineral terbentuk dengan proses sebagai berikut:

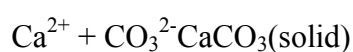
1) Ketika tegangan melewati elektroda, maka katoda akan menjadi cukup negatif untuk menarik ion hidrogen dari air laut dan menyumbangkan elektron untuk mengubah ion hidrogen menjadi gas yang akan naik ke permukaan.



2) Dengan semakin habisnya ion hidrogen di sekitar elektroda, maka terjadi reaksi kimia:



Pada saat ion hidrogen di dekat katoda habis, berdasarkan prinsip Le Chatelier's reaksi akan bergerak ke kanan untuk membentuk ion H pada perairan. Hal ini juga akan meningkatkan konsentrasi ion karbonat (CO₃²⁻) pada perairan. Pada akhirnya konsentrasi ion CO₃²⁻ semakin besar untuk membentuk reaksi:



Pengendapan kalsium karbonat di atas katoda terjadi ketika tingkat kelarutan dari Ca^{2+} dan CO_3^{2-} melebihi keadaan untuk dapat larut pada cairan. Endapan kalsium karbonat ini disebut juga aragonite, merupakan endapan keras, kuat dan hampir tak dapat larut. Pengendapan dari CaCO_3 adalah pengendapan pertama yang terjadi ketika tegangan rendah. Ketika tegangan pada katoda meningkat maka reaksi lain mulai mendominasi.

3) Ketika ion hidrogen di sekitar katoda berubah menjadi gas hidrogen, daerah di dekat katoda menjadi kehabisan ion H dan sesuai dengan hukum kesetimbangan kimia maka ini akan meningkatkan pH di daerah sekitar katoda membuat larutan menjadi basa. Reaksi yang terjadi:



Untuk memulai mengembalikan ion H^+ . Ini membuat konsentrasi ion OH^- meningkat. Ketika konsentrasi ion OH^- meningkat maka reaksi yang terjadi adalah:



Pengendapan kalsium karbonat di atas katoda terjadi ketika tingkat kelarutan dari ion magnesium dan ion OH^- melebihi keadaan untuk dapat larut pada cairan. Bentuk solid dari magnesium hidroksida juga disebut brucite. Endapan ini lebih lunak dan dapat larut dalam cairan dibandingkan dengan kalsium karbonat (Furqan, 2009).

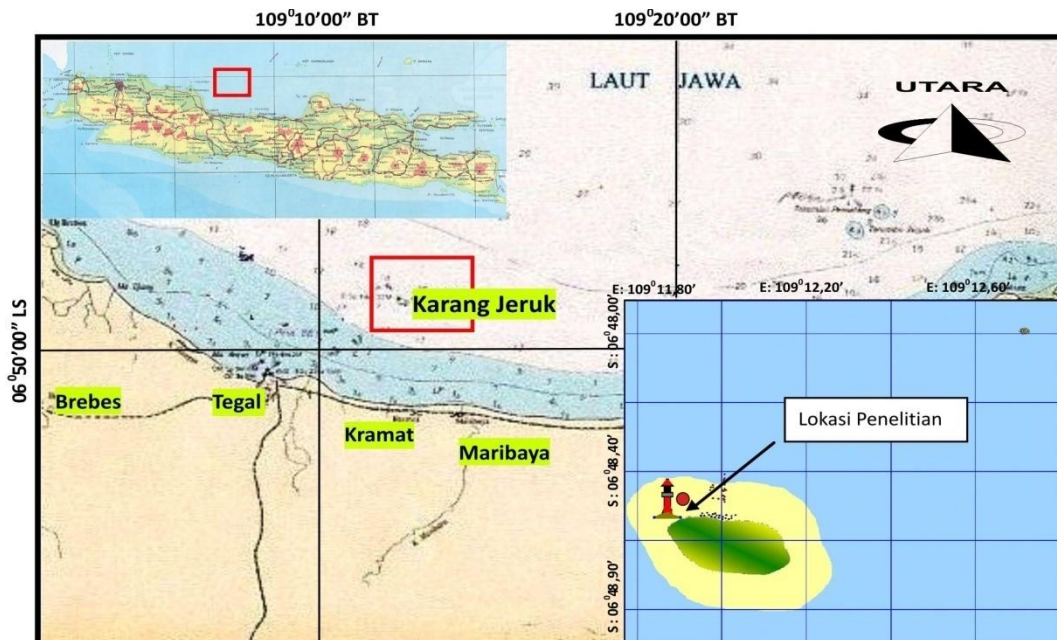
BAB III MATERI DAN METODE

3.1 Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *fragmen* karang genus *Acropora* di perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal sebagai objek yang akan diamati.

3.1.1 Lokasi

Penelitian ini dilakukan di Kawasan Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal yang terletak pada koordinat $109^{\circ} 11,85' \text{ BT} - 109^{\circ} 12,15' \text{ BT}$ dan $06^{\circ} 48,75' \text{ LS} - 06^{\circ} 48,80' \text{ LS}$. (Gambar 6) dengan stasiun penelitian yaitu pada sisi timur Rambu Suar pada kawasan Perairan Karang Jeruk.





Gambar 6. Peta Lokasi Penelitian.

Sumber : Peta Laut No. 80 Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL Skala (1997).

Dua stasiun pengamatan pada penelitian ini yaitu stasiun *biorock*[®] dan stasiun kontrol. Stasiun *biorock*[®] ditandai dengan adanya kerangka *biorock*[®] atau proses akresi mineral dengan karang transplantasi, sedangkan pada stasiun kontrol ditandai adanya kerangka dengan karang transplantasi tanpa proses akresi mineral. Deskripsi masing-masing stasiun pengamatan tampak pada (Tabel 1).

Tabel 1. Deskripsi Stasiun Pengamatan *biorock*[®] dan Stasiun Kontrol.

Parameter	St. <i>Biorock</i>	St. Kontrol
Model Kerangka	Trapesium ()	Trapesium ()
Arus Listrik	Ya	Tidak
Jenis Karang Transplantasi	<i>Acropora</i>	<i>Acropora</i>
Bahan Kerangka	Besi	Besi
Ukuran	2x1 m ²	2x1 m ²

3.1.2 Alat dan Bahan

Alat atau perangkat yang digunakan pada pengambilan data dan pengolahan data penelitian ditunjukkan pada (Tabel 2). Bahan yang digunakan adalah kerangka besi beserta transplantasi karang yang diletakkan di kedua stasiun pengamatan dengan adanya perbedaan perlakuan arus listrik di stasiun *biorock*[®].

Tabel 2. Perangkat Pengambilan dan Pengolahan Data.

Jenis	Perangkat	Satuan	Fungsi
Pengambilan Data	GPS (<i>Global Positioning System</i>)	-	Mengetahui Lokasi Penelitian
	Thermometer	⁰ C	Mengukur Suhu
	Refraktrometer	⁰ / ₀₀	Mengukur Salinitas
	<i>Secchi disc</i>	Meter	Mengukur kecerahan perairan
	pH Meter	-	Mengukur pH
	<i>Camera Under Water</i>	-	Mengambil gambar di dalam air
	Penggaris Jangka Sorong	mm	Mengukur diameter karang dan pertumbuhannya
	Penggaris	mm	Mengukur panjang karang dan pertumbuhannya
	<i>UW Data Sheet / Sabak</i>	-	Mencatat hasil pengamatan
	Peralatan SCUBA <i>diving</i>	-	Alat bantu pengambilan data di bawah air
	<i>Currentmeter</i>	m/dtk	Mengukur kecepatan arus
DO meter	mg/l	Mengukur kadar oksigen	
Pengolahan Data	<i>Software Ms.Exel 2007</i>	-	Mengolah data
	<i>Software SPSS 16</i>	-	Mengolah data

3.2 Metode Penelitian

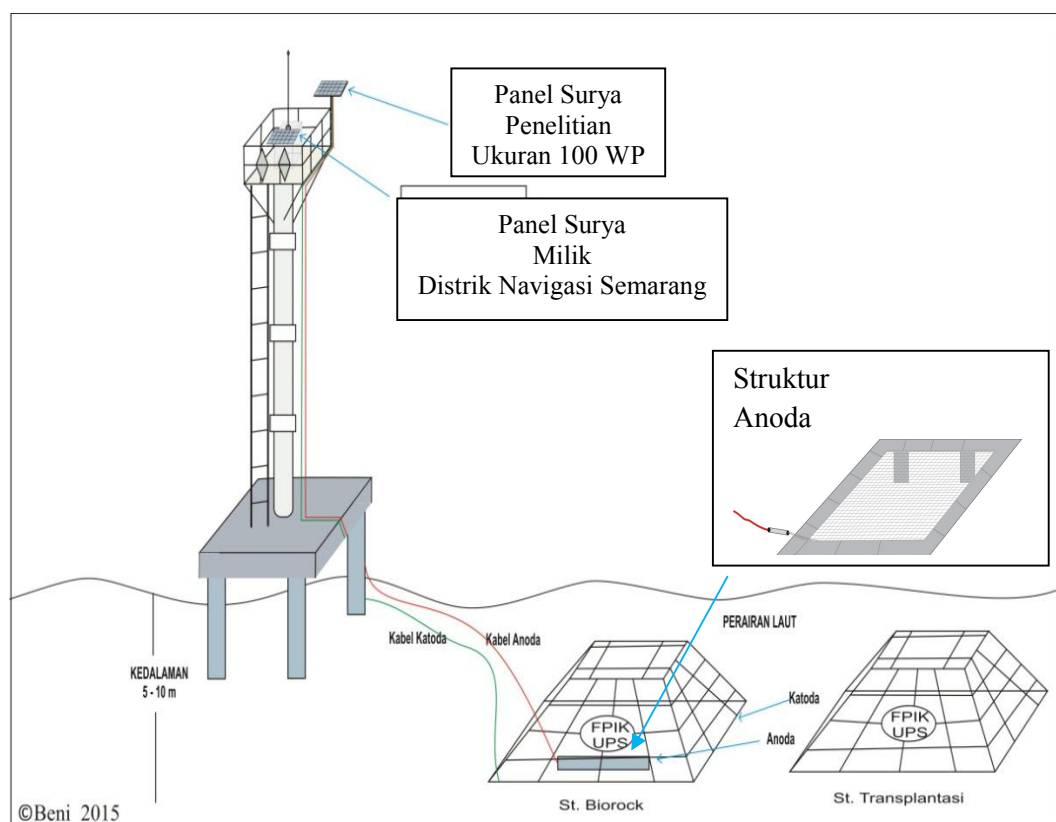
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dan observasi. Menurut Zaenudin dan Masyhuri (2008) *dalam* Budi S. (2013) metode eksperimen adalah observasi di bawah kondisi buatan (*artificial condition*) untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberi perlakuan-perlakuan (*treatmen*) pada beberapa kelompok eksperimental dan penyelidikan kontrol untuk perbandingan.

Metode observasi yaitu metode pengambilan data yang dilakukan dengan cara mencatat secara sistematis hasil pengamatan terhadap kejadian-kejadian yang diselidiki selama penelitian serta metode wawancara yaitu metode pengambilan

data yang dilaksanakan dengan mengumpulkan data secara sistematis melalui wawancara berdasarkan tujuan penelitian (Marzuki, 2002 dalam Budi S. 2013).

3.2.1 Sistem *Biorock*[®]

Sistem *biorock*[®] menggunakan kerangka besi dengan luas $2 \times 1 \text{ m}^2$ yang berfungsi sebagai katoda yang menyuplai elektron kepada ion-ion dalam larutan untuk mendorong terjadinya reaksi kimia, hal ini sesuai dengan acuan metode *biorock*[®] bahwa struktur dapat dibentuk sesuai dengan kebutuhan (Hilbertz, 2005). Sedangkan Material anoda yang digunakan adalah konstruksi pipa PVC serta di balut jaring titanium yang diletakan di dalam kerangka besi. Bentuk konstruksi yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada (Gambar 7).



Gambar 7. Ilustrasi Denah konstruksi stasiun *biorock*[®] dan kontrol.

Metode pengumpulan data dilakukan dengan mengumpulkan data primer dan sekunder. Dimana data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal, sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari instansi terkait serta dari penelitian terdahulu.

Menurut Effendie (1979) Pertumbuhan diameter dan tinggi karang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

1) Pertumbuhan mutlak diameter dan tinggi karang:

$$\beta L = L_t - L_0$$

Dimana : βL = pertumbuhan mutlak diameter dan tinggi (mm); L_t = rata rata diameter dan tinggi setelah bulan ke-t (mm); L_0 = rata-rata diameter dan tinggi pada waktu pengukuran awal (mm).

2) Laju pertumbuhan karang :

$$P = \frac{L_t - L_0}{t}$$

Dimana : P = Capaian pertumbuhan karang (mm bulan^{-1}); L_t = rata-rata (tinggi,diameter) pada akhir penelitian (mm); L_0 = rata-rata (tinggi,diameter) pada awal penelitian (mm); dan t = waktu pengamatan (bulan).

3) Tingkat kelangsungan hidup :

$$SR = N_t / N_0 \times 100\%$$

Dimana : SR = Tingkat kelangsungan hidup (%), N_t = jumlah karang pada akhir penelitian (individu), N_0 = jumlah karang pada awal penelitian (individu).

3.2.3 Analisis Data

Dari data hasil perhitungan untuk data pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup karang pada stasiun *biorock*[®] dan stasiun kontrol dianalisis melalui uji *t-Students* dengan menggunakan SPSS versi 16. Adapun perhitungan uji *t-Students* yang digunakan sebagai berikut :

1) Uji Normalitas Data

Uji Normalitas adalah uji asumsi dasar sbelum melakukan uji statistik yang lain. Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah populasi data berdistribusi normal atau tidak (Priyatno, 2010). Metode yang digunakan dalam penelitian ini Metode Kolmogorov-Smirnov dalam program SPSS. Dengan kriteria pengujian berdasarkan signifikansi :

- a. Jika Sign. > 0,05 Maka Data Normal
- b. Jika Sign. < 0,05 Maka Data Tidak Normal

2) Uji Dua Sampel Berpasangan (*Paired Sample T Test*)

Paired Sample T Test digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata antara dua kelompok sampel yang berpasangan (Priyatno, 2010). Rumus perhitunganya sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r \left(\frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) \left(\frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}}$$

Dimana :

- t : nilai t hitung
- X_1 : rata-rata nilai sampel awal
- X_2 : rata-rata nilai sampel akhir
- s_1^2 : varians sampel awal
- s_2^2 : varians sampel akhir

n_1 : banyak subjek sampel awal
 n_2 : banyak subjek sampel akhir
 r : korelasi antara dua sampel

Langkah-langkah pengujian :

a. Menentukan hipotesis

Ho : Tidak ada perbedaan

Ha : Ada perbedaan

b. Menentukan tingkat signifikansi

Pengujian menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ atau 0,05

c. Kriteria pengujian

- Ho diterima jika **t hitung < t tabel**
- Ho ditolak jika **t hitung > t tabel**

berdasarkan signifikansi :

- Jika Sign. > 0,05 Maka Ho diterima atau Tidak Ada Perbedaan
- Jika Sign. < 0,05 Maka Ho ditolak atau Ada Perbedaan

3) Uji Dua Sampel Tidak Berhubungan (*Independent Sample T Test*)

Independent Sample T Test digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan rata-rata antara dua kelompok sampel yang tidak Berhubungan

(Priyatno, 2010). Rumus perhitungannya sebagai berikut :

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

Dimana :

t : nilai t hitung
 \bar{X}_1 : rata-rata nilai sampel awal
 \bar{X}_2 : rata-rata nilai sampel akhir
 S_1 : simpangan baku sampel awal
 S_2 : simpangan baku sampel akhir
 n_1 : banyak sampel awal

n_1 : banyak sampel akhir

Langkah-langkah pengujian :

a. Menentukan hipotesis

Ho : Tidak ada perbedaan

Ha : Ada perbedaan

b. Menentukan tingkat signifikansi

Pengujian menggunakan tingkat signifikansi $\alpha = 5\%$ atau 0,05

c. Kriteria pengujian

- Ho diterima jika **t hitung < t tabel**
- Ho ditolak jika **t hitung > t tabel**

berdasarkan signifikansi :

- Jika Sign. > 0,05 Maka Ho diterima atau Tidak Ada Perbedaan
- Jika Sign. < 0,05 Maka Ho ditolak atau Ada Perbedaan

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Keadaan Geografis Perairan Karang Jeruk

Menurut Zuhry, Noor (2011) secara administratif Karang Jeruk termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal. Posisi Karang Jeruk berada sejauh $\pm 3,15$ mil laut dari garis pantai dan sejajar dengan perkampungan nelayan Larangan, Desa Munjungagung, Kecamatan Kramat. Gugusan terumbu karang di Kabupaten Tegal hanya terdapat di daerah Karang Jeruk. Koloni karang penyusun terumbu karang di perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal umumnya adalah karang massif (CM) dari family Faviidae dengan genus *Diploastrea* dan dari family Poritidae dengan Genus *Porites*. Jenis karang keras lainnya yang ditemukan di Perairan Karang Jeruk adalah *Simpilia* sp. Jenis karang yang paling banyak dijumpai adalah jenis *Porites*.

Ikan karang yang terdapat di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal berhasil diidentifikasi 40 ekor ikan karang yang tersusun dari 4 famili dengan 8 genus. Famili ikan karang yang ditemukan adalah Pomacentridae, Chaetodontidae, Lutjanidae, dan Scaridae. Komunitas ikan karang secara umum didominasi dari family Pomacentridae dengan jenis ikan *Caesio* dengan kelimpahan sebesar 20 individu disusul oleh *Abudefduf* sebesar 6 individu. Species *Chelmon muelleri* dan *Lutjanus* menempati kelimpahan terendah dengan jumlah satu ekor untuk setiap spesiesnya. Sementara ikan karang yang banyak ditangkap untuk dipasarkan sebagai ikan hias ditemukan yaitu dari jenis *Chelmon muelleri*.

Secara geografis letak Karang Jeruk berada di $109^{\circ} 11,85' \text{ BT} - 109^{\circ} 12,15' \text{ BT}$ dan $06^{\circ} 48,75' \text{ LS} - 06^{\circ} 48,80' \text{ LS}$. Perairan Karang Jeruk mempunyai tanda yang mudah dikenali keberadaannya yaitu dengan adanya menara suar yang diberi lampu. Pada tahun 2010, kawasan perairan Karang Jeruk telah ditetapkan sebagai Kawasan Konservasi Perairan Daerah dengan jenis Suaka Perikanan berdasarkan SK Bupati Tegal Nomor 523/448/2010. Luas kawasan konservasi tersebut adalah sebesar 53,460 ha. Berdasarkan SK Bupati tersebut telah ditetapkan beberapa jenis zona yaitu zona inti, zona penyangga, dan zona pemanfaatan (Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah, 2014).

Berikut ini adalah informasi mengenai luasan, koordinat lokasi dan jenis kegiatan di dalam zona tersebut berdasarkan data dari Database Kawasan Konservasi KP3K Kementerian Kelautan Perikanan :

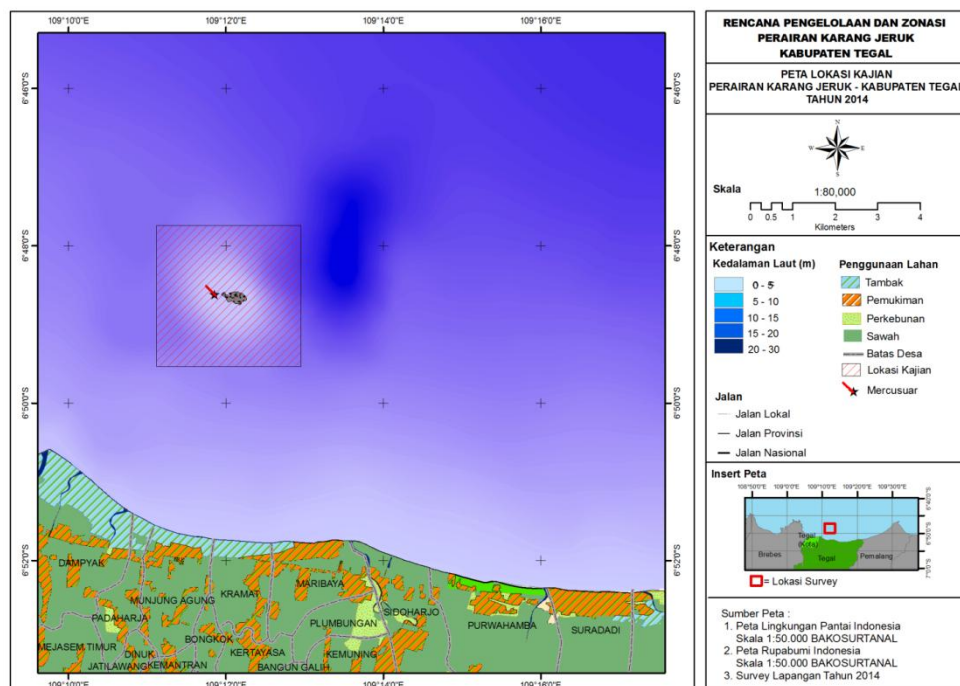
1) Zona Inti

- a. Luas zona : 10,635 ha
- b. Koordinat : $109^{\circ}11'57,068'' - 109^{\circ}12'16,249'' \text{ BT}$ dan $06^{\circ}48'34,689'' - 06^{\circ}48'45,240'' \text{ LS}$
- c. Mutlak dilindungi dan tidak boleh terjadi perubahan apapun didalamnya oleh aktivitas manusia. Kegiatan yang diperbolehkan hanya untuk kepentingan ilmu pengetahuan, pendidikan, penelitian, inventarisasi, pemantauan perlindungan dan pengamanan.

2) Zona Penyangga

- a. Luas zona : 42,825 ha

- b. Koordinat : $109^{\circ}11'50,560''$ – $109^{\circ}12'22,766''$ BT dan $06^{\circ}48'28,174''$ – $06^{\circ}48'51,741''$ LS
- c. Zona yang diperuntukan bagi pengamanan zona inti sebagai upaya konservasi. Boleh dilakukan kegiatan penangkapan yang tidak merusak (ramah lingkungan). Tidak diperkenankan melakukan kegiatan yang dapat memberikan dampak negatif terhadap zona inti.
- 3) Zona Pemanfaatan
- a. Lokasi menyebar diluar zona inti (Karang Jeruk dan zona pemanfaatan). Zona pemanfaatan perikanan dengan menggunakan peralatan atau sarana prasarana pemanfaatan ramah lingkungan. Penangkapan diperkenankan tanpa batasan waktu dan spesies.



Gambar 8. Lokasi Kawasan Konservasi Perairan Karang Jeruk dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah (2014).

Pelaksanaan Penelitian terlebih dahulu diawali dengan mengukur parameter Hidro Oceanografi Perairan yang cocok untuk dilakukan transplantasi karang. Selain itu juga harus disiapkan alat dan perlengkapan untuk menunjang keberhasilan dan keselamatan dalam proses transplantasi karang. Hasil pengukuran parameter Hidro Oceanografi Perairan Karang Jeruk dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 3. Data Pengukuran Langsung Di Lokasi Pengambilan Sampel.

No.	Parameter	Bulan	
		Mei	September
1	Posisi	S 06°48'36" E 109°11'47"	S 06°48'36" E 109°11'47"
2	Salinitas	32 ‰	32 ‰
3	Oksigen	7,6 mg/l	8,9 mg/l
4	pH	8	8
5	Suhu Air	29 °C	30 °C
6	Kecerahan	5,0 m	7,1
7	Kedalaman	8	8
8	Kecepatan Arus	0,3 m/dt	0,1 m/dt
9	Arah Arus	Utara	Selatan
10	Substrat	<i>Ruble</i>	<i>Ruble</i>

Sumber : Data Primer penelitian (2015)

Penjelasan Hasil pengukuran parameter Hidro Oceanografi Perairan Karang Jeruk adalah sebagai berikut :

1) Salinitas

Hasil menunjukkan bahwa kondisi salinitas pada lokasi penelitian masih berada dalam range Nilai Baku Mutu yang ditetapkan oleh Menteri Lingkungan Hidup (2004) yaitu pada kisaran 29 – 33‰. nilai dari salinitas ini tidak mengalami perubahan yang drastis sehingga sangat mendukung dalam proses pertumbuhan karang *Acropora* yang ditransplantasi. Salinitas optimal bagi kehidupan karang berkisar antara 30 – 33 ‰. namun terumbu karang masih dapat hidup dalam batas kisaran salinitas 25 - 40‰ (Nybakken, 1992).

2) pH Perairan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi Derajat keasaman (pH) yang diperoleh selama pengamatan berkisar 7 - 8. Hasil ini menunjukkan bahwa pH air pada lokasi penelitian sangat mendukung untuk pertumbuhan karang. Menurut Supriharyono (2009) dalam Amirah (2011), pH yang menunjang bagi kehidupan karang berkisar antara 6,5 hingga 8,5. Ditambahkan pula oleh Saleh (2002) dalam Amirah (2011) yang menyatakan bahwa kondisi perairan dengan pH 7,5-8,5 mempunyai produktivitas yang tinggi untuk pertumbuhan karang.

3) Dissolved Oxygen (DO)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) di lokasi penelitian antara bulan mei sampai september yaitu berkisar antara 7,3 – 9,1 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan oksigen terlarut di perairan Kabupaten Tegal dalam kondisi yang relatif tinggi. Kondisi ini sudah sesuai dengan NBM untuk biota dan wisata bahari yaitu >5 mg/l sedangkan untuk karang tidak

ditentukan (Kementerian Lingkungan Hidup, 2004). Hal ini disebabkan karena karang berada diperairan yang relative dangkal sehingga difusi oksigen dari udara dapat berlangsung secara efektif, disamping itu oksigen bukan merupakan racun bagi karang.

4) Kecerahan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecerahan di Perairan Karang Jeruk sangat bervariasi yaitu berkisar antara 5,0 – 7,1 meter. Nilai rata-rata kecerahan di lokasi penelitian diperoleh angka sebesar 6,05 meter. Kondisi ini sudah sesuai dengan NBM Menteri Lingkungan Hidup yaitu >6 meter. Perlu diperhatikan kecerahan air, ini sangat penting karena apabila Perairan Karang Jeruk kekeruhannya tinggi akan menghambat pertumbuhan dari karang *Acropora* yang ditransplantasi. Kondisi kekeruhan yang tinggi menyebabkan terhambatnya intensitas cahaya masuk ke dalam air, selain mengganggu proses fotosintesis *Zooxanthellae*. Sedimentasi yang tinggi dapat menutupi dan akhirnya akan mematikan polip karang dan Intensitas cahaya sangat mempengaruhi kehidupan karang yaitu pada proses fotosintesa *Zooxanthella* yang produknya kemudian disumbangkan ke polip (Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, 2008).

5) Suhu

Suhu merupakan parameter yang erat kaitannya dengan kehidupan organisme. Khususnya organisme karang, suhu merupakan faktor yang sangat berpengaruh bagi kelangsungan hidupnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi suhu di lokasi penelitian masih dalam kondisi yang stabil. Kisaran suhu yang diperoleh

berdasarkan pengamatan yaitu pada kisaran $29,0 - 30,0^{\circ}\text{C}$. Pada suhu demikian sangat cocok untuk ekologi karang *Acropora*. Nilai tersebut masih berada pada kisaran kelayakan sesuai dengan Nilai Baku Mutu suhu perairan dengan kisaran antara $25 - 32^{\circ}\text{C}$ (Kementerian Lingkungan Hidup, 2004).

6) Arus

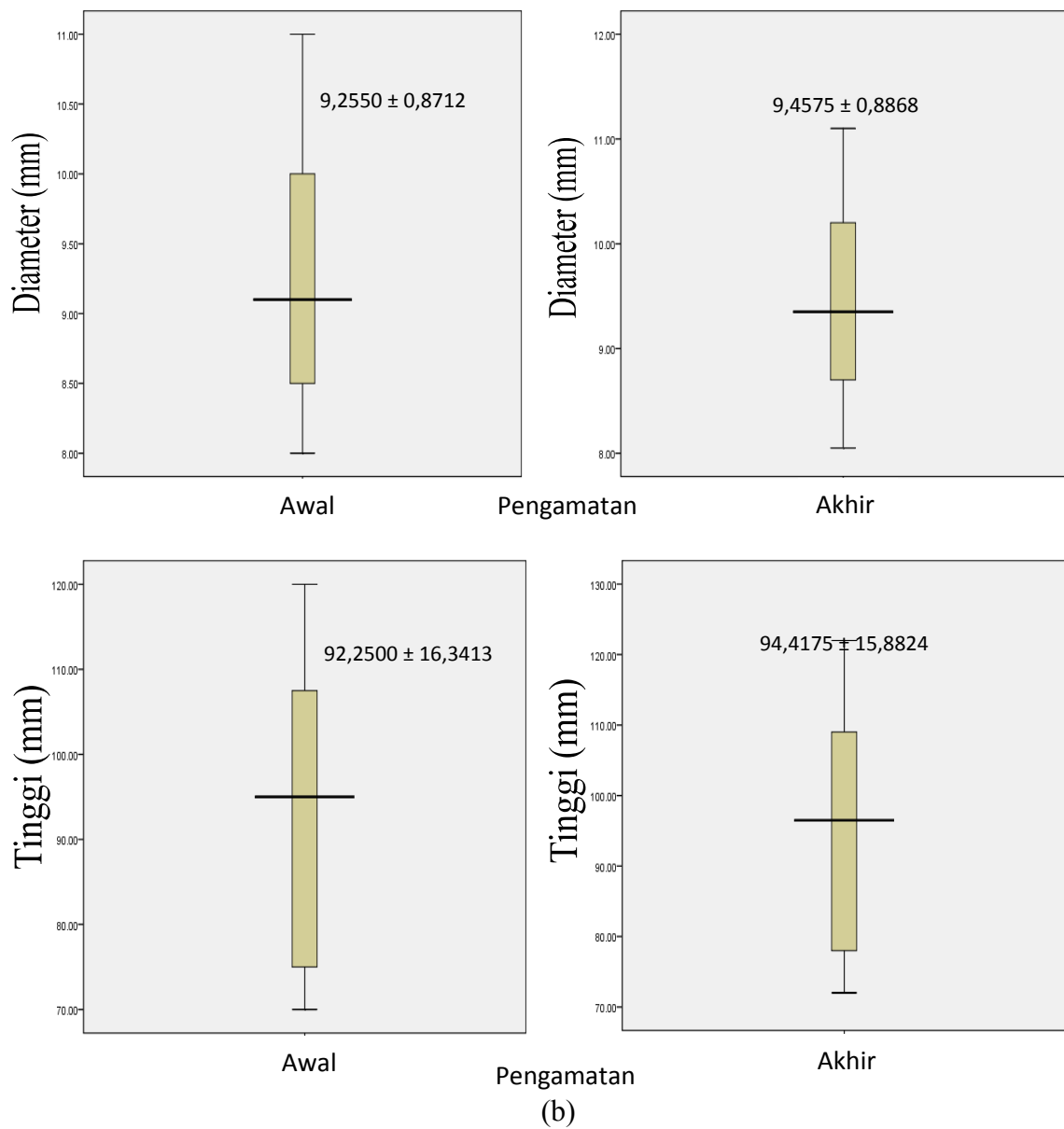
Keadaan arus di lokasi penelitian dipengaruhi oleh arus pasang surut dan arus musiman. Kecepatan arus yang diperoleh yakni antara 0,1 hingga 0,3 m/detik. Sebagaimana disebutkan arah arusnya pun mengalami perubahan bulan Mei 2015 ke utara sementara bulan September 2015 ke arah selatan. Kecepatan arus dapat mempengaruhi pertumbuhan dari karang. Arus atau gelombang dapat membersihkan polip karang dari kotoran yang menempel. Itulah sebabnya karang yang hidup di daerah berombak atau berarus kuat lebih berkembang di banding daerah yang tenang dan terlindung (Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut, 2008).

4.3 Pertumbuhan Karang *Acropora*

4.3.1 Diameter dan Tinggi Karang pada Stasiun Kontrol

Hasil pengukuran pertumbuhan tinggi dan diameter karang *Acropora* pada stasiun kontrol selama penelitian dapat dilihat pada (Gambar 9). Berdasarkan pada (Gambar 9), dapat dilihat bahwa diameter awal dan akhir pada stasiun kontrol masing-masing $9,2550 \pm 0,8712$ mm dan $9,4575 \pm 0,8868$ mm (Lampiran 1). Tinggi awal dan akhir pada stasiun kontrol masing-masing $92,2500 \pm 16,3413$ mm dan $94,4175 \pm 15,8824$ mm (Lampiran 2). Hal ini menunjukkan bahwa selama empat bulan penelitian karang *Acropora* mengalami pertumbuhan. Rata-rata

pertumbuhan diameter $0,2025 \pm 0,0835$ mm (Pertumbuhan $0,0506$ mm bulan⁻¹)
 dan tinggi $2,1675 \pm 0,6726$ mm (Pertumbuhan $0,5419$ mm bulan⁻¹).



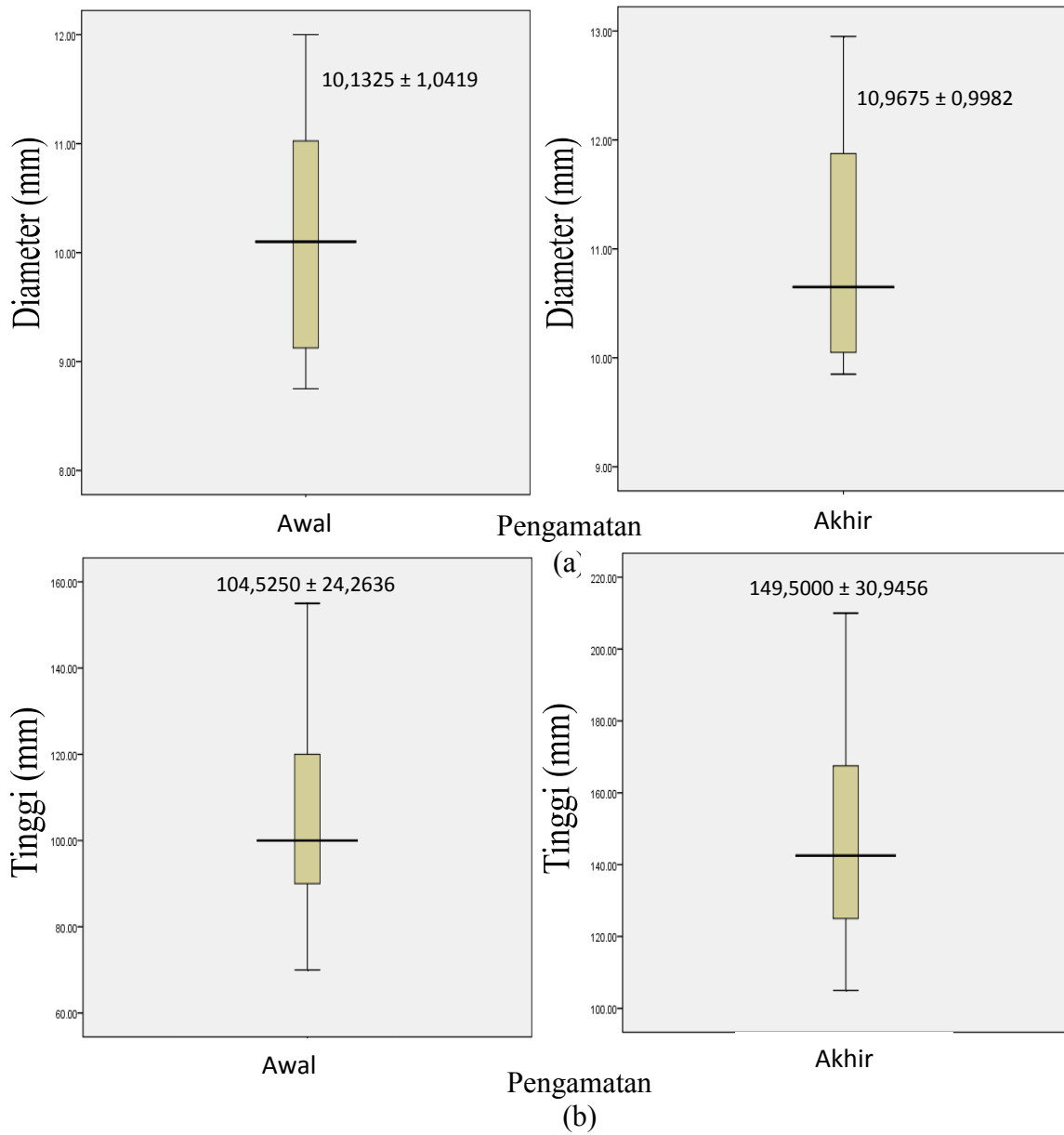
Gambar 9. Diameter awal dan akhir (a) serta tinggi awal dan akhir (b) karang *Acropora* pada stasiun kontrol.

Sumber : Hasil penelitian yang sudah diolah (2015).

Berdasarkan hasil analisis data menggunakan *Paired-Samples t Test* (Lampiran 3 dan 4) disimpulkan bahwa diameter dan tinggi awal berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan diameter dan tinggi akhir selama penelitian pada stasiun kontrol. Menurut Awaludinnoer (2009) dalam Amirah (2011) rata-rata pertumbuhan karang *A. loripes* dan *A. nana* selama 3 bulan penelitian dikedalaman 3 meter masing-masing 2,04 mm (0,68 mm bulan⁻¹) dan 2,67 mm (0,89 mm bulan⁻¹). Karang yang paling cocok untuk ditransplantasi adalah *Acropora* bercabang karena memiliki tingkat ketahanan hidup yang tinggi. Kecepatan pertumbuhannya tinggi serta memiliki kemampuan yang tinggi dalam menutupi daerah ekosistem terumbu karang yang kosong (Harriott dan Fisk, 1988 dalam Amirah, 2011).

4.3.2 Diameter dan Tinggi Karang pada Stasiun *Biorock*[®]

Hasil pengukuran pertumbuhan tinggi dan diameter karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] selama penelitian dapat dilihat pada (Gambar 10). Berdasarkan pada (Gambar 10), dapat dilihat bahwa diameter awal dan akhir karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] selama penelitian masing-masing $10,1325 \pm 1,0419$ mm dan $10,9675 \pm 0,9982$ mm (Lampiran 5). Sebaliknya, tinggi awal dan akhir pada stasiun *biorock*[®] masing-masing $104,5250 \pm 24,2636$ mm dan $149,5000 \pm 30,9456$ mm (Lampiran 6).



Gambar 10. Diameter awal dan akhir (a) serta tinggi awal dan akhir (b) karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®].

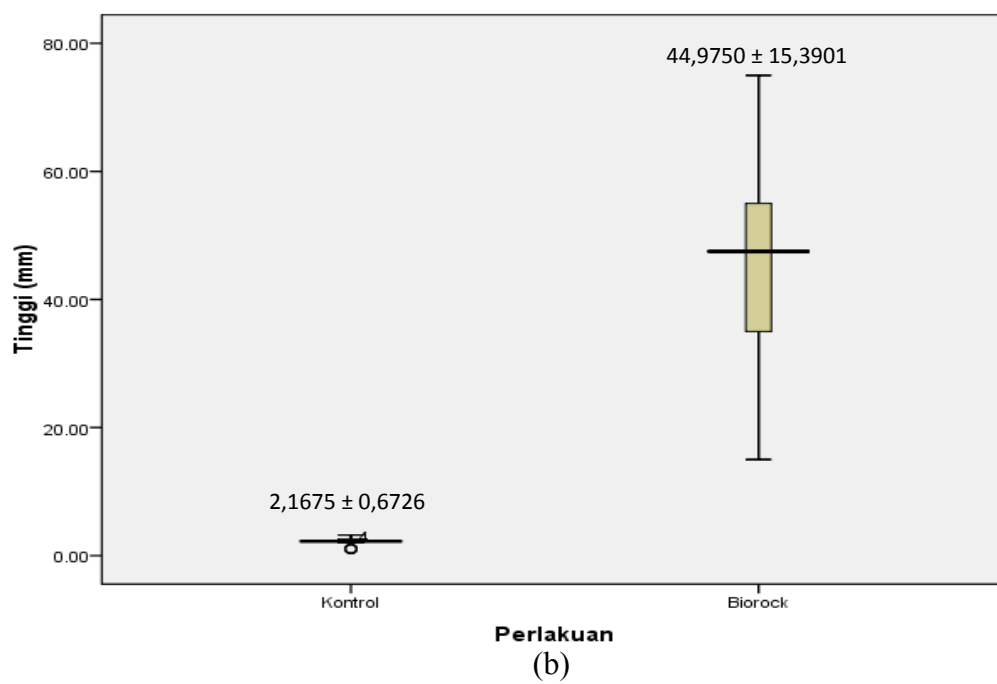
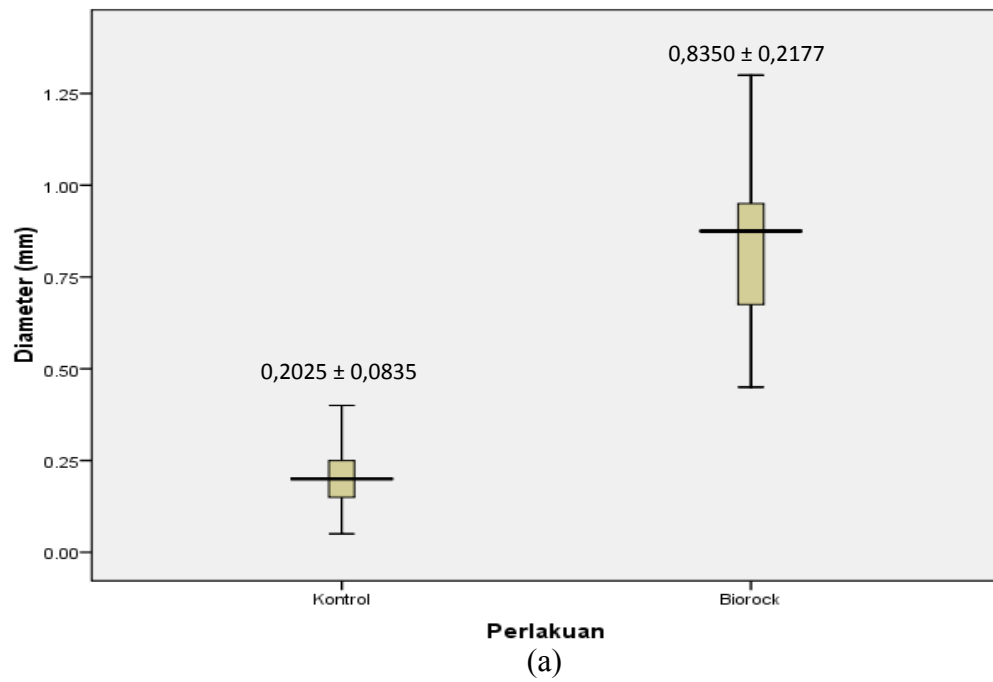
Sumber : Hasil penelitian yang sudah diolah (2015).

Hal ini menunjukkan bahwa selama 4 bulan penelitian karang *Acropora* mengalami pertumbuhan. Rata-rata pertumbuhan diameter $0,8350 \pm 0,2177$ mm (Pertumbuhan $0,2088$ mm bulan⁻¹) dan tinggi $44,9750 \pm 15,3901$ mm (Pertumbuhan $11,2438$ mm bulan⁻¹).

Berdasarkan hasil analisis data menggunakan *Paired-Samples t Test* (Lampiran 7 dan 8) disimpulkan bahwa diameter dan tinggi awal berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan diameter dan tinggi akhir selama penelitian pada bak *biorock*[®]. Menurut Goreau (2007), karang yang ditransplantasi pada *biorock*[®] akan merambat pada substrat dalam waktu singkat dan pertumbuhannya tiga sampai lima kali lebih cepat dari pada karang normal.

4.3.3 Perbandingan Pertumbuhan Diameter dan Tinggi Karang pada Stasiun Kontrol dan Stasiun *Biorock*[®]

Perbandingan pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun control dan stasiun *biorock*[®] yang diamati selama empat bulan penelitian dapat dilihat pada (Gambar 11). Berdasarkan pada (Gambar 11), dapat dilihat bahwa rata-rata pertumbuhan mutlak diameter karang *Acropora* pada stasiun kontrol dan stasiun *biorock*[®] masing-masing $0,2025 \pm 0,0835$ mm dan $0,8350 \pm 0,2177$ mm. Sebaliknya, pertumbuhan mutlak tinggi karang *Acropora* pada stasiun kontrol dan stasiun *biorock*[®] masing-masing $2,1675 \pm 0,6726$ mm dan $44,9750 \pm 15,3901$ mm. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] memiliki pertumbuhan yang lebih besar bila dibandingkan dengan karang *Acropora* pada stasiun kontrol.



Gambar 11. Pertumbuhan diameter (a) dan tinggi (b) karang *Acropora* pada stasiun kontrol dan stasiun *biorock*[®].

Sumber : Hasil penelitian yang sudah diolah (2015).

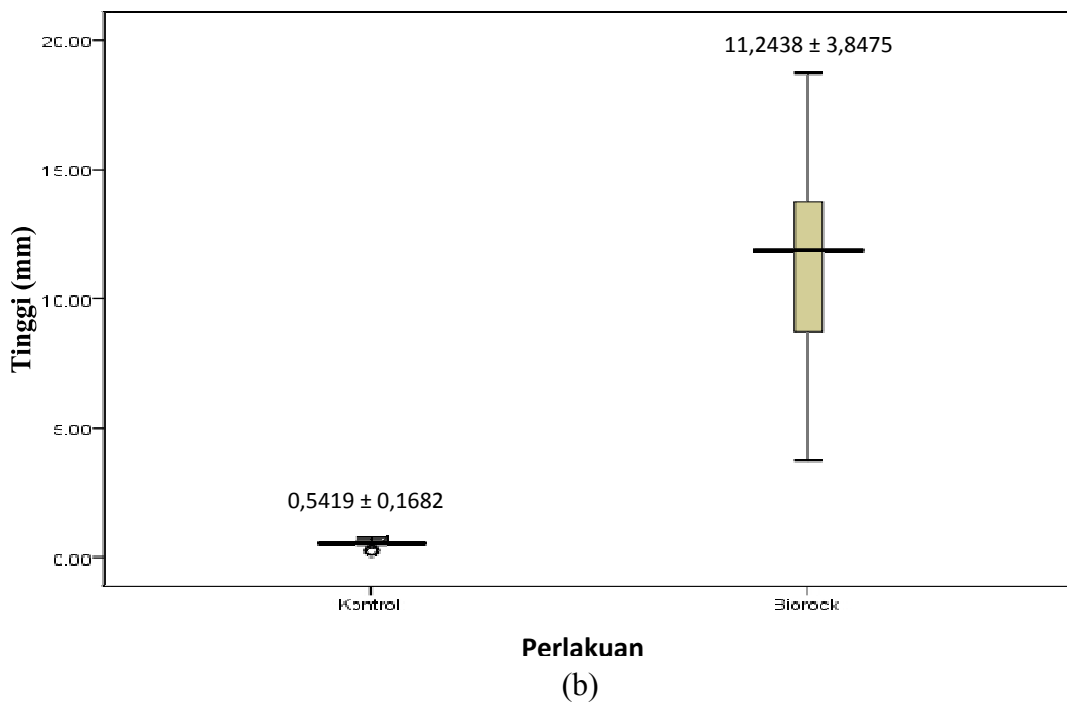
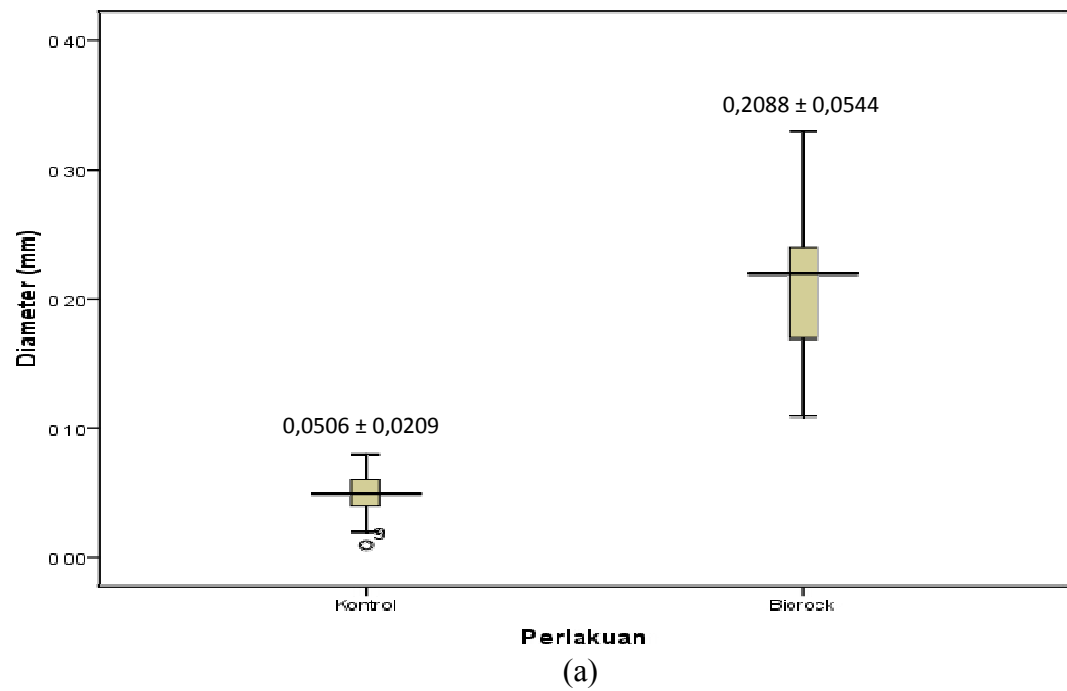
Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan *Independent Sampel t Test* pada taraf kepercayaan 95% (Lampiran 9 dan 10) bahwa pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan pertumbuhan karang pada stasiun kontrol. Hal ini membuktikan bahwa karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] mengalami pertumbuhan yang lebih cepat bila dibandingkan dengan karang pada bak kontrol. Menurut Jose (2006) dalam Amirah (2011) bahwa karang yang ditransplantasi pada *biorock*[®] mengalami pertumbuhan yang lebih cepat (hampir empat kali lebih cepat). Menurut Sutawi (2007) dalam Amirah (2011) pertumbuhan tinggi karang *A. milleporia* selama dua bulan di Perairan Pantai Pamatata, Sulawesi Selatan adalah sebesar 0,5 mm, sedangkan Aspari (2009) mengemukakan bahwa transplantasi dengan menggunakan *biorock*[®] menghasilkan pertumbuhan tinggi sebesar 2,13 mm pada karang pucuk bambu (*Isis hippuris*). Hal ini juga menunjukkan bahwa pertumbuhan karang pada *biorock*[®] lebih besar bila dibandingkan dengan karang di alam.

4.4 Laju Pertumbuhan Karang *Acropora*

Laju pertumbuhan tinggi dan diameter karang *Acropora* yang diamati selama 4 bulan penelitian dapat dilihat pada (Gambar 12). Berdasarkan pada (Gambar 12), dapat dilihat laju pertumbuhan diameter karang *Acropora* pada Stasiun kontrol dan Stasiun *biorock*[®] masing-masing $0,0506 \pm 0,0209$ mm bulan⁻¹ dan $0,2088 \pm 0,0544$ mm bulan⁻¹ (Lampiran 11 dan 12). Sementara laju pertumbuhan tinggi karang *Acropora* pada stasiun kontrol dan stasiun *biorock*[®] masing-masing $0,5419 \pm 0,1682$ mm bulan⁻¹ dan $11,2438 \pm 3,8475$ mm bulan⁻¹

(Lampiran 13 dan 14). Hasil pengukuran tersebut menunjukkan bahwa laju pertumbuhan *Acropora* pada stasiun *biorock* lebih besar bila dibandingkan dengan karang pada stasiun kontrol.

Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan *Independent Sampel t Test* pada taraf kepercayaan 95% (Lampiran 15 dan 16) bahwa laju pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] berbeda nyata ($P < 0,05$) dengan pertumbuhan karang pada stasiun kontrol. Laju pertumbuhan yang lebih besar pada karang di stasiun *biorock*[®] terjadi karena karang dapat menyerap kalsium lebih banyak dengan bantuan aliran listrik. Aliran listrik terjadi karena adanya arus searah yang menyebabkan reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katoda. Terjadi akumulasi kalsium dan magnesium pada katoda dimana reaksi reduksi menyebabkan unsur kalsium dan magnesium dapat diendapkan disekitar katoda. Menurut Jose (2006) dalam Amirah (2011) proses *biorock*[®] dengan menggunakan listrik tegangan rendah dapat menciptakan substrat yang kaya akan endapan kalsium dan magnesium pada katoda yang penting bagi regenerasi karang. Borneman (2000) dalam Amirah (2011) mengemukakan bahwa pada kondisi perairan yang berturbiditas tinggi, penggunaan *biorock*[®] menghasilkan laju pertumbuhan sebesar 99 mm tahun⁻¹ pada *A. palmata*. Hal ini menunjukkan bahwa pertumbuhan karang pada *biorock*[®] lebih besar bila dibandingkan dengan karang di alam.



Gambar 12. Laju Pertumbuhan diameter (a) dan tinggi (b) karang *Acropora* pada stasiun kontrol dan stasiun *biorock*.

Sumber : Hasil penelitian yang sudah diolah (2015).

4.5 Tingkat Kelangsungan Hidup Karang *Acropora*

Berdasarkan dari hasil pengamatan selama empat bulan terhadap 20 *fragmen* karang *Acropora* Pada kedua stasiun yang bertahan hidup selama penelitian memiliki tingkat kelangsungan hidup 100%. Tingginya tingkat kelangsungan hidup karang ini dipengaruhi pada saat pengambilan bibit untuk ditransplantasi dimana saat pengambilan karang harus terhindar dari perubahan suhu yang drastis dan waktu yang dilakukan dalam pengambilan cepat. Menurut Amirah (2011), pengambilan bibit karang yang akan ditransplantasi dilaksanakan pada lokasi yang berdekatan dengan lokasi karang yang akan ditransplantasi. Besarnya ukuran karang transplantasi sangat menentukan kelangsungan hidup karang. Harriott dan Fisk (1988) dalam Destya *et al.*, (2011) mengemukakan bahwa dalam transplantasi karang *Acropora* harus memperhatikan ukuran karang tersebut, ukuran yang lebih kecil akan memiliki tingkat kematian yang tinggi.

4.6 Pertambahan Jumlah Tunas Karang *Acropora*

Berdasarkan pada pengamatan selama empat bulan penelitian, karang pada stasiun kontrol menghasilkan rata-rata 3 tunas (Lampiran 17) sedangkan karang pada stasiun *biorock*[®] memiliki rata-rata pertumbuhan 6 tunas (Lampiran 17). Ini menunjukkan bahwa karang pada bak *biorock*[®] mengalami pertumbuhan tunas yang lebih besar dibandingkan karang pada bak kontrol. Karang tertentu dapat memiliki jumlah tunas yang banyak disebabkan karena ukuran diameter tunas karang kecil-kecil sehingga memungkinkan jumlah tunas yang dapat

dihasilkan lebih banyak. Disamping itu, bentuk pertumbuhan yang tidak mengarah ke atas tetapi cenderung ke samping memungkinkan karang ini membentuk tunas baru. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kudus dan Wijaya (2002) *dalam* Amirah (2011)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan di lokasi perairan Karang Jeruk Kecamatan Kramat, Kabupaten Tegal dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pertumbuhan mutlak karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] lebih besar dibandingkan dengan pertumbuhan mutlak pada stasiun kontrol, baik untuk tinggi maupun untuk diameter. Dapat dilihat pertumbuhan mutlak tinggi pada stasiun *biorock*[®] $44,9750 \pm 15,3901$ mm sedangkan pada stasiun kontrol $2,1675 \pm 0,6726$ mm serta pertumbuhan mutlak diameter pada stasiun *biorock*[®] $0,8350 \pm 0,2177$ mm sedangkan pada stasiun kontrol $0,2025 \pm 0,0835$ mm.
2. Laju pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] lebih cepat dibandingkan dengan laju pertumbuhan pada stasiun kontrol, baik untuk tinggi maupun untuk diameter. Dapat dilihat laju pertumbuhan tinggi pada stasiun *biorock*[®] $11,2438 \pm 3,8475$ mm bulan⁻¹ sedangkan pada stasiun kontrol $0,5419 \pm 0,1682$ mm bulan⁻¹ serta laju pertumbuhan diameter pada stasiun *biorock*[®] $0,2088 \pm 0,0544$ mm bulan⁻¹ sedangkan pada stasiun kontrol $0,0506 \pm 0,0209$ mm bulan⁻¹.
3. Tingkat kelangsungan hidup karang pada stasiun *biorock*[®] dan stasiun kontrol 100%.

5.2 Saran

Penelitian ini merupakan penelitian awal dan baru pertama kali di perairan Karang Jeruk yang menerapkan metode *biorock*[®] dalam upaya rehabilitasi karang dan terbukti berhasil, maka dari itu perlu penelitian – penelitian lanjutan untuk mengetahui adanya pengaruh struktur *biorock*[®] terhadap komunitas ikan karang di perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal.

Penelitian ini dapat diterapkan dan dikembangkan di daerah lain, namun perlu dikaji juga penggunaan komponen anoda yang ekonomis untuk mendukung proses *biorock*[®], serta pemilihan sumberdaya listrik yang cocok dan juga ditinjau dari faktor ekonomis dan keamanan untuk di tempatkan pada kawasan perairan Karang Jeruk.

DAFTAR PUSTAKA

Amirah, A. 2011. **Studi Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Karang *Acropora Formosa* (Veron & Torrence, 1979) Menggunakan Teknologi Biorock di Pulau Barrang Lompo Kota Makasar**. Skripsi. Program Studi Manajemen Sumberdaya Perikanan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. UNHAS. Makasar.

Budi, S. 2013. **Kajian Pertumbuhan Karang *Acropora* dengan Media Transplantasi yang Berbeda di Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal**. Skripsi. Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. UPS. Tegal. (tidak dipublikasikan).

COREMAP II. 2006. **Modul Transplantasi Karang Secara Sederhana Pelatihan Ekologi Terumbu Karang**. Yayasan Lanra Link Makassar. Slayar.

COREMAP II. 2007. **Pedoman Umum Pengelolaan Berbasis Masyarakat COREMAP**. Ditjen Kelautan, Pesisir dan Pulau-pulau Kecil Departemen Kelautan dan Perikanan. Jakarta.

Dahuri, R. 2003. **Keanekaragaman Hayati Laut : Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia**. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Destya T., A. S. Mubarak, A. T. Mukti. 2011. **Pengaruh Luas Penutupan Terumbu Karang Pada Lokasi *Biorock* Dan *Reef Seen* Terhadap Keragaman Spesies Ikan Di Wilayah Perairan Pemuteran Bali**. Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan Vol. 3 No. 2. Fakultas Perikanan dan Kelautan. UNAIR. Surabaya. Hal. 151-155.

Dinas Hidro-Oseanografi TNI AL. 1997. **Peta Laut Indonesia**. No. 80. Tentara Nasional Indonesia Angkatan Laut. Jakarta.

Dinas Kelautan Dan Perikanan Provinsi Jawa Tengah. 2014. **Penyusunan Rencana Pengelolaan Dan Zonasi Perairan Karang Jeruk Kabupaten Tegal**.

Direktorat Konservasi dan Taman Nasional Laut. 2008. **Petunjuk Pelaksanaan Transplantasi Karang**. Departemen Kelautan dan Perikanan. 36 p.

Effendi, M.I. 1979. **Metode Biologi Perikanan**. Cetakan Pertama. Yayasan Dewi Sri. Bogor.

Furqan. 2009. ***Biorock* Technology Sebagai Salah Satu Alternatif Upaya Rehabilitasi Ekosistem Terumbu Karang**. Sekolah Tinggi Perikanan. Jakarta. <http://web.ipb.ac.id/~psp/old/ind/index.php?pilih=news&mod=yes&aksi=lihat&id=489>. (diakses tanggal 10 November 2014).

- Gendewa, T. 2010. **Analisis Efektivitas Intervensi *Biorock* Terhadap Konservasi Terumbu Karang di Dusun Jambianom Kabupaten Lombok Utara**. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknologi Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi. UNAIR. Surabaya.
- Goreau, T.J., E. Hagberg, D. Trevor. 2007. ***Biorock Coral Reef Restoration And Shore Protection Projects In Majuro***. Republic Of The Marshall Island. Preliminary Report. Global Coral Reef Alliance.37 Pleasant Street. Cambridge. MA 02139.USA.
- . 1996. ***Biorock /Mineral Accretion Technology For Reef Restoration, Mariculture And Shore Protection***.<http://globalcoral.org.htm>.(diakses tanggal 10 November 2014).
- Guntur, M. S.2012. **Ekologi Karang Pada Terumbu Buatan**.Ghalia Indonesia. Bogor.
- Herdianto, D. Ika, dan S. Tri.1998. **Terumbu Karang Keindahan Alam Kepunahan**.Konphalindo. Jakarta.
- Herianto, K.2007. **Kebijakan Transplantasi Karang di Indonesia..** Prosiding Seminar Transplantasi Karang, 8 September 2005, Bogor. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup IPB dan Fisheries Diving Club IPB. Bogor. Hal. 15-25.
- Hilbertz, W.H. 2005. **Report Of The Third *Pemuteran Biorock***.http://www.wolfhilbertz.com/download/report_3rd_workshop_v2.pdf.(diakses tanggal 10 November 2014).
- Isnul, J. 2007. **Studi Pembentukan Kapur Untuk Terumbu Buatan Menggunakan Proses *Mineral Accretion* Dengan Anoda Magnesium (Mg) & Titanium (Ti) Pada Perlakuan Arus Listrik Yang Berbeda**. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.
- Johan.2003. **Training Course : Karakteristik Biologi Karang**.Yayasan Terangi dan IOI-Indonesia. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 2004. **Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut**.Jakarta
- Noor, Z. 2011.**Identifikasi dan Inventarisasi Potensi Karang Jeruk**. Fakultas Perikanan Universitas Pancasakti. Tegal.
- Nybakken, J, W. 1992. **Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis**.PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Priyatno. 2010. **Paham Analisa Statistik Data dengan SPSS**. MediaKom. Yogyakarta.
- Romimohtarto, K., dan S. Juwana. 2001. **Biologi Laut :Ilmu Pengetahuan Tentang Biota Laut**.Penerbit Djambatan. Jakarta.

Suharsono.1984.**Pertumbuhan Karang**.Oseana Pusat Penelitian Biologi Laut. LON-LIPI. Jakarta.

.1996.**Jenis-jenis Karang Yang Umum Dijumpai Di Perairan Indonesia**. Puslitbang Oseanologi - LIPI. Jakarta.

Supriharyono.2000.**Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang**. Penerbit Djambatan. Jakarta.

Tanty, M. 2009. **Pengaruh Proses *Biorock* Terhadap Struktur Komunitas Ikan Karang Pada Terumbu Buatan Di Tanjung Lesung, Banten**. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. Bogor.

Veron, J.E.N. and J.D. Terrence.1979.***Coral and Coral Communities of Lord Howe Island***. Australian Institute of Marine Science. Townsville.

Whorton, B.2001.***The Amazing Barnacle Project***. Asian Diver Publication. www.biorock.net/homepage.(diakses tanggal 11 November 2014).

Wood, E.M.1983.***Reef Of The World***. Biology and Field Guide. T.T.H. Publication, Inc., LTD. Hongkong.

Zamani, N., R. Bachtiar, H. Maddupa.2008.***The Impact Of Biorock To Growth rate And Survival Rate Of Coral Transplant In Tanjung Lesung***. West Java. Indonesia. Marine Science And Technology. Bogor Agriculture University. Bogor. Indonesia.Proceeding of Coral Reef Management Symposium on CORMAP II. Hal. 158-163.

Lampiran 1. Diameter Awal (mm), Diameter Akhir (mm) Dan Pertumbuhan Mutlak

Diameter (mm) Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol.

No.	Diameter Awal (mm)	Diameter Akhir (mm)	Pertumbuhan Mutlak (mm)
1	9.35	9.60	0.25
2	8.50	8.65	0.15
3	8.15	8.35	0.20
4	8.50	8.75	0.25
5	9.10	9.30	0.20
6	10.00	10.15	0.15
7	8.10	8.20	0.10
8	8.15	8.40	0.25
9	8.00	8.05	0.05
10	9.10	9.40	0.30
11	9.00	9.15	0.15
12	11.00	11.10	0.10
13	9.00	9.25	0.25
14	10.00	10.15	0.15
15	10.00	10.40	0.40
16	9.00	9.15	0.15
17	10.15	10.40	0.25
18	9.50	9.80	0.30
19	10.00	10.25	0.25
20	10.50	10.65	0.15
Rata-rata	9.2550	9.4575	0.2025
Stdv	0.8712	0.8868	0.0835
Min	8.00	8.05	0.05
Max	11.00	11.10	0.40

Lampiran 2. Tinggi Awal (mm), Tinggi Akhir (mm) Dan Pertumbuhan Mutlak Tinggi (mm)
 Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol.

No.	Tinggi Awal (mm)	Tinggi Akhir (mm)	Pertumbuhan Mutlak (mm)
1	120.00	122.00	2.00
2	75.00	77.20	2.20
3	80.00	82.25	2.25
4	110.00	111.10	1.10
5	110.00	112.00	2.00
6	110.00	112.35	2.35
7	70.00	73.00	3.00
8	70.00	72.75	2.75
9	100.00	102.00	2.00
10	105.00	106.00	1.00
11	100.00	101.10	1.10
12	80.00	82.50	2.50
13	110.00	111.00	1.00
14	100.00	102.40	2.40
15	85.00	87.65	2.65
16	75.00	78.10	3.10
17	105.00	107.25	2.25
18	75.00	78.20	3.20
19	75.00	77.45	2.45
20	90.00	92.05	2.05
Rata-rata	92.2500	94.4175	2.1675
Stdv	16.3413	15.8824	0.6726
Min	70.00	72.75	1.00
Max	120.00	122.00	3.20

Lampiran 3. *Paired-Samples T Test* Diameter Awal dan Akhir Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol.

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Awal - Akhir	.20250	.08347	.01866	.16344	.24156	10.850	19	.000

Lampiran 4. *Paired-Samples T Test* Tinggi Awal dan Akhir Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol.

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Awal - Akhir	1.95000	.60481	.13524	1.66694	2.23306	14.419	19	.000

Lampiran 5. Diameter Awal (mm), Diameter Akhir (mm) Dan Pertumbuhan Mutlak Diameter (mm) Karang *Acropora* pada Stasiun *Biorock*®.

No.	Diameter Awal (mm)	Diameter Akhir (mm)	Pertumbuhan Mutlak (mm)
1	10.20	10.65	0.45
2	9.15	10.05	0.90
3	9.15	10.30	1.15
4	9.10	10.05	0.95
5	10.35	10.85	0.50
6	10.00	10.65	0.65
7	9.00	10.00	1.00
8	8.75	10.05	1.30
9	8.90	9.85	0.95
10	11.00	11.95	0.95
11	11.00	11.70	0.70
12	11.05	11.90	0.85
13	12.00	12.95	0.95
14	11.10	12.00	0.90
15	9.00	10.00	1.00
16	10.00	10.55	0.55
17	11.05	11.85	0.80
18	9.50	10.10	0.60
19	12.00	12.85	0.85
20	10.35	11.05	0.70
Rata-rata	10.1325	10.9675	0.8350
Stdv	1.0419	0.9982	0.2177
Min	8.75	9.85	0.45
Max	12.00	12.95	1.30

Lampiran 6. Tinggi Awal (mm), Tinggi Akhir (mm) Dan Pertumbuhan Mutlak Tinggi (mm)

Karang Acropora pada Stasiun *Biorock*®.

No.	Tinggi Awal (mm)	Tinggi Akhir (mm)	Pertumbuhan Mutlak (mm)
1	120.00	135.00	15.00
2	95.50	140.00	44.50
3	125.00	200.00	75.00
4	150.00	205.00	55.00
5	70.00	110.00	40.00
6	90.00	130.00	40.00
7	100.00	120.00	20.00
8	100.00	125.00	25.00
9	70.00	105.00	35.00
10	120.00	165.00	45.00
11	155.00	210.00	55.00
12	95.00	125.00	30.00
13	120.00	155.00	35.00
14	125.00	175.00	50.00
15	80.00	130.00	50.00
16	90.00	145.00	55.00
17	95.00	165.00	70.00
18	70.00	125.00	55.00
19	105.00	155.00	50.00
20	115.00	170.00	55.00
Rata-rata	104.5250	149.5000	44.9750
Stdv	24.2636	30.9456	15.3901
Min	70.00	105.00	15.00
Max	155.00	210.00	75.00

Lampiran 7. *Paired-Samples T Test* Diameter Awal dan Akhir Karang *Acropora* pada Stasiun *Biorock*®.

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Awal - Akhir	.83500	.21770	.04868	.73311	.93689	17.153	19	.000

Lampiran 8. *Paired-Samples T Test* Tinggi Awal dan Akhir Karang *Acropora* pada Stasiun *Biorock*®.

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	Awal - Akhir	4.49750E1	15.39008	3.44133	37.77222	52.17778	13.069	19	.000

Lampiran 9. *Independent-Samples T Test* Perbandingan Pertambahan Diameter Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol dan Stasiun *Biorock*®.

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	Df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Diameter	Equal variances assumed	12.291	.001	12.132	38	.000	.63250	.05214	.52696	.73804
	Equal variances not assumed			12.132	24.468	.000	.63250	.05214	.52501	.73999

Lampiran 10. *Independent-Samples T Test* Perbandingan Pertambahan Tinggi Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol dan Stasiun *Biorock*®.

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Tinggi	Equal variances assumed	31.306	.000	12.427	38	.000	42.80750	3.44461	35.83425	49.78075
	Equal variances not assumed			12.427	19.073	.000	42.80750	3.44461	35.59970	50.01530

Lampiran 11. Laju Pertumbuhan Diameter Awal (mm bulan⁻¹) dan Diameter Akhir (mm bulan⁻¹) Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol.

No.	Diameter Awal (mm)	Diameter Akhir (mm)	Laju Pertumbuhan (mm bulan ⁻¹)
1	9.35	9.60	0.06
2	8.50	8.65	0.04
3	8.15	8.35	0.05
4	8.50	8.75	0.06
5	9.10	9.30	0.05
6	10.00	10.15	0.04
7	8.10	8.20	0.02
8	8.15	8.40	0.06
9	8.00	8.05	0.01
10	9.10	9.40	0.08
11	9.00	9.15	0.04
12	11.00	11.10	0.02
13	9.00	9.25	0.06
14	10.00	10.15	0.04
15	10.00	10.40	0.10
16	9.00	9.15	0.04
17	10.15	10.40	0.06
18	9.50	9.80	0.08
19	10.00	10.25	0.06
20	10.50	10.65	0.04
Rata-rata			0.0506
Stdv			0.0209
Min			0.01
Max			0.10

Lampiran 12. Laju Pertumbuhan Diameter Awal (mm bulan⁻¹) dan Diameter Akhir (mm bulan⁻¹) Karang *Acropora* pada Stasiun *Biorock*[®].

No.	Diameter Awal (mm)	Diameter Akhir (mm)	Laju Pertumbuhan (mm bulan-1)
1	10.20	10.65	0.11
2	9.15	10.05	0.23
3	9.15	10.30	0.29
4	9.10	10.05	0.24
5	10.35	10.85	0.13
6	10.00	10.65	0.16
7	9.00	10.00	0.25
8	8.75	10.05	0.33
9	8.90	9.85	0.24
10	11.00	11.95	0.24
11	11.00	11.70	0.18
12	11.05	11.90	0.21
13	12.00	12.95	0.24
14	11.10	12.00	0.23
15	9.00	10.00	0.25
16	10.00	10.55	0.14
17	11.05	11.85	0.20
18	9.50	10.10	0.15
19	12.00	12.85	0.21
20	10.35	11.05	0.18
Rata-rata			0.2088
Stdv			0.0544
Min			0.11
Max			0.33

Lampiran 13. Laju Pertumbuhan Tinggi Awal (mm bulan⁻¹) dan Tinggi Akhir (mm bulan⁻¹)

Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol.

No.	Tinggi Awal (mm)	Tinggi Akhir (mm)	Laju Pertumbuhan (mm bulan-1)
1	120.00	122.00	0.50
2	75.00	77.20	0.55
3	80.00	82.25	0.56
4	110.00	111.10	0.27
5	110.00	112.00	0.50
6	110.00	112.35	0.59
7	70.00	73.00	0.75
8	70.00	72.75	0.69
9	100.00	102.00	0.50
10	105.00	106.00	0.25
11	100.00	101.10	0.27
12	80.00	82.50	0.63
13	110.00	111.00	0.25
14	100.00	102.40	0.60
15	85.00	87.65	0.66
16	75.00	78.10	0.77
17	105.00	107.25	0.56
18	75.00	78.20	0.80
19	75.00	77.45	0.61
20	90.00	92.05	0.51
Rata-rata			0.5419
Stdv			0.1682
Min			0.25
Max			0.80

Lampiran 14. Laju Pertumbuhan Tinggi Awal (mm bulan⁻¹) dan Tinggi Akhir (mm bulan⁻¹)

Karang *Acropora* pada Stasiun *Biorock*®.

No.	Tinggi Awal (mm)	Tinggi Akhir (mm)	Laju Pertumbuhan (mm bulan ⁻¹)
1	120.00	135.00	3.75
2	95.50	140.00	11.13
3	125.00	200.00	18.75
4	150.00	205.00	13.75
5	70.00	110.00	10.00
6	90.00	130.00	10.00
7	100.00	120.00	5.00
8	100.00	125.00	6.25
9	70.00	105.00	8.75
10	120.00	165.00	11.25
11	155.00	210.00	13.75
12	95.00	125.00	7.50
13	120.00	155.00	8.75
14	125.00	175.00	12.50
15	80.00	130.00	12.50
16	90.00	145.00	13.75
17	95.00	165.00	17.50
18	70.00	125.00	13.75
19	105.00	155.00	12.50
20	115.00	170.00	13.75
Rata-rata			11.2438
Stdv			3.8475
Min			3.75
Max			18.75

Lampiran 15. *Independent-Samples T Test* Laju Pertumbuhan Diameter Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol dan Stasiun *Biorock*®.

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Laju Diameter	Equal variances assumed	11.862	.001	12.087	38	.000	.16000	.01324	.13320	.18680
	Equal variances not assumed			12.087	24.723	.000	.16000	.01324	.13272	.18728

Lampiran 16. *Independent-Samples T Test* Laju Pertumbuhan Tinggi Karang *Acropora* pada Stasiun Kontrol dan Stasiun *Biorock*[®].

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
									Lower	Upper
Laju Tinggi	Equal variances assumed	31.278	.000	12.429	38	.000	10.70300	.86116	8.95968	12.44632
	Equal variances not assumed			12.429	19.073	.000	10.70300	.86116	8.90104	12.50496

Lampiran 17. Pertambahan Jumlah Tunas Karang *Acropora* Selama Pengamatan Pada Stasiun Kontrol dan Stasiun *birock*[®]

No.	St. Kontrol	St. Biorock
1	3	6
2	4	8
3	2	5
4	3	5
5	4	6
6	3	4
7	3	7
8	4	6
9	3	6
10	2	5
11	3	7
12	4	5
13	3	6
14	2	6
15	2	7
16	3	7
17	3	6
18	3	5
19	2	7
20	4	8
Rata-rata	3	6.1

Lampiran 18. Uji Normalitas Data Metode Kolmogorov-Smirnov

1. Kriteria Pengujian :
 - c. Jika Sign. $>0,05$ Maka Data Normal
 - d. Jika Sign. $<0,05$ Maka Data Tidak Normal
2. Hasil Pengujian :
 - a. Stasiun Kontrol
 - i. Diameter

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Diameter_awal	Diameter_akhir
N		20	20
Normal Parametersa	Mean	9.2550	9.4575
	Std. Deviation	.87116	.88679
Most Extreme Differences	Absolute	.154	.133
	Positive	.121	.088
	Negative	-.154	-.133
Kolmogorov-Smirnov Z		.688	.593
Asymp. Sig. (2-tailed)		.732	.874

Di ketahui nilai Sign. Untuk diameter awal adalah $0,732 > 0,05$ dan untuk diameter akhir adalah $0,874 > 0,05$. Maka dapat disimpulkan data diameter awal dan diameter akhir pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun kontrol berdistribusi normal.

- ii. Tinggi

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Tinggi_awal	Tinggi_akhir
N		20	20
Normal Parametersa	Mean	92.2500	94.4125
	Std. Deviation	16.34134	15.88022
Most Extreme Differences	Absolute	.182	.173
	Positive	.173	.173
	Negative	-.182	-.161
Kolmogorov-Smirnov Z		.815	.776
Asymp. Sig. (2-tailed)		.519	.584

Di ketahui nilai Sign. Untuk tinggi awal adalah $0,519 > 0,05$ dan untuk tinggi akhir adalah $0,584 > 0,05$. Maka dapat disimpulkan data tinggi awal dan tinggi akhir pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun kontrol berdistribusi normal.

b. Stasiun *Biorock*[®]

i. Diameter

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Diameter_awal	Diameter_akhir
N		20	20
Normal Parameters ^a	Mean	10.1325	10.9675
	Std. Deviation	1.04192	.99819
Most Extreme Differences	Absolute	.177	.175
	Positive	.177	.175
	Negative	-.147	-.131
Kolmogorov-Smirnov Z		.792	.782
Asymp. Sig. (2-tailed)		.557	.574

Di ketahui nilai Sign. Untuk diameter awal adalah $0,557 > 0,05$ dan untuk diameter akhir adalah $0,574 > 0,05$. Maka dapat disimpulkan data diameter awal dan diameter akhir pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] berdistribusi normal.

ii. Tinggi

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Tinggi_awal	Tinggi_akhir
N		20	19
Normal Parameters ^a	Mean	104.5250	148.4211
	Std. Deviation	24.26362	31.40473
Most Extreme Differences	Absolute	.124	.142
	Positive	.124	.142
	Negative	-.088	-.108
Kolmogorov-Smirnov Z		.554	.620
Asymp. Sig. (2-tailed)		.918	.836

Di ketahui nilai Sign. Untuk tinggi awal adalah $0,918 > 0,05$ dan untuk tinggi akhir adalah $0,836 > 0,05$. Maka dapat disimpulkan data diameter awal dan diameter akhir pertumbuhan karang *Acropora* pada stasiun *biorock*[®] berdistribusi normal.

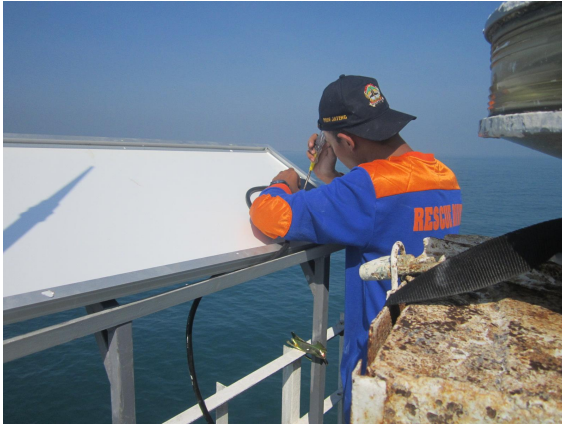
Lampiran 19. Pembuatan Media Transplantasi



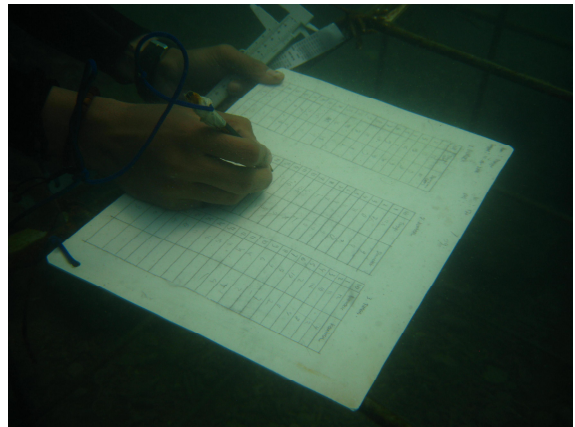
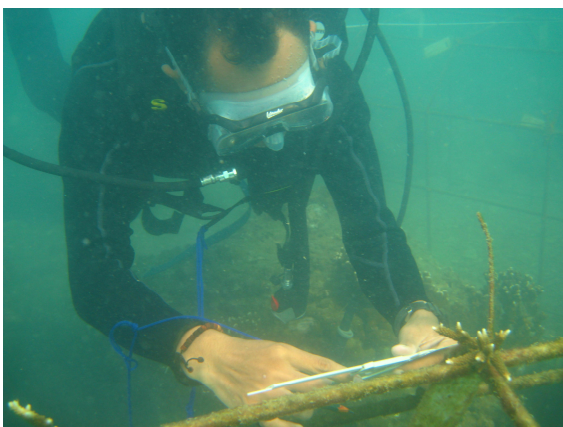
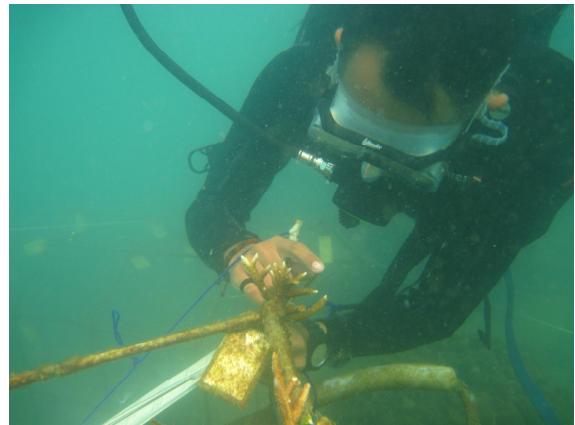
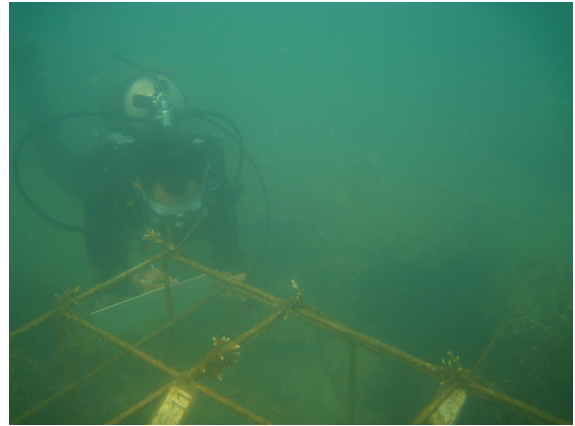
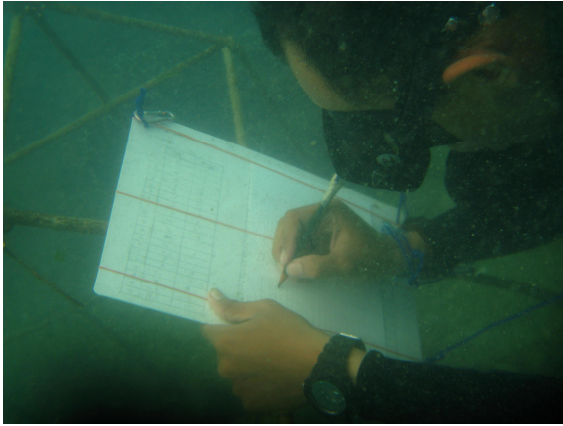
Lampiran 20. Lokasi Penelitian



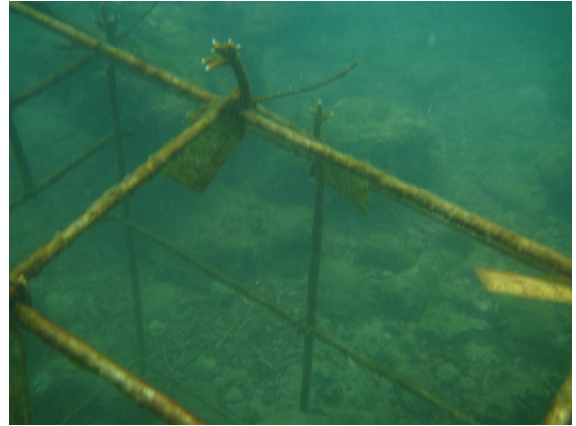
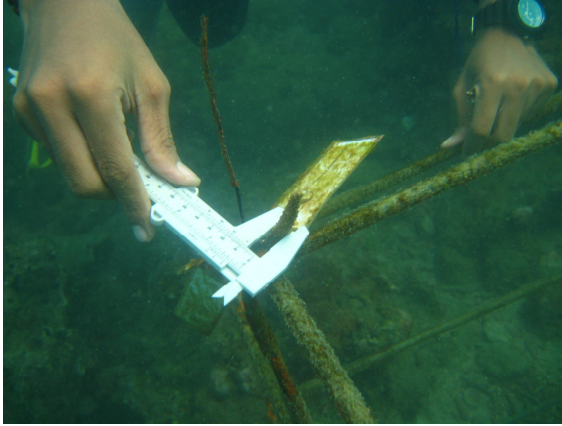
Lampiran 21. Pelaksanaan Transplantasi Karang



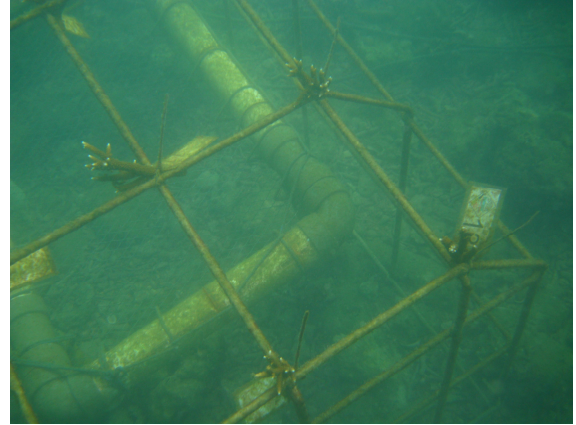
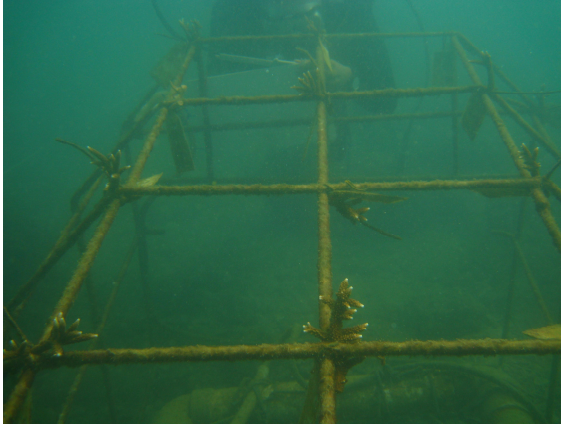
Lampiran 22. Pengamatan Karang *Acropora* yang di Transplantasi



Lampiran 23. Kondisi Karang *Acropora* Pada Stasiun Kontrol



Lampiran 24. Kondisi Karang *Acropora* Pada Stasiun *biorock*®



Lampiran 25. Proses Akresi Mineral Pada Stasiun *birock*®

