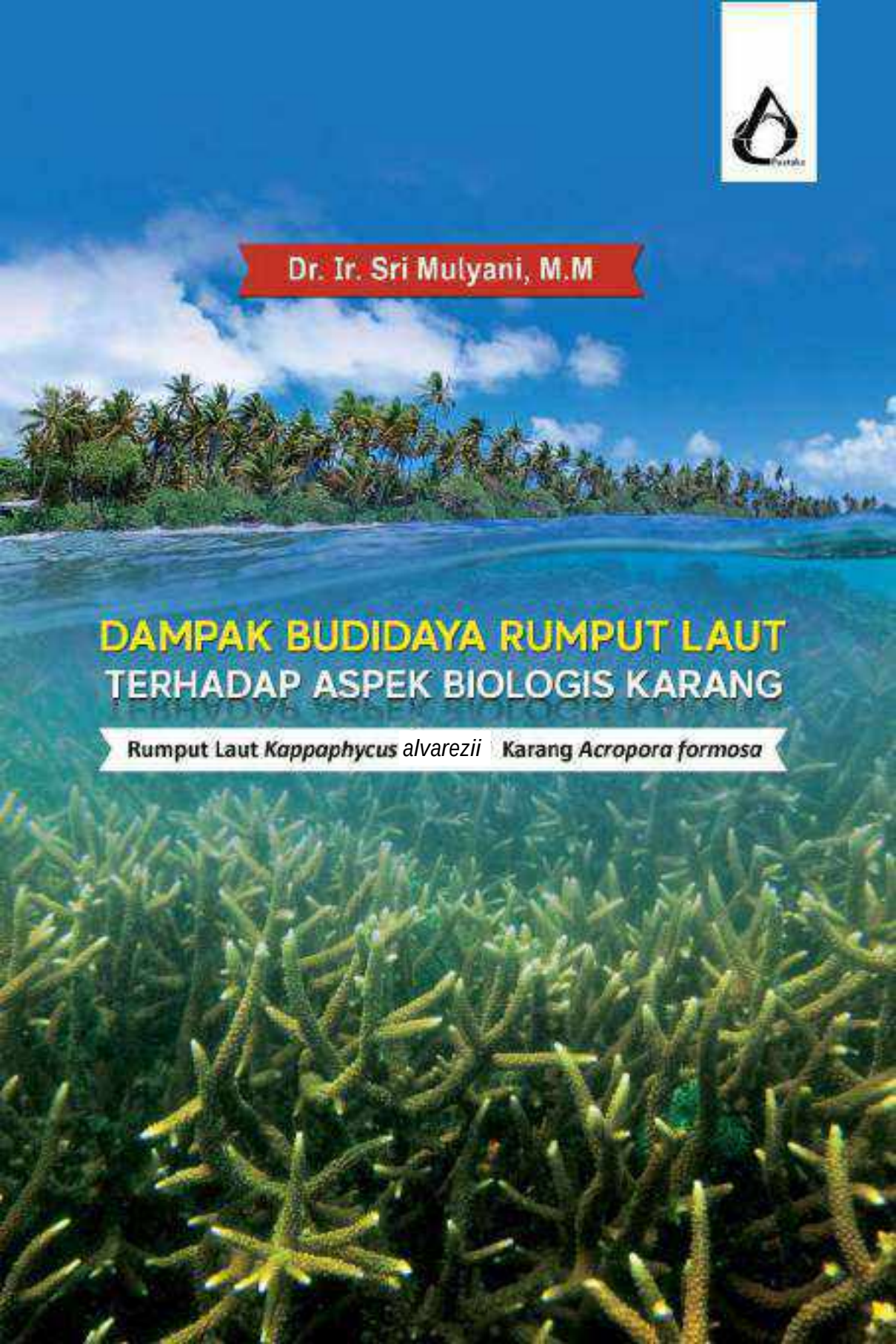
Dr. Ir. Sri Mulyani, M.M

DAMPAK BUDIDAYA RUMPUT LAUT TERHADAP ASPEK BIOLOGIS KARANG

Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Karang *Acropora formosa*



Dr. Ir. Sri Mulyani, MM

DAMPAK BUDIDAYA RUMPUT LAUT TERHADAP ASPEK BIOLOGIS KARANG

Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Karang *Acropora formosa*

Sanksi Pelanggaran Pasal 72

Undang-Undang Nomor 19 Tahun 2002 Tentang HAK CIPTA

1. Barangsiapa dengan sengaja melanggar dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) di pidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp.1.000.000,00 (satu juta rupiah) atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barangsiapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau hak terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp.500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

Dr. Ir. Sri Mulyani, MM

DAMPAK BUDIDAYA RUMPUT LAUT TERHADAP ASPEK BIOLOGIS KARANG

Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Karang *Acropora formosa*

Diterbitkan oleh
Penerbit Nas Media Pustaka
Makassar, 2018

DAMPAK BUDIDAYA RUMPUT LAUT TERHADAP ASPEK BIOLOGIS KARANG
Sri Mulyani
- Makassar : © 2018

Layout : **Amma Prasetya**
Design Cover : **Ilham S**

Copyright © Sri Mulyani 2018
All right reserved

Cetakan Pertama, Desember 2018

Diterbitkan oleh Penerbit Nas Media Pustaka
CV. Nas Media Pustaka
ANGGOTA IKAPI
No. 018/SSL/2018
Jl. Batua Raya No. 550 Makassar 90233
Telp. 0811-43222-71 / 0853-6363-5252
redaksi@nasmediabooks.com
www.nasmediapustaka.co.id
www.nasmediabooks.com
Instagram : @nasmediapustakapenerbit
Fanspage : Penerbit Nas Media Pustaka

Perpustakaan Nasional: Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Sri Mulyani
Dampak Budidaya Rumput Laut Terhadap Aspek Biologis Karang/Sri Mulyani, --Cet.I, --Makassar : Nas Media Pustaka, 2018.

204 hlm; 16x24 cm
ISBN 978-602-5662-63-8

I. Buku Referensi II. Judul

Dicetak oleh Percetakan CV. Nas Media Pustaka, Makassar
Isi di luar tanggung jawab percetakan

Kata Pengantar

Puji syukur kehadirat Tuhan yang Maha Esa atas Berkat dan AnugerahNya sehingga penyusunan buku Dampak Budidaya Rumput Laut Terhadap Aspek Biologis Karang dapat terselesaikan.

Perairan laut Indonesia merupakan salah satu kawasan dengan terumbu karang terbaik di dunia. Terumbu karang merupakan salah satu sistem pendukung kehidupan terpenting dunia yang berfungsi sebagai penyedia makanan, kesehatan dan aspek-aspek yang berkaitan dengan kelangsungan kehidupan manusia dan pembangunan yang berkelanjutan. Terumbu karang telah menyumbang produksi perikanan laut Indonesia sebesar 3,6 juta ton per tahun dengan keuntungan ekonomi sebesar 1,6 milyar dolar AS per tahun (Burke *dkk.,* 2002). Terumbu karang juga berfungsi untuk melindungi biota-biota pesisir dan pulau-pulau kecil dari ancaman gelombang besar.

Terumbu karang adalah suatu ekosistem yang sangat kompleks tetapi merupakan ekosistem yang rentan. Kerusakan yang disebabkan oleh manusia, menjadi ancaman utama kehidupan terumbu karang (Dahuri, 2000).

Beberapa tahun terakhir kegiatan budidaya rumput laut yang memanfaatkan daerah terumbu karang pada berbagai

kedalaman dengan mempersempit jarak tanam di perairan Teluk Laikang Kab. Jeneponto, Kepulauan Tanakeke, pantai Galesong Utara Kab. Takalar sangat berpotensi memberikan dampak negatif terhadap beberapa aspek biologis karang. Pada Internasional Seaweed Symposium di Bali dikatakan bahwa budidaya rumput laut yang dilakukan di atas terumbu karang sudah membahayakan terumbu karang bahkan dapat menyebabkan kematian karang. namun sampai saat ini belum ada data empiris yang akurat. Oleh karena itu kajian tentang dampak budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* terhadap beberapa aspek biologis karang *Acropora formosa* mutlak diperlukan untuk menjawab, menyediakan dan mengisi kekosongan data secara empiris dan akurat.

Budidaya rumput laut dari jenis *Kappaphycus alvarezii* saat ini sedang banyak diusahakan oleh petani rumput laut. Keberadaan budidaya rumput laut di atas terumbu karang diduga mempunyai dampak negatif terhadap terumbu karang. Masyarakat memanfaatkan daerah terumbu karang pada berbagai kedalaman sehingga sangat berpotensi memberikan dampak negatif terhadap beberapa aspek biologis karang. Potensi dampak negatif ini disebabkan karena para petani rumput laut berusaha meningkatkan produksinya dengan mengurangi jarak tanam sehingga mengganggu penetrasi cahaya ke dasar perairan sebagai habitat karang. Intensitas cahaya yang berkurang dapat mengurangi kepadatan zooxanthella sebagai organisme yang bersimbiosis dengan karang. Selain itu partikel-partikel yang

terjebak pada biota rumput laut akan turun sehingga dalam kurun waktu beberapa lama akan menjadi sedimen yang mengganggu pertumbuhan dan sintasan karang.

Atas dasar permasalahan tersebut maka timbul pemikiran bahwa dengan mencobakan berbagai jarak tanam (10,20 dan 30 cm) dan kedalaman (2 dan 5 m) maka pengaruh kombinasi perlakuan tersebut terhadap berbagai aspek biologis karang (laju pertumbuhan, sintasan, kepadatan Zooxanthella karang *Acropora formosa* dan rekruitmen karang Scleractinia) dan laju pertumbuhan harian, produksi maupun kualitas rumput laut dapat diketahui. Dengan mengetahui dampak dari perlakuan yang dicobakan terhadap beberapa aspek biologis karang, laju pertumbuhan harian, produksi serta kualitas rumput laut memungkinkan untuk memberikan pilihan (opsi) sebagai alternatif berdasarkan kajian ilmiah dalam regulasi pengelolaan budidaya rumput laut di daerah terumbu karang yang dapat menghasilkan produksi dan kualitas tertentu tanpa mengganggu atau merusak ekosistem terumbu karang.

Pertanyaan-pertanyaan yang di jawab sekaligus merupakan masalah dalam buku adalah :

1. Seberapa besar perbedaan dampak negatif pegaruh jarak tanam dan kedalaman berbeda dalam budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* terhadap pertumbuhan, sintasan, kepadatan Zooxanthella karang *Acropora formosa* dan rekruitmen karang Scleractinia?

2. Seberapa besar perbedaan laju pertumbuhan harian, produksi dan kualitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang dihasilkan yang diakibatkan oleh budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan jarak tanam dan kedalaman berbeda.
3. Bagaimanan keterkaitan antara parameter fisika kimia dasar perairan dengan pertumbuhan karang dan parameter fisika kimia permukaan dengan pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii.*
4. Bagaimana model pengelolaan dan pemanfaatan daerah terumbu karang untuk pengembangan budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* sehingga memungkinkan untuk tetap memproduksi dalam volume tinggi dan kualitas yang baik tetapi tidak merusak ekosistem terumbu karang

Berdasarkan isi buku, diharapkan dapat menjadi referensi para peneliti, akademisi maupun mahasiswa antara lain

1. Menganalisis dan membandingkan pengaruh interaksi dan pengaruh utama faktor jarak tanam dan kedalaman yang berbeda terhadap laju pertumbuhan, sintasan, kepadatan Zooxanthella karang *Acropora formosa* dan rekruitmen karang Scleractinia
2. Menganalisis dan membandingkan pengaruh interaksi dan pengaruh utama faktor jarak tanam dan kedalaman yang berbeda terhadap laju pertumbuhan harian, produksi dan kualitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii*

3. Mengetahui pengaruh parameter fisika kimia yang timbul akibat pengaruh budidaya rumput laut dengan kedalaman dan jarak tanam berbeda terhadap beberapa aspek biologis karang *Acropora formosa* dan laju pertumbuhan haraian, produksi dan kualitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii*
4. Menganalisis dan menemukan opsi rekomendasi yang dapat dimanfaatkan dalam pengelolaan dan pengembangan sistem budidaya rumput laut dalam wilayah ekosistem terumbu karang sehingga produksi tetap dapat ditingkatkan tanpa merusak ekosistem karang

Semogaa buku ini dapat memberikan sumbangan dan informasi tentang potensi dampak budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* terhadap beberapa aspek biologis karang *Acropora formosa* di perairan Teluk Laikang, Jeneponto Sulawesi Selatan.

Makassar, Desember 2018

PENULIS

Daftar Isi

Kata Pengantar ..... **v**

Daftar Isi ..... **ix**

Daftar Tabel ..... **xiv**

Daftar Gambar ..... **xvii**

BAB I Perkembangan Budidaya Rumput Laut di Sulawesi Selatan **1**

1.1 Proses Perkembangan Pengetahuan Pembudidaya Rumput Laut di Sulawesi Selatan 3

BAB II Mengenal Terumbu Karang *Acropora formosa* ... **11**

2.1 Morfologi Hewan Karang *Acropora formosa* 13

2.2 Zooxanthella 18

BAB III Mengenal Morfologi dan Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* **21**

3.1 Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* 21

BAB IV Dampak Budidaya Rumput Laut Terhadap Aspek Biologis Karang **31**

4.1 Ekosistem Terumbu Karang untuk Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* 31

BAB V Pertumbuhan Sintasan Karang dan Rumput Laut . **53**

5.1 Laju Pertumbuhan Dan Sintasan Karang *Acropora formosa* 53

5.2 Laju Pertumbuhan Harian, Produksi dan Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* 70

BAB VI Rekruitment Terumbu Karang 83

6.1 Genus Seriatopora (Familia Pocilloporidae) 89

6.2 Genus Pocillopora (Familia Pocilloporidae) 90

6.3 Genus Porites (Familia Poritidae) 90

6.4 Genus Platygyra *(*Family Faviidae) 91

6.5 Taksa lainnya (Un identified) 92

BAB VII Parameter Fisika dan Kimia Perairan 93

7.1 Intensitas Cahaya 94

7.2 Sedimentasi 96

7.3 Nitrat 97

7.4 Ortofosfat 100

7.5 Ammonium 101

7.6 Kalsium 102

7.7 Magnesium 102

BAB VIII Penelitian Potensi Dampak Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Terhadap Aspek Biologis Karang *Acropora Formosa* di Kabupaten Jeneponto 103

8.1 Pelaksanaan Penelitian 106

8.2 Perlakuan dan Rancangan Penelitian 107

8.3 Pengukuran Laju Pertumbuhan dan Sintasan Karang *Acropora formosa* 113

8.4 Penghitungan Kepadatan Zooxanthella 115

8.5 Penghitungan Rekruitmen Karang 117

8.6 Pengukuran Laju Pertumbuhan Harian, Produksi dan Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* ... 122
8.7 Pengukuran Parameter dan Kimia Cairan 125
8.8 Produksi Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* 127
8.9 Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* 130
8.10 Analisis Data 149
BAB IX Rekomendasi 153
Daftar Pustaka 155
Tentang Penulis 177

Daftar Tabel

Tabel 5.1 Rata-rata Laju Pertumbuhan Karang *Acropora formosa* (cm/hari) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut 56

Tabel 5.2 Rata-rata laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* berdasarkan jarak tanam dan kedalaman 71

Tabel 5.3 Rata-rata laju pertumbuhan harian rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (%/hari) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut 72

Tabel 6.1 Rata-rata jumlah rekruitmen karang Scleractinia (koloni/kolektor) berdasarkan jarak tanam dan kedalaman 93

Tabel 7.1 Kisaran dan rata-rata ± parameter fisika dan kimia perairan selama penelitian di Perairan Teluk Laikang, Kabupaten Jeneponto 104

Tabel 7.2 Katagori tingkat sedimentasi 107

Tabel 8.1 Koordinat spot penelitian 113

Tabel 8.2 Peralatan dan bahan yang digunakan dalam proses pengambilan data pertumbuhan tinggi karang, kepadatan zooxanthella dan rekruitmen karang 120

Tabel 8.3 Parameter yang diukur, metode pengukuran dan referensi yang digunakan 126

Tabel 8.4 Rata-rata produksi rumput lauat *Kappaphycus alvarezii* (ton/ha) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut 129

Tabel 8.5 Rata-rata Kandungan karaginan berdasarkan jarak tanam dan kedalaman 131

Tabel 8.6 Rata-rata kandungan karaginan (%) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam Budidaya rumput laut 133

Tabel 8.7 Nilai koefisien regresi dan korelasi parsial antara karaginan dengan parameter fisika dan kimia perairan 136

Tabel 8.8 Rata-rata kekuatan gel rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menurut jarak tanam dan kedalaman ..137

Tabel 8.9 Rata-rata kekuatan gel (g/cm^2) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya Rumput laut 139

Tabel 8.10 Nilai koefisien regresi dan korelasi parsial antara kekuatan gel dengan parameter fisika kimia perairan 140

Tabel 8.11 Rata-rata viskositas rumput laut cPs *Kappaphycus alvarezii* menurut jarak tanam dan kedalaman 142

Tabel 8.12 Rata-rata viskositas (cPs) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut 143

Tabel 8.13 Nilai koefisien regresi dan korelasi parsial antara viskositas dengan parameter fisika dan kimia perairan 143

Tabel 8.14 Rata-rata kandungan klorofil a rumput laut (mg/g) *Kappaphycus alvarezii* menurut jarak tanam dan kedalaman 145

Tabel 8.15 Rata-rata klorofil a (mg/g) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut 148

Tabel 8.16 Nilai koefisien regresi dan korelasi parsial antara klorofil a dengan parameter fisika dan kimia perairan 149

Daftar Gambar

Gambar 1.1 Ilustrasi Perkembangan Pengetahuan Dasar Budidaya Rumput Laut 5

Gambar 2.1 Karang *Acropora formosa* 15

Gambar 3.1 Rumput laut *Kappaphycus alvarezii* 22

Gambar 3.2 Kappa karaginan pada rumput laut 27

Gambar 4.1 Daur nitrogen di laut 45

Gambar 4.2 Daur fosfor di laut 39

Gambar 5.1 Perubahan panjang karang *Acropora formosa* berdasarkan waktu pengamatan pada kedalaman 2 m (A) dan 5 m (B) 64

Gambar 5.2 Karang *Acropora formosa* hasil pengukuran 66

Gambar 5.3 Perubahan laju pertumbuhan harian rumput laut *Kappaphycus alvarezii* berdasarkan waktu pengamatan pada kedalaman 2 m (A) dan 5 m (B) 67

Gambar 5.4 Sintasan karang *Acropora formosa* di ketiga stasiun selama dua periode tanam 69

Gambar 5.5 Perubahan laju pertumbuhan harian rumput laut *Kappaphycus alvarezii* berdasarkan waktu pengamatan pada kedalaman 2 m (A) dan 5 m (B) 79

Gambar 6.1 (A) Genus Seriatopora sp, 4-5 minggu, perbesaran 40x, (B) Genus Seriatopora sp perbesaran 100x, (C) Genus Seriatopora hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003) 89

Gambar 5.2 (A) Genus Pocillopora , 3 – 4 minggu, perbesaran 40x, (B) Genus Pocillopora perbesaran 100x, (C) Genus Pocillopora hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003) 90

Gambar 6.3 (A) Genus Porites , 8 minggu, perbesaran 40x, (B) Genus Porites sp perbesaran 100x, (C) Genus Porites hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003) 91

Gambar 6.4 (A) Genus Platygyra sp, 8 minggu, perbesaran 40x, (B) Genus Platygyra sp perbesaran 100x, (C) Genus Platygyra sp hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003) 92

Gambar 6.5 Genus unidentified (taksa lainnya), perbesaran 40x 82

Gambar 8.1 Peta spot penelitian ekosistem terumbu Karang diperairan Teluk Laikang Kabupaten Jeneponto 105

Gambar 8.2 Sampel bibit rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang dibudidakan pada setiap perlakuan dalam penelitian 106

Gambar 8.3 Skema penelitian pada unit rakit apung budidaya (Kelompok I) 109

Gambar 8.4 Skema penelitian pada unit rakit apung budidaya (Kelompok II) 110

Gambar 8.5 Metode budidaya rakit apung dengan titik

rumpun yang digunakan pada penelitian jarak tanam 30 cm 112

Gambar 8.6 Kegiatan budidaya rumput laut *Kappahycus alvarezii* selama penelitian 113

Gambar 8.7 Pengukuran pertumbuhan karang *Acropora formosa* dan pencatatan data di dalam perairan 114

Gambar 8.8 (A) = Pengeluaran jaringan karang dari setiap polip, (B) = Pengenceran dengan air laut steril, (C) = Pengadukan dan penyaringan sampel dalam beaker glass 50 ml, (D) = Diteteskan ke dalam haemacytometer, (E) = Penghitungan kepadatan zooxanthella, (F) = karang yang sudah dikeluarkan jaringannya 116

Gambar 8.9 (A) = Sampel plate kolektor, (B) = Peralatan pembersihan dan pemutihan (bleaching), (C) = Pembersihan plate kolektor, (D) = Proses pemutihan (bleaching), (E) = Diangin anginkan, (F) = Pencarian koloni juvenil karang, (G) = Penandaan koloni karang, (H) = Pengamatan koloni karang, (I) = Identiifikasi koloni juvenil karang (Veron, 2000; Babcock *dkk*., 2003) 119

BAB I
Perkembangan Budidaya Rumput Laut di Sulawesi Selatan

Rumput laut telah menjadi komoditas unggulan di sektor perikanan dan kelautan. Menurut Anggadiredja (2009) dalam paparan workshop implementasi pengembangan kluster rumput laut di Sulawesi Selatan disebutkan bahwa komoditas ini sangat potensial untuk dikembangkan berdasarkan keragaman spesies dan luas wilayah pengembangannya. Di wilayah Sulawesi Selatan, jenis yang umum dibudidayakan adalah *Kappaphycus alvarezii, Euchema denticulatum, Euchema edule.* Ketiga jenis ini dibudidayakan di kawasan pesisir pantai (daerah neritik terutama pada daerah litoral). Sedangkan jenis yang umumnya dibudidayakan di tambak adalah *Gracillaria* sp.

Pada kawasan Pantai Selatan Provinsi Sulawesi Selatan, sepanjang pesisir pantai dimulai dari Kabupaten Takalar sampai Kabupaten Bulukumba telah menjadi "sawah" rumput laut yang didominasi jenis *Kappaphycus alvarezii* dan sebagian *E.denticulatum*. Hal ini didukung oleh karakteristik pantai yang landai dan pergerakan air (arus dan ombak) yang dinamis.

Perkembangan pesat kegiatan akuabisnis di kawasan ini salah satunya disebabkan karena aktivitas tersebut langsung bersentuhan dengan kehidupan masyarakat pesisir, peluang pasar terbuka lebar dan modal usaha dapat dilakukan pada skala kecil, menengah dan besar (Anggadiredja, 2009). Menurut Asaad *et al* (2008) bahwa pesatnya perkembangan akuabisnis rumput laut berkorelasi positif dengan penyerapan tenaga kerja untuk menekuni bidang ini. Bahkan aktivitas ekonomi seperti bertani, tambak, menangkap ikan yang awalnya merupakan mata pencaharian utama telah bergeser menjadi pekerjaan sampingan (*secondary source of income*).

Perkembangan budidaya perikanan di Sulawesi Selatan menunjukkan trend sangat positif terutama dengan peningkatan drastis dari produksi rumput laut. Hasil analisis data perikanan dan kelautan tahun 2007 (Anonim, 2007) menunjukkan bahwa produksi budidaya pada tahun 2002 tercatat sebesar 1.14 juta ton dengan nilai Rp. 14.37 trilliun. Sulawesi Selatan menyumbang 22.5 persen terhadap produksi perikanan budidaya nasional. Pertumbuhan budidaya laut merupakan yang tertinggi selama periode 2002 – 2007, yakni sebesar 50.1 persen. Rumput laut tercatat sebagai komoditas yang terbanyak dihasilkan mencapai 54.12 persen dari produksi budidaya. Dari tahun 2002 – 2007, produksi budidaya rumput laut dari Sulawesi Selatan terus meningkat sebesar 220 persen per tahun, dibandingkan secara nasional yang hanya meningkat 55.4 persen. Produksi nasional rumput laut pada tahun 2007 mencapai 1.7 juta ton, dimana 630.7

ribu ton berasal dari Sulawesi Selatan. Pihak Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan telah menetapkan rumput laut sebagai komoditas budidaya unggulan dan menargetkan sebagai produsen terbesar di dunia sebagaimana dicanangkan oleh Gubernur Sulawesi Selatan.

Hal ini sejalan dengan renstra pengelolaan wilayah pesisir Sulawesi Selatan yang memaparkan keunggulan strategis bentang alam pesisir dan kelautan Sulawesi Selatan yang terbentang sepanjang 1.937,7 km garis pantai dengan luasan perairan laut sekitar 48.000 km^2. Areal ini meliputi tiga kawasan laut yaitu Selat Makassar, Laut Flores, dan Teluk Bone serta hamparan pulau-pulau kecil dalam lingkup kawasan kepulauan Spermonde. Keunggulan dan karunia ini menjadi modal utama untuk mendukung kegiatan perekonomian. Telah terbukti bahwa komoditas dari sumberdaya alam pesisir tahan terhadap krisis ekonomi yang berkepanjangan (Pemprov Sulsel, 2006). Namun tidak tertulis dalam renstra tersebut secara eksplisit mengenai pengembangan rumput laut sebagai komoditas unggulan budidaya di Sulawesi Selatan.

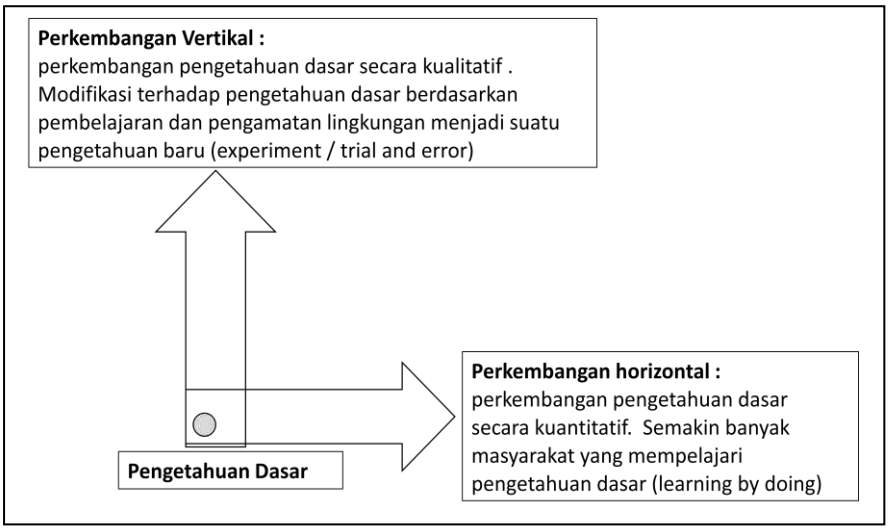
1.1 Proses Perkembangan Pengetahuan Pembudidaya Rumput Laut di Sulawesi Selatan

Secara historis pengetahuan budidaya didapatkan melalui hubungan inter personal antara masyarakat Kabupaten Bantaeng dan Kabupaten tetangga yang terlebih dahulu melakukan aktivitas budidaya rumput laut. Pembudidaya dari Kabupaten Bulukumba dan sebagian dari wilayah Jeneponto merupakan pembudidaya pioneer untuk rumput laut dengan metode long line. Motivasi utama

masyarakat untuk mencoba menerapkan budidaya rumput laut adalah keberhasilan pembudidaya dari Kabupaten lain, wilayah budidaya yang luas dan tidak terlalu sulit untuk dilakukan karena masyarakat umumnya berprofesi sebagai nelayan tangkap sehingga sudah terbiasa dengan pekerjaan di laut. Pengetahuan dasar tersebut kemudian diadaptasi dan diaplikasikan untuk budidaya rumput laut sehingga tumbuh dan berkembang menjadi pengetahuan lokal. Menurut Pillay *et al* (2005) bahwa dalam usaha budidaya, aplikasi teknologi yang berasal dari luar kawasan budidaya harus diadaptasikan dan disesuaikan dengan kondisi lokal. Oleh karena itu perlu adanya uji coba. Sebagaimana umumnya kegiatan budidaya yang berada pada lokasi yang khusus, maka teknologi yang sudah eksis di tempat lain harus diadaptasikan dan dimodifikasi sesuai dengan kondisi lokal (termasuk kondisi sosial ekonomi masyarakat) sehingga dapat diketahui prospektif ekonominya.

Perkembangan pengetahuan dasar tersebut terus berkembang di masyarakat karena keuntungan ekonomis yang didapat dari budidaya rumput laut sangat signifikan. Responden mengakui bahwa kegiatan budidaya rumput laut telah mengangkat ekonomi masyarakat pesisir Bantaeng. Hal ini dapat terlihat dari jumlah kendaraan bermotor yang meningkat drastis di lingkungan pembudidaya. Perkembangan pengetahuan dasar menyebar cepat secara horizontal maupun secara vertikal (gambar 1.1). Secara

horizontal berarti, semakin banyak masyarakat yang pada awalnya bekerja sebagai nelayan tangkap, peternak, petani kemudian berubah profesi menjadi pembudidaya rumput laut. Perkembangan secara horizontal bermakna perkembangan secara kuantitatif. Pengetahuan dasar tersebut semakin banyak dikuasai oleh masyarakat non pembudidaya untuk kemudian terjun langsung sebagai pembudidaya. Penyebaran horizontal ini dikarenakan pengetahuan dasar budidaya rumput laut tidak membutuhkan persyaratan khusus dan dapat dipelajari secara langsung (learning by doing).



Gambar 1.1 Ilustrasi Perkembangan Pengetahuan Dasar Budidaya Rumput Laut

Perkembangan pengetahuan dasar secara vertikal bermakna perkembangan pengetahuan secara kualitas. Beberapa pembudidaya belajar dari kegiatan budidaya

tersebut sehingga dari pembelajaran dan pengamatan lingkungan, cuaca, iklim menghasilkan suatu pengetahuan baru yang merupakan hasil modifikasi pengetahuan dasar tadi. Dengan demikian pengetahuan dasar telah berkembang secara kualitas menjadi pengetahuan baru yang didapatkan dari proses pembelajaran dan pengamatan lingkungan. Contoh pengetahuan baru yang didapatkan dari kegiatan pembelajaran adalah jarak tanam antar bibit yang baik adalah 4 jari orang dewasa karena dapat mengoptimalkan penggunaan tali bentangan dan pada saat mendekati umur panen, rumput laut tetap mempunyai ruang sehingga tidak jatuh. Pengetahuan jarak tanam ini didapatkan melalui pembelajaran dan uji coba sederhana (trial and errors) pada beberapa tali bentangan. Berdasarkan pengamatan lingkungan, maka para pembudidaya sudah mengetahui karakter perairan berdasarkan musim barat dan timur. Pengetahuan tentang musim ini digunakan dalam aktivitas budidaya yaitu adanya pemilihan lokasi budidaya berdasarkan musim. Beberapa pembudidaya memiliki unit-unit budidaya yang dioptimalkan berdasarkan musim. Contohnya ketika musim penghujan (musim barat) pada bulan Desember – Maret, digunakan unit budidaya yang jauh dari daratan. Hal ini untuk mencegah limpasan air tawar dari sungai yang berlebih. Sebaliknya pada musim kemarau, maka unit budidaya yang digunakan adalah yang terletak di dekat

daratan (dekat dengan muara sungai) sehingga masih mendapat pengaruh air tawar.

Pembelajaran dari alam yang dilakukan oleh pembudidaya terkait dengan pernyataan Bakker (1984) *dalam* Priyatna *et al* (2005) bahwa manusia di dalam kebudayaannya mengakui alam dalam arti seluas-luasnya sebagai ruang pelengkap untuk semakin memanusiakan dirinya yang identik dengan kebudayaan alam. Manusia tidak menguasai alam, namun mengetahuinya. Aspek formal kebudayaan terletak dalam karya budi yang mentransformasikan data, fakta, situasi dan kejadian alam yang dihadapinya menjadi sebuah nilai bagi manusia. Hal ini berarti bahwa kebudayaan merupakan hasil dari kemajuan terhadap data dan fakta alam.

Di Negara-negara berkembang, masyarakat pesisir khususnya masyarakat nelayan dan pembudidaya berada pada wilayah pesisir yang menghadapi ancaman bencana alam . Para nelayan menghadapi kondisi ketidakpastian pendapatan dan bersifat musiman, terutama bagi nelayan yang hanya bergantung pada aktivitas perikanan tangkap dan tidak mempunyai alternative pencaharian lainnya. Kegiatan budidaya perikanan seperti tambak pesisir juga menghadapi kemungkinan bencana alam (angin, banjir, dan bencana hidrometeorologi lainnya). Bencana alam dapat merusak infrastruktur dan sistem budidaya di wilayah pesisir. Selain itu para petambak dan pelaku usaha budidaya juga

dihadapkan pada permasalahan tata guna dan pemanfaatan air dimana terdapat pelaku lainnya (stakeholders) yang menggunakan sumber air yang sama. Konsekuensi dari multi pengguna sumberdaya air adalah adanya penurunan mutu air atau dapat terjadinya pencemaran air (Westlund et al, 2007). Pemahaman tentang alam, karakter iklim dan cuaca oleh pelaku usaha (pembudidaya) sangat penting untuk mengetahui optimalisasi usaha budidaya berdasarkan waktu (time horizon).

Selain dari upaya pembelajaran mandiri oleh pembudidaya, arus informasi dari eksternal pembudidaya dirasakan sangat positif memperkaya dan memperkuat basis pengetahuan masyarakat. Secara tradisional, pengetahuan dan teknologi budidaya biasanya berasal secara turun temurun dalam keluarga atau kebiasaan yang terjadi di kawasan tersebut. Namun pada skala besar dan modern, pengembangan arus informasi teknologi budidaya perlu dilakukan oleh suatu lembaga khusus mengingat usaha budidaya perikanan adalah kegiatan multi dan interdisiplin yang saling terkait dengan karakter dan kondisi alam. Lembaga tersebut dapat juga berfungsi sebagai *training centre* untuk para pelaku budidaya (manajer dan teknisi)

(Pillay et al, 2005)

Adanya pelatihan-pelatihan dan bimbingan yang dilakukan oleh pihak lain (pemerintah, LSM, lembaga

penelitian) dirasakan semakin menambah pengetahuan teoritis pembudidaya dan memperkuat pengetahuan yang didapat di lapangan. Bimbingan teknis cara berbudidaya yang baik telah banyak dilakukan oleh pihak lain dan dirasakan tetap bermanfaat walaupun materi yang disampaikan tidak terlalu jauh berbeda. Adanya pelatihan dan bimbingan dari pihak lain untuk meningkatkan kemampuan budidaya dirasakan mampu menumbuhkan motivasi bagi pembudidaya karena anggapan mereka bahwa pihak lain saja ikut serta untuk memberikan pengetahuan tanpa memungut bayaran, sehingga menimbulkan semangat para pembudidaya untuk melakukan budidaya dan pasca panen yang benar. Contoh bimbingan teknis yang dirasakan manfaatnya adalah pengenalan metode pengeringan dengan menggunakan para-para dan metode gantung. Pengetahuan eksternal yang mereka dapatkan bahwa pengeringan dengan dua metode tersebut dapat menjaga mutu kualitas rumput laut mereka sehingga harga tetap terjamin telah menjadi kebiasaan sebagian besar pembudidaya.

Pengetahuan dasar budidaya rumput laut dan modifikasinya yang menjadi pengetahuan baru yang dapat diklasifikasikan sebagai pengetahuan lokal (Indigenous knowledge). Menurut IIRR (1996), pengetahuan lokal adalah pengetahuan/norma yang telah terbangun dalam suatu komunitas masyarakat dan tetap dilestarikan dan dijalankan. Ciri pengetahuan lokal adalah berdasar dari pengalaman,

telah diaplikasikan sejak dahulu, sudah teradaptasi dengan kultur masyarakat dan kondisi lingkungan, dinamis. Pengetahuan lokal tidak hanya diartikan sempit pada kawasan pedesaan, suku, tetapi meliputi suatu komunitas dimana pun berada (baik di pedesaan atau kota). Istilah pengetahuan lokal (indigenous knowledge) sering menggunakan istilah lain seperti "local knowledge," "indigenous technical knowledge" dan "traditional knowledge."

BAB II
Mengenal Terumbu Karang *Acropora formosa*

Perairan laut Indonesia merupakan salah satu kawasan dengan terumbu karang terbaik di dunia. Terumbu karang merupakan salah satu sistem pendukung kehidupan terpenting dunia yang berfungsi sebagai penyedia makanan, kesehatan dan aspek-aspek yang berkaitan dengan kelangsungan kehidupan manusia dan pembangunan yang berkelanjutan. Terumbu karang telah menyumbang produksi perikanan laut Indonesia sebesar 3,6 juta ton per tahun dengan keuntungan ekonomi sebesar 1,6 milyar dolar AS per tahun (Burke *dkk.,* 2002). Terumbu karang juga berfungsi untuk melindungi biota-biota pesisir dan pulau-pulau kecil dari ancaman gelombang besar.

Terumbu karang adalah suatu ekosistem yang sangat kompleks tetapi merupakan ekosistem yang rentan. Kerusakan yang disebabkan oleh manusia, menjadi ancaman utama kehidupan terumbu karang (Dahuri, 2000).

Beberapa tahun terakhir kegiatan budidaya rumput laut yang memanfaatkan daerah terumbu karang pada berbagai

kedalaman dengan mempersempit jarak tanam di perairan Teluk Laikang Kab. Jeneponto, Kepulauan Tanakeke, pantai Galesong Utara Kab. Takalar sangat berpotensi memberikan dampak negatif terhadap beberapa aspek biologis karang. Pada Internasional Seaweed Symposium di Bali dikatakan bahwa budidaya rumput laut yang dilakukan di atas terumbu karang sudah membahayakan terumbu karang bahkan dapat menyebabkan kematian karang. namun sampai saat ini belum ada data empiris yang akurat. Oleh karena itu kajian tentang dampak budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* terhadap beberapa aspek biologis karang *Acropora formosa* mutlak diperlukan untuk menjawab, menyediakan dan mengisi kekosongan data secara empiris dan akurat. Sebab, budidaya rumput laut dari jenis *Kappaphycus alvarezii* saat ini sedang banyak diusahakan oleh petani rumput laut. Keberadaan budidaya rumput laut di atas terumbu karang diduga mempunyai dampak negatif terhadap terumbu karang. Masyarakat memanfaatkan daerah terumbu karang pada berbagai kedalaman sehingga sangat berpotensi memberikan dampak negatif terhadap beberapa aspek biologis karang. Potensi dampak negatif ini disebabkan karena para petani rumput laut berusaha meningkatkan produksinya dengan mengurangi jarak tanam sehingga mengganggu penetrasi cahaya ke dasar perairan sebagai habitat karang. Intensitas cahaya yang berkurang dapat mengurangi kepadatan zooxanthella sebagai organisme yang bersimbiosis dengan karang. Selain itu partikel-partikel yang terjebak pada biota rumput laut akan turun sehingga dalam kurun

waktu beberapa lama akan menjadi sedimen yang mengganggu pertumbuhan dan sintasan karang.

2.1 Morfologi Hewan Karang *Acropora formosa*

Hewan karang (Anthozoa) merupakan penyusun dari terumbu karang karena kemampuannya menghasilkan endapan kalsium karbonat ($CaCO_3$) yang merupakan hasil samping dari proses fotosintesis zooxanthella yang berada pada lapisan endodermis. Hasil endapan tersebut akan membangun "bangunan" yang khas tergantung dari jenis hewan karang yang menjadi inang. Tidak semua anggota kelas Anthozoa mampu menghasilkan endapan terumbu dan hanya ordo *Scleractinia* saja yang mampu membentuk terumbu (Suharsono, 2008). Karang Scleractinia *Acropora formosa* merupakan spesies yang umum dijumpai diperairan.

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

Kingdom : Animalia
Filum : Cnidaria
Kelas : Anthozoa
Ordo : Scleractinia
Famili : Acroporidae
Genus : *Acropora*
Spesies : *Acropora formosa*

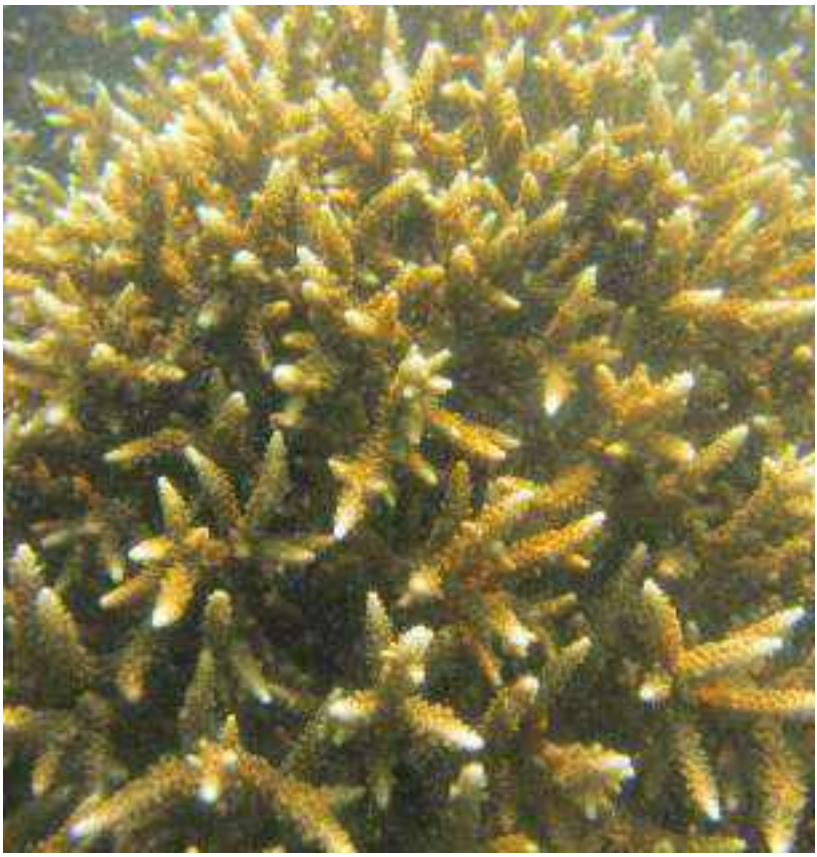
Karang *Acropora formosa* secara morfologi memiliki bentuk koloni *aborescent* dengan cabang silindris tetapi

kadang berbentuk *corymbose* (Suharsono, 2008). Radial koralitnya berbentuk tubular. Jenis ini memiliki ukuran sama atau bervariasi, dan penyebarannya berkelompok atau tidak beraturan. Spesies ini memiliki warna coklat gelap atau biru, dengan ujung yang berwarna pucat (Veron dan Terrence, 1979). 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 (Johan, 2003). Banyak karang *Acropora formosa* yang bersifat oportunistik dan dapat bertahan pada tekanan alam seperti pemanasan dan siltasi. Disamping itu, karang bercabang ini dapat menghasilkan produksi karbonat yang tinggi.

a. Reproduksi Karang *Acropora formosa*

Bachtiar (2001) melaporkan bahwa karang *Acropora* sp mempunyai musim reproduksi yang tidak serentak dan terentang panjang. Karang Genus *Acropora* adalah salah satu jenis karang terpenting penyusun terumbu. Ankgukusuma, (2009) mengatakan bahwa sebagian besar spesies karang Genus *Acropora* merupakan karang tipe spawner. Sampai saat ini siklus gametogenesis karang genus *Acropora* belum diketahui secara pasti. Reproduksi karang dikenal memiliki variasi sangat tinggi dalam cara dan waktu

reproduksi serta siklus gametogenesisnya, baik antar spesies maupun dari spesies yang sama.



Gambar 2.1 Karang *Acropora formosa*
(koleksi pribadi, 2012)

b. Pertumbuhan dan Klasifikasi Karang *Acropora formosa*

Pertumbuhan karang merupakan pertambahan panjang linear, bobot, volume atau luas kerangka kapur karang dalam kurun waktu tertentu. Secara umum, pembentukan kerangka karang diinterpretasikan sebagai kenaikan bobot kerangka karang yang disusun oleh kalsium karbonat dalam bentuk aragonit kristal dan kalsit (Goreau

dkk., 1982). Pertumbuhan dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan seperti cahaya, suhu, sedimentasi dan aktivitas biologi (Kendall *dkk.*, 1985).

Kecepatan tumbuh karang bercabang jauh lebih besar dibandingkan dengan karang massif (Suharsono, 1984). Veron (1993) mengatakan bahwa koloni-koloni karang bercabang memiliki kemampuan tumbuh yang cepat, karang jenis "staghorn" yang memiliki pertumbuhan paling cepat ialah spesies *Acropora cervicornis* dengan laju pertumbuhan sebesar 264 mm/tahun.

Karang *Acropora sp* adalah salah satu genus karang yang memiliki tingkat kecepatan pertumbuhan yang tinggi. *Acropora* dapat tumbuh antara 5-10 cm per tahun (Harriot dan Fisk, 1988).

Beberapa penelitian mengenahi pertumbuhan karang jenis Acropora di Indonesia diantaranya yaitu Boli (1994) pertumbuhan panjang rata-rata karang genus *Acropora* di pulau Pari sebesar 17,04 mm/tahun. Dan di pulau Lancang sebesar 11,90 mm. Manullang (1995) mendapatkan hasil pertumbuhan rata-rata per minggu untuk jenis *A. formosa* di Goba pulau Pari yang berkisar antara 0,67 – 1,00 mm.

Proses pertumbuhan karang 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, berasal dari pemecahan asam karbonat dan kalsium karbonat membentuk endapan menjadi rangka hewan karang.

Dalam proses pembentukan terumbu karang terjadi hubungan yang saling menguntungkan antara polip karang dan z*ooxanthella* (White, 2001). Ketika terkena sinar matahari, z*ooxanthella* 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 CO_2 untuk digunakan dalam proses fotosintesis. z*ooxanthella* 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. *Zooxanthella* merupakan produsen. Hampir 90% hasil produksi z*ooxanthella* di transfer menjadi jaringan karang (Dahuri, 2003).

Perbedaan *Acropora formosa* dengan *non- Acropora formosa* terletak pada struktur skeletonnya. *Acropora formosa* memiliki bagian yang disebut *axial corallite* dan *radial corallite*, sedangkan non *Aropora formosa* hanya

memiliki *radial corallite*. Pertumbuhan polip karang akan terhambat dengan penurunan pH, tetapi penggabungan dengan penurunan suhu akan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhannya yaitu hampir sepertiganya. Suhu tinggi secara signifikan mengurangi jumlah zooxanthella pada polip karang ketika dikombinasikan dengan penurunan pH menghasilkan pengurangan signifikan dalam biomassa polip primer. Sintasan planula karang tidak berpengaruh terhadap oleh peningkatan suhu, menurunkan keasaman atau kombinasi keduanya (Anlauf *dkk.,* 2011).

2.2 Zooxanthella

Karang bersimbiosis dengan mikro alga yang dikenal dengan nama zooxanthella. Mikro alga ini hidup menetap di dalam lapisan endoderm tubuh karang inang. Hubungan antara zooxanthella sebagai simbion dan karang sebagai inang bersimbiosis mutualistis, yakni kedua belah pihak baik inang maupun simbionnya saling menguntungkan (Veron, 1993).

Jenis zooxanthella berasal dari kelompok Dinoflagellata tidak memiliki flagella dan dinding sel. Melalui fotosintesis, zooxanthella mensuplai oksigen bagi karang untuk respirasi dan karbohidrat sebagai nutrien. Sebaliknya zooxanthella menerima CO_2 untuk fotosintesis. Sementara untuk nitrogen dan fosfor antara zooxanthella dan karang terjadi dengan proses di mana Zooxanthella menerima nitrogen dalam bentuk ammonia dari karang, dan dikembalikan ke karang dalam

bentuk asam amino. Dalam proses fotosintesis zooxanthella juga berperan dalam memindahkan karbondioksida, sehingga dalam kondisi optimum meningkatkan terbentuknya pengapuran pada karang (Thamrin, 2006). Hasil fotosintesis zooxanthella yang dimanfaatkan oleh karang cukup untuk memenuhi kebutuhan proses respirasi karang tersebut. Sumber nutrisi karang 75-99% berasal dari zooxanthella (Tackett dan Tackett, 2002). Assosasi ini sangat efisien, sehingga karang dapat bertahan hidup bahkan di perairan yang sangat miskin hara. Karang memperoleh sebagian besar energi dan nutrisinya melalui dua cara, yaitu melalui hasil fotosintesis oleh zooxanthella atau secara langsung menangkap zooplankton dari kolom perairan (Lesser, 2004).

Jones (1997) mengatakan bahwa dalam setiap *polip* ditemukan Zooxanthella dalam jumlah besar dan memberikan warna pada *polip, dan* 90% energi dari fotosintesis di berikan untuk kebutuhan *polip* (Leletkin, 2000). Kepadatan zooxanthella di dalam tubuh karang berubah-ubah sepanjang tahun tergantung pada kondisi lingkungan di sekitarnya. Apabila keadaan lingkungan terganggu, maka zooxanthella akan keluar dari dalam tubuh karang (*bleaching*). Salah satu faktor yang menyebabkan keluarnya zooxanthella dari karang yaitu sedimentasi (Rice dan Hunter, 1992).

Kepadatan z*ooxanthella* juga bervariasi sesuai dengan jenis karangnya. zooxanthella sudah pasti membutuhkan batasan intensitas cahaya tertentu untuk melakukan

fotosintesis. Bila intensitas cahaya lebih tinggi tentu jumlah zooxanthella yang bisa memanfaatkannya lebih banyak, yang menyebabkan densitas zooxanthella di dalam lapisan endoderm karang lebih padat. Sebaliknya bila intensitas cahaya yang tersedia lebih kecil menyebabkan densitas zooxanthella di dalam lapisan endoderm karang inang lebih rendah (Fachrurrozie *dkk*., 2012). Fitt *dkk.,* (2000) mengatakan bahwa densitas zooxanthella karang paling rendah terjadi pada musim panas dan paling padat terjadi pada musim dingin. Pengurangan kepadatan z*Zooxanthella* yang bersimbiosis dengan karang dapat dijadikan indikator bahwa telah terjadi stres lingkungan terhadap hewan karang. Berkurangnya konsentrasi klorofil *Zooxanthella* pada tubuh hewan karang juga merupakan indikator menurunnya kesehatan hewan karang (Yaqin, 2006).

BAB III
Mengenal Morfologi dan Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii*

3.1 Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

a. Klasifikasi dan Morfologi Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Klasifikasi *Kappaphycus alvarezii* menurut Doty (1987) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Rhodophyta (Red alga)
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Solieriaceae
Genus	: *Eucheuma*
Spesies	: *Eucheuma alvarezii*

Ciri-ciri *Kappaphycus alvarezii* adalah tallus dan cabang-cabangnya berbentuk silindris atau pipih, percabangannya tidak teratur dan kasar sehingga merupakan lingkaran, karena ditumbuhi oleh nodulla atau spine untuk melindungi gametan. Ujungnya runcing atau tumpul berwarna coklat ungu atau hijau kuning.

Spina tidak teratur menutupi tallus dan cabang-cabangnya, permukaan licin, cartilaginous warna hijau, hijau kuning, abu-abu atau merah (Ditjenkan Budidaya, 2005). rumput laut *Kappaphycus alvarezii* selanjutnya dapat dilihat pada Gambar 3.1 *Eucheuma cottonii* berubah nama menjadi *Kappaphycus alvarezii* karena karaginan yang dihasilkan termasuk fraksi kappakaraginan. Nama "*alvarezii"* yang diberikan pada *Kappaphycus alvarezii* berasal dari nama almarhum Vicente (Vic) Alvarez. Vic adalah seorang pionir dalam metode budidaya cottonii (Neish, 2004).

Gambar 3.1 Rumput laut *Kappaphycus alvarezii*
(sumber : Atmadja, 1996)

b. Habitat dan penyebaran Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* di alam melekat pada substrat dengan alat perekat berupa cakram. Jenis ini asal mulanya didapat dari perairan Sabah (Malaysia) dan Kepulauan Sulu (Filipina). Kemudian dikembangkan ke berbagai negara sebagai tanaman budidaya. Sebaran rumput laut *Kappaphycus alvarezii* terbentang diseluruh wilayah Indo-Pasifik mulai dari Afrika Timur sampai Guam. Menyebar pada wilayah 20 derajat lintang Utara dan Selatan sepanjang khatulistiwa, terutama diantara bujur ke 10 wilayah Indo-Pasifik (Doty, 1987). Kelimpahan spesies *Kappaphycus alvarezii* terbesar berada pada area kepulauan berterumbu di wilayah Asia Tenggara (Neish, 2004).

c. Pertumbuhan Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Menurut Zuccarello *dkk.*, (2006) pertumbuhan suatau tanaman meliputi tumbuh dan berkembang (diferensiasi) dari sel-sel atau jaringan. Proses tumbuh dan diferensiasi terdiri dari pembentukan atau penambahan massa sel menjadi jaringan lengkap. Pertumbuhan tanaman meliputi tumbuh dan berkembang atau pertambahan sel-sel atau jaringan (Zuccarello *dkk.,* 2006).

Pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* sangat dipengaruhi oleh dua faktor yaitu faktor eksternal dan faktor internal. Faktor internal yang berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut antara lain jenis, galur,

bagian talus dan umur. Sedangkan faktor eksternal yang berpengaruh antara lain keadaan lingkungan Fisika dan kimiawi perairan. Ada faktor lain yang sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan dari rumput laut yaitu faktor pengelolaan yang dilakukan oleh manusia. Faktor pengelolaan oleh manusia dalam kegiatan rumput laut kadang merupakan faktor utama yang harus diperhatikan seperti pemilihan lokasi perairan dan juga jarak tanam bibit dalam satu rakit apung (Syahputra, 2005).

Laju pertumbuhan yang dianggap cukup menguntungkan adalah diatas 3% pertambhan berat perhari (Hayashi *dkk*., 2007). Laju pertumbuhan harian maksimum yang diperoleh Thirumaran dan Anantharaman (2009) sebesar 6,11 %; Paula *dkk.,* (2006) sebesar 6,5-10,7%,. Kune (2000) sebesar 1,11 – 1,40%, Hurtado *dkk.,* (2001) sebesar 3,9 – 4,2%, Kadarusman (2003) sebesar 2,12 – 2,67%, Yusuf (2003) sebesar 4,49 – 5,58% dan Patadjai (2007) sebesar 5,07 – 9,64% /hari

Letak geografis dan faktor oceanografi sangat menentukan pertumbuhan rumput laut. Rumput laut adalah organisme laut yang memiliki syarat-syarat lingkungan tertentu agar dapat hidup dan tumbuh dengan baik. Semakin sesuai kondisi lingkungan perairan dengan areal yang akan dibudidayakan, akan semakin baik pertumbuhannya dan hasil yang akan didapat (Syahputra, 2005).

Rumput laut sebagai tanaman memerlukan nutrien dari air laut untuk tumbuh. Unsur utama yang banyak dibutuhkan adalah nitrogen dan fosfor. Kedua unsur tersebut sering digunakan sebagai pupuk, selanjutnya dikatakan bahwa pertumbuhan dan penyerapan nutrien dalam jaringan tumbuhan dipengaruhi oleh lingkungan

Pertumbuhan rumput laut dipengaruhi oleh kondisi lingkungan antara lain salinitas, suhu, cahaya matahari, nutrien berupa nitrat, amonium, dan ortofosfat (Sulistijo, 2002; Ditjenkan Budidaya, 2005 ; Thirumaran dan Anantharaman, 2009)

Menurut Enga (2005) produksi sangat erat kaitannya dengan laju pertumbuhan. Tingginya produksi disebabkan oleh laju pertumbuhan yang tinggi. Pertumbuhan *Kappaphycus alvarezii* dipengaruhi oleh metode budidaya dan lokasi. Variasi laju pertumbuhan ditentukan oleh sistem budidaya. Budidaya dengan sistim lepas dasar (*off-bottom* systim) dan sistem rakit apung memperlihatkan laju pertumbuhan harian yang tinggi (0,2 – 5,3 % dan 0,5 – 10,7 %) (Hayashi *dkk.,* 2010).

d. Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

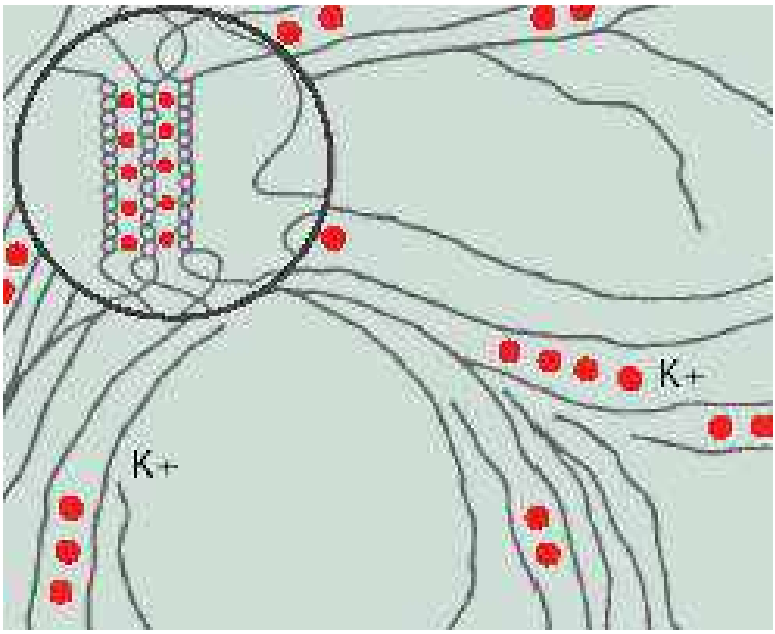
1) Karaginan

Karaginan dapat dihasilkan dari rumput laut dari kelompok Rhodopyceae yang diekstraksi dengan air atau larutan alkali (Anggadiredja *dkk.,* 2006). Karaginan

adalah suatu bentuk polisakarida linear dengan berat molekul di atas 100 kDa (Winarno, 1990). Karaginan merupakan ekstrak dari polisakarida sulfat D-galaktosa dan 3.6-anhidro-D-galaktosa yang berasal dari alga merah (Campo *dkk.,* 2009) dan terdiri atas ikatan 3-β-D-galaktopiranosa dan ikatan 4-α – D- galaktopiranosa atau ikatan 4-3,6-anhidro-D-galaktosa 4-sulfat (Gal4SO) dan 3,6-anhidro-D-galaktosa (3,6-anGal)

Kepadatan karaginan dari rumput laut berbeda-beda. untuk setiap spesies dan juga untuk lokasi perairan yang berbeda. Menurut Apriyana (2006) bahwa selain faktor lingkungan, faktor internal juga berperan bagi pembentukan kepadatan karaginan antara lain faktor umur. Pertumbuhan *talus* dan jumlah cabang yang cukup umur akan menghasilkan karaginan dengan kadar tinggi.

Menurut Syamsuar (2007) karaginan terdapat dalam dinding sel rumput laut atau matriks intrasellulernya dan merupakan bagian penyusunyang besar ari bobot kering rumput laut dibandingkan dengan komponen lainnya. Semakin tinggi kandungan karaginan maka akan semakin baik karena dapat meningkatkan nilai ekonomi rumput laut.



Gambar 3.2 Kappa karaginan pada rumput laut
(Thomas, 1992 *dalam* Purnama, 2003)

Kadar karaginan dalam setiap spesies *Kappaphycus* sp berkisar antara 54-73 % tergantung pada jenis dan lokasinya dimana Indonesia berkisar antara 61,5 – 67,5% (Sulistijo, 2002). Menurut Naguit dkk., (2009) tanaman rumput laut yang dibudidayakan di daerah permukaan cenderung memiliki kandungan karaginan dan pertumbuhan yang tertinggi dari yang dibawah. Hal tersebutkarena ketersediaan nutrisi dan cahaya memiliki pengaruh pada rumput laut.

2) Kekuatan gel

Dalam pengolahan rumput laut, Parameter utama yang menentukan kualitas adalah kekuatan gel (gel strength). Kekuatan gel karaginan menurut syarat

standar mutu yang ditetapkan oleh Departemen Perdagangan Republik Indonesia yaitu 450 – 500 g/m^2. Standar internasional nilai kekuatan gel minimal 500 gram/cm^2 sedangkan pada umumnya permintaan dari industri sekitar 600-700 gram/cm^2.

3) Viskositas

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam sistem larutan. Viskositas menggambarkan resistensi internal cairan yang mengalir. Viskositas suatu hidrokoloid dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi karaginan, temperatur, jenis karaginan, berat molekul dan adanya molekul-molekul lain (Towle, 1973). Jika konsentrasi karaginan meningkat maka viskositasnya akan meningkat secara logaritmik. Viskositas akan menurun secara progresif dengan adanya peningkatan suhu, pada konsentrasi 1,5% dan suhu 75 ^{o}C nilai viskositas karaginan berkisar antara 5 – 800 cPs (FAO, 1990 *dalam* Hakim, 2011). Moirano (1977) mengemukakan bahwa semakin kecil kepadatan sulfat, maka nilai viskositasnya juga semakin kecil, tetapi konsistensi gelnya semakin meningkat. Adanya garam-garam yang terlarut dalam karaginan akan menurunkan muatan bersih sepanjang rantai polimer. Penurunan muatan ini menyebabkan penurunan gaya tolakan (repulsion) antar gugus-gugus sulfat, sehingga sifat hidrofilik polimer semakin lemah dan menyebabkan

viskositas larutan menurun. Viskositas larutan karaginan akan menurun seiring dengan peningkatan suhu sehingga terjadi depolimerisasi yang kemudian dilanjutkan dengan degradasi karaginan (Towle, 1973).

4) Klorofil a

Klorofil adalah pigmen hijau fotosintesis yang terdapat dalam tanaman, alga dan cyanobacteria. Fungsi klorofil pada tanaman adalah menyerap energi matahari untuk digunakan dalam proses fotosintesis yaitu proses biokimia dimana tanaman mensintesis karbohidrat (gula menjadi pati), dari gas karbon dioksida dan air dengan bantuan sinar matahari. (Subandi, 2008)

Terdapat dalam kloroplas dan memanfaatkan cahaya yang diserap sebagai energi untuk reaksi-reaksi cahaya dalam proses fotosintesis. Klorofil a merupakan salah satu bentuk klorofil yang terdapat pada semua tumbuhan autotrof. Rumus kimia klorofil a : $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$, dengan gugus pengikat CH_3. Cahaya yang diserap cahaya biru-violet dan merah. Absorbapyrrole maksimum pada λ 673 nm dan paling banyak terdapat pada Fotosistem II. Faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan klorofil adalah faktor : pembawaan seperti pigmen, cahaya, oksigen, unsur hara (Mg, Fe, N, Cu), air dan suhu (Dwidjoseputro, 1983). Klorofil memiliki cincin ditengah tetr apyrrole dengan Mg^{2+} (Mainon, 2000 *dalam* Naguit dan Tisera, 2009).

e. Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Salah satu metode budidaya yang biasa digunakan dalam budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* adalah metode rakit apung. Pada metode rakit apung menggunakan tiang pancang, bambu atau pipa paralon yang berbentuk rakit, dan posisi tanaman dekat dengan permukaan air. Metode ini dapat dilakukan dengan dua cara yaitu (1) Metode tali tunggal apung (*floating monoline method*). Rumpun bibit rumput laut diikat pada seutas tali yang direntangkan pada rakit terapung, (2) Metode jaring apung (floating net method). Rumpun bibit rumput laut diikat dan dilekatkan pada jaring yang direntangkan pada rakit terapung.

Menurut Amin *dkk.,* (2008) produksi dan produktifitas dalam budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dipengaruhi oleh sistem dan musim tanam. dari hasil penelitiannya di Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan diperoleh hasil terbaik dengan menggunakan sistem long line. Menurut Zamroni, *dkk.,* (2006) jumlah bentangan beragam tergantung pada ketersediaan bibit, luas lahan, jarak antar bentangan, dan jarak ikat bibit dalam satu bentangan.

BAB IV
Dampak Budidaya Rumput Laut Terhadap Aspek Biologis Karang

4.1 Ekosistem Terumbu Karang untuk Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Terumbu karang merupakan suatu ekosistem khas yang terdapat diwilayah pesisir tropis. Zooxanthella dapat menghasilkan bahan organik melalui proses fotosintesis, yang kemudian disekresikan sebagian ke dalam usus polip sebagai pangan (Tuwo, 2011).

Ekosistem Terumbu Karang mempunyai sifat yang menonjol karena produktivitas primer dan keanekaragaman jenis biota yang tinggi, dimana besarnya produktivitas primer bersih berkisar antara 300-5000 g C/cm^2/tahun (Dahuri, 2003). Besarnya produktivitas yang dimiliki terumbu karang disebabkan oleh adanya pendauran ulang zat-zat hara melalui proses hayati. Aktivitass fotosintesis zooxantellae yang bersimbiosis dengan karang mengeluarkan beberapa senyawa : karbon dioksida, senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen dan fosfor, endapan kapur, dan kalsium karbonat.

Senyawa-senyawa kimiawi tersebut selanjutnya digunakan oleh organisme yang hidup disekitar Terumbu Karang (salah satu adalah jenis Alga). Menurut Maida *dkk.,* (2005) fukoxantin merupakan jenis karotenoid utama yang membantu proses fotosintesis dan telah banyak digunakan dalam dunia pengobatan seperti anti kanker dan anti obesitas.

Perairan karang adalah perairan pantai dengan keadaan dasar perairan terdapat karang (coral) atau terumbu karang (*coral reef*) (Sukarno *dkk.,* 1986). Terumbu karang mempunyai kemampuan untuk menahan nutrien-nutrien dalam sistem dan berperan sebagai kolam untuk menampung segala sesuatu yang berasal dari luar. Hal ini memungkinkan nutrien berputar dalam sistem terumbu dan tidak hilang ke perairan lepas pantai yang lebih dalam. Ini juga berarti bahwa setiap plankton dari perairan lepas pantai di lautan terbuka yang menerpa terumbu karang akan tetap disitu, demikian halnya nutrien yang ikut terbawa olehnya.

Terumbu karang merupakan habitat bagi beragam biota sebagai berikut (Bengen, 2002):

1. Beraneka ragam avertebrata hewan tak bertulang belakang): terutama karang batu (*stony coral)*, berbagai crustacea, siput dan kerangkerangan, ecinodermata (bulu babi, anemon laut, teripang, bintang laut, dan leli laut).
2. Beraneka ragam ikan: 50 – 70% ikan karnivora oportunistik, 15 % ikan herbivora, dan sisanya omnivora.
3. Reptil: umumnya ular laut dan penyu laut.

4. Ganggang dan rumput laut: alga koralin, alga hijau berkapur dan lamun. Populasi ikan terumbu karang berubah dari siang ke malam hari. Ikan pemakan plankton yang banyak tersebar di sekeliling terumbu pada siang hari, bersembunyi/ berlindung di celah-selah terumbu pada malam hari. Ikan pencari makan pada malam hari sebagian besar pemakan bentos. Keanekaragaman biota dan keseimbangan ekosistem terumbu karang tergantung pada jala/rantai makanan. Pengambilan jenis biota tertentu secara berlebihan dapat mengakibatkan peledakan populasi biota yang menjadi mangsanya, sehingga dapat mengganggu keseimbangan ekosistem.

a. Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Faktor-faktor pembatas merupakan faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi laju pertumbuhan suatu organisme. Rachmawati (2001) menyatakan bahwa terdapat parameter utama yang berpengaruh terhadap keberadaan terumbu karang dan rumput laut yaitu suhu, salinitas, cahaya matahari, dan nutrien. Sedang Dahuri (2003) mengatakan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan terumbu karang antara lain sedimentasi, sirkulasi arus dan kedalaman perairan .

1) Intensitas cahaya

Cahaya merupakan salah satu faktor abiotik yang paling penting dan mampu mempengaruhi (skeletal) pertumbuhan karang scleractinian. Pertumbuhan karang

disebabkan oelh meningkatnya foton, intensitas cahaya, durasi penyinaran, fluks cahaya harian (Rocha *dkk.,* 2013). Tanpa cahaya yang cukup laju fotosintesis akan berkurang dan bersamaan dengan itu kemampuan karang untuk menghasilkan kalsium karbonat dan membentuk terumbu akan berkurang pula (Nybakken, 1992). Faktor yang mempengaruhi penetrasi cahaya antara lain kondisi cuaca, kekeruhan dan waktu pengamatan.

Secara umum peningkatan suhu perairan akan meningkatkan laju pertumbuhan karang. Pertumbuhan maksimum karang biasanya terjadi di musim kemarau, yaitu bersamaan dengan peningkatan suhu perairan. Namun peningkatan suhu secara terus-menerus akan membuat pertumbuhan karang naik sampai pada titik tertentu dan kemudian menurun karena penurunan laju metabolisme dan fotosintesis zooxanthella (Tomascik *dkk*., 1997).

Intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan selain dipengaruhi oleh posisi matahari (sudut datang terhadap bidang permukaan air) juga dipengaruhi oleh faktor perawanan (adanya awan) yang berada di atas permukaan yang dapat menghalangi atau mengurangi cahaya yang masuk ke dalam perairan. Keadaan awan di suatu tempat akan mempengaruhi pencahayaan pada waktu siang hari, kondisi ini dapat mempengaruhi

pertumbuhan karang (Goreau dan Goreau, 1959). Berkurangnya cahaya yang masuk di perairan dapat disebabkan oleh sedimentasi, kedalaman dan kenaikan permukaan air laut (Kuhl *dkk.,* 1995).

Terumbu karang merupakan simbiosis antara hewan karang dengan Zooxanthella yang memerlukan cahaya matahari untuk melakukan fotosintesis, maka intensitas cahaya matahari menjadi salah satu faktor penting bagi pertumbuhan terumbu karang. Respon cahaya yang dapat diterima oleh Zooxanthella pada jaringan polip karang bervariasi pada setiap jenis. Laju fotosintesis akan berkurang apabila intensitas cahaya matahari tidak optimal dan bersamaan dengan itu, kemampuan karang untuk membentuk terumbu ($CaCO_3$) akan berkurang pula (Dahuri, 2003). Proses fotosintesis oleh alga menyebabkan bertambahnya produksi kalsium karbonat dengan menghilangkan karbon dioksida dan merangsang reaksi kimia sebagai berikut :

$$Ca(HCO_3) \longleftrightarrow CaCO_3 + H_2CO_3 \longleftrightarrow H_2O + CO_2$$

Fotosintesis oleh alga yang bersimbiosis membuat karang pembentuk terumbu menghasilkan deposit cangkang yang terbuat dari kalsium karbonat, kira-kira 10 kali lebih cepat daripada karang yang tidak membentuk terumbu (ahermatipik) dan tidak bersimbiose dengan Zooxanthella. Banyak karang

mampu bertahan hidup dan bertumbuh tanpa makan, selama *Zooxanthella* memiliki cukup cahaya matahari untuk berfotosintesis (Castro dan Huber, 2007).

Cahaya memiliki korelasi penting dengan kedalaman, karena kedalaman akan memberikan dampak secara tidak langsung terhadap pertumbuhan karang. Selain itu, kedalaman berhubungan dengan kemampuan daya tembus cahaya matahari kedalam kolom air (Rachmawati, 2001).

Kompensasi binatang karang terhadap cahaya ada pada intensitas cahaya berkisar antara 300-500 f.c Kedalaman penetrasi cahaya matahari mampu mempengaruhi pertumbuhan karang hermatipik sehingga dapat mempengaruhi penyebarannya, bahkan jumlah spesies berkurang secara nyata pada kedalaman penetrasi cahaya sebesar 15 - 20% dari penetrasi cahaya permukaan yang secara cepat menurun mulai dari kedalaman 10 m (Nybakken, 1992). Kecerahan perairan juga penting bagi pertumbuhan dan sangat mendukung proses reproduksi dan rekruitmen hewan karang (Jokiel, 1985; Tomascik dan Sander, 1987). Jumlah atau lama penyinaran adalah faktor yang sangat mempengaruhi pertumbuhan karang (Wood, 1983).

2) Sedimentasi

Keberadaan sedimen di area terumbu karang mempunyai pengaruh negatif dan salah satu bentuk ancaman terhadap pertumbuhan terumbu karang. Sedimentasi dapat menghambat pertumbuhan terumbu karang bahkan dapat menyebabkan kematian. Terumbu karang tidak dapat hidup di daerah yang sedimentasinya tinggi. konsentrasi partikel tersuspensi di air menyebabkan kontraksi polip, meningkatnya sekresi *mucus*, menipisnya jaringan karang dan keluarnya Zooxanthella. Bila keadaan ini berlangsung lama akan mengakibatkan kematian karang. Menurut Dahuri *dkk.,* (2001) sedimentasi dapat menyebabkan kematian pada karang baik secara langsung maupun tidak langsung. Sedimentasi yang besar dan banyak dapat langsung mematikan binatang karang (Hubbard dan Pocock, 1972; Bak dan Elgersuizen, 1976). Sedangkan pengaruh tidak langsung adalah terjadinya penurunan penetrasi cahaya matahari untuk fotosintesis alga *simbiot* atau *Zooxanthella*, dan banyaknya energi yang dikeluarkan untuk menghalau sedimen yang berakibat turunnya laju pertumbuhan karang. (Pastorok dan Bilyard, 1985)

Sedimentasi yang tinggi berkorelasi positif terhadap kekeruhan yang tinggi, sehingga menyebabkan berkurangnya kecerahan yang berakibat pula terhadap penetrasi cahaya dalam suatu perairan. Menurut

Supriharyono (2007), bahwa ada sedimen yang dikenal dengan *carbonat sediment*, yaitu sedimen yang berasal dari erosi karang-karang yang terjadi secara fisika ataupun biologis (*bioerosion*). Bioerosi ini biasanya dilakukan oleh hewan-hewan laut, seperti bulu babi, ikan, bintang laut dan sebagainya. Keberadaan sedimen ini, baik *terrigeneous sediments* maupun *carbonat sediment*, menyebabkan perairan disekitar terumbu karang menjadi keruh, terutama setelah terjadi hujan besar atau badai, dan ini dapat mempengaruhi kehidupan karang. Efek dari sedimentasi dapat menyebabkan bioerosi pada karang oleh berbagai organisme *macroboring* seperti spons, cacing, bivalva (Macdonald dan Perry, 2003).

Menurut Burke *dkk.,* (2002), bahwa sedimen dalam kolom air laut dapat mempengaruhi pertumbuhan karang, atau bahkan menyebabkan kematian karang.

Sedimentasi menyebabkan penurunan laju fotosintesis, peningkatan respirasi, dan produksi *mucus* (Yentsch *dkk.,* 2002; Phillipp dan Fabricius, 2003). Peningkatan sedimentasi pertumbuhan karang terhambat, karang mengalami penurunan densitas *Zooxanthella*, dan memperlihatkan terjadinya kerusakan jaringan (Rogers, 1990). Kajian melalui mekanisme *shading* dan *smothering* sedimen dapat menyebabkan pertumbuhan karang terhambat atau bahkan mematikannya (Hubbard, 1997). Sedimentasi juga

merupakan faktor utama yang mengakibatkan kematian karang batu pada saat proses rekrutmen melalui mekanisme *smothering* (Fabricius *dkk.,* 2003).

Kemampuan karang dalam menangkal pengaruh sedimen berkaitan dengan ukuran fisika (diam) hewan karang. Semakin besar ukurannya, semakin kecil peluang partikel sedimen menutupinya. Selain itu, sedimen yang kaya akan unsur hara akan menyebabkan peningkatan kesuburan di perairan sekitar terumbu karang dan mempercepat laju pertumbuhan makroalga. Biomassa makroalga yang besar dapat menutupi karang sehingga memiliki efek seperti halnya penutupan karang oleh partikel sedimen yang besar (Rachmawati, 2001).

Pada tingkat jaringan, sedimentasi mempengaruhi ketebalan jaringan polip karang (Barnes dan Lough, 1999). Kondisi stress pada karang yang diakibatkan oleh sedimentasi juga dapat terlihat dari menurunnya densitas *Zooxanthella* dan konsentrasi klorofil pada jaringan polip karang (Philipp dan Fabricius, 2003). Phillip dan Fabricius (2003) mengemukakan bahwa penutupan sedimen terhadap fragmen karang memperlihatkan penurunan komposisi *Zooxanthella* dan konsentrasi klorofil terhadap unit luas dan waktu. Setelah 36 jam komposisi *Zooxanthella* pada terumbu karang yang terekspos sedimen memiliki

densitas 1,5-1,9 x 10^6 sel/cm^2, sementara pada terumbu karang kontrol densitas mencapai 2,6-4,1 x 10^6 sel/cm^2.

Beberapa jenis karang yang rentan terhadap sedimentasi, namun ada juga jenis karang yang tahan terhadap sedimentasi, yang tentunya akan berpengaruh terhadap ekologi serta komposisi dari komunitas karang batu (Stafford-Smith, 1993). Sedimentasi juga menghalangi dan mencegah sinyal bio-kimia larva hewan karang untuk mengenali substrat yang akan ditempelinya (Tomascik dan Sender, 1987).

3) Nitrat (NO_3)

Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi merupakan proses penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung dalam kondisi anaerob. Nitrat adalah bentuk utama nitrogen diperairan alami dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan alga (Effendi, 2003). Pengaruh sedimentasi yang diikuti oleh peningkatan nutrien berlebih diperairan terumbu karang dapat meningkatkan pertumbuhan makro alga dan menimbulkan penyakit pada karang. Pertumbuhan makro alga yang cepat akan menjadi kompetitor ruang bagi pertumbahan karang (MacDonal dan Terry, 2003).

Karang secara umum berkembang baik pada lingkungan perairan dengan kadar nutrien yang rendah (Grover, 2003 *dalam* Wibowo, 2010). Nutrien yang tinggi di perairan dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman dan alga juga meningkat. Biomassa makroalga yang besar dapat menutupi karang sehingga memiliki efek seperti halnya penutupan karang oleh partikel sedimen yang besar (Rachmawati, 2001). Pengaruh alga terhadap organisme karang karena peningkatan nutrien pada terumbu karang memberikan pengaruh terhadap struktur dan komunitas karang (Tomascik dan Sender, 1987; Wittenberg dan Hunte, 1992). Peningkatan nutrien menyebabkan pertumbuhan alga semakin meningkat memungkinkan alga bersaing dengan organisme karang ataupun organisme *sessile* (Birkeland, 1977 dan 1988; Pastork dan Bilyard, 1985).

Pengaruh anthropogenik menyebabkan eutrifikasi di kawasan terumbu karang yang hidup di perairan pantai (Berner dan Izhaki, 1994). Bahwa karang dipengaruhi secara langsung oleh peningkatan konsentrasi nitrogen yang menyebabkan terjadinya peningkatan pertumbuhan populasi Zooxanthella (Hoegh-Guldberg dan Smith, 1989; Dubinsky *dkk.,* 1990; Stambler *dkk.,* 1991; Stimson dan Kinzie, 1991; Hoegh-Guldberg, 1994, Marubini dan Davies, 1996; Muller-Parker dan D'Elia, 1997) dalam kadar yang berlebihan

akan menyebabkan efek berbalik dalam menurunkan laju pertumbuhan karang (Stambler *dkk.,* 1991; Ferrier-Pages *dkk.,* 2000; Dubinsky *dkk.,* 1990; Hoegh-Guldberg *dkk.,* 1997; Marubini dan Davies, 1996). Alga *Zooxanthella* membutuhkan nutrien untuk melakukan proses fotosintesis. Selain hidrogen, karbon, dan oksigen terdapat elemen esensial lain yang dibutuhkan fitoplankton untuk berfotosintesis dan tumbuh, yaitu nitrogen dan fosfor. Nitrogen di laut tersedia dalam berbagai jenis bentuk garam organik seperti nitrat, nitrit, amonia, dan berbagai jenis senyawa nitrogen seperti asam amino dan urea, atau sebagai nitrogen molekuler. Alga umumnya lebih menggunakan amonia, nitrat, dan nitrit (Tomascik *dkk.,* 1997). Kepadatan nitrogen anorganik di perairan memiliki bentuk berupa nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), amonia (NH_3) dan amonium (NH_4). Keempat bentuk nitrogen tersebut termasuk dalam ion yang berjumlah sedikit (*minor ion)* di perairan (Effendi, 2003).

Peningkatan nutrien diduga sebagai penyebab utama terumbu karang lokal mengalami degradasi, seperti yang dicobakan pada koloni karang *Stylophora pistillata* dan *Acropora spp* yang terkena 40 µM dari NH_4^+ dan 30 µM NO_3^-. Nutrien juga dapat menghasilkan dampak sinergis ketika karang terkena faktor tekanan lingkungan lainnya (Yuen *dkk.,* 2008). Kepadatan nitrat

yang berlebihan di suatu perairan diduga akan mempengaruhi reproduksi karang (Koop *dkk.,* 2001). Kepadatan nitrat di suatu perairan dikatakan tinggi apabila melebihi nilai 0,008 mg/l.

Kisaran nitrat 0,0013-0,005 mg/l di perairan *Great Barrier Reef* dapat menurunkan laju pertumbuhan karang sampai 20%. Menurut Effendi (2003) kadar nitrat diperairan alami hampir tidak pernah melebihi 0,1 mg/l. Kadar nitrat lebih dari 5 mg/l menandakan telah terjadi pencemaran anthropogenik dari aktifitas manusia. Kadar nitrat dari 0,2 mg/l berpotensi untuk dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi dan selanjutnya memicu pertumbuhan alga dan tumbuhan air secara cepat.

Nutrien dibutuhkan dalam jumlah sedikit oleh terumbu karang terkait dengan kebutuhan alga simbion Zooxanthella. Secara alami terumbu karang mampu mengkonversi keberadaan nutrien dengan memiliki katabolisme protein yang rendah serta mengkatabolis lipid dan karbohidrat, dalam jumlah yang cukup banyak justru akan membahayakan bahkan dapat menyebabkan kematian karang. Terumbu karang tidak dapat beradaptasi pada saat pengkayaan nutrien terjadi, umumnya mereka tidak mampu berkompetensi dengan makroalga bentik. Pengkayaan nutrien juga dapat menurunkan laju kalsifikasi karena fosfat akan mengikat

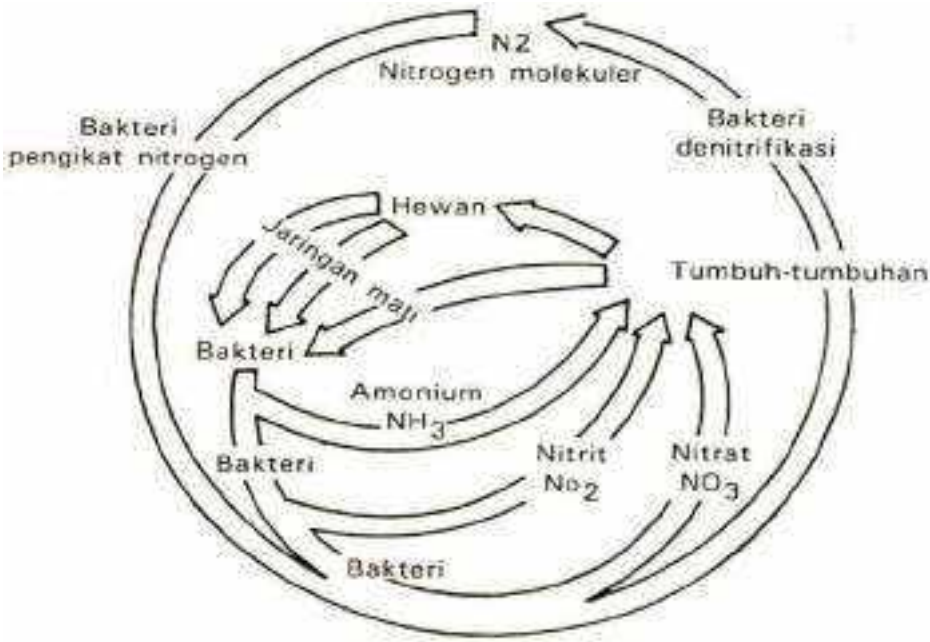
kristal aragonite pada saat proses kalsifikasi. Kelayakan kadar nitrat untuk pertumbuhan rumput laut menurut Kapraun (1978) dan Andarias (1977) berkisar 1,0-3,5 ppm dan 0,9-3,5 ppm apabila kadar nitrat dibawah 0,1 atau di atas 35 mg/l maka nitrat dapat merupakan faktor pembatas.

Budidaya rumput laut masih dapat dilakukan dengan berhasil pada kondisi dimana ketersediaan nitrogen rendah, selama pergerakan air dapat menjamin penyerapan unsur hara (Neish, 2009). Pada kondisi berbeda, invasi rumput laut pada daerah terumbu karang berhubungan dengan eutrofikasi dan pergerakan badan air (Grigg, 2003).

Gas nitrogen banyak terdapat di atmosfer, yaitu 80% dari udara. Nitrogen bebas dapat ditambat/difiksasi terutama oleh tumbuhan yang berbintil akar (misalnya jenis polongan) dan beberapa jenis ganggang. Nitrogen bebas juga dapat bereaksi dengan hidrogen atau oksigen dengan bantuan kilat/ petir.

Tumbuhan memperoleh nitrogen dari dalam tanah berupa amonia (NH_3), ion nitrit ($N0_2$), dan ion nitrat ($N0_3$). Beberapa bakteri yang dapat menambat nitrogen terdapat pada perairan, selain itu terdapat tumbuhan yang dapat mengikat nitrogen secara langsung, yakni *Anabaena* sp. (ganggang biru).

Nitrogen yang diikat biasanya dalam bentuk amonia. Amonia diperoleh dari hasil penguraian jaringan yang mati oleh bakteri. Amonia ini akan dinitrifikasi oleh bakteri nitrit, yaitu Nitrosomonas dan Nitrobacter sehingga menghasilkan nitrat yang akan diserap oleh karang. Selanjutnya oleh bakteri denitrifikan, nitrat diubah menjadi amonia kembali, dan amonia diubah menjadi nitrogen yang dilepaskan ke udara. Dengan cara ini siklus nitrogen akan berulang dalam ekosistem.



Gambar 4.1 Daur nitrogen di laut
(Davis, 1986 *dalam* Romimohtarto dan Juwana, 2001).

4) Amonia (NH3)

Amonia merupakan salah satu bentuk nitrogen anorganik lainnya selain nitrat dan fosfat. Amonia yang

berada di perairan berasal dari proses pemecahan nitrogen anorganik oleh mikroba dan jamur. Sumber amonia lainnya berasal dari hasil ekskresi zooplankton dan ikan. Amonia akan bersifat racun apabila tidak terionisasi dan tingkat racun tersebut akan meningkat seiring dengan penurunan kadar oksigen terlarut, pH dan suhu (Effendie, 2003). Unsur N yang terkandung dalam amonia dibutuhkan rumput laut untuk menunjang pertumbuhan, reproduksinya dan pembentukan senyawa-senyawa organik, seperti karbohidrat, protein dan lemak.

5) Ortofosfat

Ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan aquatik. Sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis untuk membentuk ortofosfat terlebih dahulu, sebelum dapat dimanfaatkan sebagai sumber fosfor. Keberadaan fosfor dan nitrogen diperairan memiliki peran penting sebagai nutrien bagi ekosistem terumbu karang. Keberadaan fosfor secara berlebihan dengan diiringi keberadaan nitrogen dapat menstimulir ledakan pertumbuhan alga.

Koop (2001) menyatakan bahwa penambahan kadar nutrien (nitrat dan fosfat) mengakibatkan meningkatnya sintasan karang. Effendie (2003) menyatakan keberadaan fosfor yang berlebihan disertai dengan keberadaan nitrogen akan memacu tumbuhnya

alga sehingga terbentuk lapisan yang dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari. Fluktuasi asupan nutrien ke perairan pesisir di pengaruhi oleh musim, dimana pada musim hujan asupan nutrien lebih tinggi dibandingkan pada saat musim kemarau selain itu asupan nutrien bisa juga berasal dari perairan laut disekitarnya (Damar, 2003).

Graber (2012) dalam penelitiannya membuktikan bahwa peningkatan kadar fosfat meningkatkan laju pertumbuhan *Acropora muricata*. Penelitian ini mematahkan penelitian sebelumnya yang mengatakan bahwa tingkat pertumbuhan karang menurun dengan semakin meningkatnya kadar fosfat.

Nutrisi sangat mempengaruhi pertumbuhan koloni karang. Karang memiliki kemampuan hidup dalam perairan miskin nutrien dan mampu beradaptasi terhadap kenaikan nutrien yang bersifat periodik, seperti *run off*. Karang tidak dapat beradaptasi terhadap kenaikan nutrien secara mendadak dalam jumlah besar. Rendahnya tutupan makroalga merupakan indikasi bahwa terumbu karang memiliki lingkungan perairan yang belum banyak tercemar nutrien (oligotrofik).

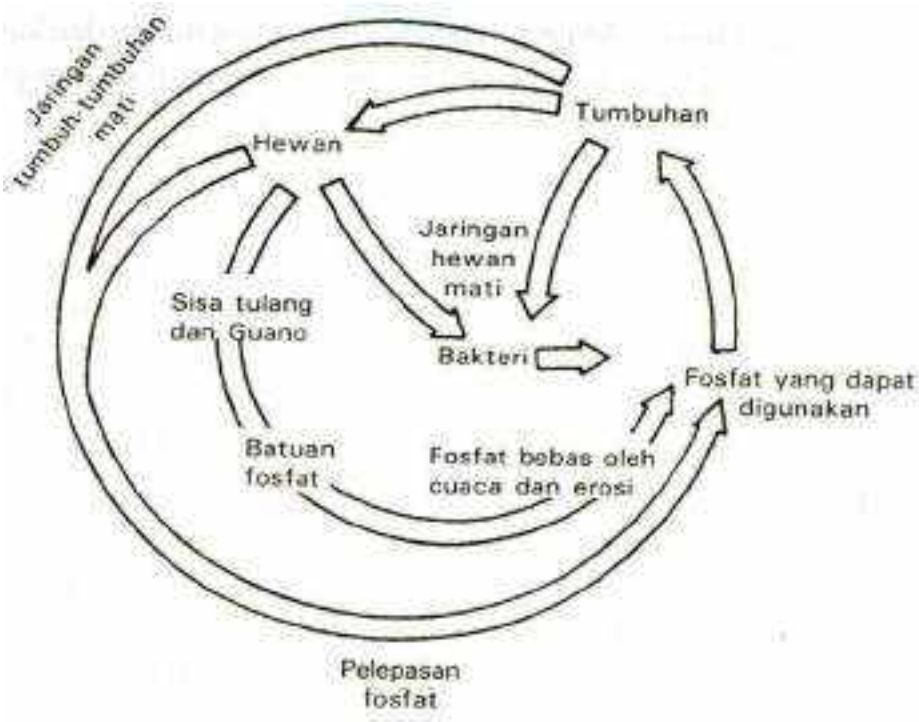
Fosfor merupakan unsur yang esensial bagi tumbuhan tingkat tinggi dan alga, sehingga unsur ini menjadi salah satu faktor pembatas bagi tumbuhan dan

alga. Ortofosfat yang merupakan produk ionisasi dari asam ortofosfat adalah bentuk fosfor yang paling sederhana di perairan (Byod, 1988). Jumlah fosfor (P) 10 part per billion (ppb/sepersatu miliar bagian) dapat menyebabkan *blue green algae blooming*. Dalam tempo 24 jam saja populasi alga ini bisa berkembang dua kali lipat dengan jumlah ketersediaan fosfor yang berlebihan akibat limbah fosfat. Keberadaan fosfor di perairan adalah sangat penting terutama berfungsi dalam pembentukan protein dan metabolisme bagi organisme. Fosfor juga berperan dalam transfer energi di dalam sel misalnya *adenosine triphosfate* (ATP) dan *adenosine diphosphate* (ADP). Kisaran kadar fosfat yang optimal untuk menunjang pertumbuhan rumput laut adalah berkisar antara 0,1-3,5 ppm (Kapraun, 1978).

Secara umum nilai ortofosfat tidak boleh melebihi ambang batas kisaran berdasarkan baku mutu air untuk biota laut yang ditetapkan dalam Kep. No. 51/MENLH/2004 yaitu 0,015 mg/l. Kisaran ortofosfat 0,00025-0,00031 mg/l diperairan *Great Barrier Reef* dapat menurunkan laju pertumbuhan karang sampai 20% (Tomascik dan Sander, 1987).

Di alam fosfor terdapat dalam dua bentuk, yaitu senyawa fosfat organik (pada tumbuhan dan hewan) dan senyawa fosfat anorganik (pada air dan tanah). Fosfat organik dari hewan dan tumbuhan yang mati diuraikan

oleh dekomposer (pengurai) menjadi fosfat anorganik. Fosfat anorganik yang terlarut di air laut akan terkikis dan mengendap di sedimen laut. Oleh karena itu, fosfat banyak terdapat di batu karang dan fosil. Fosfat dari batu dan fosil terkikis dan membentuk fosfat anorganik terlarut di perairan. Fosfat anorganik ini kemudian akan diserap oleh akar tumbuhan karang lagi. Siklus ini berulang terus menerus.



Gambar 4.2 Daur fosfor di laut
(Davis, 1986 *dalam* Romimohtarto dan Juwana, 2001).

6) Kalsium (Ca)

Unsur kalsium dibutuhkan oleh rumput laut untuk pertumbuhan, reproduksi dan untuk pembentukan cadangan makanan berupa kepadatan senyawa-senyawa organik. Kalsium berperan dalam pertumbuhan sel, menguatkan, dan mengatur daya tembus, serta merawat dinding sel. proses pembelahan dan perpanjangan sel, dan mengatur distribusi hasil fotosintesis (Arwida, 2008).

7) Magnesium (Mg)

Magnesium adalah aktivator yang berperan dalam transportasi energi beberapa enzim di dalam tanaman. Unsur ini sangat dominan keberadaannya di daun, terutama untuk ketersediaan klorofil. Jadi kecukupan magnesium sangat diperlukan untuk memperlancar proses fotosintesis. Unsur itu juga merupakan komponen inti pembentukan klorofil dan enzim di berbagai proses sintesis protein. Kekurangan magnesium menyebabkan sejumlah unsur tidak terangkut karena energi yang tersedia sedikit. Yang terbawa hanyalah unsur berbobot ringan' seperti nitrogen. Akibatnya terbentuk sel-sel berukuran besar tetapi encer. Jaringan menjadi lemah dan jarak antar ruas panjang. Ciri-ciri persis seperti gejala etiolasi-kekurangan cahaya pada tanaman (Arwida, 2008).

8) Kedalaman

Karang hermatipik ditemukan dari daerah permukaan atau dari daerah intertidal sampai kedalaman 70 m, akan tetapi pada umumnya ditemukan sampai kedalaman 50 m. Kebanyakan terumbu karang tumbuh pada kedalaman kurang dari 25 m. Keanekaragaman spesies dan pertumbuhan terbaik ditemukan pada kedalaman antara 3 sampai 10 m (Nybakken, 1992). Zooxanthella sebagai alga simbiotik memerlukan cahaya, tanpa cahaya yang cukup laju fotosintesis akan berkurang dan kemampuan karang dalam menghasilkan kalsium karbonat akan berkurang.

Titik kompensasi untuk karang yaitu kedalaman dimana intensitas cahaya berkurang hingga 15-20 % dari intensitas di permukaan (Nybakken 1992). Karang hermatipik mampu membentuk kerangka kapur 2-3 kali lebih cepat di tempat terang dibandingkan di tempat yang gelap (Veron, 1986). Berkaitan dengan pengaruh cahaya terhadap karang, faktor kedalaman juga membatasi kehidupan binatang karang. Perairan yang jernih memungkinkan penetrasi cahaya bisa sampai pada lapisan yang sangat dalam, sehingga binatang karang juga dapat hidup pada perairan yang cukup dalam. Secara umum karang tumbuh baik pada kedalaman kurang dari 20 m (Kinsman, 1964). Distribusi vertikal terumbu karang mencapai kedalaman efektif sekitar 10 m dari

permukaan laut dan perbedaan kedalaman juga dapat mempengaruhi bentuk koloni suatu karang (Dahuri *dkk.,* 1996).

BAB V
Pertumbuhan Sintasan Karang dan Rumput Laut

Kegiatan budidaya rumput laut oleh masyarakat tergantung pada musim (musim angin muson barat dan musim angin muson timur), dimana jika musim angin muson timur aktifitas budidaya mereka berada pada perairan yang agak terbuka sedangkan apabila musim barat tiba kegiatan budidaya mereka terpusat pada bagian tanjung pulau. Hal ini dilakukan untuk menghindari hempasan ombak pada lokasi budidaya. Aktifitas budidaya masyarakat ini masih tergolong tradisional.

5.1 Laju Pertumbuhan Dan Sintasan Karang *Acropora formosa*

Dalam penelitian ini pertumbuhan karang yang dimaksud ialah pertambahan panjang linier spesies karang oleh kenaikan massa kerangka kapur.

Laju pertumbuhan karang cenderung meningkat dengan semakin meningkatnya jarak tanam rumput laut dan kedalaman. Pada daerah yang tidak terdapat budidaya rumput laut terlihat laju pertumbuhan karang terlihat lebih tinggi

dibandingkan dengan daerah yang terdapat budidaya rumput laut.

Rata-rata laju pertumbuhan karang terendah diperoleh pada perlakuan jarak tanam 10 cm kedalaman 2 m, yakni 0,013 cm/hari dan tertinggi pada perlakuan 30 cm kedalaman 5 m yakni 0, 040 cm/hari. Hasil analisis ragam (ANOVA) menunjukan bahwa pengaruh interaksi antara jarak tanam dengan kedalaman signifikan terhadap laju pertumbuhan karang *Acropora formosa* di tiga stasiun yang diteliti. Pengaruh utama jarak tanam dan kedalaman sangat signifikan (P<0,01) berpengaruh terhadap laju pertumbuhan karang *Acropora formosa.* Laju petumbuhan karang nampak juga berbeda berdasarkan kelompok periode tanam.

Hasil analisis ragam (ANOVA) yang dilakukan secara parsial pada masing-masing kelompok periode tanam menunjukkan bahwa pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman serta pengaruh utama jarak tanam tidak menunjukan perbedaaan yang signifikan (P>0,05) sedangkan kedalaman menunjukan pengaruh yang signifikan.

Membandingkan hasil dua analisis ragam yaitu analisis secara simultan yang menggabungkan dua periode tanam menggunakan disain eksperimen faktorial pola kelompok dan analisis parsial pada masing-masing kelompok periode tanam menggunakan faktorial pola RAL maka hasilnya memperlihatkan bahwa jarak tanam tidak berpengaruh

terhadap pertumbuhan karang jika dilihat hanya pada setiap periode tanam, namun pengaruhnya terllihat signifikan ketika periode tanam dikelompokkan (dianalisis secara simultan). Dari hasil pembadingan ini dapat disimpulkan bahwa pengaruh jarak tanam tidak signifikan terhadap laju pertumbuhan karang dalam jangka pendek namun dalam jangka panjang pengaruhnya baru terlihat nyata, artinya adalah dampak dari pengaruh budidaya rumput laut menggunakan tiga jarak tanam tersebut secara perlahan dan terakumulasi sehingga akan terlihat nyata setelah dua periode tanam. Konsistensi hasil analisis yang menujukkan adanya perngaruh siignifikan kedalaman 2 dan 5 m baik pada analisis parsial pada setiap periode tanam maupun analisis secara simultan menunjukan bahwa pengaruh kedalaman terhadap laju pertumbuhan karang dampaknya lebih cepat jika dibandingkan dengan pengaruh jarak tanam dan nyata terlihat dalam jangka pendek. Hal ini sesuai dengan pendapat Mwaura (2009) bahwa intensitas cahaya akan berkurang dengan bertambahnya kedalaman, sedangkan Intensitas cahaya yang rendah dapat menyebabkan jumlah zooxanthela menjadi berkurang dan sebaliknya.

Rata-rata laju pertumbuhan karang *Acropora formosa* pada kombinasi perlakuan jarak tanam 10 cm dan kedalaman 2 m sebesar 0,021 ± 0,004 cm/hari sedangkan rata-rata tertinggi yang dicapai pada perlakuan jarak tanam 30 cm dan kedalaman 5 m sebesar 0,033 ± 0,007 cm/hari.

1. Laju Pertumbuhan Karang *Acropora formosa* Berdasarkan Jarak Tanam

Hasil uji beda rerata laju pertumbuhan karang *Acropora formosa* antar jarak tanam menunjukkan bahwa rata-rata laju pertumbuhan pada jarak tanam 30 cm (0,0283 ± 0,007 cm/hari) signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata pada jarak tanam 10 cm (0,0250 ± 0,008 cm/hari). Rata-rata laju pertumbuhan karang pada jarak tanam 20 cm (0,027 ± 0,007 cm/hari) tidak signifikan berbeda dengan laju pertumbuhan karang pada jarak tanam 10 dan 30 cm.

Hasil uji Dunnet menunjukkan bahwa laju pertumbuhan karang *Acropora formosa* pada ketiga jarak tanam signifikan berbeda lebih rendah dibandingkan dengan laju pertumbuhan karang tanpa budidaya (kontrol).

Tabel 5.1 Rata-rata Laju Pertumbuhan Karang *Acropora formosa* (cm/hari) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut

Perlakuan dan Kontrol	Rata-rata ± SD	N
10 cm	0,0250± 0,0081[a]	60
20 cm	0,0265± 0,0072[ab]	60
30 cm	0,0283± 0,0075[b]	60
Kontrol	0,0414± 0,0084[c]	60

Keterangan : huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signisfikan berdasarkan hasil uji HSD Tukey (α = 0,05) dan hasil uji Dunnet antar kontrol dan ketiga perlakuan.

Mengacu pada hasil dalam tabel 5.1 diatas maka terlihat bahwa laju pertumbuhan karang dibawah budidaya rumput laut yang dipelihara dalam rakit apung berbanding lurus dengan jarak tanam rumput laut dalam rakit apung. Pertumbuhan karang menurun dengan semakin rapatnya atau menurunnya jarak tanam.

Penurunan laju pertumbuhan karang dengan semakin rapatnya jarak tanam disebabkan oleh menurunnya intensitas cahaya yang menembus ke dasar perairan sehingga menghambat pertumbuhan karang. Perbedaan intensitas cahaya yang diterima karang *Acropora formosa* yang disebabkan karena kerapatan jarak tanam. Perbedaan intensitas cahaya dapat menyebabkan perbedaan kelimpahan zooxanthella yang terdapat pada koloni karang, dimana kenaikan intensitas cahaya berbanding lurus dengan kenaikan kelimpahan zooxanthella, tanpa intensitas cahaya yang cukup laju fotosintesis akan berkurang dan bersamaan dengan itu kemampuan karang untuk menghasilkan kalsium karbonat dan membentuk terumbu akan berkurang pula (Fachrurrozie *dkk*., 2012). Secara umum zooxanthella yang terkandung pada terumbu karang normal adalah berkisar 0,23 – 1,75 x 10^6 sel/cm^2 (Costa *dkk*., 2000). 90% energi dari fotosintesis zooxanthella di berikan untuk kebutuhan *polip* (Leletkin, 2000).

Zooxanthella membutuhkan cahaya matahari yang cukup untuk melakukan fotosintesis dalam menghasilkan kalsium karbonat yang mempengaruhi kecepatan pertumbuhan karang (Rani *dkk*., 2004). Sumber nutrisi karang 75-99% berasal dari zooxanthella (Tackett dan Tackett, 2002).

Bila intensitas cahaya lebih tinggi tentu jumlah zooxanthella yang bisa memanfaatkannya lebih banyak, yang menyebabkan densitas zooxanthella di dalam lapisan endoderm karang lebih padat. Sebaliknya bila intensitas cahaya yang tersedia lebih kecil menyebabkan densitas zooxanthella di dalam lapisan endoderm karang inang lebih rendah (Fachrurrozie *dkk*., 2012).

Jarak tanam 10 cm dan 20 cm lebih rapat jika dibandingkan jarak tanam 30 cm. Pada jarak tanam yang lebih rapat sedimen yang terperangkap lebih banyak dan pada saat proses pembersihan kotoran turun, mengendap di dasar perairan dan menyebabkan sedimentasi tinggi. Penelitian yang dilakukan Phillip dan Fabricius (2003) menunjukan bahwa karang yang terkena sedimentasi tinggi dalam jangka waktu lebih dari 24 jam akan menyebabkan penurunan jumlah zooxanthelae bahkan dapat menyebabkan pemutihan (bleaching) pada karang.

Rumput laut yang bersifat fragil apabila patah dan rusak akan turun ke dasar perairan, diduga berdampak pula

terhadap kesehatan karang *Acropora formosa* sehingga dapat menyebabkan pertumbuhan karang terhambat.

Fakta yang didapatkan dari hasil analisis bahwa budidaya rumput laut dengan menggunakan rakit apung yang ditempatkan pada kedalaman 2 dan 5 m dengan jarak tanam sampai 30 cm memiliki dampak negatif terhadap pertumbuhan karang. Penurunan laju pertumbuhan karang dengan jarak tanam 30 cm mampu menurunkan 31,57 % dari kondisi normal tanpa budidaya atau menurun dari 0,0414 menjadi 0,0283 cm/hari.

2. Laju Pertumbuhan Karang Berdasarkan Kedalaman

Laju pertumbuhan karang yang didapatkan selama penelitian menunjukkan bahwa rata-rata laju pertumbuhan pada perairan dengan kedalaman 2 m (0,0224 ± 0,0047 cm/hari) lebih rendah dibandingkan dengan kedalaman 5 m (0,0308 ± 0,0078 cm/hari). Rendahnya laju pertumbuhan karang pada kedalaman 2 m disebabkan oleh tingginya sedimentasi yang mencapai rata-rata 31,24 mg/cm^2/hari dibandingkan dengan sedimentasi di kedalaman 5 m yang mencapai rata-rata 21,65 mg/cm^2/hari.

Sedimentasi karang dalam penelitian disebabkan karena rumput laut yang dibudidayakan diatas karang akan menjebak partikel-partikel dan kotoran-kotoran yang dalam jumlah yang besar, pada saat dibersihakan akan turun dan mengendap di permukaan karang.

Terjadinya penurunan laju pertumbuhan karang melalui mekanisme: pertama, sedimen yang tersuspensi menghalangi cahaya yang diperlukan untuk fotosintesis zooxanthella, fotosintesis menjadi faktor penting dalam mendukung pertumbuhan jaringan. Ketika proses fotosintesis terganggu akan mempengaruhi tingkat pertumbuhan jaringan. Karang memperoleh sebagian besar energi dan nutrisinya melalui dua cara, yaitu melalui hasil fotosintesis oleh zooxanthella atau secara langsung menangkap zooplankton dari kolom perairan (Lesser, 2004).

Kedua, sedimen menutupi permukaan koloni karang yang menyebabkan kerusakan jaringan, mekanisme untuk menghilangkan sedimen dari permukaan koloni melalui silia, pergerakan tentakel dan sekresi mukus memerlukan waktu dan energi yang lebih sehingga akan berpengaruh terhadap akitifitas menangkap makanan (Philip dan Facricus, 2003). Butiran sedimen dapat mengendap dan menutupi koralit sehingga mengganggu proses makan karang. Polip karang harus mengeluarkan banyak lendir yang digunakan untuk melepaskan butiran-butiran yang mengendap pada tubuhnya. Pengendapan sedimen diatas koloni membuat karang mengeluarkan banyak energi untuk membersihkan diri dari sedimen tersebut, karang akan kehilangan energi selain untuk proses metabolisme dan mendapatkan makanan karang. Hilangnya energi pada

karang akan menghambat pertumbuhannya, yang mengakibatkan berkurangnya kemampuan fotosintesis akibat sedimentasi.

Sedimentasi juga merupakan faktor utama yang mengakibatkan kematian karang batu pada saat proses rekruitmen melalui mekanisme smothering (Fabricius *dkk.*, 2003). Kondisi stress pada karang yang diakibatkan oleh sedimentasi juga dapat terlihat dari menurunnya densitas zooxanthella dan konsentrasi klorofil pada jaringan polip karang (Philip dan Facricus, 2003).

Setiap jenis karang memiliki kemampuan yang berbeda untuk beradaptasi terhadap keberadaan sedimen (Hallock *dkk*., 2003). Dikatakan oleh McLaughin *dkk*., (2003) bahwa sedimen yang tersuspensi maupun yang terdeposit umumnya diketahui memberikan efek yang negatif terhadap komunitas karang. Keberadaan sedimen di area terumbu karang mempunyai pengaruh negatif. Efek dari sedimentasi dapat menyebabkan bioerosi pada karang oleh berbagai organisme macroboring seperti spons, cacing, bivalva (Macdonald dan Perry, 2003).

Menurut Yamazato (1986) tingkat sedimentasi yang sangat berat (50 mg/cm^2/hari) secara umum akan terjadi penurunan laju pertumbuhan, pengurangan kepadatan, penurunan rekruitmen, penurunan jumlah spesies dan

degradasi hebat yang keseluruhan dampaknya berujung pada kematian karang.

Faktor lain yang mungkin mempengaruhi pertumbuhan karang menjadi lambat pada kedalaman 2 m adalah tingginya kadar nutrien dalam bentuk ortofosfat (0.07 ppm) dan amonium (0.10 ppm) yang memicu pertumbuhan makroalga sehingga menyebabkan kompetisi ruang bagi karang. Secara alami terumbu karang mampu mengkonversi keberadaan nutrien dengan memiliki katabolisme protein yang rendah serta mengkatabolis lipid dan karbohidrat, dalam jumlah yang cukup banyak justru akan membahayakan bahkan dapat menyebabkan kematian karang. Terumbu karang tidak dapat beradaptasi pada saat pengkayaan nutrien terjadi, umumnya mereka tidak mampu berkompetensi dengan makroalga bentik. Pengkayaan nutrien juga dapat menurunkan laju kalsifikasi karena fosfat akan mengikat kristal aragonite pada saat proses kalsifikasi.

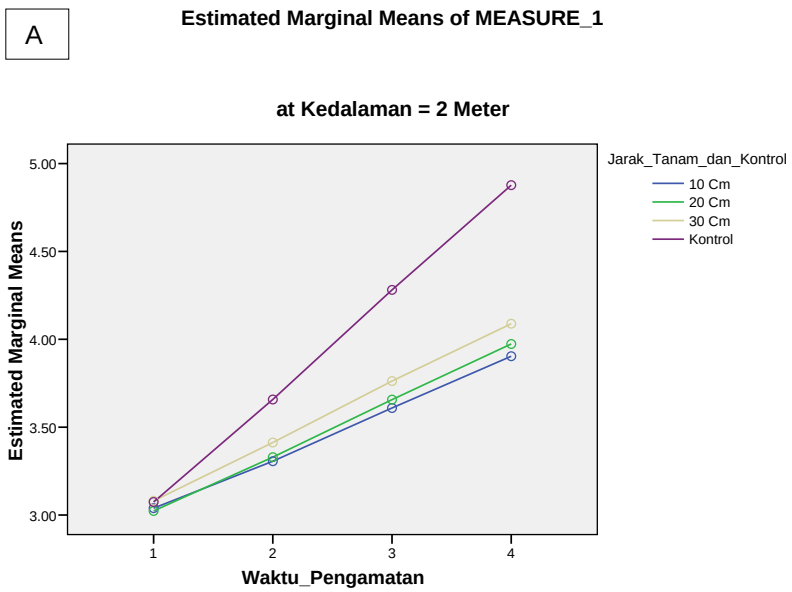
Berdasarkan fakta bahwa meskipun intensitas cahaya relatif lebih tinggi pada kedalaman 2 m, namun laju petumbuhan karang lebih lambat pada kedalaman 2 m mengindikasikan bahwa pengaruh sedimentasi lebih dominan dalam mengontrol laju pertumbuhan di perairan.

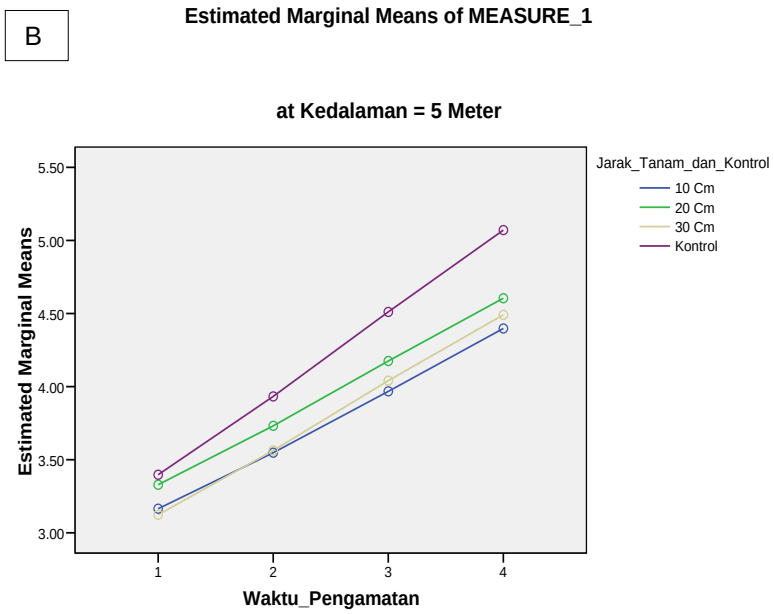
3. Proses Pertumbuhan Karang *Acropora formosa*

Proses pertumbuhan karang yang diamati dari panjang koloni karang selama 4 kali pengamatan dalam

setiap periode tanam pada setiap kombinasi perlakuan hasil analisis data menggunakan ANOVA pengukuran berulang (Repeated Measurement) menunjukkan bahwa, rata-rata panjang karang pada awal, hari ke-14, 28 dan 42 signifikan dipengaruhi oleh interaksi antara jarak tanam dan kedalaman dan pengaruh utama jarak tanam dan kedalaman.

Proses pertumbuhan panjang karang cenderung meningkat secara linier dari awal hingga akhir selama 4 periode pengamatan (Gambar 5.1)





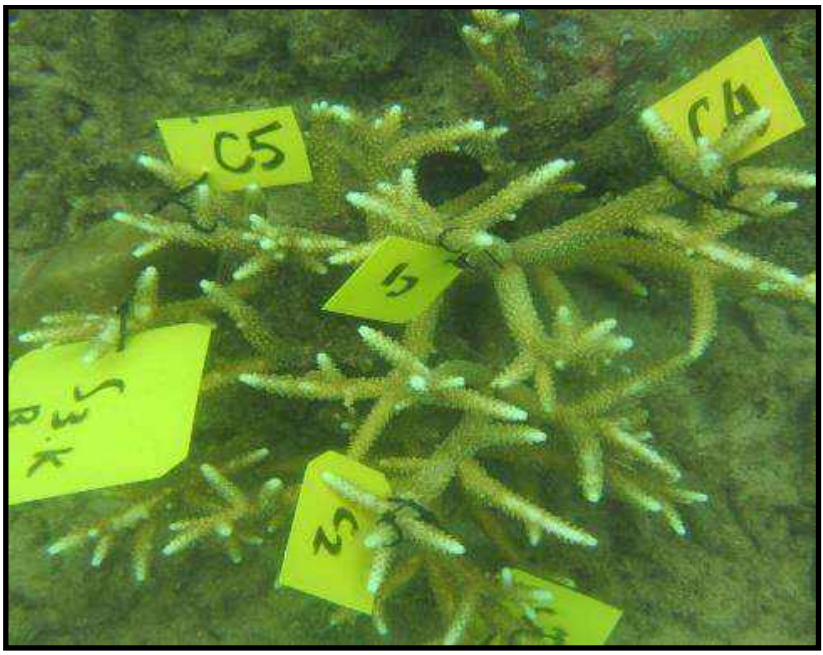
Gambar 5.1 Perubahan panjang karang *Acropora formosa* berdasarkan waktu pengamatan pada kedalaman 2 m (A) dan 5 m (B)

Berdasarkan gambar 5.1 maka terlihat bahwa perubahan rata-rata pertambahan panjang karang pada kedalaman 2 m dengan jarak tanam 30 cm cenderung lebih tinggi jika dibandingkan dengan jarak tanam 10 dan 20 cm.

Pada kedalaman 5 m rata-rata panjang karang pada jarak tanam 20 cm relatif tinggi dibanding jarak tanam 10 dan 30 cm. Meskipun gambar ini menunjukkan lebih tingginya rata-rata panjang karang pada jarak tanam 20 cm, namun perubahan total panjangnya dari hari pertama akhir sampai akhir penelitian relatif lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan jarak tanam 30 cm, hal ini menyebabkan

sehingga dalam menghitung laju pertumbuhan rata-rata pada jarak tanam 30 cm lebih tinggi dibandingkan jarak tanam 20 cm.

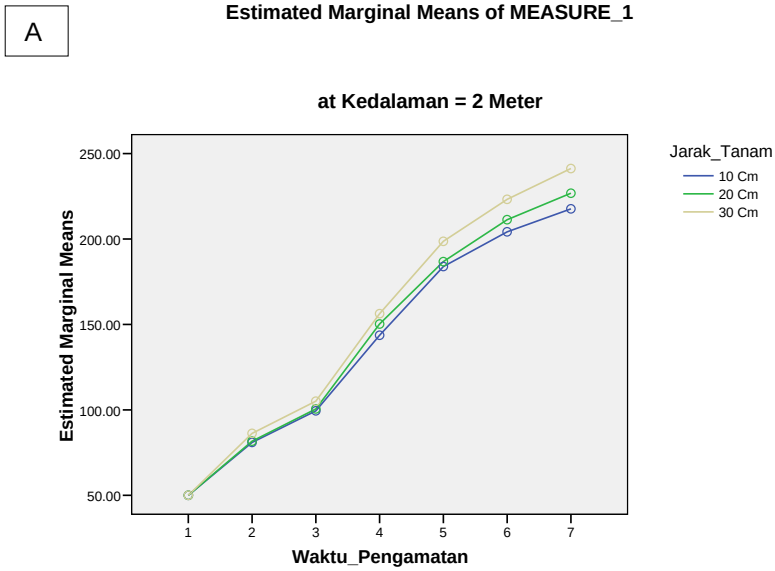
Profil grafik rata-rata panjang karang selama periode pengamatan yang menunjukkan peningkatan linier mengindikasikan bahwa dampak dari tiga jarak tanam dalam budidaya rumput laut diatas karang cenderung konstan dari waktu-kewaktu dalam 42 hari pemeliharaan rumput laut. Besarnya dampak itu dapat dilihat dari selisih kemiringan yang sangat menyolok antara ketiga perlakuan jarak tanam dengan kontrol, baik pada kedalaman 2 maupun 5 m.

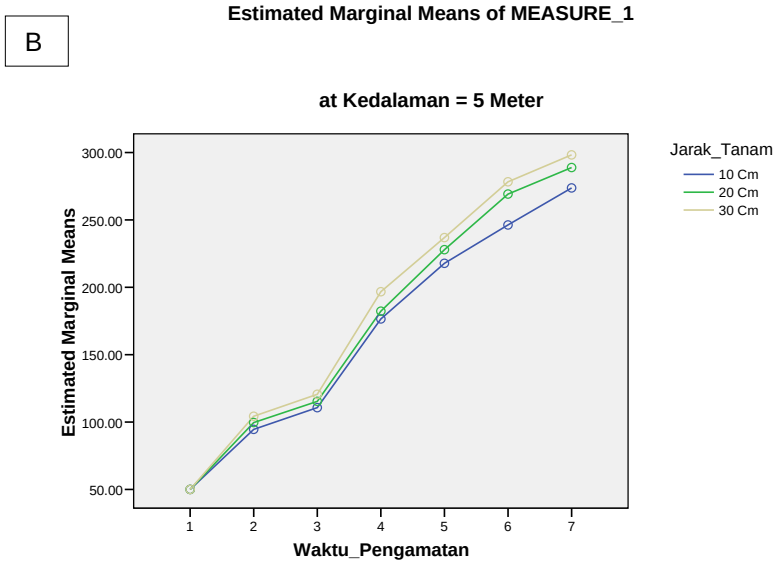


Gambar 5.2 Karang *Acropora formosa* hasil pengukuran

4. Perubahan Bobot Rumput Laut *Kappaphykus alvarezii*

Perubahan berat bobot rumput laut dari waktu ke waktu dijelaskan dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) pengukuran berulang (Repeated Measurement) dengan waktu pengukuran sebanyak 7 kali. Hasil analisis menunjukkan bahwa berat rumput laut selama 7 periode pengamatan signifikan berbeda berdasarkan waktu pengamatan, jarak tanam, kedalaman dan periode tanam. Perubahan bobot rumput laut berdasarkan jarak tanam menunjukkan perubahan yang signifikan pada periode pengamatan hari ke-7, 36 dan 42.





Gambar 5.3 Perubahan laju pertumbuhan harian rumput laut *Kappaphycus alvarezii* berdasarkan waktu pengamatan pada kedalaman 2 m (A) dan 5 m (B)

Pertumbuhan yang relatif cepat ditunjukkan pada hari ke-14 sampai 28 dan setelah itu pertambahan berat cenderung melambat. Menurut Yusnaini *dkk*., (2000) bahwa penurunan laju pertumbuhan diduga akibat cepatnya terjadi kejenuhan pembelahan sel. Rumput laut yang telah mengalami proses adaptasi kemudian mengalami fase pertumbuhan yang cepat dan kemudian terjadi penurunan kemampuan pertumbuhan sel menyebabkan pertumbuhan lambat.

5. Hubungan Antara Laju Pertumbuhan Karang *Acropora formosa* Dengan Parameter Fisika dan Kimia

Hubungan antara laju pertumbuhan karang dengan parameter fisika dan kimia dianalisis dengan menggunakan metode regresi linier berganda (metode backward). Hasil analisis menunjukkan bahwa laju pertumbuhan karang signifikan berkorelasi linier dengan beberapa parameter fisika kimia perairan. Laju pertumbuhan karang signifikan berkorelasi linier negatif dengan sedimentasi, nitrat, ortofosfat dan amonium serta berkorelari positif dengan kalsium (ca).

Hasil analisis regresi berganda menunjukkan bahwa laju pertumbuhan karang (Y) = 0,1851 – 1,3 x 10^{-5} * intensitas cahaya – 5,1x 10^{-4} * sedimentasi – 2,42 * nitrat – 0,26 * ortofosfat +1,3 x 10^{-4} * Mg (R^2 = 0,51).

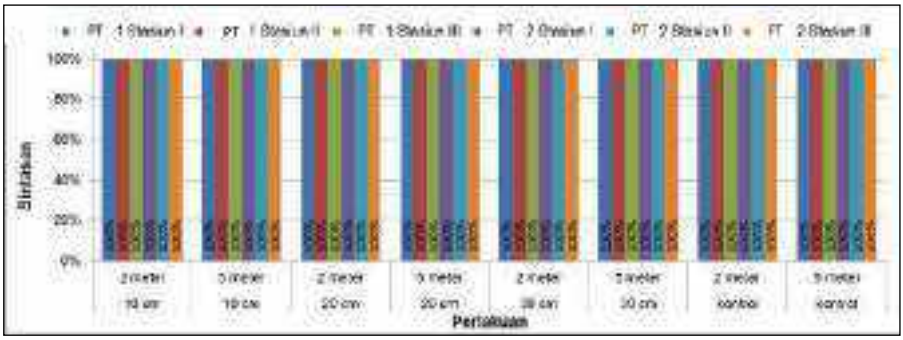
Berdasarkan persamaan regresi diatas maka terlihat bahwa ketika nitrat meningkat sebesar 1 satuan maka laju

pertumbuhan karang menurun sebesar 2,4 cm/hari dengan asumsi bahwa faktor lain dianggap konstan. Sementara perubahan intensitas cahaya, sedimentasi, kalsium (ca) dan magnesium (mg) dalam 1 satuan hanya menyebabkan perubahan yang kecil terhadap laju pertumbuhan karang.

Nilai koefisien determinasi yang relatif kecil (R^2 = 0,51) menunjukan bahwa hanya sekitar 51 % hubungan keeratan dari laju pertumbuhan karang terjelaskan oleh intensitas cahaya, sedimentasi, nitrat, ortofosfat dan magnesium (mg). Rendahnya nilai koefisien determinasi ini mengindikasikan bahwa faktor-faktor lain yang menyebabkan pertumbuhan karang dilokasi penelitian sebagian dikendalikan faktor lain yang tdak dianalisis.

6. Sintasan Karang *Acropora formosa*

Sintasan karang *Acropora formosa* yang terjadi di ketiga stasiun selama dua periode tanam disajikan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 5.4 Sintasan karang *Acropora formosa* di ketiga stasiun selama dua periode tanam

Berdasarkan dari hasil pengamatan pada akhir penelitian terhadap karang *Acropora formosa* yang bertahan hidup selama penelitian didapatkan tingkat sintasan 100%. Meskipun sintasan yang dicapzai pada tingkatan 100 % namun terlihat indikasi kondisi karang yang stress yang ditandai dengan laju pertumbuhan yang rendah dan menurun sampai 38 % atau lebih.

5.2 Laju Pertumbuhan Harian, Produksi dan Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

1. Laju Pertumbuhan Harian Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Selama masa pemeliharaan rumput laut terlihat adanya pertumbuhan rumput laut. Hal ini terlihat dengan adanya pertambahan bobot rumput laut dari waktu ke waktu yang diamati setiap minggu.

Hasil pengukuran laju pertumbuhan harian rumput laut *Kappaphycus alvarezii* selama penelitian berkisar antara 2,91 – 4,65 %/hari dengan rata-rata 3,86±0,47%/hari. Hasil penelitian tersebut lebih tinggi jika dibandingkan dengan hasil yang diperoleh Ohno *dkk*., (1999) yaitu sebesar 2,5 – 3,5%, Kune (2000) sebesar 1,11 – 1,40%, Kadarusman (2003) sebesar 2,12 – 2,67% tetapi lebih rendah dari Hurtado *dkk*., (2001) sebesar 3,9 – 4,2%, dan Yusuf (2003) sebesar 4,49 – 5,58%. Laju pertumbuhan harian rumput laut memiliki kecenderungan meningkat dengan meningkatnya jarak tanam dan kedalaman.

Rata-rata laju pertumbuhan harian rumput laut berdasarkan jarak tanam dan kedalaman seperti disajikan dalam Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Rata-rata laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* berdasarkan jarak tanam dan kedalaman

Perlakuan		
Jarak tanam	Kedalaman	
	2 meter	5 meter
10 cm	3,470 %/hari	4,021 %/hari
20 cm	3,570 %/hari	4,156 %/hari
30 cm	3,714%/hari	4,232 %/hari

Dalam tabel diatas tampak bahwa laju pertumbuhan cenderung meningkat dengan bertambahnya jarak tanam dan kedalaman. Hasil analisis ragam (ANOVA) laju pertumbuhan rumput laut berdasarkan jarak tanam dan kedalaman menunjukkan bahwa interaksi jarak tanam dan kedalaman tidak signifikan mempengaruhi laju pertumbuhan rumput laut (P = 0,874) namun pengaruh utama faktor jarak tanam, kedalaman dan pengelompokan menurut periode tanam sangat signifikan berpengaruh terhadap laju pertumbuhan harian rumput laut.

a. Laju Pertumbuhan Harian Rumput Laut *Kappaphcys alvarezii* Berdasarkan Jarak Tanam

Hasil uji beda rerata menggunakan HSD Tukey menunjukkan bahwa rata-rata laju pertumbuhan rumput laut yang ditanam dengan jarak 30 cm (3,97 %/hari)

signifikan lebih tinggi jika dibanding dengan rumput laut yang ditanam dengan jarak 10 cm (3,75 %/hari) sedangkan yang ditanam dengan jarak 20 cm dengan rata-rata 3,86 %/hari tidak signifikan berbeda dengan jarak tanam 10 dan 30 cm (Tabel 5.3)

Tabel 5.3 Rata-rata laju pertumbuhan harian rumput laut *Kappaphycus alvarezii* (%/hari) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut.

Perlakuan	Rata-rata ± SD	N
10 cm	3,7467± 0,04844[a]	12
20 cm	3,8633± 0,04697[ab]	12
30 cm	3,9731 ± 0,04605[b]	12

Keterangan : huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signisfikan berdasarkan hasil uji HSD Tukey (α = 0,05).

Hasil analisis ragam ANOVA secara parsial yang dilakukan pada 2 periode tanam menunjukkan bahwa laju pertumbuhan rumput laut tidak dipengaruhi oleh interaksi jarak tanam dan kedalaman serta pengaruh utama jarak tanam. Pengaruh jarak tanam yang signifikan berbeda ketika dianalisis secara simultan namun tidak signifikan ketika dianalisis secara parsial pada masing-masing kelompok periode tanam menujukkan bahwa selang rentang waktu dalam satu periode tanam perbedaan laju pertumbuhan tidak menunjukkan berbedaan yang signifikan tetapi perbedaan antar periode tanam akan memberikan efek yang signifikan

dari pengaruh jarak tanam terhadap laju pertumbuhan rumput laut. Artinya adalah pengaruh periode tanam jauh lebih menonjol daripada pengaruh jarak tanam selama 2 periode tanam yang diamati. Perbedaan hasil ini lebih disebabkan oleh perbedaan faktor-faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan rumput laut antar 2 periode tanam yang berbeda.

Dalam tabel diatas terlihat bahwa laju pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* mengalami peningkatan yang cenderung linier dengan bertambahnya jarak tanam 10 cm. Tingginya laju pertumbuhan rumput laut pada jarak tanam yang lebih renggang (30 cm) disebabkan karena dalam penyerapan unsur hara tidak mempunyai hambatan sama sekali karena tersedianya ruang untuk arus yang melewati dari sela-sela rumput laut sangat lancar sehingga dapat mempercepat proses metabolisme, apalagi dalam memperoleh kebutuhan cahaya, pada perlakuan jarak tanam 30 cm kotoran-kotoran dan debu air tidak begitu menempel karena arus yang melewati dari sela-sela rumput laut tidak mempunyai hambatan sehingga kotoran dan debu yang menempel pada batang rumput laut lebih sedikit.

Menurut Prihaningrum *dkk*., (2001) bahwa pertumbuhan rumput laut sangat dipengaruhi oleh jarak tanam bibit, semakin luas jarak tanam maka semakin luas

pergerakan air yang membawa unsur hara sehingga pertumbuhan rumput laut dapat meningkat.

Berdasarkan hasil penelitian Tiar (2012) bahwa perbedaan jarak tanam rumput laut pada metode long line memberikan pengaruh nyata terhadap laju pertumbuhan. Prihaningrum *dkk.*, (2001) yang menyatakan semakin luas jarak tanam maka semakin luas pergerakan air yang membawa unsur hara sehingga pertumbuhan rumput laut dapat meningkat.

Rusman (2009) menyatakan bahwa pertumbuhan dan kelulushidupan rumput laut tergantung dari intensitas cahaya matahari dalam fotosintesis. Tumbuhan dapat mensintesis makanan langsung dari senyawa anorganik. Tumbuhan menggunakan karbon dioksida dan air untuk menghasilkan gula dan oksigen yang diperlukan sebagai makanannya. Energi untuk menjalankan proses ini berasal dari fotosintesis. Berikut ini adalah persamaan reaksi fotosintesis yang menghasilkan glukosa:

$$6H_2O + 6CO_2 \xrightarrow[\text{klorofil}]{\text{cahaya}} C_6H_{12}O_6 \text{ (glukosa)} + 6O_2$$

Glukosa dapat digunakan untuk membentuk senyawa organik lain seperti selulosa dan dapat pula digunakan sebagai bahan bakar. Proses ini berlangsung

melalui respirasi. Secara umum reaksi yang terjadi pada respirasi seluler berkebalikan dengan persamaan di atas. Pada respirasi, gula (glukosa) dan senyawa lain akan bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan karbon dioksida, air, dan energi kimia.

Dalam penelitiannya Abdan *dkk*., (2013) membuktikan bahwa perbedaan jarak tanam memberikan pengaruh pertumbuhan mutlak dan laju pertumbuhan spesifik rumput laut yang berbeda. Pertumbuhan rumput laut *Espinosum* lebih baik pada jarak tanam yang lebar (30 cm dan 40 cm) dibanding pada jarak tanam yang sempit (10 cm dan 20 cm).

Jarak tanam rumput laut dapat mempengaruhi persaingan dalam mendapatkan cahaya dan unsur hara/nutrien. Unsur hara/nutrien yang diperoleh rumput laut untuk pertumbuhan diantaranya: Mg, Ca, klor, kalium, natrium, belerang, silikon, fospor, besi, iodium dan brom.

Perlakuan jarak tanam 10 cm laju pertumbuhan rumput laut lebih rendah diantara semua perlakuan disebabkan adanya persaingan dalam mendapatkan unsur hara dan nutrien, sesuai pendapat (Sudjiharno *dkk*., 2001) yang mengemukakan bahwa jarak tanam berhubungan dengan persatuan luas lahan. Jarak tanam yang digunakan selain mempengaruhi lalu lintas

pergerakan air juga akan menghindari terkumpulnya kotoran pada thalus yang akan membantu pengudaraan sehingga proses fotosintesis yang diperlukan untuk pertumbuhan rumput laut dapat berlangsung serta mencegah adanya fluktuasi yang besar terhadap salinitas maupun suhu air.

Supit (1989) menambahkan bahwa persaingan antara thalus dalam hal kebutuhan cahaya matahari, zat hara dan ruang gerak sangat mempengaruhi pertumbuhan rumput laut.

b. Laju Pertumbuhan Harian Rumput Laut *Kappaphcus alvarezii* Berdasarkan Kedalaman

Laju pertumbuhan rumput laut berdasarkan kedalaman yang didapatkan selama penelitian menunjukkan bahwa rata-rata laju pertumbuhan harian rumput laut yang dipelihara pada perairan dengan kedalaman 5 m (4,136 %/hari) lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata laju pertumbuhan rumput laut pada kedalaman 2 m (3,585 %/hari).

Konsistensi hasil yang sama terlihat dari hasil analisis ragam yang diolah secara parsial pada 2 periode tanam yang menujukkan bahwa pengaruh kedalaman sangat signifikan berbeda baik pada periode tanam 1 maupun pada periode tanam 2 dimana laju pertumbuhan harian rumput laut lebih tinggi pada kedalaman 5 m jika dibandingkan dengan kedalaman 2 m. Pada perairan

budidaya kedalaman 2 m, terlihat substrat dasarnya labil yaitu pasir dan pecahan karang dan terdapat sedimen yang menutupi karang.

Rendahnya rata-rata laju pertumbuhan harian rumput laut pada kedalaman 2 m disebabkan karena tingginya rata-rata sedimentasi pada kedalaman 2 m (39,51 mg/cm^2/hari) dibandingkan pada kedalaman 5 m (25,88 mg/cm^2/hari). Tingginya rata-rata kandungan nitrat, ortofosfat dan amonium pada masing-masing pada kedalaman 5 m (1,92; 0,45 dan 0,44 ppm) sedangkan pada kedalaman kedalaman 2 m masing-masing (1,45; 0,36 dan 0,34 ppm) merupakan salah satu faktor penting yang menyebabkan lebih tingginya laju perumbuhan kedalaman 5 m.

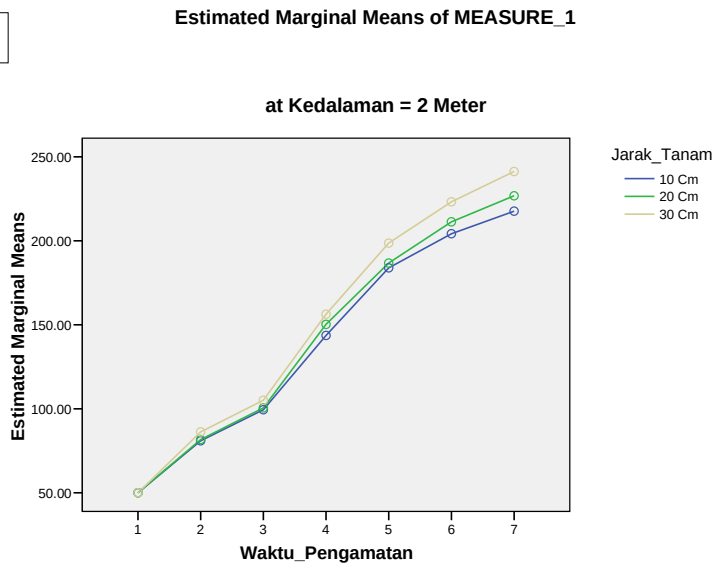
Pada kedalaman 2 m, sedimen atau material-material yang menempel pada thallus rumput laut akan mengganggu proses fotosintesa dan proses difusi oksigen serta nutrien, akibatnya menghambat pertumbuhan rumput laut. Di samping adanya pengadukan sehingga semakin menambah terakumulasinya material-material terlarut. Banyak material yang tersuspensi akan mempengaruhi kekeruhan perairan, sehingga pertumbuhan akan terhambat. Menurut Chen dan Sang (1980) kotoran atau sedimen yang menempel pada thallus berhubungan dengan temperatur dan jumlah

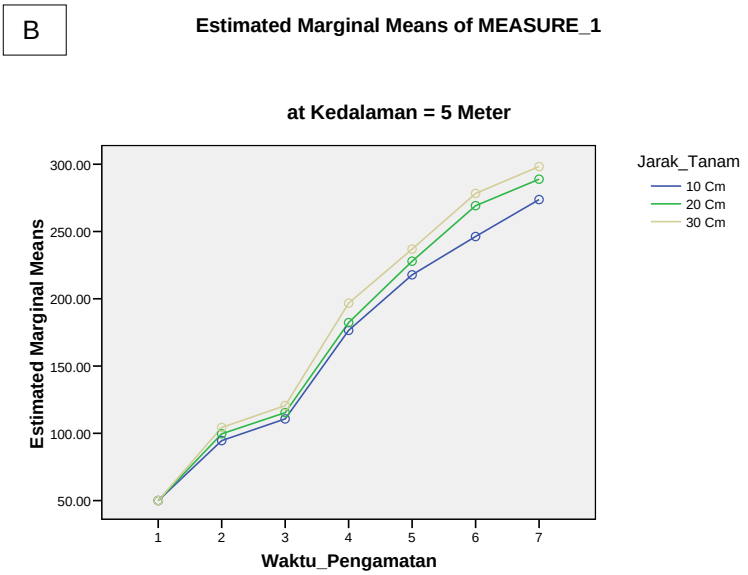
penyinaran matahari dengan perbandingan terbalik, sehingga akan menghambat pertumbuhan yang normal.

c. Perubahan Bobot Rumput Laut *Kappaphykus alvarezii*

Perubahan berat bobot rumput laut dari waktu ke waktu dijelaskan dengan menggunakan analisis ragam (ANOVA) pengukuran berulang (Repeated Measurement) dengan waktu pengukuran sebanyak 7 kali. Hasil analisis menunjukkan bahwa berat rumput laut selama 7 periode pengamatan signifikan berbeda berdasarkan waktu pengamatan, jarak tanam, kedalaman dan periode tanam. Perubahan bobot rumput laut berdasarkan jarak tanam menunjukkan perubahan yang signifikan pada periode pengamatan hari ke-7, 36 dan 42.

A





Gambar 5.5 Perubahan laju pertumbuhan harian rumput laut *Kappaphycus alvarezii* berdasarkan waktu pengamatan pada kedalaman 2 m (A) dan 5 m (B)

Pertumbuhan yang relatif cepat ditunjukkan pada hari ke-14 sampai 28 dan setelah itu pertambahan berat cenderung melambat. Menurut Yusnaini *dkk.*, (2000) bahwa penurunan laju pertumbuhan diduga akibat cepatnya terjadi kejenuhan pembelahan sel. Rumput laut yang telah mengalami proses adaptasi kemudian mengalami fase pertumbuhan yang cepat dan kemudian terjadi penurunan kemampuan pertumbuhan sel menyebabkan pertumbuhan lambat.

d. Hubungan Antara Laju Pertumbuhan Harian Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Dengan Parameter Fisika dan Kimia

Hubungan antara laju pertumbuhan harian rumput laut dengan beberapa parameter fisika kimia perairan dianalisi dengan menggunakan regresi linier berganda metode Backward. Hasil analisis terhadap 36 seri data yang bersesuaian menunjukkan bahwa laju pertumbuhan harian rumput laut signifikan berkorelasi linier secara parsial dengan semua parameter fisika kimia kecuali ortofosfat.

Laju pertumbuhan harian rumput laut berkorelasi positif dengan intensitas cahaya, kandungan nitrat, amonium, Ca dan Mg dan berkorelasi negatif dengan sedimentasi. Nilai korelasi yang cukup tinggi ditunjukkan oleh parameter amonium, Ca dan sedimentasi dengan koefisian korelasi masing-masing secara berturut-turut 0,865; 0,741 dan -0,688.

Hubungan antara laju pertumbuhan harian rumput laut dengan parameter fisika kimia mengikuti persamaan sebagai berikut (Y) = 0,566 – 0,014*sedimentasi + 0,140* nitrat – 1,929*ortofosfat + 2,193 * amonium +0,04* kalsium/Ca (R2= 0,858). Berdasarkan nilai t maka terlihat bahwa kontribusi amonium dan sedimentasi cukup besar dalam

menjelaskan keeratan hubungan laju pertumbuhan harian rumput laut.

Memaknai nilai koefisian determinasi (R^2) sebesar 0,858 menjelaskan bahwa besarnya keeratan hubungan laju pertumbuhan harian rumput laut yang dapat dijelaskan oleh semua parameter yang dimasukkan dalam persamaan regresi adalah sebesar 85,8%. Variabilitas lainnya yang sangat kecil yaitu sekitar 14,2 % menunjukkan keeratan hubungan laju pertumbuhan yang disebabkan oleh aspek lain.

BAB VI
Rekruitmen karang

Hasil pengamatan terhadap rekruitmen karang selama dua periode tanam pada tiga stasiun, tiga jarak tanam, dua kedalaman, yang masing-masing terdiri dari tiga kolektor selama 2 bulan didapatkan jumlah rekruitmen berkisar antara 0-12 koloni/kolektor dengan rata-rata 2,66 koloni/kolektor. Rata-rata jumlah rekruitmen karang Scleractinia berdasarkan jarak tanam dan kedalaman ditunjukkan dalam tabel 6.1.

Tabel 6.1 Rata-rata jumlah rekruitmen karang Scleractinia (koloni/kolektor) berdasarkan jarak tanam dan kedalaman

Perlakuan dan kontrol		
Jarak tanam	Kedalaman	
	2 m	5 m
10 cm	1,39	2,39
20 cm	1,61	2,78
30 cm	2,17	3,44
kontrol	4,94	3,0

Pada penempatan plate kolektor periode tanam hanya ditemukan satu famili juvenil karang yang menempel yaitu

Pocilloporidae. Di tingkat genus, komposisi juvenil karang (rekruitmen) hanya ditemukan satu genus yaitu Seriatopora. Penempatan plate lolektor Januari s/d Maret ditemukan empat famili juvenil karang yang menempel yaitu; Pocilloporidae, Poritidae, Faviidae serta 1 golongan yang tidak dapat diidentifikasi dikelompokkan ke dalam Taksa Lainnya

Rekruitmen karang pada periode tanam 1 didominasi karang genus Seriatopora karena karang Seriatopora mudah pecah atau patah dan melakukan reproduksi secara aseksual. Pola rekruitmen karang yang didominasi oleh rekruitmen aseksual seperti *Seriatopora* sp merupakan karang perintis (*pioneer*) yang sangat mudah mengalami fragmentasi koloni. Fragmen karang tersebut juga mempunyai struktur yang mudah terkait di substrat sehingga mudah tumbuh sebagai koloni baru. Di perairan Teluk Laikang, genus karang tersebut mendominasi komunitas karang.

Komposisi genus rekruitmen karang periode tanam 2 hampir sama disetiap stasiun. Di stasiun I genus Seriatopora mendominasi (42 individu), diikuti berturut turut Pocillopora (34 individu), Porites (18 individu) dan Taksa lain (18 individu). Di stasiun II, genus Seriatipora juga mendominasi (37 individu) diikuti berturut-turut Pocillopora (34 individu), Porites (10 individu) dan Taksa lain (3 individu), Distasiun III, didominasi juga oleh genus Seriatipora (45 individu) diikuti berturut-turut Pocillopora (39 individu),

Analisis terhadap data rekruitmen dilakukan terhadap nilai rata-rata dari 3 kolektor pada masing-masing kombinasi perlakuan karena ada beberapa kolektor yang tidak ada koloni rekruitmen. Variabilitas nilai rekruitmen yang cukup tinggi menyebabkan distribusi datanya tidak menyebar secara normal dan setelah dilakukan upaya transformasi distribusi tetap tidak normal akibat simpangan data yang cukup jauh dari sebaran normal. Oleh karena itu digunakan analisis non parametrik yaitu analisis kruskal-Wallis untuk membandingkan jumlah rekruitmen antar jarak tanam. Sedangkan untuk membandingkan jumlah rekruitmen antar kedalaman dan periode tanam digunakan analisis Mann-Whitney.

Hasil analisis kruskal-Wallis menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara jarak tanam yang berbeda. Hasil ini mengindikasikan bahwa dampak dari budidaya rumput laut diatas karang tidak signifikan berbeda terhadap rekruitmen koloni karang dalam kolektor-kolektor yang dipasang. Ketika dibandingkan dengan kontrol, hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa jumlah rekruitmen pada jarak tanam 10 dan 20 cm signifikan lebih rendah dibandingkan dengan rekruitmen karang pada daerah yang tidak terdapat budidaya rumput laut (kontrol) sementara rekruitmen karang pada perairan yang dibudidayakan rumput laut dengan jarak 30 cm tidak signifkan berbeda dengan rekruitmen karang yang tidak dibudidayakan rumutp laut (kontrol). Hasil analisis Kruskal-Wallis secara parsial pada 2 periode tanam berbeda menunjukkan bahwa pada periode tanam 1 pengaruh jarak tanam tidak signifikan terhadap

rekruitmen, tetapi pada periode tanam 2 perbedaan jarak tanam menunjukkan pengaruh yang signifikan jarak tanam terhadap jumlah rekruitmen. Pada periode tanam ke dua jumlah rekruitmen jarak tanam 30 cm signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan rekruitmen pada jarak tanam 10 dan 20 cm.

Tutupan turf alga yang tinggi (> 50%) dan sedimentasi akibat budidaya rumput laut *Kappahycus alvarezii* pada daerah penelitian menyebabkan semakin sempitnya ruang penempelan larva atau semakin tingginya tingkat kompetisi ruang. Penempelan larva planula dapat terhambat jika substrat tertutupi oleh sedimen. Pada kondisi tutupan sedimen sebanyak 95%, telah menghalangi penempelan larva karang *P. damicornis* secara total (Hodgson, 1990). Penurunan tutupan sedimen dari 90% ke 50% tidak memberikan perbedaan jumlah penempelan larva. Babcock dan Davies (1991) juga melaporkan sedimentasi setinggi 3.1 mg/cm^2/hari dapat menurunkan jumlah planula karang *A. millepora* yang menempel di substrat.

Berdasarkan analisis mann-Whitney secara simultan dari 2 kelompok periode tanam didapatkan bahwa jumlah rekruitmen koloni karang antara kedalaman 2 dan 5 m signifikan berbeda. Rata-rata rekruitmen pada kedalaman 5 m lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata kedalaman 2 m. Hasil analisis Mann-Whitney secara parsial pada masing-masing pengamatan menujukkan hasil yang berbeda pada periode tanam 1 rata-rata rekruitmen tidak berbeda berdasarkan kedalaman, sementara pada periode tanam 2 ratar-rata rekruitmen pada kedalaman 5 m

signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan rekruitmen kedalaman 2 m.

Babcock (1988) memperkirakan bahwa larva planula karang mempunyai waktu lebih dari sebulan untuk menempel di substrat yang dipilihnya. Pada periode selama itu planula dapat terhanyut arus ke lokasi yang lain.

Berdasarkan periode tanam hasil uji Mann-Whitney menunjukkan bahwa jumlah rekruitmen pada bulan Januari s/d Maret signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan dengan periode Oktober s/d Desember. Hal ini mengindikasikan bahwa reproduksi karang di perairan Teluk laikang berlangsung sepanjang tahun, namun terlihat adanya fluktuasi. Fluktuasi terjadi diduga karena adanya puncak pemijahan yang terjadi sesudah musim hujan (Januari-April). Namun, untuk rekruitmen karang pada plate kolektor, diperkirakan tidak hanya waktu reproduksi yang menentukan, namun juga sejumlah faktor lain seperti kompetensi larva, kesesuaian substrat, dan kualitas perairan.

Musim pengamatan berpengaruh terhadap kepadatan rekrutmen karang yang menempel pada substrat. Gleason (1996) yang melakukan pengamatan rekruitmen karang di Moorea, Polynesia-Perancis dengan pengamatan sekali dalam empat bulan memperoleh hasil serupa, yaitu laju rekruitmen karang tertinggi diperoleh dalam periode Desember s/d April yang diduga berhubungan erat dengan periode suhu perairan tertinggi sebagai pemicu terjadinya reproduksi masal karang. Sebagian larva karang

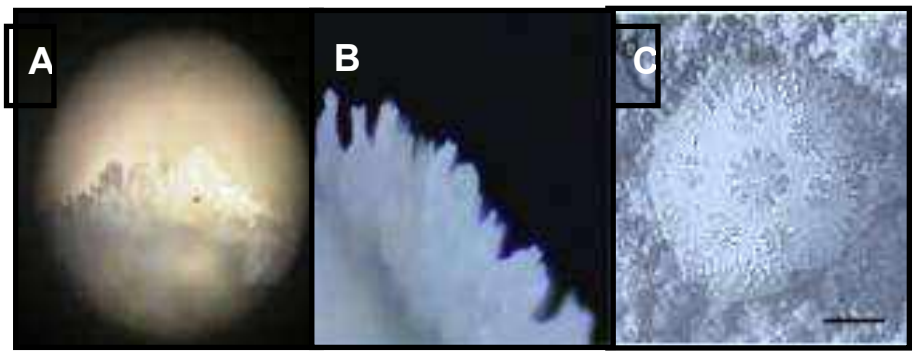
memerlukan perangsang kimia berupa mikroalga dan bakteri tertentu. Menurut Baird dan Morse (2004), larva planula karang yang akan menempel bereaksi dengan lapisan biologis, terutama dengan komunitas *crustose coralline algae* (CCA) yang mendiami permukaan substrat. Hal ini juga didukung hasil pengamatan Harrington *dkk.,* (2004) bahwa spesies tertentu dari mikroalga kelompok CCA bertindak sebagai perangsang penting dalam penempelan larva *A. tenuis* dan *A. millepora*. Peranan bakteri tertentu dalam memicu penempelan larva karang telah dilaporkan oleh Samidjan (2005), bahwa spesies *M. luteus* memicu terjadinya penempelan rekrut karang *P. damicornis* dan bakteri *M. communis* adalah pionir untuk mendorong terjadinya penempelan karang *A. tenuis*.

Diaz-Pulido dan McCook (2002) menyatakan bahwa substrat di lingkungan terumbu karang dengan cepat akan dikolonisasi oleh alga filamen, namun proses suksesi substrat dari alga filamen ke CCA akan memakan waktu berminggu-minggu bahkan tahunan. Namun menurut Glynn *dkk.,* (1991) karang Pocilloporidae mampu mengkolonisasi substrat sesegera mungkin, sehingga anggota familia ini merupakan spesies pionir dalam kolonisasi substrat baru. Pocilloporidae mampu memijah sepanjang tahun, sehingga sering mendominasi komunitas karang dewasa yang mantap

Hasil identifikasi genus juvenil karang rekruitmen dan karakteristiknya untuk masing-masing genus sebagai berikut :

6.1 Genus Seriatopora (Familia Pocilloporidae)

Karakteristik genus Seriatopora antara lain : a). Ciri khas koloninya berbentuk compact bushes dengan cabang yang halus, b). Koralit tersusun rapi (neat rows) sepanjang cabang, c) Koralit sebagian besar tenggelam (immerse) dan struktur internal tidak begitu berkembang kecuali columella, d). Septa umumnya berjumlah satu, namun kadangkala terdiri atas dua lingkaran, dan telah berkembang dan menyatu hingga ke columella, e). Coenosteum ditutupi oleh spinules (duri-duri) yang halus, f). Struktur rangka kapur genus Seriatopora hampir mirip dengan genus Stylophora, tetapi dapat dibedakan, dimana percabangan genus Seriatopora lebih halus (kecil) dibdaningkan dengan genus Stylophora. Gambar Seriatopora sp hasil rekruitmen dibdaningkan dengan Gambar Seriatopora sp hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003) terlihat pada Gambar 6.1.



Gambar 6.1 (A) Genus Seriatopora sp, 4-5 minggu, perbesaran 40x, (B) Genus Seriatopora sp perbesaran 100x, (C) Genus Seriatopora hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003)

6.2 Genus Pocillopora (Familia Pocilloporidae)

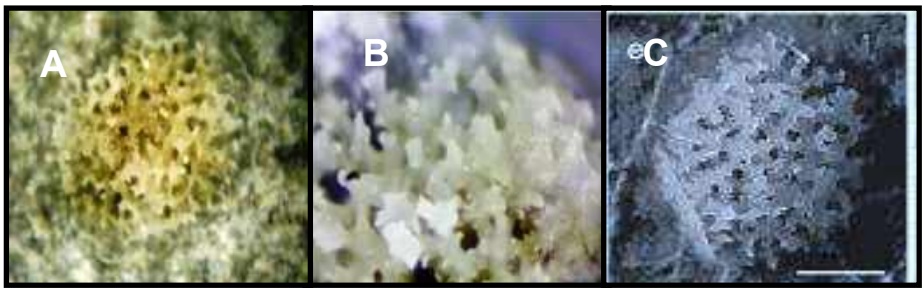
Karakteristik bentuk rangka kapur antara lain : a). Koloni umumnya berbentuk submasif, bercabang, ataupun bercabang dengan bentuk pipih, b). Koloni ditutupi oleh verrucae, c). Koralit cekung ke dalam pada verrucae, d). Koralit mungkin tidak memiliki struktur dalam atau memiliki columella yang kurang berkembang, e). Memiliki dua lingkaran septa yang tidak sama, e). Coenosteum biasanya ditutupi oleh granules (butiran), g). Tentakel umumnya keluar hanya pada malam hari, h). Genus Pocillopora merupakan satu-satunya genus pada karang yang memiliki verrucae. Hal tersebut menjadi ciri khas yang membedakannya dengan genus-genus karang yang lain. Gambar Pocillopora sp hasil rekruitmen dibdaningkan dengan Gambar Pocillopora sp hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003) terlihat pada Gambar 6.2.

Gambar 6.2 (A) Genus Pocillopora , 3 – 4 minggu, perbesaran 40x, (B) Genus Pocillopora perbesaran 100x, (C) Genus Pocillopora hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003)

6.3 Genus Porites (Familia Poritidae)

Beberapa karakteristik bentuk rangka kapur dari genus Porites : a). Bentuk koloni ada yang flat (foliaceous atau encrusting), masif atau bercabang, b). Koloni yang masif

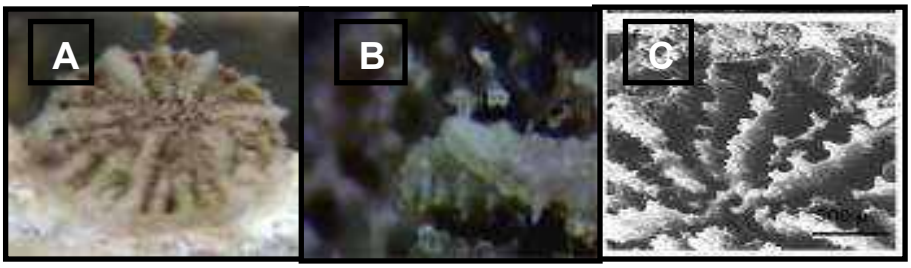
berbentuk bulat ataupun setengah bulat, c). Koloni masif yang kecil akan terlihat berbentuk seperti helm atau dome-shaped, dengan diam dapat mencapai lebih dari 5 m, d). Koralit berukuran kecil, cekung ke dalam (terbenam) pada badan koloni dengan lebar Calice kurang dari 2 mme), e). Tentakel umumnya keluar pada malam hari. Gambar Genus Porites sp hasil rekruitmen dibdaningkan dengan Gambar Genus Porites sp hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003) terlihat pada Gambar 6.3.



Gambar 6.3 (A) Genus Porites , 8 minggu, perbesaran 40x, (B) Genus Porites sp perbesaran 100x, (C) Genus Porites hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003)

6.4 Genus Platygyra *(*Family Faviidae)

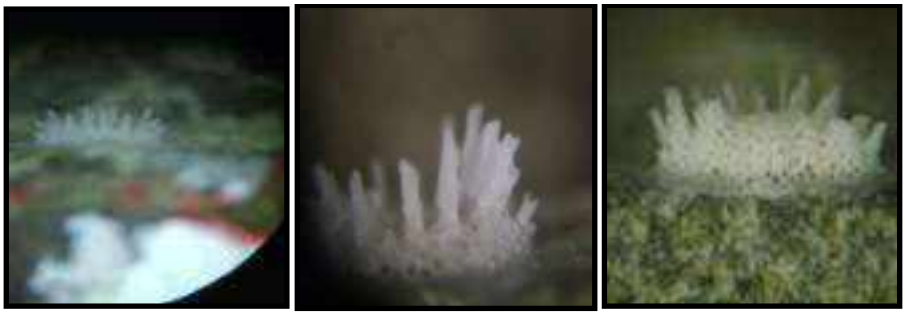
Beberapa karakteristik bentuk rangka kapur dari genus Platygyra : a). Koralit berbentuk masif, medanroid atau submedanroid dengan dinding tebal, b). Septa berpenampilan kasar, kolumella berkembang lambat dengan pusat tidak terlihat, c). Warna : Umumnya berwarna coklat, keabu-abuan dan hijau. Gambar Genus Platygyra sp hasil rekruitmen dibdaningkan dengan Gambar Genus Platygyra sp hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003) terlihat pada Gambar 6.4.



Gambar 6.4 (A) Genus Platygyra sp, 8 minggu, perbesaran 40x, (B) Genus Platygyra sp perbesaran 100x, (C) Genus Platygyra sp hasil identifikasi Babcock *dkk*., (2003)

6.5 Taksa lainnya (Un identified)

Dalam penelitian juga ditemukan taksa lainnya adalah juvenil karang yang tidak dapat teridentifikasi taksonominya karena ukurannya yang kecil dan perkembangan koralitnya yang belum sempurna. Gambar 6.4 menunjukan gambar genus yang unidentified dikatagorikan dalam taksa lainnya.



Gambar 6.5 Genus unidentified (taksa lainnya), perbesaran 40x.

BAB VII
Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Parameter fisika dan kimia yang diamati pada setiap perlakuan meliputi: intensitas cahaya, sedimentasi, nitrat (NO3), ortofosfat (PO4), amonium (NH_4), kalsium (Ca) dan magnesium (Mg)

Parameter fisika dan kimia diukur pada permukaan dan dasar perairan pada masing-masing jarak tanam dan kedalaman pada dua periode tanam dan tiga stasiun (N=36)

Untuk mengevaluasi kelayakan pertumbuhan rumput laut, maka digunakan data parameter fisika kimia dipermukaan yang diperbandingkan dengan beberapa referensi dari hasil penelitian sebelumnya. Kisaran dan rata-rata hasil pengukuran parameter fisika kimia baik di permukaan dan dasar ditunjukkan dalam Tabel 7.1 dibawah ini.

Tabel 7.1 Kisaran dan rata-rata ± parameter fisika dan kimia perairan selama penelitian di Perairan Teluk Laikang, Kabupaten Jeneponto.

Parameter Fisika-Kimia	Minimum	Maximum	Rerata	SD	N
Permukaan					
Intensitas_Cahaya	3242.00	4119.00	3710.97	317.30	36
Sedimentasi	13.82	66.16	32.69	11.07	36
Nitrat	0.75	2.39	1.50	0.46	36
Ortofosfat	0.24	0.54	0.40	0.08	36
Amonium	0.23	0.64	0.39	0.11	36
Ca	888.87	999.01	914.49	25.35	36
Mg	1047.06	1176.60	1097.88	31.36	36
Dasar intensitas cahaya	105.00	956.00	516.83	400.24	48
Sedimentasi	4.34	66.16	26.45	14.56	48
Nitrat	0.00	0.00	0.00	0.00	48
Ortofosfat	0.01	0.07	0.04	0.02	48
Amonium	0.01	0.10	0.02	0.01	48
Ca	421.75	669.00	512.41	54.14	48
Mg	1005.96	1228.23	1103.43	78.59	48

7.1 Intensitas Cahaya

Kisaran intensitas cahaya permukaan antara 3242.00 - 4119.00 lux dan dasar permukaan berkisar antara 105.00 - 956.00 lux. Hal ini diduga karena faktor kedalaman dan cuaca yaitu adanya awan. Awan yang melintas mengakibatkan insolation (proses pemanasan lautan atau daratan oleh sinar matahari) berkurang karena mereka menyerap dan menyebarkan sinar-sinar yang datang (Hutabarat dan Evans, 2000). Veron (1993) menyatakan bahwa intensitas cahaya

diperairan akan berubah cepat seiring dengan perubahan kedalaman.

Secara umum nilai intensitas cahaya rata-rata dikedalaman 2 m lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman 5 m. Intensitas cahaya yang masuk ke dalam perairan selain dipengaruhi oleh posisi matahari (sudut datang terhadap bidang permukaan air) juga dipengaruhi oleh faktor perawanan (adanya awan) yang berada di atas permukaan yang dapat menghalangi atau mengurangi cahaya yang masuk ke dalam perairan yang selanjutnya akan berpengaruh terhadap pertumbuhan rumput laut. Keadaan awan di suatu tempat mempengaruhi pertumbuhan karang.

Cahaya merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi karang hermatypic. Cahaya dibutuhkan karang dalam bentuk hubungan tidak langsung. Pada prinsipnya cahaya dibutuhkan oleh simbion karang Zooxanthella yang hidup di dalam jaringan tubuh karang hermatypic yang merupakan penyuplai utama kebutuhan hidup karang.

Cahaya sangat berperan penting dalam proses fotosintesis. Peningkatan intensitas sinar dari 500-12.000 lux dapat meningkatkan pertumbuhan alga dan kondisi ini akan menurun jika intensitas cahaya melebihi 12.000 lux (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Rumput laut memerlukan cahaya matahari sebagai sumber energi guna pembentukan bahan organik yang diperlukan bagi pertumbuhan dan perkembangan yang

normal. Menurut Hellebust (1970 *dalam* Nurdiana, 2008) intensitas cahaya berpengaruh terhadap alga dimana sebagian besar alga memiliki kisaran toleransi terhadap intensitas cahaya: memutih (bleaching) jika dibawah intensitas cahaya yang tinggi dan pertumbuhannnya lambat jika dibawah intensitas cahaya yang rendah (Suparmin dan dan Limantara, 2007).

Kedalaman penetrasi cahaya matahari mampu mempengaruhi pertumbuhan karang hermatipik sehingga dapat mempengaruhi penyebarannya, bahkan jumlah spesies berkurang secara nyata pada kedalaman penetrasi cahaya sebesar 15 - 20% dari penetrasi cahaya permukaan.

7.2 Sedimentasi

Sedimentasi dapat didefinisikan sebagai suatu proses pengendapan sedimen yang tersuspensi dalam air laut atau sebagai suatu proses pembentukan dan akumulasi sedimen pada lapisan permukaan dasar perairan (Tomascik *dkk.*, 1997). Laju sedimentasi dari bahan tersuspensi tergantung dari struktur fisik bahan itu sendiri (*volume*, permukaan, densitas, dan porositas), sifat fisik air laut (densitas), kondisi hidrologi dari area yang bersangkutan (velositas arus, *shearstress*, turbulensi). Umumnya efek *smothering* terhadap terumbu karang adalah akibat dari terjadinya pengendapan sedimen tersuspensi ke dasar perairan dimana terumbu karang berada. Besar kecilnya efek tersebut terhadap kondisi terumbu karang

tergantung dari banyaknya sedimen yang terdeposit serta lamanya peristiwa itu berlangsung (Hubbard, 1997).

Tingginya sedimentasi oleh beberapa aktivitas berpotensi untuk mengurangi penetrasi cahaya sehingga mampu menghambat produktivitas primer dari ekosistem karang karena intensitas cahaya yang diterima dan dibutuhkan oleh rumput laut *Kappaphycus* alvarezii maupun karang *A. formosa* tidak optimal. Sementara rumput laut *Kappaphycus alvarezii* maupun karang *Acropora formosa* membutuhkan intensitas cahaya yang optimal untuk melakukan aktifitas fotosintesis (Dahuri *dkk*., 2001). Sementara pengaruh langsung sedimentasi terhadap karang termasuk smothering pengeluaran energi yang berlebih untuk aksi silia melepaskan partikel sedimen di permukaan karang, abrasi mukus dan menghalangi rekruitmen. Katagori tingkat sedimentasi menurut Pastorok dan Bilyard (1985) sebagai berikut :

Tabel 7.2 Katagori tingkat sedimentasi

No	Sedimentasi	Katagori
1	> 50 mg/cm^2/hari	Sangat berat hingga catastrophic
2	10 - 50 mg/cm^2/hari	Sedang - berat
3	0 - 10 mg/cm^2/hari	Ringan- sedang

Sumber : Pastorok dan Bilyard (1985)

7.3 Nitrat

Kisaran kandungan nitrat dipermukaan berkisar antara 0,75 – 2,39 ppm dan dasar 0,00 ppm. Kelayakan kadar nitrat untuk pertumbuhan rumput laut menurut Kapraun (1978) dan

Andarias (1977) masing-masing berkisar 1,0 – 3,5 ppm dan 0,9 – 3,5 ppm.

Konsentrasi nitrat di lapisan permukaan yang lebih tinggi dibandingkan di lapisan dasar dipengaruhi oleh sedimen. Di dalam sedimen nitrat diproduksi dari biodegradasi bahan-bahan organik menjadi ammonia yang selanjutnya dioksidasi menjadi nitrat (Seitzinger, 1988).

Perairan yang tergolong subur dengan konsentrasi nitrat yang cukup tinggi, jauh melebihi konsentrasi maksimum baku mutu nitrat untuk air laut, menyimpan potensi untuk terjadinya *blooming* alga. Unsur hara (nutrien) sangat penting dalam suatu ekosistem terutama sebagai sumber penyusunan bahan organik oleh produsen primer, tetapi peningkatan unsur hara pada ekosistem terumbu karang justru dapat berpengaruh negatif terhadap perkembangan ekosistem terumbu karang karena ditutupi oleh kelimpahan alga yang menyebabkan kematian pada karang (Jompa dan Cook, 2002).

Nitrat sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini yang dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi merupakan proses yang penting dalam siklus nitogen dan berlangsung dalam kondisi anaerob. Nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan alga (Effendi, 2003). Pengaruh sedimentasi yang diikuti oleh peningkatan nutrien berlebih di perairan terumbu

karang dapat meningkatkan pertumbuhan makro alga dan hewan bioeroder serta menimbulkan penyakit pada karang. Pertumbuhan makro alga yang cepat akan menjadi kompetitior ruang bagi pertumbuhan karang sedangkan kehadiran hewan bioreoder akan menurunkan laju akresi karang (Macdonal dan Terry, 2003).

Kisaran nitrat 0,0013 - 0,0051 mg/l di perairan Great Barrier Reef dapat menurunkan laju pertumbuhan karang hingga 20%. Menurut Effendi (2003) kadar nitrat di perairan alami hampir tidak pernah melebihi 0,1 mg/l. Kadar nitrat lebih dari 5 mg/l menandakan telah terjadi pencemaran anthropogenik dari aktifitas manusia. Kadar nitrat lebih dari 0,2 mg/l berpotensi untuk dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi dan selanjutnya memicu pertumbuhan algae dan tumbuhan air secara pesat. Kriteria tingkat tropik pada salinitas diatas 25 ppt (Hakanson dan Bryann, 2008) adalah Oligotropik (<110 ug/l), Mesotropik (110 – 290 ug/l), Eutropik (290 - 940 ug/l) dan Hypertropik (> 940 ug/l).

Nutrien dibutuhkan dalam jumlah sedikit oleh terumbu karang terkait dengan kebutuhan alga simbion zooxanthella. Secara alami terumbu karang mampu mengkonservasi keberadaan nutrien dengan memiliki katabolisme protein yang rendah serta mengkatabolis lipid dan karbohidrat. Dalam jumlah yang cukup banyak justru akan membahayakan bahkan dapat menyebabkan kematian terumbu karang. Terumbu karang tidak dapat beradaptasi pada saat pengkayaan nutrien

terjadi, umumnya mereka tidak mampu berkompetisi dengan makroalga bentik. Pengkayaan nutrien juga dapat menurunkan laju kalsifikasi karena fosfat akan mengikat kristal aragonite pada saat proses kalsifikasi.

7.4 Ortofosfat

Kisaran kandungan ortofosfat di permukaan berkisar antara 0,24 – 0,539 ppm. Kisaran fosfat (PO4) perairan yang optimal untuk menunjang pertumbuhan rumput laut adalah berkisar antara 0,51 - 1,00 ppm (Indriani dan Sumiarsih, 1991). Tingginya kadar ortofosfat disebabkan tingginya difusi fosfat dari sedimen. Sedimen merupakan tempat penyimpanan utama fosfor dalam siklus yang terjadi di lautan, umumnya dalam bentuk partikulat yang berikatan dengan oksida besi dan senyawa hidroksida. Senyawa fosfor yang terikat di sedimen dapat mengalami dekomposisi dengan bantuan bakteri maupun melalui proses abiotik menghasilkan senyawa fosfat terlarut yang dapat mengalami difusi kembali ke kolom air (Paytan dan McLaughlin, 2007).

Kandungan fosfat lebih banyak dipakai dalam kegiatan pembentukan sel-sel tumbuhan. Fosfat merupakan unsur penyusun ikatan pirofosfat dari Adenosin Trifosfat (ATP) yang kaya akan energi dan merupakan bahan bakar bagi semua kegiatan dalam semua sel hidup serta merupakan penyusun sel yang penting. Fosfat dapat menjadi faktor pembatas terhadap biomassa dan produksi gel rumput laut (Buschmann *dkk*., 2004).

Ortofosfat merupakan bentuk fosfor yang dapat dimanfaatkan secara langsung oleh tumbuhan aquatik, sedangkan polifosfat harus mengalami hidrolisis untuk membentuk ortofosfat terlebih dahulu, sebelum dapat dimanfaatkan sebagai sumber fosfor. Fosfor total menggambarkan jumlah total fosfor baik berupa partikulat maupun terlarut, organik dan anorganik dalam bentuk ortofosfat (Effendi, 2003). Keberadaan fosfor dan nitrogen di perairan memiliki peran penting sebagai nutrien bagi ekosistem terumbu karang. Keberadaan fosfor secara berlebihan dengan diiringi keberadaan nitrogen dapat menstimulir ledakan pertumbuhan algae.

7.5 Ammonium

Kisaran kandungan amonium dipermukaan berkisar antara 0,637 - 0,2325 ppm dan didasar berkisar 0,0958 - 0,0103 ppm. Kisaran kadar amonium yang optimal untuk menunjang pertumbuhan rumput laut adalah berkisar antara 0,1 – 3,5 ppm (Kapraun, 1978), sedangkan Andarias (1977) menyatakan bahwa kisaran yang optimal antara 0,9 – 1,8 ppm.

Kandungan nutrien yang tinggi dalam perairan dapat mengakibatkan pertumbuhan karang menjadi lebih lambat (Bikerland, 1988). Di daerah yang kaya akan nutrien, fitoplankton akan bertambah dan menghalangi cahaya yang masuk ke perairan. Persaingan tempat juga akan terjadi dengan bertambahnya keanekaragaman hewan bentik lainnya (Birkerland, 1988).

7.6 Kalsium

Kisaran kalsium di permukaan berkisar antara 999 – 852 ppm dan didasar berkisar 1223 - 1001 ppm. Sebagaimana unsur hara lainnya unsur kalsium juga dibutuhkan oleh rumput laut untuk pertumbuhan, reproduksi, dan untuk pembentukan cadangan makanan berupa kandungan senyawa-senyawa organik.

Pada karang Kalsium sering juga berikatan dengan protein yang berhubungan dengan fungsi metabolisme organ, **t**anpa kalsium pertumbuhan akan sangat lambat atau bahkan berhenti.

7.7 Magnesium

Kisaran magnesium di permukaan berkisar antara 1544 - 1726 ppm dan di dasar berkisar1742 - 2128 ppm. Sebagaimana unsur hara lainnya unsur magnesium juga dibutuhkan oleh rumput laut untuk pertumbuhan, reproduksi, dan untuk pembentukan cadangan makanan berupa kandungan senyawa-senyawa organik.

Rendahnya tingkat magnesium dan/atau strontium akan menyebabkan kerangka menjadi lebih rapuh dan lebih mudah rusak. Magnesium merupakan unsur penyusun klorofil, terdapat pada posisi tengah pada molekul tersebut. Oleh karena itu fotosintesis menurun pada kondisi defisien Mg. Magnesium juga memiliki peran struktural dalam kloroplas dan ribosom, dan dibutuhkan untuk stabilitas struktural asam nukleat.

BAB VIII
Penelitian Potensi Dampak Budidaya Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* Terhadap Aspek Biologis Karang *Acropora formosa* Di Kabupaten Jeneponto

Kajian potensi dampak budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* terhadap beberapa aspek biologis karang *Acropora formosa* dilaksanakan di perairan Teluk Laikang, Desa Garassikang, Kecamatan Bangkala Barat, Kabupaten Jeneponto, Provinsi Sulawesi Selatan. Koordinat spot penelitian terlihat pada Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Koordinat spot penelitian

Stasiun/jarak tanam/kedalaman	S	E
I /B1 /A1 dan A2	05°35'550''	119°31'198''
I /B2 /A1 dan A2	05°35'539''	119°31'212''
I /B3 /A1 dan A2	05°35'526''	119°31'218''
1 /K 1 dan K2	05°35'513''	119°31'221''
II /B1 /A1 dan A2	05°35'616''	119°31'006''
II /B2 /A1 dan A2	05°35'612''	119°31'028''
II /B3 /A1 dan A2	05°35'617''	119°31'013''
II /K 1 dan K2	05°35'621''	119°31'009''
III /B1 /A1 dan A2	05°35'298''	119°31'306''
III /B2 /A1 dan A2	05°35'291''	119°31'306''

Stasiun/jarak tanam/kedalaman	S	E
III /B3 /A1 dan A2	05°35'277''	119°31'292''
III /K 1 dan K2	05°35'272''	119°31'292''

Keterangan : I,II,III = stasiun; 1, 2 dan 3; B1,B2,B3 = jarak tanam 10,20 dan 30cm; A1 dan A2 = kedalaman 2 m dan 5m

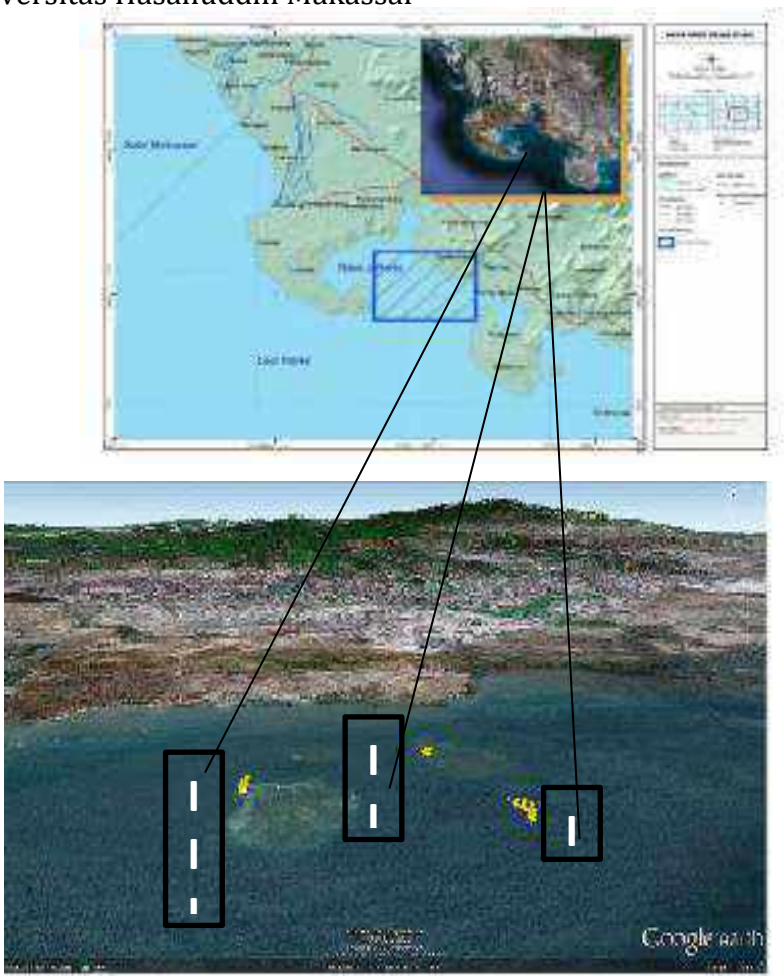
Pemilihan lokasi penelitian didasarkan atas pertimbangan : (a). Teluk Laikang merupakan perairan yang optimal untuk kegiatan budidaya dimana masih terdapat spot-spot ekosistem terumbu karang, pesisir pantai yang landai, perkampungan nelayan yang sudah terbiasa melakukan kegiatan budidaya rumput laut. (b). Perairan Laikang merupakan daerah teluk yang mempunyai tekstur dasar perairan yang beraneka ragam.

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahap yaitu :

a. Persiapan dan survei lokasi penelitian, dilaksanakan pada bulan Februari 2012 s.d Oktober 2012.
b. Pemeliharaan rumput laut *Kappaphycus. alvarezii*, dilaksanakan dalam dua siklus. Siklus 1 pada bulan Oktober s/d Desember 2012 dan siklus 2 pada bulan Januari s/d Maret 2013
c. Analisis sampel di laboratorium, dilaksanakan pada bulan Desember s/d Juni 2013
d. Analisis data, dilaksanakan pada bulan Juli s/d Agustus 2013

Pengukuran parameter intensitas cahaya, pertumbuhan dan sintasan karang *Acropora formosa*; pertumbuhan dan produksi rumput laut dilaksanakan di lokasi penelitian (insitu); parameter sedimen, nitrat, orto phospat, amonium, Ca, Mg, klorofil a, kepadatan zooxanthella, rekruitmen juvenil karang Scleractinia

dan kualitas rumput laut *Kappaphycus alvareziii* dilaksanakan di Laboratorium Uji Balai Budidaya Air Payau Takalar, Laboratorium Oceanografi Kimia Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin Makassar, Laboratorium Ekologi Laut Pusat Kegiatan Penelitian (PKP) Universitas Hasanuddin Makassar dan Laboratorium Teknik Industri Universitas Hasanuddin Makassar



Gambar 8.1 Peta spot penelitian ekosistem terumbu karang di perairan Teluk Laikang Kabupaten Jeneponto.

Gambar 8.2 Sampel bibit rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang dibudidakan pada setiap perlakuan dalam penelitian

8.1 Pelaksanaan Penelitian

Sebagai tahapan awal kegiatan ini dilakukan beberapa kegiatan pendahuluan antara lain observasi lapangan untuk menentukan stasiun penelitian pada hamparan karang *Acropora formosa* di ekosistem terumbu karang.

Berdasarkan observasi lapangan pada wilayah rencana penelitian tersebut, maka dapat ditentukan stasiun penelitian dengan mempertimbangkan : (1). karakteristik tutupan dasar ekosistem terumbu karang dengan karang *Acropora formosa* dengan tipe karang bercabang (Branching Coral (CB)) karena karang jenis ini lebih cepat daripada jenis karang lainnya dan karang *Acropora formosa* relatif banyak terdapat di ekosistem terumbu karang meskipun kepadatannya bervariasi. Hal ini

menunjukkan bahwa *Acropora formosa* merupakan jenis karang yang umum terdapat di ekosistem terumbu karang dan (2). memenuhi persyaratan tumbuh yang baik bagi pertumbuhan rumput laut.

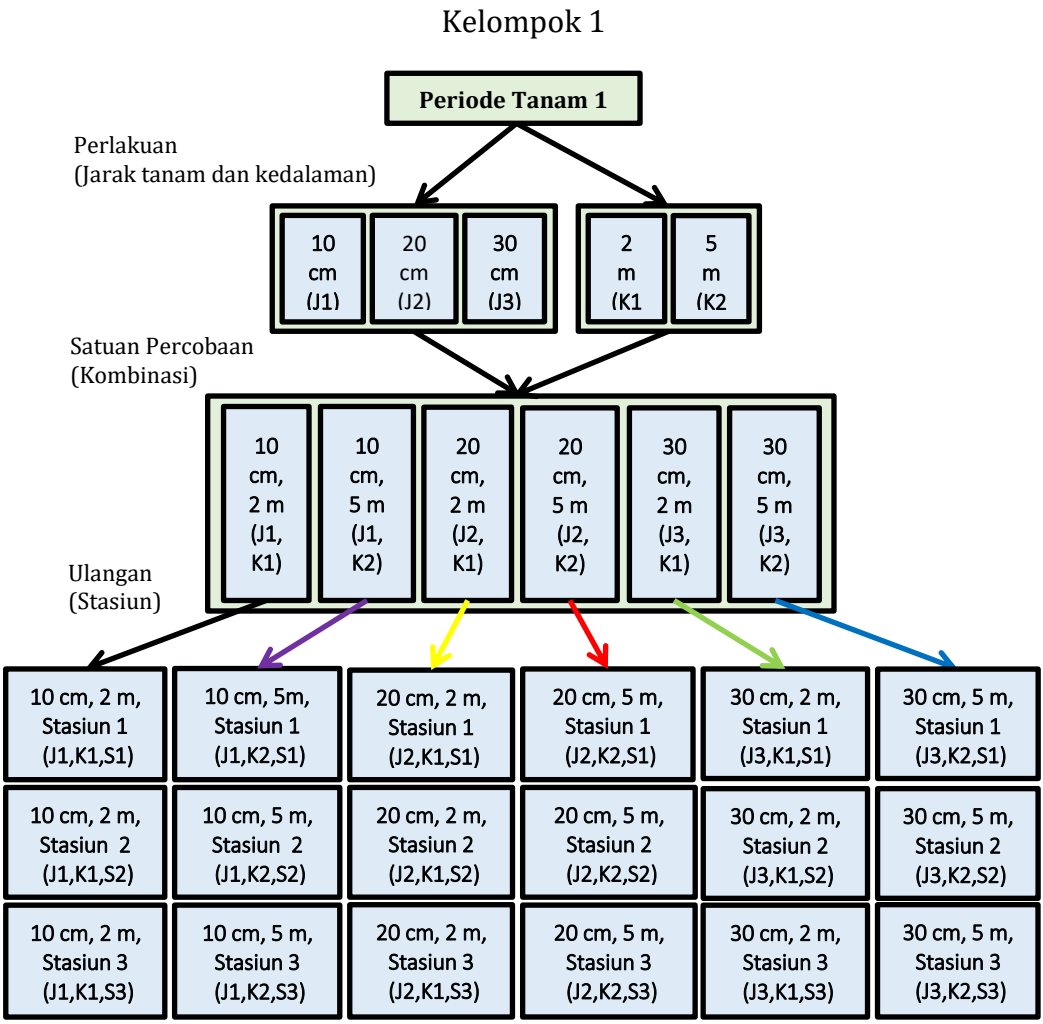
8.2 Perlakuan dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain faktorial pola kelompok. Dua faktor yang diamati adalah jarak tanam dengan 3 level (10, 20 dan 30 cm, ketiga jarak tanam ini diperbandingkan dengan kontrol), dan kedalaman yang terdiri dari 2 level (2 dan 5 m). Pengelompokkan dibuat berdasarkan periode tanam dan diulang pada 3 stasiun. Jadi terdapat 18 unit karamba apung dan 6 unit tanpa budidaya rumput laut diatasnya sebagai kontrol)

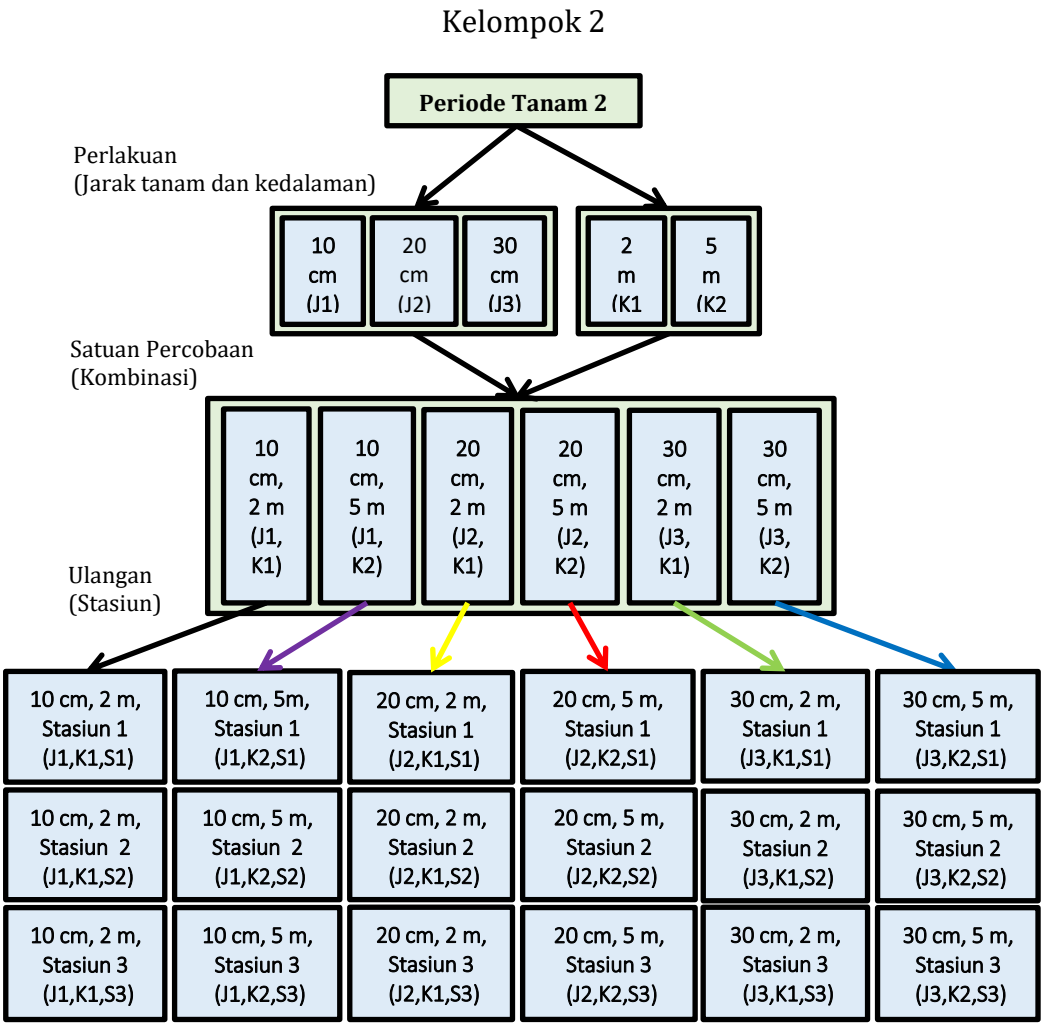
Pemeliharaan rumput laut di tiga stasiun ini dilaksanakan serentak atau bersamaan. Sistim pemeliharaan *Kappaphycus alvarezii* yang digunakan adalah sistim rakit apung yang dibuat dengan menggunakan metode tali tunggal apung (*floating monoline method*). Soegiarto *dkk.,* (1978) menyatakan bahwa rumput laut *Kappaphycus alvarezii* tumbuh lebih baik pada sistim rakit apung, terutama yang lebih dekat dengan permukaan air. Rakit apung ini masing- masing berukuran 2 x 2 m pada perairan dengan kedalaman berbeda yaitu 2 dan 5 m yang ditumbuhi karang *Acropora formosa* serta jarak tanam masing-masing jarak titik rumpun 10, 20, 30 cm (disesuaikan dengan faktor perlakuan)

Pada setiap titik rumpun diletakkan bibit rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dengan bobot awal 50 g per rumpun. Bibit rumput laut kemudian diikat per rumpun dan digantung pada tali rumpun dengan jarak per titik rumpun dibedakan menjadi tiga faktor jarak yaitu 10 , 20 dan 30 cm

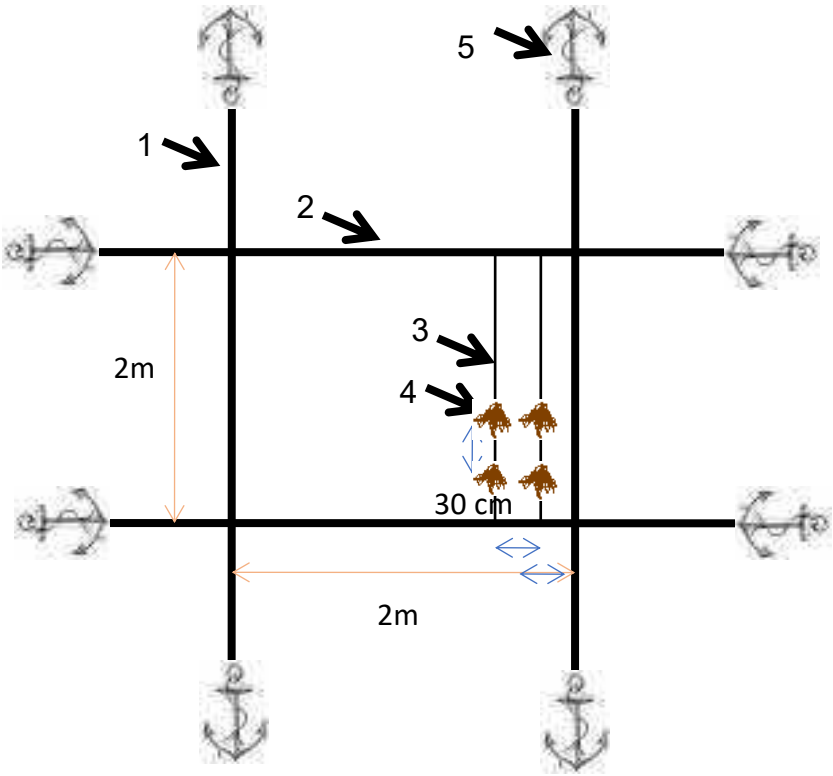
Adapun kombinasi perlakuan pada setiap periode tanam, skema penelitian pada unit rakit apung budidaya dan Metode budidaya rakit apung dengan titik rumpun yang digunakan pada penelitian jarak tanam 30 cm dapat dilihat pada Gambar 8.3, 8.4 dan 8.5.



Gambar 8.3 Skema penelitian pada unit rakit apung budidaya

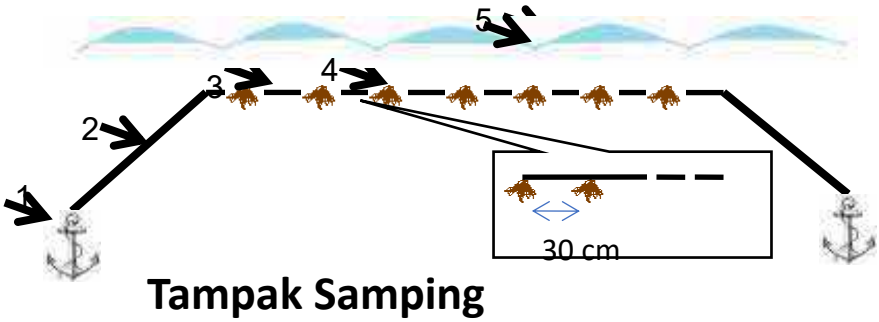


Gambar 8.4 Skema penelitian pada unit rakit apung budidaya



Tampak Atas

Keterangan :
1.Tali Jangkar
2. Bambu
3. Tali Bentang
4. Tali ris Rumput Laut
5. Jangkar
.



Keterangan :
1. Jangkar
2. Tali Jangkar
3. Tali Bentang
4.Tali ris Rumput Laut Bambu
5. Air Laut

Gambar 8.5 Metode budidaya rakit apung dengan titik rumpun yang digunakan pada penelitian jarak tanam 30 cm.

Untuk memperoleh data perkembangan pertumbuhan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dilakukan penimbangan bobot per rumpun setiap minggu, diberi label dan ditimbang satu persatu. Dari setiap unit penelitian dicatat sebanyak 30 titik rumpun untuk keperluan analisis diambil secara acak. Kegiatan budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.6.

Gambar 8.6 Kegiatan budidaya rumput laut *Kappahycus alvarezii* selama penelitian

8.3 Pengukuran Laju Pertumbuhan dan Sintasan Karang *Acropora formosa*

1. Laju Pertumbuhan Karang *Acropora formosa*

Metode pendekatan dalam menganalisis laju pertumbuhan karang adalah dengan metode *Real Time*, berupa pengukuran langsung terhadap panjang karang dalam suatu unit waktu (Buddemeier dan Kinzie, 1976).

Pengukuran laju pertumbuhan karang *Acropora formosa* dilakukan setiap dua minggu sekali dilokasi penelitian dengan harapan laju pertumbuhan rata-rata karang bercabang (Branching Coral (CB)) *Acropora formosa* ini dapat dilihat dengan cukup baik. Pengukuran parameter laju pertumbuhan karang dilakukan dengan menggunakan kaliper. Proses pengukuran laju pertumbuhan karang dilakukan secara langsung didalam perairan dengan

menggunakan alat bantu selam scuba lengkap, paper under water dan pensil 2 B. Pengukuran pertumbuhan karang *Acropora formosa* dan pencatatan data didalam perairan disajikan pada Gambar 8.7.

Laju pertumbuhan karang dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

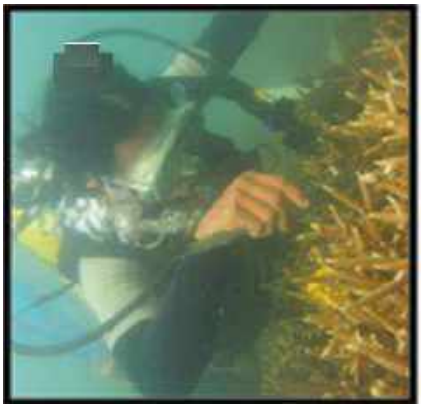
$$P = (L_t - L_o) / t$$

dimana : P = Capaian pertumbuhan karang (cm/siklus)

L_t = Rata-rata tinggi pada akhir penelitian (cm)

L_0 = Rata-rata tinggi pada awal penelitian (cm)

t = waktu pengamatan



Gambar 8.7 Pengukuran pertumbuhan karang *Acropora formosa* dan pencatatan data di dalam perairan

Untuk masing-masing unit perlakuan, karang yang diamati sebanyak 5 cabang dengan diberi nomor urut dari bahan plastik dan diikatkan pada cabang karang yang diukur. Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur tinggi karang tegak lurus mulai tali pengikat cabang karang hingga cabang tertinggi karang.

Peralatan dan bahan yang digunakan dalam proses pengambilan data pertumbuhan karang, kepadatan zooxanthella dan rekruitmen karang Pengukuran dilaksanakan pada perairan dengan kedalaman 2 dan 5 m.

2. Sintasan Karang *Acropora formosa*

Sintasan karang diketahui dengan membandingkan antara jumlah individu karang yang hidup pada akhir penelitian (N_t) dibandingkan dengan jumlah individu karang pada awal penelitian (N_o)

Rumus yang digunakan untuk menghitung sintasan adalah sebagai berikut :

$$S = \frac{N_t}{N_o} \times 100\ \%$$

dimana : S = Sintasan (%)

N_t = Jumlah individu karang yang hidup pada akhir penelitian

N_o = Jumlah individu karang pada awal penelitian

8.4 Penghitungan Kepadatan Zooxanthella

Sampel karang terdiri dari karang *Acropora formosa* yang diambil dari koloni yang berbeda dengan 3 kali ulangan untuk masing-masing perlakuan. Cara pengambilan sampel karang yaitu dengan memotong karang menggunakan gunting yang biasa dipakai untuk menggunting tanaman. Prosedur yang digunakan mengacu pada metode yang dijelaskan Suharsono dan Sukarno (1983) yaitu jaringan karang dikeluarkan dari setiap polip, dimana dalam penelitian ini

dilakukan dengan cara karang disemprot didalam plastik dengan menggunakan kompressor udara kemudian diencerkan dengan air laut steril sebanyak 20 ml dan disaring dengan menggunakan saringan 25 µ. Didalam laboratorium sampel dihitung menggunakan haemacytometer di bawah mikroskop dengan bantuan handy counter. Permukaan karang dihitung luasnya. Penghitungan kepadatan zooxanthella dapat dilihat pada Gambar 8.8.

Gambar 8.8 (A) = Pengeluaran jaringan karang dari setiap polip, (B) = Pengenceran dengan air laut steril, (C) = Pengadukan dan penyaringan sampel dalam beaker glass 50 ml, (D) = Diteteskan ke dalam haemacytometer, (E) = Penghitungan kepadatan zooxanthella, (F) = karang yang sudah dikeluarkan jaringannya

Kepadatan zooxanthella dihitung dengan menggunakan rumus American Public Health Asossiation /APHA (1992) yang telah diubah oleh Niartiningsih (2001), sebagai berikut :

$$\text{Kepadatan zooxanthella (sel/cm}^2) = \frac{N \times A_t \times V_t}{Ac \times V_s \times A_s}$$

dimana : N = Jumlah zooxanthella yang dihitung (sel)

A_t = Luas cover glass (mm^2)

V_t = Volume total sampel (ml)

A_c = Luas permukaan karang (cm^2)

V_s= Volume sampel yang digunakan (ml)

A_s= Luas Haemocytometer (mm^2)

8.5 Penghitungan Rekruitmen Karang

Penelitian ini menggunakan batu alam sebagai plate kolektor penempelan koloni juvenil karang sesuai dengan Rudi *dkk.,* (2005), berukuran 20 x 20 cm ditempatkan didasar perairan dibawah budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada perairan dengan kedalaman 2 dan 5 m masing-masing perlakuan sebanyak 3 plate kolektor dengan total plate kolektor 72 buah. Penempatan dan pengambilan plate kolektor dilakukan dengan menggunakan alat selam scuba lengkap. Plate kolektor diambil sekali dalam dua bulan, lalu dilakukan penggantian dengan plate kolektor baru yang akan diambil dua bulan berikutnya. Untuk penempatan plate kolektor penempelan pertama pada bulan Oktober s/d Desember 2012 dilanjutkan penempatan plate kolektor kedua pada bulan Januari s/d Maret 2013. Plate kolektor diangkat secara hati-

hati, lalu di atas kapal dibungkus koran dimasukkan dalam plastik, selanjutnya dibawa ke laboratorium untuk penghitungan dan identifikasi.

Penghitungan kepadatan koloni juvenil karang Sclerachtinia dilakukan metode pemutihan (bleaching) menurut metode Babcock *dkk*., (2003). Untuk menghilangkan bau busuk, plate kolektor dibilas dan dibersihkan dengan air tawar. Proses selanjutnya dilakukan pemutihan (bleaching) untuk menghilangkan jaringan lunak yang terdapat pada seluruh permukaan plate kolektor dan memperjelas struktur koralit karang yang menempel sehingga memudahkan untuk pengamatan, dengan cara merendam plate kolektor dengan larutan bayclin (5,25% NaClO) selama 10 menit. Setelah proses pemutihan (bleaching) plate kolektor dibilas dengan air tawar. Plate kolektor yang sudah bersih diangin-anginkan di dalam suhu kamar. Pengamatan koloni juvenil karang dilakukan dengan menggunakan alat bantu makroskop. Pengamatan dilakukan pada seluruh permukaan plate kolektor meliputi jumlah koloni juvenil karang yang menempel. Koloni juvenil karang yang menempel pada plate kolektor tandai dengan spidol waterprof warna merah, dihitung dan diidentifikasi hingga tingkat genus (Babcock *dkk*., 2003). Gambar 8.9 menunjukan proses pemutihan (bleaching) dan identifikasi koloni juvenil karang.

Identifikasi koloni juvenil karang sampai ke tingkat genus menggunakan buku identifikasi karang yaitu Veron

(2000) dan mengacu pada Babcock *dkk.,* (2003) dengan bantuan makroskop Merk Wild Heerbrugg dan tipe 211070208. Pemotretan rekrutmen karang dilakukan menggunakan foto mikroskop Canon Power Shot SX 260 HS

Gambar 8.9 (A) = Sampel plate kolektor, (B) = Peralatan pembersihan dan pemutihan (bleaching), (C) = Pembersihan plate kolektor, (D) = Proses pemutihan (bleaching), (E) = Diangin-anginkan, (F) = Pencarian koloni juvenil karang, (G) = Penandaan koloni karang, (H) = Pengamatan koloni karang, (I) = Identiifikasi koloni juvenil karang (Veron, 2000; Babcock *dkk*., 2003)

Tabel 8.2 Peralatan dan bahan yang digunakan dalam proses pengambilan data pertumbuhan tinggi karang, kepadatan zooxanthella dan rekruitmen karang

No	Peralatan	Bahan	Keterangan
1	Laju pertumbuhan karang		
	Peralatan selam Scuba		Satu set lengkap dengan merk Mares
	Kaliper		Berbahan besi dengan ketelitian 0,01 cm
	Kamera bawah air		Canon A6450 (10 megapixel) + wadah tambahan kedap air
	Kertas newtop (water paper) dan sabuk		Kertas tahan air sebanyak 25 lembar
	Papan kerja dan Pensil 2B		Berbahan kayu
	Keranjang plastik		Untuk meletakkan papan kerja dan kertas newtop
2	Kepadatan zooxanthella		
	kompresor		Mengeluarkan jaringan karang
	Beaker glass ukur 50 ml	pyrex	Untuk menampung zooxanthella
	Pipet tetes		Untuk mengambil zooxanthella
	Mikroskop dan monitor	DM Series Optika	Untuk melihat zooxanthella
	Haemacytom		Untuk mengukur jumlah zooxanthella

No	Peralatan	Bahan	Keterangan
	Cover glass		Menutup object glass
	Handy counter		Untuk menghitung zooxanthella
3	Rekruitmen karang		
	Nampan plastik	Bayclin	untuk merendam, membersihkan dan pemutihan (bleaching) plate kolektor
	sarung tangan		Untuk melindungi tangan dari larutan bayclin
	senter		Untuk membantu mengidentifikasi koloni juvenil karang
	makroskop	Merk Wild Heerbrugg dan tipe 211070208	untuk mengidentifikasi koloni juvenil karang
	Handy counter		Untuk menghitung jumlah koloni juvenil karang
	Snowmen marker OPF permanen		Untuk menandai adanya koloni juvenil karang
	kamera	Canon Power Shot SX 260 HS	Untuk mendokumentasikan koloni juvenil karang

8.6 Pengukuran Laju Pertumbuhan Harian, Produksi dan Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

1. Laju Pertumbuhan Harian Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Pengukuran data pertumbuhan dilakukan dengan cara menimbang bobot basah rumput laut setiap minggu selama enam minggu masa pemeliharaan. Pengukuran laju pertumbuhan harian dihitung dengan menggunakan rumus Dawes *dkk* ., (1993 *dalam* Hurtado *dkk*., 2001) sebagai berikut :

$$LP = \frac{Ln(W_t - W_o)}{t} \times 100$$

dimana: LPH = Laju pertumbuhan bobot harian/hari (%/hari)

W_t = Bobot basah rumput laut pada akhir penelitian (g)

W_o = Bobot basah rumput laut pada awal penelitian(g)

t = lama pemeliharaan (hari)

2. Produksi Rumput Laut Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Untuk mengetahui produksi biomassa rumput laut dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$P_r = \frac{(W_t - W_0)}{L} \times B$$

dimana : P_r = Produksi rumput laut (gr/m^2)

W_t = Bobot basah rumput laut pada akhir penelitian(g)
W_0 = Bobot basah rumput laut pada awal penelitian(g)
L = Luas lahan (m^2)
B = Jumlah titik tanam

3. Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Analisis kualitas rumput laut yang diamati meliputi :

a. Kandungan karaginan (KK) dalam satuan persen (%)

Untuk menentukan kadar karaginan digunakan rumus Munoz, *dkk.,* (2004) sebagai berikut :

$$KK\ (\%) = \frac{\text{bobot ekstrak karaginan}}{\text{bobot Sampel kering}} \times 100$$

Pada penelitian ini kadar karaginan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dianalisis pada akhir pemeliharaan (t-42) untuk setiap perlakuan.

b. Kekuatan gel karaginan (g/cm^2)

Pengukuran kekuatan gel dilakukan dengan menggunakan *Texture Analyzer*. Larutan karaginan yang telah diukur viskositasnya dipanaskan kembali kedalam oil bath hingga mencapai suhu 80 ^{0}C. Larutan yang telah dipanaskan dicetak dalam pipa PVC 3/4 inchi dengan panjang ± 3 cm, kemudian didinginkan di dalam refrigerator selama 12 jam dan diukur dengan menggunakan texture analizer. Pada penelitian ini kekuatan gel karaginan rumput laut *Kappaphycus*

alvarezii dianalisis pada akhir pemeliharaan (t-42) untuk setiap perlakuan.

c. Viskositas (cPs)

Larutan karaginan dengan konsentrasi 1,5% dipanaskan dalam bak air mendidih sambil diaduk secara teratur sampai suhu mencapai 75°C. viskositas diukur dengan viskometer. Pada penelitian ini viskositas dianalisis pada akhir pemeliharaan (t-42) untuk setiap perlakuan.

d. Kandungan klorofil a

Penentuan kandungan klorofil a dilakukan dengan metode Arnon (1949) *dalam* Thirumaran *dkk.,* (2009) dengan cara: (1). Jaringan sebanyak 500 mg digerus dalam 10 ml aseton 80 % sampai homogen, (2). Homogenan disentrifus pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit untuk memperoleh supernatan, (3). Pelet supernatan diekstraksi ulang melalui pencucian dengan 5 ml aseton 80 % sampai tak berwarna, (4) Ekstrak digunakan untuk menentukan pigmen-pigmen fotosintesis sesuai daya absorbs dari alat spektofotom, (5). Analisis dilakukan terhadap kandungan pigmen klorofil a berturut-turut dengan puncak serap pada panjang gelombang λ 665 nm. Pada penelitian ini kandungan klorofil a dianalisis pada akhir pemeliharaan (t-42) untuk setiap perlakuan.

8.7 Pengukuran Parameter Fisika dan Kimia Perairan

Parameter fisika dan kimia perairan yang diukur antara lain intensitas cahaya, sedimen, nitrat, ortofosfat, ammonium, Ca dan Mg. Pengukuran parameter intensitas cahaya dilakukan secara langsung (*in situ*) diukur di atas permukaan rumput laut dan di atas hamparan koloni karang. Pengukuran parameter secara tidak langsung (*ex situ*) dilakukan dilaboratorium yaitu untuk parameter sedimen, nitrat, ortofosfat, ammonium, Ca dan Mg. Pengambilan contoh air dilakukan dengan menggunakan botol contoh pada kedalaman yang telah ditentukan yang kemudian disimpan di dalam *cool box* yang diberi es untuk mengawetkan contoh air.

Pengukuran nitrat, ortofosfat dan ammonium diukur melalui proses spektrofotometri sedangkan Ca dan Mg melalui proses titrasi. Pengukuran sedimentasi dilakukan dengan cara meletakkan sedimen trap dengan ukuran panjang diameter 5 cm dan panjang 30 cm sebanyak 3 sedimen trap untuk masing-masing perlakuan. Sedimen trap diletakkan di antara koloni karang dibawah rakit apung budidaya rumput laut pada awal penelitian kemudian diangkat pada akhir penelitian. Partikel sedimen yang terperangkap dengan diukur dengan menyaring partikel-pertikel tersuspensi yang terdapat di dalam sedimen trap dengan menggunakan kertas saring dan dibantu dengan menggunakan *vacuum pump*, kemudian di oven pada 105°C untuk mendapatkan berat kering partikel tersuspensi yang terdapat di dalam alat perangkap sedimen.

Pengukuran nitrat, ortofosfat, ammonium, Ca dan Mg diukur pada permukaan dan dasar perairan. Prosedur dan analisis kualitas perairan dilaksanakan sesuai prosedur Standard Method APHA (2005).

Parameter yang diukur, alat/metode pengukuran dan referensi yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 8.2.

Tabel 8.3 Parameter yang diukur, metode pengukuran dan referensi yang digunakan

Parameter	Satuan	Alat/Metode Pengukuran	Referensi
1. Laju pertumbuhan karang	cm/hari	Kaliper/ real time	Effendie, 1979
2. Sintasan karang	%	Manual	Effendie, 1979
3. Kepadatan zooxanthella	sel/cm^2	Pengeluaran jaringan karang dikeluarkan pada setiap polip karang,	Muscatine *dkk.,* (1989)
4. Rekruitmen karang	koloni	Pemutihan (bleaching) dan identifikasi koloni karang	Babcock, (2003)
5. Laju pertumbuhan harian rumput laut	%/hari	Timbangan	Dawes dkk ., (1993) *dalam* Hurtado dkk, (2001)
6. Produksi rumput laut	ton/ha	Timbangan	Sugama, 1996
7. Kandungan karaginan	%	Oven	Munoz, *dkk.,* (2004)

Parameter	Satuan	Alat/Metode Pengukuran	Referensi
8. Kekuatan gel	g/cm^2	Texture Analyzer	Raharjo, 2009
9. Viskositas	cPs	Viscometer	Raharjo, 2009
10. Klorofil a	mg/g	Spektrofotometer	Arnon (1949) *dalam* Thirumaran *dkk.,* (2009)
11. Intensitas cahaya	lux	Lux meter	APHA, 2005
12. Sedimentasi	mg/cm^2 /hari	Sediment trap	APHA, 2005
13. Nitrat	ppm	Spektrofotometri	APHA, 2005.
14. Ortofosfat	ppm	Spektrofotometri	APHA, 2005.
15. Ammonium	ppm	Spektrofotometri	APHA, 2005.
16. Ca	ppm	Titrasi	APHA, 2005.
17. Mg	ppm	Titrasi	APHA, 2005.

8.8 Produksi Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Data hasil pengukuran produksi rumput laut dari 3 jark tanam, 2 kedalama dan 2 periode taman dan semua stasiun didapatkan berkisar antara 12,61 – 284,04 ton/ha, dengan rata-rata 89,14 ± 82,71 ton/ha.

Luasnya rentang kisaran produksi rumput laut terutama disebabkan oleh variasi jarak tanam yang mengakibatkan perbedaan jumlah titik rumpun. Perbedaan ini

lebih lanjut menyebabkan perbedaan jumlah berat awal diantara ke tiga jarak tanam. Pada jarak tanam yang lebih rapat (10 cm) terdapat 100 titik rumpun dengan berat sama 5000 g, sedangkan pada jarak tanam 30 cm terdapat 450 g rumput laut.

Hasil analisis ragam anova, produksi rumput laut yang dikonversi dari pengamatan pada titik rumpun ke total produksi dalam satuan ton/ha memperlihatkan bahwa produksi rumput laut berbeda berdasarkan jarak tanam, kedalaman dan periode tanam, namun tidak signifikan dipengaruhi oleh jarak tanam dan kedalaman.

Hasil yang sama konsisten ditunjukkan dari hasil analisis secara parsial pada dua periode tanam. Dimana jarak tanam dan kedalaman signifikan berpengaruh, tetapi interaksi keduanya tidak signifikan berpengaruh terhadap produksi rumput laut.

Hasil uji HSD Tukey memperlihatkan perbedaan yang sangat signifikan berdasarkan jarak tanam. Rata-rata produksi rumput laut dengan jarak tanam 10 cm (195,68 ton/ha) signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata jarak tanam 20 cm (51,96 ton/ha). Rata-rata produksi rumput laut dengan jarak tanam 30 cm sangat signifikan berbeda lebih rendah dibandingkan dengan produksi dengan jarak tanam 20 cm.

Tabel 8.4 Rata-rata produksi rumput lauat *Kappaphycus alvarezii* (ton/ha) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut

Perlakuan	Rata-rata ± SD	N
10 cm	195,68 ± 49,50 [a]	12
20 cm	51,96 ± 12,58[b]	12
30 cm	19,78± 4,57[c]	12

Keterangan : huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signisfikan berdasarkan hasil uji HSD Tukey (α = 0,05).

Berdasarkan tabel diatas sangat jelas terlihat bahwa total produksi rumput laut yang ditanam dengan jarak tanam 10 cm hampir 10 kali lipat dibanding produksi yang ditanam dengan jarak 30 cm. Perbedaan yang besar ini terutama disebabkan oleh jumlah berat awal bibit yang pembandingannya mencapai 11,11 (5000 : 450). Oleh karena itu sangat wajar jika produksinya mencapai pembandingan 9,89 (195,68: 19,78).

Fakta ini menjelaskan bahwa meskipun laju pertumbuhan rumput lebih tinggi pada jarak tanam 30 cm namun selisih laju pertumbuhan ini tidak mampu mencapai pertumbuhan yang sebanding dengan selisih perbedaan jumlah bibit awal yang ditebar.

Rata-rata produksi rumput laut pada kedalaman 5 m (101,92 ton/ha) lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata produksi pada kedalaman 2 m (76,35 ton/ha). Hasil ini jika dipersentasikan maka rata-rata produksi rumput laut meningkat sebesar 33,4% dari produksi rata-rata 76,35 ton/ha pada kedalaman 2 m.

Perbedaan rata-rata produksi antara 5 dan 2 m lebih disebabkan oleh perbedaan laju pertumbuhan dimana laju pertumbuhan pada kedalaman 5 m lebih tinggi dibanding dengan kedalaman 2 m.

Melihat fakta bahwa produksi rumput laut meningkat dengan jarak tanam lebih rapat namun berdampak negatif terhadap pertumbuhan karang maka dapat direkomendasikan beberapa opsi atau pilihan dalam proses pengembangan rumput laut di perairan karang, diantaranya :

- Apabila wilayah perairan karang secara ekologis mendukung pertumbuhan rumput laut luasannya masih tersedia cukup luas dan belum dimanfaatkan maka dapat dipertimbangkan agar memperluas lokasi budidaya tetapi menggunakan jarak tanam yang lebih renggang sehingga produksi dapat dicapai tanpa mengganggu pertumbuhan karang.
- Fakta bahwa laju pertumbuhan karang lambat pada kedalaman 2 m akibat budidaya rumput laut dipermukaan, perlu dipertimbangkan untuk memilih lokasi budidaya yang lebih dalam, karena terbukti produksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan perairan dangkal.

8.9 Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii*

Kualitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang diamati meliputi kandungan karaginan, kekuatan gel, viskositas dan klorofil a. Kualitas rumput laut selain

dipengaruhi oleh pertumbuhan saat pemeliharaan, juga dipengaruhi oleh kegiatan pasca pemeliharaan atau pasca panen. Jika saat panen dan saat pengeringan kurang baik maka kualitas rumput laut akan kurang baik. Kandungan karaginan, kekuatan gel, viskositas dan klorofil a dipengaruhi atau sangat ditentukan oleh kondisi pertumbuhan saat pemeliharaan rumput laut.

a) Karaginan

Hasil pengukuran kandungan karaginan rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dari seluruh stasiun, jarak tanam, kedalaman dan periode tanam didapatkan berkisar 38,59 – 73,54 % dengan rata-rata 36,46 ± 11,81 %.

Rata-rata kandungan karaginan berdasarkan jarak tanam dan kedalaman dari seluruh stasiun dan periode tanam (Tabel 8.4)

Tabel 8.5 Rata-rata Kandungan karaginan berdasarkan jarak tanam dan kedalaman

Perlakuan		
Jarak tanam	Kedalaman	
	2 meter	5 meter
10 cm	41,160 %	64,213 %
20 cm	43,662 %	67,858 %
30 cm	53,408 %	68,462 %

Hasil analisis ragam (ANOVA) secara simultan menggunakan disain eksperimen faktorial pola kelompok (Kelompok berdasarkan periode tanam) menunjukkan

adanya pengaruh interaksi antara jarak tanam dan kedalaman, pengaruh utama jarak tanam maupun kedalaman serta periode tanam terhadap kandungan karaginan rumput laut. Berbeda dengan analisis secara simultan, hasil ANOVA secara parsial pada masing-masing periode tanam menggunakan faktorial pola RAL menunjukkan bahwa interaksi antara jarak tanam dan kedalaman tidak signifikan berpengaruh terhadap kandungan karaginan rumput laut meskipun pengaruh utama masing-masing jarak tanam dan kedalaman sangat signifikan terhadap kandungan karaginan rumput laut, baik pada periode tanam Oktober s/d Desember maupun Januari s/d Maret. Perbedaan yang terlihat dari kedua analisis ragam tersebut diatas mengindikasikan bahwa interaksi antara jarak tanam dan kedalaman baru akan terlihat setelah dua periode tanam dilihat secara simultan dan tidak signifikan ketika hanya disidik dalam salah satu periode tanam saja. Disamping itu hasil ini menguatkan fakta bahwa perbedaan karaginan rumput laut lebih disebabkan oleh faktor-faktor yang mempengaruhi kandungan karaginan antar periode tanam dibandingkan dengan interaksi antara jarak tanam dan kedalaman. Konsistensi pengaruh utama jarak tanam dan kedalaman yang signifikan baik ketika dianalisis secara simultan maupun parsial menguatkan kesimpulan bahwa baik jarak tanam maupun kedalaman keduanya berpengaruh secara sendiri-sendiri dan efeknya

terlihat baik jangka pendek maupun dalam jangka panjang ketika diperbandingkan antar periode tanam yang berbeda.

Hasil uji HSD Tukey memperlihatkan bahwa rata-rata kandungan karaginan yang ditanam pada jarak 30 cm (60,94 %) signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan dengan kedua perlakuan jarak tanam lainnya, yaitu 10 dan 20 cm. Rata-rata kandungan karaginan rumput laut yang ditanam pada jarak 20 cm (55,76 %) tidak signifikan berbeda dengan rata-rata pada jarak 10 cm (52,69 %).

Tabel 8.6 Rata-rata kandungan karaginan (%) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut

Perlakuan	Rata-rata ± SD	N
10 cm	52,69±12,69[a]	12
20 cm	55,76±12,95 [a]	12
30 cm	60,94 ± 8,77[b]	12

Keterangan : huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signisfikan berdasarkan hasil uji HSD Tukey (α = 0,05).

Hasil ini lebih tinggi daripada yang diperoleh Suryaningrum *dkk.,* (1991) sebesar 27,72 – 35,15 %. Namun lebih rendah daripada yang diperoleh Yusuf (2003) sebesar 74 – 80%. Djai (2010) mengatakan ada pengaruh jarak tanam bibit terhadap pertumbuhan rumput laut dan kadar karaginan pada metode *long line*.

Tinggi rendahnya kandungan karaginan yang diperoleh disebabkan oleh kualitas dan kuantitas sinar matahari yang diterima oleh rumput laut. Sesuai pendapat

Anggadireja *dkk*., (2006), bahwa kualitas dan kualtitas cahaya yang masuk ke perairan dapat menambah kandungan karaginan pada rumput laut yang dibudidayakan. Tingginya kadar karaginan akan mempengaruhi laju pertumbuhan rumput laut. Kadar karaginan dalam setiap spesies *Kappahycus alvarezii* berkisar antara 54 – 73 % tergantung pada jenis dan lokasinya, dimana Indonesia berkisar antara 61,5 – 67,5 % (Sulistijo, 2002). Menurut Naguit *dkk*., (2009) rumput laut yang dibudidayakan di permukaan cenderung memiliki kandungan karaginan dan pertumbuhan tertinggi dari yang di daerah bawah. Hal tersebut ketersediaan nutrisi dan cahaya memiliki pengaruh pada rumput laut.

Menurut Syamsir (2007), karaginan terdapat dalam dinding sel rumput laut atau matriks intrasellulernya dan merupakan bagian penyusun yang besar dari bobot kering rumput laut dibandingkan dengan komponen yang lain. Semakin tinggi kandungan karaginan maka akan semakin baik karena dapat meningkatkan nilai ekonomi rumput laut.

Hubungan antara kandungan karaginan rumput laut *Kapppahycus alvarezii* dengan parameter fisika kimia perairan dianalisis menggunakan regresi linier berganda metode Backward. Parameter fisika yang digunakan sebagai variabel penduga (variabel X) terdiri dari intensitas cahaya , sedimentasi, nitrat, ortofosfat, ammonium, Ca dan Mg.

Hasil analisis regresi berganda antara karaginan rumput laut (Y) dengan parameter fisika kimia perairan (variabel X) menunjukkan bahwa kandungan karaginan rumput laut memiliki korelasi linier yang signifikan dengan beberapa parameter fisika dan kimia. Korelasi linier antara kandungan karaginan dengan ketujuh parameter signifikan kecuali dengan intensitas cahaya. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan.

Budidaya rumput laut pada rakit apung mengalami gerakan pasang surut air laut diduga dapat mempengaruhi proses fotosíntesis, karena pada saat surut terrendah rumput laut tersebut tidak selalu terendam air dan mengalami penyinaran cahaya yang cukup tinggi yaitu 3242 – 4119 lux (pertumbuhan optimal rumput laut menurut Iksan (2005) memerlukan intensitas cahaya sekitar 4750 lux). Dalam beberapa waktu rumput laut tersebut dapat mengalami defisiensi air. Dikatakan dalam Fitter dan Hay (1992), bahwa defisiensi air dapat mempengaruhi fisiologi jaringan secara keseluruhan, dan laju fotosíntesis dapat berkurang secara nyata. Hal ini dapat mempengaruhi proses fotosíntesis rumput laut, dan menyebabkan kandungan karaginan menurun jika ada penambahan intensitas cahaya matahari.

Arus membantu pertumbuhan rumput laut dengan membawa nutrisi (makanan) dan akan membersihkan rumput laut dari kotoran ataupun endapan yang menempel

akan hanyut oleh arus juga sangat berpengaruh terhadap kandungan karaginan pada rumput laut karena mempengaruhi proses fotosintesa rumput laut yang dihasilkan karbohidrat dalam bentuk karaginan.

Hasil perhitungan regresi berganda antara kandungan karaginan dengan parameter fisika kimia menjelaskan hubungan linier antara karaginan dengan parameter fisika kimia dengan persamaan regresi yang koefisien-koefiennya ditunjukkan dalam Tabel 8.6.

Tabel 8.7 Nilai koefisien regresi dan korelasi parsial antara karaginan dengan parameter fisika dan kimia perairan

R^2 = 0,803

Parameter Fisika Kimia dan Konstanta	Korelasi Parsial	Koefisien Regresi
(Constant)		-9.6151
Intensitas_Cahaya	-0.1105	-0.0061
Sedimentasi	-0.7371*	-0.3026
Nitrat	0.7169*	
Ortophospat	0.6429*	38.6156
Ammonium	0.6698*	49.2295
Ca	0.7665*	
Mg	0.7056*	0.0583

*Keterangan : Tanda * menunjukkan nilai yang signifikan (P<0.05)*

Perhitungan regresi dengan tabel diatas menjelaskan keeratan hubungan karaginan rumput laut sebesar 80,3% (R^2= 0,803). Nilai determinasi yang cukup tinggi ini menjelaskan bahwa peran parameter fisika kimia cukup

dominan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Akmal (2011) yang mengatakan parameter fisika kimia perairan (konsentrasi nitrat dan ortofosfat) merupakan faktor penyebab kandungan karaginan tinggi.

b) Kekuatan Gel

Hasil pengukuran kekuatan gel rumput laut hasil panen yang diperoleh dari kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman selama dua periode tanam di ketiga stasiun pengamatan nilainya berkisar antara 325 – 634 g/cm^2 dengan rata-rata 476,42 ± 86.07 g/cm^2. Nilai kekuatan gel terendah terukur pada kombinasi perlakuan jarak tanam 10 cm kedalaman 2 m sedangkan nilai tertinggi terukur pada kombinasi perlakuan jarak tanam 30 cm kedalaman 5 m.

Rata-rata kekuatan gel berdasarkan kombinasi perlakuan jarak tanam dan kedalaman yang dihitung dari semua stasiun dan periode tanam disajikan dalam Tabel 8.7.

Tabel 8.8 Rata-rata kekuatan gel rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menurut jarak tanam dan kedalaman

Jarak Tanam	Kedalaman	
	2 meter	**5 meter**
10 cm	361.5000	519.0000
20 cm	407.1667	550.6667
30 cm	446.6667	573.5000

Hasil analisis ragam (ANOVA) kekuatan gel rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menunjukkan bahwa jarak

tanam dan kedalaman signifikan (P<0.050) berpengaruh terhadap kekuatan gel, namun interaksi kedua perlakuan tersebut dan pengaruh kelompok periode tanam tidak signifikan berpengaruh terhadap kekuatan gel. Hasil analisis ragam ANOVA secara parsial pada periode tanam 1 dan 2 menunjukkan konsistensi tidak adanya pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman tetapi pengaruh utama jarak tanam dan kedalaman signifikan terhadap kekuatan gel rumput laut. Kompilasi hasil analisis ini yang menunjukkan konsistensi hasil baik pada periode tanam 1 maupun periode tanam 2 menguatkan indikasi bahwa perbedaan faktor-faktor lingkungan antara periode tanam 1 dan 2 belum cukup signifikan untuk menyebabkan perbedaan kekuatan gel rumput laut.

Hasil Uji HSD Tukey menunjukkan bahwa rata-rata kekuatan *Kappaphycus alvarezii* pada jarak tanam 30 cm (446.6667 g/cm^2) dan 20 cm (407.1667 g/cm^2) signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata kekuatan gel pada jaram tanam 10 cm (361.5000 g/cm^2). Rata-rata kekuatan gel tidak signifikan berbeda antara jarak tanam 20 dan 30 cm (Tabel 8.8).

Tabel 8.9 Rata-rata kekuatan gel (g/cm^2) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut

Perlakuan	Rata-rata ± SD	N
10 cm	440,25±90,20^a	12
20 cm	478,92±85,58^b	12
30 cm	510,08± 73,77^b	12

Keterangan : huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signisfikan berdasarkan hasil uji HSD Tukey (α = 0,05).

Rata-rata kekuatan gel rumput laut *Kappahycus alvarezii* yang dipelihara pada kedalaman 5 m (547.7222) g/cm^2 signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata pada kedalaman 2 m (405.1111 g/cm^2). Variasi nilai kekuatan gel rumput laut antar kelompok (periode tanam) relatif lebih homogen dengan rata-rata pada periode tanam Oktober s/d Desember sebesar 467.3333 g/cm^2 dan pada peeriode tanam Januari s/d Maret 485.5000 g/cm$^{2.}$

Nilai rata-rata kekuatan gel yang didapatkan dalam penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Yusuf (2003) memperoleh kekuatan gel sebesar 550 – 570 g/cm^2. Kekuatan gel menurut standar mutu yang ditetapkan oleh Departemen Perdagangan Republik Indonesia yaitu 450 – 500 g/cm^2 (Anonimous, 1989).

Hubungan antara kekuatan gel rumput laut dengan parameter fisika kimia berdasarkan hasil analisis regresi berganda menggunakan metode Backward. Hasil analisis regresi menunjukan bahwa kekuatan gel rumput laut sangat

dipengaruhi oleh parameter fisika kimia perairan Koefisien determinasi (R^2= 0,894) menunjukkan bahwa sebagian besar (89,4%) keeratan hubungan kekuatan gel rumput laut terjelaskan oleh parameter fisika kimia yaitu sedimentasi, ortofosfat dan amonium mengikuti persamaan dengan koefien-koefisien regresi yang ditunjukkan dalam Tabel 8.9.

Tabel 8.10 Nilai koefisien regresi dan korelasi parsial antara kekuatan gel dengan parameter fisika kimia perairan

R^2 = 0.894

Parameter Fisika Kimia dan Konstanta	Korelasi Parsial	Koefisien Regresi
(Constant)		155.9713
Intensitas_Cahaya	-0.1055	
Sedimentasi	-0.7514*	-1.8603
Nitrat	0.7760*	
Ortophospat	0.7037*	563.2943
Ammonium	0.7192*	395.7851
Ca	0.7878*	
Mg	0.6765*	

*Keterangan : Tanda * menunjukkan nilai yang signifikan (P<0.05)*

Dalam tabel diatas terlihat jelas bahwa kekuatan gel berkorelasi dengan semua parameter fisika kimia kecuali intensitas cahaya dengan nilai korelasi yang cukup besar (>0,7) seperti dengan sedimentasi, nitrat, ortofosfat, amonium dan kalsium (Ca).

Dari hasil ini terlihat bahwa pengaruh nutrien terhadap kekuatan gel cukup besar dengan tendensi meningkat mengikuti peningkatan kadar nitrat ortofosfat,

amonium dan kalsium (ca). Sebaliknya ketahanan gel rumput laut semakin menurun dengan meningkatnya sedimentasi.

Konsistensi gel karaginan dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain jenis dan tipe karaginan, konsentrasi, adanya ion-ion serta pelarut yang menghambat pembentukan hidrokoloid, pembentukan gel karaginan dari bentuk cair ke bentuk padat melibatkan penggabungan ikatan polimer sehingga membentuk helik rangkap yang akan membentuk jaringan tiga dimensi. (Towle,1973)

c) Viskositas

Viskositas adalah daya aliran molekul dalam sistem larutan. Viskositas suatu hidrokoloid dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi karaginan, temperatur, jenis karaginan, berat molekul dan adanya molekul-molekul lain (FAO, 1990). Hasil pengukuran viskositas rumput laut hasil panen yang diperoleh dari keseluruhan sampel selama penelitian nilainya berkisar antara 41 – 80 cPs dengan rata-rata 62.78 ± 12.99 cPs. Nilai terendah didapatkan dari kombinasi perlakuan jarak tanam 30 cm kedalaman 5 m, sedangkan nilai tertinggi diperoleh dari kombinasi jarak tanam 10 cm kedalaman 2 m.

Rata-rata viskostas rumput laut berdasarkan jarak tanam dan kedalaman sebagai kombinasi perlakuan seperti disajikan dalam Tabel 8.10.

Tabel 8.11 Rata-rata viskositas rumput laut cPs *Kappaphycus alvarezii* menurut jarak tanam dan kedalaman

Jarak Tanam	Kedalaman	
	2 meter	**5 meter**
10 Cm	77.50	62.67
20 Cm	72.67	53.83
30 Cm	65.50	44.50

Hasil analisis ragam (ANOVA) viskostas rumput laut *Kappaphycus Alvarezii* menunjukkan bahwa jarak tanam dan kedalaman signifikan (P<0.050) berpengaruh terhadap viskostas, namun interaksi kedua perlakuan tersebut dan pengaruh kelompok periode tanam tidak signifikan berpengaruh terhadap viskostas. Hasil analisis ragam secara parsial pada periode tanam satu dan dua menunjukkan konsistensi tidak adanya pengaruh interaksi jarak tanam dan kedalaman tetapi pengaruh utama jarak tanam dan kedalaman signifikan terhadap viskositas rumput laut. Kompilasi hasil analisis ini yang menunjukkan konsistensi hasil baik pada periode tanam satu maupun periode tanam dua menguatkan indikasi bahwa perbedaan faktor-faktor lingkungan antara periode tanam 1 dan 2 belum cukup signifikan untuk menyebabkan perbedaan viskositas rumput laut.

Hasil Uji HSD Tukey menunjukkan bahwa rata-rata viskostas *Kappaphycus Alvarezii* pada jarak tanam 10 cm (70.08) cPs dan 20 cm (63.05) cPs signifikan berbeda lebih tinggi dibandingkan dengan rata-rata viskostas pada jaram

tanam 30 cm (55.00) cPs (Tabel 8.11). Hasil uji ini memperlihatkan pola yang berlawanan dengan nilai kekuatan gel yang memiliki kecenderungan meningkat dengan bertambahnya jarak tanam.

Tabel 8.12 Rata-rata viskositas (cPs) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut

Perlakuan	Rata-rata ± SD	N
10 cm	70,08±10,54[a]	12
20 cm	63,25±10,72[a]	12
30 cm	55,00± 13,67[b]	12

Keterangan : huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signisfikan berdasarkan hasil uji HSD Tukey (α = 0,05).

Besarnya keeratan hubungan viskositas rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang terjelaskan oleh intensitas cahaya, sedimentasi, nitrat, ortofosfat dan kalsium (Ca) mencapai 64,0% melalui persamaan regresi yang ditujukkan dalam Tabel 8.12.

Tabel 8.13 Nilai koefisien regresi dan korelasi parsial antara viskositas dengan parameter fisika dan kimia perairan

R^2 0.640

Parameter Fisika Kimia dan Konstanta	Korelasi Parsial	Koefisien Regresi
(Constant)		379,5274
Intensitas_Cahaya	0,2311*	0,0048
Sedimentasi	0,4499*	0,2406
Nitrat	-0,2145*	18,1676

Parameter Fisika Kimia dan Konstanta	Korelasi Parsial	Koefisien Regresi
Ortophospat	-0,5010*	-64,425
Ammonium	-0,3097*	
Ca	-0,6381*	43.3615
Mg	-0,5591*	

*Keterangan : Tanda * menunjukkan nilai yang signifikan (P<0.05)*

Mengacu pada tabel diatas yang menunjukan bahwa nilai korelasi parsial antara viskositas dengan parameter fisika kimia relatif sedang (<0,05), Hal ini mengindikasikan bahwa viskositas rumput laut *Kappaphycus alvarezii* dipengaruhi oleh faktor parameter fisika kimia dan aspek-aspek lain yang tidak dianalisis. Towle (1973) menyatakan bahwa viskositas karaginan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu konsentrasi karaginan, temperatur, tingkat disperse, kandungan sulfat dan berat molekul karaginan. Suryaningrum dkk., (1991) melaporkan bahwa peningkatan konsistensi gel menyebabkan nilai viskositas karaginan semakin kecil. rumput laut dengan kadar air tinggi (pengotor yang memiliki viskositas relatif lebih rendah dibandingkan karaginan) juga berdampak pada nilai viskositas.

d) Klorofil a

Hasil pengukuran kandungan klorofil a rumput laut yang diperoleh dari keseluruhan sampel selama penelitian nilainya berkisar antara 0.0060 – 0,0093 mg/g dengan rata-rata 0,0077 ± 0,0008 mg/g. Kandungan klorofil a terendah

terukur dari kombinasi perlakuan jarak tanam 10 cm kedalaman 2 m, sedangkan tertinggi terukur pada sampel dari kombinasi jarak tanam 30 cm kedalaman 5 m.

Berdasarkan jarak tanam dan kedalaman, rata-rata kandungan klorofil a rumput laut yang dihitung dari semua stasiun dan periode tanam disajikan dalam Tabel 8.13.

Pola yang ditunjukkan masih mirip dengan ketiga parameter kualitas rumput laut sebelumnya yaitu perbedaan yang jelas antar jarak tanam dan kedalaman. Hal berbeda yang ditunjukkan adalah variasi antar periode tanam yang terlihat sedikit berbeda dimana terlihat kecenderungan yang lebih tinggi pada pertiode Januari s/d Maret dibandingkan periode tanam Oktober s/d Desember.

Tabel 8.14 Rata-rata kandungan klorofil a rumput laut (mg/g) *Kappaphycus alvarezii* menurut jarak tanam dan kedalaman

Jarak Tanam	Kedalaman	
	2 meter	**5 meter**
10 Cm	0,0068	0,0078
20 Cm	0,0072	0,0083
30 Cm	0,0075	0,0086

Hasil analisis ragam (ANOVA) kandungan klorofil a rumput laut *Kappaphycus alvarezii* menunjukkan bahwa jarak tanam dan kedalaman signifikan ($P<0.05$) berpengaruh terhadap kandungan klorofil a, namun interaksi kedua perlakuan tersebut tidak signifikan

berpengaruh terhadap kandungan klorofil a. Pengaruh kelompok periode tanam terhadap kandungan klorofil a terlihat signifikan. Hasil analisia secara parsial pada periode tanam satu menujukkan yang konsisten analisis secara simultan yaitu pengaruh utama jarak tanam dan kedalaman yang signifikan tetapi interaksi keduanya tidak signifikan terhadap kandungan klorofil a rumput laut. Hasil yang agak berbeda ditunjukkan dari hasil ANOVA secara parsial pada periode tanam kedua yang menujukkan tidak adanya pengaruh jarak tanam terhadap kandungan klorofil a rumput laut. Mengacu pada hasil yang memperlihatkan bahwa kandungan kloril a yang tidak signifikan berbeda berdasarkan jarak tanam pada periode tanam kedua maka dapat dikatakan bahwa pada kondisi intensitas cahaya lebih tinggi pengaruh jarak tanam yang berbeda tidak besar dampaknya terhadap kandungan klorofil a rumput laut yang dipelihara. Efek ini serupa yang ditunjukkan dalam kepadatan zooxanthella pengaruhnya lebih signifikan ketika intensitas cahaya terbatas, sehingga pengaruh perbedaan jarak tanam pada periode tanam satu ketika intensitas cahaya lebih rendah terlihat signifikan efeknya terhadap kandungan klorofil a rumput laut, namun ketika intensitas cahaya lebih tinggi (periode dua perbedaan jarak tanam tidak signifikan lagi pengaruhnya terhadap kandungan klorofil a rumput laut yang dipelihara.

Hasil Uji HSD Tukey menunjukkan bahwa rata-rata kandungan klorofil a rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada jarak tanam 10 cm (0,0073 mg/g) signifikan berbeda lebih rendah dibandingkan dengan kandungan klorofil a rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada kedalaman 20 cm (0,0077 mg/g). Rata-rata jarak tanam 30 cm (0,0080 mg/g) berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan dengan kedua jarak tanam lainnya. Berdasarkan kedalaman maka didapatkan rata-rata kandungan klorofil a rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada kedalaman 2 m (0,0072 mg/g) signifikan berbeda lebih rendah dibandingkan dengan rata-rata kandungan klorofil a rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada kedalaman 5 m (0,0082 mg/g).

Pada jarak tanam 30 cm kandungan klorofil a pada rumput laut *Kappaphycus alvarezii* lebih tinggi disebabkan karena mendapatkan intensitas cahaya yang lebih besar untuk fotosintesis. Hal ini sesuai dengan pendapat Doty (1987) bahwa rumput laut *Kappahycus alvarezii* dipengaruhi oleh perbedaan intensitas dan kualitas cahaya, yang mempunyai derivat klorofil sehingga memerlukan sinar matahari untuk kelangsungan hidupnya (Doty, 1987). Sintesis klorofil sangat dipengaruhi oleh cahaya. Apabila tanaman disinari dengan cahaya yang cukup maka pembentukan klorofil akan lebih sempurna (Sallisbury dan Ross, 1969).

Menurut Dwijoseputro (1989), pembentukan klorofil dimulai dari protoklorofil yang mengalami reduksi menjadi klorofil a apabila ada sinar matahari. Sinar matahari diserap oleh protoklorofil dan dirubah menjadi klorofil a (autotransformasi).

Tabel 8.15 Rata-rata klorofil a (mg/g) dan hasil Uji HSD Tukey berdasarkan jarak tanam budidaya rumput laut

Perlakuan	Rata-rata ± SD	N
10 cm	0,0073[a]	12
20 cm	0,0077[b]	12
30 cm	0,0080[c]	12

Keterangan : huruf yang berbeda menunjukkan perbedaan yang signisfikan berdasarkan hasil uji HSD Tukey (α = 0,05).

Hasil analisis regersi berganda antara kandungan klorofil a rumput laut dengan parameter fisika kimia perairan menujukkan bahwa kandungan klorofil a sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya, sedimentasi, ammonium dan Ca. Dari perhitungan regresi didapatkan bahwa 90,0% (R^2=0,900) keeratan hubungan klorofil a rumput laut dapat terjelaskan dari parameter intensitas cahaya, sedimentasi, ammonium dan Ca dengan nilai koefisien regresi masing-masing parameter ditunjukkan dalam Tabel 8.15.

Tabel 8.16 Nilai koefisien regresi dan korelasi parsial antara klorofil a dengan parameter fisika dan kimia perairan

$R^2 = 0.900$

Parameter Fisika Kimia dan Konstanta	Korelasi Parsial	Koefisien Regresi
(Constant)		$-34,54 \times 10^{-3}$
Intensitas_Cahaya	0,326*	$0,3 \times 10^{-6}$
Sedimentasi	-0,788*	$2,5 \times 10^{-5}$
Nitrat	16,51*	
Ortophospat	0,334*	
Ammonium	0,843*	$2,56 \times 10^{-3}$
Ca	0,841*	$1,08 \times 10^{-5}$
Mg	0,687*	

Keterangan : Tanda * menunjukkan nilai yang signifikan ($P<0.05$)

8.10 Analisis Data

Untuk melihat pengaruh perlakuan (jarak tanam dan kedalaman) terhadap laju pertumbuhan karang, kepadatan zooxanthella, rekruitmen, laju pertumbuhan rumput laut, produksi rumput laut dan kualitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii* di tiga stasiun penelitian dianalisis menggunakan ANOVA dengan desain faktorial pola kelompok. Dua faktor yang diamati adalah jarak tanam dengan 3 level (10, 20 dan 30 cm, ketiga jarak tanam ini diperbandingkan dengan kontrol) dan kedalaman yang terdiri dari 2 level (2 dan 5 m). Pengelompokkan dibuat berdasarkan periode tanam dan

diulang pada 3 stasiun. Desain eksperimen yang digunakan mengikuti model linier sebagai berikut :

$$\mathbf{Y_{ijkl} = \mu + J_i + K_j + JK_{ij} + M_k + \varepsilon_{ijkl};}$$

dimana

Y_{ijkl} = Respon (laju pertumbuhan karang, kepadatan zooxanthella, kepadatan rekruitmen, laju pertumbuhan, produksi dan kualitas rumput laut)

μ = Rata-rata umum

J_i = Pengaruh jarak tanam ke-i (i = 1, 2 dan 3)

Kj = Pengaruh kedalaman ke-j (j = 1 dan 2)

JK_{ij} = Pengaruh interaksi jarak tanam ke-I dengan kedalaman ke-k

M_k = Pengaruh kelompok periode tanam ke-k (k = 1dan 2)

ε_{ijkl} = Galat akibat pengaruh jarak tanam ke-I, jarak tanam dan musim ke-k ulangan ke-l

Untuk melihat konsistensi pengaruh jarak tanam dan kedalaman maka analisis ragam (ANOVA) dilakukan secara terpisah masing-masing pada periode tanam 1 dan periode tanam 2 menggunakan disain faktorial pola RAL. Dengan disain yang hampir sama dengan diatas tetapi pengaruh kelompok tidak ada karena masing-masing dilakukan pada kelompok periode tanam secara terpisah (parsial).

Untuk membandingkan rata-rata respon (beberapa parameter karang dan rumput laut) maka digunakan uji lanjut HSD Tukey (α = 0,05) antar jarak tanam, sedangkan untuk

membandingkan ketiga jarak tanam dengan kontrol digunakan uji Dunnet. Untuk membandingkan antar kedalaman dan peiode tanam digunakan uji t. Ketika respon tidak memenuhi uji distribusi normal maka dilakukan transformasi dan apabila hasil transformasi masih menunjukkan sebaran data yang sangat menyimpang jauh dari normal maka digunakan analisis non parametrik.

Analisis non parametrik yang digunakan adalah analisis kruskal_Wallis untuk melihat pengaruh jarak tanam sedangkan untuk melihat perbedaan kedalaman dan periode tanam digunakan analisis Mann_Whitney.

Untuk menjelaskan perubahan panjang karang dan berat rumput laut maka digunakan analisis ragam ANOVA pengukuran berulang (repeat measurement) dengan periode pengamatan hari ke-0, 14, 28 dan 42 sedangkan periode pengamatan untuk rumput laut adalah hari ke- 0, 7, 14, 21, 28, 35, dan 42.

Selanjutnya untuk menjelaskan hubungan antar beberapa respon karang dan rumput laut maka digunakan analisis regresi linier berganda metode backward. Dalam analisis regresi linier berganda ini dipisahkan antara variabel respon karang dan rumput laut. Respon karang seperti laju pertumbuhan , kepadatan zooxanthella, variabel penduga yang digunakan adalah variabel parameter fisika dan kimia di dasar perairan. Sedangkan untuk variabel respon rumput laut (laju

pertumbuhan harian, produksi, kualitas rumput laut) parameter penduga (variabel –variabel X) adalah parameter fisika kimia di permukaan perairan. Model linier persamaan regresi ganda yang digunakan adalah sebagai berikut :

$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \ldots + + \beta_n X_n$ (n = 7),

dimana

Y = laju pertumbuhan karang, kepadatan zooxanthella, laju pertumbuhan harian rumput laut, produksi rumput laut dan kualitas rumput laut),

β_1 , β_2, ..., β_n = koefisien regresi masing-masing variabel X

X_1,X_2,..., X_n= Intensitas cahaya, sedimentasi, nitrat, ortofosfat, ammonium, Ca dan Mg.

BAB IX
Rekomendasi

Berdasarkan hasil pengamatan dan pembahasan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut :

1. Budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* yang lebih rapat (10 cm) memiliki dampak negatif yang lebih besar dalam menekan pertumbuhan karang dan kepadatan Zooxanthella dibandingkan dengan jarak tanam yang lebih renggang (30 cm). Budidaya rumput laut *Kappaphycus alvarezii* pada jarak tanam 10, 20 dan 30 cm, kedalaman 2 m dan 5 m tidak menyebabkan adanya kematian karang *Acropora formosa.* Pengaruh simultan jarak tanam dan kedalaman dalam menekan pertumbuhan karang dan kepadatan Zooxantellae lebih tinggi pada jarak tanam 10 cm, kedalaman 2 m. Budidaya rumput laut dengan jarak tanam 10, 20, dan 30 cm tidak berdampak negatif terhadap rekruitmen karang tetapi secara parsial pada periode tanam 2 berdampak negatif. Proses rekruitmen karang lebih baik pada kedalaman 5 m, tetapi secara parsial pada periode tanam 1 tidak berbeda.

2. Laju pertumbuhan harian dan kualitas rumput laut *Kappaphycus alvarezii* lebih baik pada budidaya dengan jarak tanam lebih renggang (30 cm) dan kedalaman 5 m dibandingkan dengan jarak tanam lebih rapat (10 cm) pada kedalaman 2 m. Sebaliknya produksi pada jarak tanam 10 cm kedalaman 5 m jauh lebih tinggi menghampiri 10 kali lipat dibandingkan dengan jarak tanam 30 cm.
3. Direkomendasikan untuk pengembangan budidaya rumput laut di perairan karang pada perairan yang lebih dalam dan menyesuaikan jarak tanam berdasarkan potensi yang masih tersisa dalam suatu wilayah. Untuk wilayah yang pontesinya belum termanfaatkan secara maksimal, budidaya rumput laut dengan jarak tanam lebih renggang dapat dilakukan tetapi memanfaatkan wilayah lebih luas sehingga produksi tetap dapat dipertahankan.

DAFTAR PUSTAKA

Abdan., Rahman, A., dan Ruslaini. 2013. Pengaruh Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Kandungan Karagenan Rumput Laut (*Eucheuma spinosum*) Menggunakan Metode Long Line. Jurnal Mina Laut Indonesia, 12 (3): 113– 123.

Abrar, M. 2000. Coral Colonization (Scleractinian) on Artificial Substrate at Sikuai Island, Bungus Teluk Kabung Padang, West Sumatera: A Conservation Palnning for Damaged Coral Reef *dalam* Soemodihardjo (ed). Prosiding Lokakarya Pengelolaan dan Iptek Terumbu Karang Indonesia. Jakarta.

Ainsworth, T.D., Hoegh-Guldberg, O., Heron, S.F., Skirving, W.J dan Leggat, W. 2008. Pre-pemutihan signs of thermal stress in reef building corals. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 364:63-71

Akmal. 2005. Morfologi, kandungan Klorofil a, Pertumbuhan, Produksi, Dan Kandungan Karaginan rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* Yang Dibudidayakan Pada Kedalaman berbeda.. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar. 86 hal.

Amin, M.T.P., Rumayar, F.N.F., Keemur, D., dan Suwitra, I.K. 2008. The Assessment Of Seaweed (*Eucheuma Cotonii*) Growing Practice Of Different Systems And Planting Seasons In Bangkep Regency Central Sulawesi. Central Sulawesi Assessment Institute For Agricultural Technology. Indonesian Journal Of Agriculture, 1(2):132-139.

Andarias, I. 1977. Prospek Pengembangan Budidaya Rumput Laut dalam Menyongsong Era Globalisasi dalam Bidang Budidaya Perairan. Laporan Penelitian. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Uniersitas Hasanuddin Makassar

Anggaradiredja, J.T. dan Zatmika, H. 2006. Rumput Laut. Swadaya. Jakarta.

Ankgukusuma, E.S. 2009. Aktivitas Reproduksi Seksual Karang *Acropora humilis* di Pulau Sambangan, Kepulauan Karimunjawa, Jepara Jawa Tengah.

Anlauf, H., D'Croz, L., dan O'Dea, A. 2011. corrosive concoction: The combined effects of ocean warming and acidification on the early growth of a stony coral are multiplicative. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 397 :13–20

Anonimous. 1989. Rumput Laut Berpotensi Menyumbang Devisa Rp. 79.984 trilium per Tahun. Kompas, Senin, 19 Juli 2004. Jakarta.

APHA (American Public Health Association). 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 19th ed. Greenberg, A.E., Clesceri, L.S., dan Eaton, A.D. Washinton, DC.

Apriyana, D. 2006. Studi Hubungan Karaketristik Habitat Terhadap Kelayakan Pertumbuhan dan Kandungan Karagenan Alga *Eucheuma spinosum* di Perairan Kec. Bluto Kab. Sumenep. Tesis. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Arwida, S.D. 2008. Adenium Arabicum. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Atmadja, W.S. 1996. Pengenalan Jenis Alga Merah (Rhodophyta) *dalam* Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut Indonesia. Editor : Atmadja, W.S., Kadi, A., Sulistijo., dan Rachmaniar, S. Puslitbang Oceanologi LIPI. Jakarta.

Babcock, R.C. 1988. Age-structure, Survivorship and Fecundity in Opulations of Massive Coral. Proceding 6th International Coral Reef Symposium Townsville, (2):625-633.

Babcock, R., dan Davies, P. 1991. Effects of Sedimentation on Settlement of *Acropora millepora*. Coral Reefs, 9:205-208.

Babcock, R.C., dan Mundy,C. 1996. Coral Recruitment: Consequences for Settlement Choice for Early Growth and Survivorship in Two Scleractinians. Experimental Marine Biology and Ecology, 206:179-201.

Babcock, R.C., Andrew, H., Baird., Piromvaragorn, S., Damian, P., Thomson., dan Willis, B.L. 2003. Identification of Scleractinian Coral Recruits from Indo-Pacific Reefs. *Zoological Studies,* 42(1):211-226.

Bachtiar, I .2001. Reproduction of Three Scleractinian Corals (*Acropora cytherea*, *A. nobilis*, *Hydnophora rigida*) in Eastern Lombok Strait, Indonesia. Majalah Ilmu Kelautan 21(5):18-27.

Bachtiar, I. 2002. Promoting Recruitment of Scleractinian Corals Using Artificial Substrate in the Gili Indah, Lombok Barat, Indonesia. In: Moosa (ed). Proceding Of the Ninth In Coral Reef Symposium. Bali.

Bak, R., dan Elgershuizen, J.H.B. 1976. Pattern of Oil Sediment Rejection in Coral. Marine Biology 37:715-730

Baird, A.H. dan Morse, A.N.C. 2004. Induction of Metamorphosis in Larvae of Brooding Corals *Acropora palifera* and *Stylophora pistillata.* Marine and Freshwater Research, 55:469-472.

Beardall, J., Beer, S., dan Raven, J.A. 1998. Biodiversity of Marine Plants in an Arc Of Climate Change: Some Predictions Based on Physiological Erformance. Botanical Marine, 4:113-123.

Bengen, D.G. 2002. Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut serta Prinsip Pengelolaanya. PKSPL. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor.

Birkeland, C. 1988. The Influence of Echinodermata on Coral Reef Communi-ties *dalam* Echinoderm Biology, Burke, R.D., Miadenow, P.V., Lambert, P., dan Parsley, R.L (eds), Balkema, Roterdam.

Boli, P. 1994. Respon Pertumbuhan Karang Batu pada Kondisi Lingkungan Perairan yang Berbeda. Tesis/ Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

Buddemeier, R. W., dan Kinzie, R. A. 1976. Coral Growth. Oceanograph Marine Biology Annual Review, 14:183-225.

Burke L., Selig E. dan Spalding M. 2002. Terumbu Karang Yang Terancam Di Asia Tenggara Diterjemahkan Dari Reef at Risk in South East Asia. World Resources Institute. Washington DC.USA

Buschman, A.H., Varela, D., Cifuentes, M., Herna'ndez-Gonza'lez, M.C., Henri'quez,L., Westermeier, R., dan Correa, J.A. 2004. Experimental Indoor Cultivationof the Carragenophytic Red Alga Gigartina Skotsbergii. Aquaculture, 241:357-370.

Boyd, C.E. 1988. Water Quality in Ponds for Aquaculture . Departement of Fisheries And Allied Aquaculture. Alabama Agricultural Experimental Station. AuburnUniversity.

Campo, V.L., Kawano, D.F., da Silva, D.B.Jr., dan Carvalho, I. 2009. Caragenans: Biological Properties, Chemical Modifications and Structural Analysis-A Review Carbohydrate Polymers, 77:167-180.

Castro, P., dan Huber, M.E. 2007. Marine Biology. 5th ed. New York: Mc Graw-Hill Companies, Inc.

Chen, Y. W. dan Shang, S. Y. 1980. Seasonal Variation of the Quality of *Gracilaria sp* cultivated in Taiwan. Proc. Natl. Sci. Counc. Roc. Taiwan

Costa, C.F. dan Amaral, F.D. 2000. Density and Size Differences of Symbiotic Dinoflagellates from Five Reef-Bulding Coral Species from Brazil. Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium, 159-162.

Dahuri, H.R., Rais, J., Ginting, S.P., dan Sitepu, M.J. 1996. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Parameterita. Jakarta

Dahuri, H.R., Rais, J., Ginting, S.P., dan Sitepu, J. 2001. Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT Pradnya Parameterita. Jakarta.

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

Damar, A. 2003. Effects of Enrichment on Nutriens Dynamics, Phytoplankton Dynamics and Primary Production in Indonesian Tropical Water ; A Comparison Between Jakarta Bay, Lampung Bay and Semangka Bay. Thesis. The Faculty of Mathematic and Natural Sciences. Christian-Albrechts-Universität Kiel. Germany.

Diaz-Pulido, G., dan McCook, L.J. 2002. The Fate of Bleached Corals: Patterns and Dynamics of Algal Recruitment. Marine Ecology Progress Series, 232:115-128.

Ditjenkan Budidaya. 2005. Profil Rumput Laut Indonesia. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Departemen Perikanan dan Kelautan. Jakarta.

Doty, M.S. 1987. The Production and Use of Eucheuma *dalam* Doty,M.S., Caddy,J.F., dan Santelices, B. (Eds). Case Studies of Seven Commercial Seaweed Resources. FAO Fish Technical Paper, 281:123-161.

Dwijoseputro. 1983. Pengantar Fisiologi Tumbuhan. PT. Gramedia. Jakarta

Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya Dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.

Enga, W. 2005. Kajian Pertumbuhan Pigmen (Klorofial , Phycobilin) dan Karagenan Pada Rumput Laut *Eucheuma alvarezii* varietas Coklat Dan Hijau. Program Pascasarjana Universitas Brawijaya Malang.

Fabricius, K.E., Wild, C., Wolanski, E., Abele, D. 2003. Effect of Transparent Exopolimer Particles and Muddy Sediment on The Survival of Hard Coral Recruits. Estuaine Coastal and Shelf Science. 57:613-621.

Fachrurrozie, A., Patria, M.P. dan Widianti, R. 2012. Pengaruh Perbedaan Intensitas cahaya Terhadap Kelimpahan Zooxanthellae pada Karang Bercabang (Marga: Acropora) Di Perairan Pulau Pari, kepulauan Seribu. Jurnal Akuantika, 3(2):115-124.

Fitter, A.H., dan R.K.M.Hay, R.K.M. 1992. Fisiologi Lingkungan Tanaman. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Fitt, W.K., McFarland, F.K., Warner, M.E. dan Chilcoat, G.C. 2001. Seasonal Patterns of Tissue Biomass and Densities of Symbiotic Dinoflagellates in Reef Corals and Relation to Coral Bleaching. Limnology and Oceanography, 45(3): 677–685.

Fox, H.E., Pet, J.S., Dahuri, R., dan Caldwell, R.L. 2003. Recovery in Rubble Fields: Long-Term Impacts of Blast Fishing. Marine Pollution Bulletin, 46:1024-1031.

Gleason, M.G. 1996. Coral Recruitment in Moorea, French Polynesia: the Importance of Patch Type and Temporal Variation. Experimental Marine Biology and Ecology, 207:79-101.

Glynn, P.W., Gassman, N.J., Eakin, C.M., Cortes, J., Smith, D.B., dan Guzman, H.M. 1991. Reef Coral Reproduction in the Eastern Pacific: Costarica, Panama and Galapagos Islands (Ecuador). Marine Ecology, 109:355-368.

Giordano, M., Beardall, J., dan Raven. 2005. CO_2 Concentrating Mechanisms in Algae: Mechanisms, Environmental Modulation and Evolution. Annual Rev. Plant Biology, 56:99-131.

Graber, S. 2012 . Pengaruh Fosfat Terhadap Pertumbuhan Dan Kepadatan Tulang di *Acropora* Karang Scleractinian *muricata.* Biologi Kelautan Eksperimental dan Ekologi.

Grigg, R.W. 2003. Invasion of a Deep Black Coral Bed by an Alien Species,Carijoa Riisei, off Maui, Hawaii Coral Reef, 22:121-122.

Golbuu, Y., Victor, S.L., Penland, D., Idip, C., Emaurois, K., Okaji, H., Yukihira, A., Iwase. and Woesik, R.V. 2007. Palau's Coral Reefs Show Differentialhabitat Recovery Following the 1998-Bleaching Event. Coral Reefs, 26:319-332.

Goreau, T. F., dan Goreau, N. I. 1959. The Physiology of Skeleton Formation in Corals II. Calcium Deposition by Hermatypic Corals Under Various Conditions in The Reef. Biology Bulletin 117:239-250.

Hakim A. R. 2011. Pengaruh Perbandingan Air Pengekstrak, Suhu Prespitasi, Dan Konsentrasi Kalium Klorida (KCL) Terhadap MutuUmur panen (hari) Kekuatan gel (g/cm^2) Karaginan. Pasca Panen dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan, 6(1)

Hallock, P., Lidz B.H., Cockey–Burkhard, E.M. dan Donnelly, K.B. 2003. Oraminifera As Bioindicators In Coral Reef Assessment And Monitoring: The Foram Index.Environmental Monitoring & Assessment Journal, 81:221-238.

Harrington, L., Fabricius, K., De'ath, G., dan Negri, A. 2004. Recognition and Selection of Settlement Substrata Determine Post-Settlement Survival In Corals. Ecology, 85:3428-3437.

Harriot, V.J., dan Fisk, D.A. 1988. Coral Transplation As Reef Management Option. Proceedings Of the 6th International Coral Reef Syimposium, 2: 375-379.

Hayashi , L., de paula, E.J., dan Chow, F. 2007. Growth rate and Carageenan analysis in Four Strains of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) Farmed in the Substropical Waters of Sao Paulo State, Brazil. App. Phycology, 19(5):393-399.

Hayashi, L., Hurtado, A., Msuya, F.E., Bleicher-Lhonneur, G.B., dan Critchley, A.T. 2010. A Review of Kappaphycus farming : Prospects and constraints *dalam* Israel, A., Einav, R., dan Seeckbach, J. (Ed) Seaweeds and Their Role In Globaly Changing Environments. Springer Dordrecht Heidelberg London New York.

Hill, R., Ulstrup, K.E. dan Ralp, P.J. 2009. Temperature Induced Changes in Thylakoid Membrane Thermostability of Cultured, Freshly Isolated and Expelled Zooxanthellae from Scleractinia Corals. Bulletin of Marine Science, 85(3):223-244.

Hodgson, G. 1990. Sediment and The Settlement of Larvae of The Reef Coral *Pocillopora damicornis*. Coral Reefs, 9:41-43.

Hoegh-Guldberg, O., dan Smith, G.J. 1989. Light, Salinity and Temperature and the Population Density, Metabolism and Export of Zooxanthellae from *Stylophora pistillata* and *Seriatophora hystrix. Journal Experimental Marine Biology Ecology,* 129:279-303.

Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P.J., Hooten, .J., Steneck, R.S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C.D., Sale, P.F., Edwards, J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C.M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R.H., Dubi, A., dan Hatziolos, M.E. 2007. Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. Science, 318:1737-1742.

Hubbard, J.A.E.B., dan Pocock, Y.P. 1972. Sediment Rejection by Recent Scleractinian Corals a Key to Paleoenvironmental Reconstruction. *Geology. Runds.* 61:598-626.

Hubbard, D.K. 1997. Reef as Dynamic System. Edited by Charles Brikeland. Life and Death of Coral Reef. Champman and Hall. USA.

Hughes, T.P. 1994. Catasthrope, Phase Shift, and Large Scale Degradation of a Caribbean Coral Reefs. Science, 265:1547-1551.

Hurtado, A.Q., Agbayani, R.F., Sanares, R., dan Castro-Mallare, M.R de. 2001. The Seasonality and Economic Feasibility of Cultivating *Kappaphycus alvarezii* in Panagatan, Cays, Caluya, Antique, Philippines. Elsevier. Aquaculture, 199:295-310.

Hutabarat, R.G., dan Evans, S.M. 1984. Pengantar Oceanografi. Universitas Indonesia. Jakarta.

Iksan. 2005. Kajian Pertumbuhan, Produksi Rumput laut (Eucheuma cotonii) dan Kandungan Karaginan Pada Berbagai Bobot Bibit dan Asal Thallus Di Perairan Desa Guruaping Oba Maluku Utara. Tesis. Bogor. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. 86 hal.

Indriani, H., dan Sumiarsih, E. 1991. Rumput Laut. Penebar Swadaya. Jakarta.

Isnansetyo, A., dan Kurniastuty. 1995. Teknik Kultur Phytoplankton, Zooplankton, Pakan Alami untuk Pembenihan Organism Laut. Kanisius. Jogjakarta.

Iwao, K., Fujisawa, T., dan Hatta, M. 2002. A Cnidarian Neuropeptide of the GLWamide Family Induces Metamorphosis of Reef-Building Corals in the Genus Acropora.

Jackson, J.B.C., Kirby, M.X., Berger, W.H., Bjorndal, K.A., Botsford, L.W., Bourque, B.J., Bradbury, R.H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J.A., Hughes, T.P., Kidwell, S., Lange, C.B., Lenihan, H.S., Pandolfi, J.M., Peterson, C.H., Steneck, R.S., Tegner, M.J. dan Warner, R.R. 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. Science, 293:629-628.

Johan, 2003 . Sistematika dan teknik identifikasi karang, Jurnal Institut Pertanian Bogor.

Jokiel, P.L. 1985. Lunar Periodicity of Planulae Release in the Reef Coral *pocillopora damicornis* in Relation to Various Enviromental Factors. Proceding 5th International. Coral Reef Symposium. Tahiti.4:307-312.

Jompa, J., dan McCook, L.J. 2002. The Effects of Nutrients and Herbivory on Competition Between a Hard Coral (*Porites cylindrica*) and A Brown Alga (*Lobophora variegata*). Limnology Oceanografi, 47(2): 527-534.

Jokiel, P.L. 1985. Lunar Periodicity of Planulae Release in the Reef Coral *pocillopora damicornis* in Relation to Various Enviromental Factors. Proceding 5th International. Coral Reef Symposium. Tahiti.4:307-312

Jones, R.J. 1997. Zooxanthellae Loss as Bioassay for Assesssing Stress in Corals. Marine Ecology Progress Seri, 149:163-171.

Kadarusman. 2003. Pertumbuhan dan Kandungan Karaginan Rumput Laut *Eucheuma cottonii* yang Dibudidayakan pada Ekosistem Lamun dengan Metode yang berbeda. Skripsi. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Kanwisher, J.W., dan Wainwright, S.A. 1967. Oxygen Balance in Some Reef Corals. Biology Bulletin Marine Laboratorium, 378 – 39.

Kapraun, D.F. 1978. Field and Culture Studies on Selected North Carolina Polysiphonia. Botany Marine, 11:143-153.

Kendall, J. J., Jr. Powell, E. N., Connor, S. J., Bright, T. J. dan Zastrow, C. E. 1985. The importance of monitoring metabolic recovery in the coral *Acropora cervicornis* after short-term exposure to drilling muds: calcification rate and protein concentration. Coral Reefs, 2:215–225.

Kinsman, D.J.J. 1964. Reef Coral Tolerance of High Temperatures and Salinities. Nature 202:1280-1282.

Kuhl, M., Ghan, Y., Dasgaard, T.,Jorgensen,B., dan Revsbeck, N.P. 1995. Microenvironment and Photosynthesis of Zooxanthellae in Scleractinian Corals Studied with Microsensor for O_2, pH and Light. Marine Ecology Progres Seri 117:159-172

Kune, S. 2000. Studi Pertumbuhan *Enhalus* sp. dan *Eucheuma* sp. Dalam Upaya Pengelolaan Pesisir Secara Terpadu di Pulau Tanakeke. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar.

Leletkin, V.A. 2000. The Energy Budget of Coral Polyps. Russian Journal of Marine Biology, 26: 389–398.

Lesser, M.P. 2004. Experimentalal Biology of Coral Reef Ecosystems. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 300: 217 – 252.

MacDonald, I.A., dan Terry, C.T. 2003. Biological Degradation Of Coral Framework In Turbid Lagoon Environmrnt, Discovery Bay, North Jamaica. Coral Reefs, 22:523-535.

Maida, H., Hosokawa, M., Sashima, T., Funayama, K. dan Miyashita, K. 2005. Fukoxanthin from Edible Seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows Antiobesity Effect through UCP 1 Expression in White Adipose Tissues. Biochemical Biophysical Res. Community, 332:392-397.

Manullang, B.M. 1995. Studi Hubungan Kondisi Faktor Fisika dan Kimia Lingkungan terhadap Pertambahan Panjang Karang *Acropora formosa* di Pulau Pari, Kepulauan Seribu. Skripsi. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.

McClanahan, T.R., Maina, J., Starger, C.J., Herron- Perez, P., dan Dusek, E. 2005. Detriments to Postbleaching Recovery of Corals. Coral Reefs, 24:230-246.

McCook, L.J. 2001. Competition Between Coral and Algal Turfs along a Gradient of Terrestrial Influence in the Nearshore Central Great Barrier Reef. Coral Reefs, 19:419-425.

MacDonald I.A., Perry C.T. 2003. Biological Degradation Of Coral Framework In Turbid Lagoon Environment, Discovery Bay, North Jamaica . Coral Reefs, 22:523–535.

McLaughlin, C.J., Smith, C.A., Buddermeier, B.A., Bartley, J.D. dan Maxwell, B.A. 2003. River, Runoff, And Reef. Global And Planetary Change, 39:19–191.

Miller, M.W., Weil, E., dan Szmant, A.M. 2000. Coral Rekruitment and Juvenil Mortality as Structuring Factors for Reef Benthic Communities in Biscayne National Park, USA. Coral Reefs, 19:115-123.

Moirano, A.L. 1977. Sulphated Seaweed Polysaccharides In Food Colloids. Graham M.D. (editor). The AVI Publishing Company Inc. Westpoint Connecticut.

Mundy, C.N., dan Babcock, R.C. 1998. Role of Light Intensity and Spectral Quality in Coral Settlement: Implications for Depth-Dependent Settlement. Experimentalal Marine Biology and Ecology, 223:235-255.

Munoz J., Freile-Pelegrin, Y., dan Robledo, D. 2004. Marine Culture of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Solieriaceae) Color Strains In Tropical Waters of Yucatan, Mėxico. Aquaculture, 239:161-171.

Mwaura, J., Grimsditch, G., Kianzo, J., Amiyo, N. Dan Ohira, D. 2009. Zooxanthellae Densities Are Highest in Summer Months in Equatorial Coral in Kenya. Western Indian Ocean Journal Maritime Science, 8(2):193-202.

Naguit, M.R.A., dan Tisera, W.L. 2009. Pigment Analysis on Eucheuma denticulatum (Collins and Hervey) and *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Cultivars at Different Depths. Journal The Threshold Volume IV.

Naguit, M.R.A., dan Tisera, W.L. dan Lanioso,A. 2009. Growth Performance and Carageenan Yield of *Kappaphycus alvarezii* (Doty) and *Eucheuma denticulatum* (Burman) Collins Et Harvey, Farmed In Bais Bay, Negros Oriental and Olingan, Dipolog City. Journal The Threshold Volume IV.

Neish, I.C. 2004. Biologi Dasar Eucheuma, Dilengkapi Glosari dan Bibliografi. Seaplantnet Technical Monograph No. 0804-3a, IFC Pensa. Makassar.

Neish, I.C. 2009. Tropical Red Seaweds as a Fondation for Integrated Multi Tropic Aquaculture (IMTA) for Proposition and an Action Plan for this Major Opportunity in the Coral Triangle. Seaplantnet <onograph No. HB2E 1209 V3 IMTA.

Niartiningsih, A. 2001. Analisis Mutu Zooxanthellae dari Berbagai Inang dan Pengaruhnya terhadap Sintasan dan Pertumbuhan Juvenil Kima Sisik (Tridacna squamosa). Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin, Makassar.

Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut : Suatu Pendekatan Ekologis. Terjemahan. Gramedia Pustaka Tama. Jakarta.

Nurdiana, D.R., Limantara, L. An Susanto, A.B. 2008. Komposisi Fotostabilitas Pigmen Rumput Laut Padina australis Hauck. Dari Kedalaman yang Berbeda. Jurnal Ilmu Perikanan, 13(4):233-240.

Ohno, M., Largo, D.B., dan Ikumotot, T. 1999. Growth Rate, Carrageenan Yield, and Gell Properties of Culture Kappa-carrageenan Producing Red Algae Kappaphycus alvarezii (Doty) Doty. In The Sub Tropical Waters of Shikoku. Japan. Journal of Applied Phycology 6:1-5.

Pastorok, R.A., dan Bilyard, G.A. 1985. Effect of Sewage Pollution on Coral Reef Communities. Marine Ecology. Progress Series, 48(43):272-178.

Patadjai, S.R. 2007. Pertumbuhan, Produksi Dan Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty Pada Berbagai Habitat Budidaya Yang Berbeda. Disertasi. Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar. Makassar.

Paula, J. De., Pereira, R. T. L., dan Ohno, M. 2006. Growth rate of the carrageenophyte *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) introduced *dalam* subtropical waters of São Paulo State, Brazil. Phycological Research, 50(1):1-9.

Paytan, A., dan McLaughlin, K. 2007.The Oceanic Phosphorus Cycle. *Chemical Review,* 107(2): 563-576.

Philip, E., dan Fabricius, K. 2003. Photophysiological Stress In Sclerectinian Corals In Response To Short Term Sedimentation. Jurnal of Experimental Marine Biology and Ecology, 287:57-78.

Prihanigrum, A., Meiyana, M., dan Evalawati. 2001, Biologi Rumput laut; Teknologi Budidaya Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*). Petunjuk Tekhnis. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Balai Budidaya Laut. Lampung.

Rachmawati, R. 2001. Terumbu Buatan (*Artificial Reef*). Pusat Riset Teknologi Kelautan Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. Jakarta

Raharjo, M. 2009. Teknik Pengukuran Viskositas. http://duniaanalitik. com. Diakses pada tanggal 12 November 2012.

Rani, C., Jompa, J.J. dan Amiruddin. 2004. Pertumbuhan Tahunan Karang Keras Porites lutea di Kepulauan Spermonde; hubungannya Dengan Suhu dan Curah Hujan. Torani, 14(4):195-201.

Rice, S.A. dan Hunter, C.L. 1992. Effects of Suspended Sediment and Burial on Scleractinian Corals from West Central Florida Fatch Reefs. Bulletine Marine Science, 51:429-442.

Rocha, R. J. M., Serodio, J., Leal, M. C., Cartaxana, P., dan Calado, R. 2013. Effect of Light Intensity on Post-Fragmentation Photobiological Performance of the Soft Coral *Sinularia flexibilis*. Journal Aquaculture 388-391:24-29.

Romimohtarto, K., dan Juwana, S. 2001. Biologi Laut, Ilmu Pengetahuan tentang Biota Laut. Jambatan. Jakarta.

Rudi, E., Soedharma, E., Sanusi, H., dan Pariwono, J.I. 2005. Affinitas Penempelan Larva Karang (Skleraktinia) Pada Substrat Keras. *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia,* 12:129-137.

Rudi, E. 2008. Kajian Rekruitmen Karang *Scleractinia* Di Kepulauan Seribu, Dki Jakarta. Biodiversitas, 9(1):39-43.

Rusman. 2009. Teknis Demplot Budidaya Rumput Laut. Kementrian Kelautan dan Perikanan.

Samidjan, I. 2005. Suksesi Struktur Komunitas pada Terumbu Karang Buatan di Perairan Pulau Menjangan Besar dan Gon Waru, Kepulauan Karimunjawa, Jawa Tengah. Disertasi. Institut Pertanian Bogor.

Samsuar. 2006. Penelitian Pembuatan karaginan dari Rumput Laut Eucheuma cotonii di Wilayah Perairan Kabupaten jeneponto propinsi Sulawesi Selatan. Institut Pertanian Bogor. http://damandiri.or.id/file/sasuaripbab2.pdf, diakses 7 November 2012.

Shlesinger, Y., dan Loya, Y. 1985. Coral Community Reproductive Patterns: Red Sea versus the Great Barrier Reef. Science, 228:1333-1335.

Subandi, Aan. 2008. Metabolisme. http://metabolisme.biospot. com/2007/09. (D akses 12 Juli 2010).

Szmant, A.M. 2002. Nutrient Enrichment on Coral Reefs: Is It a Major Cause of Coral Reef Decline. Estuaries, 25:743-766.

Soegiarto, A., Sulistijo., Atmadja, W.S., dan Mubarak H. 1978. Rumput laut (Alga), Manfaat, Potensi, dan Usaha Budidayanya. Lembaga Oceanologi Nasional LIPI. Jakarta.

Sudjiharno, L., Erawati., dan Muawanah. 2001. Pemilihan Lokasi. Juknis Pemeliharaan Tiram Mutiara (*Pinctada maxima*). BBL Lampung, Lampung

Suharsono. 1984. Pertumbuhan Karang. Oseana. 9:41-48.

Suharsono. 2008. Jenis-jenis Karang Indonesia. LIPI Press, anggota Ikapi. Jakarta.

Suharsono dan Sukarno. 1983. Kandungan zooxanthellae pada karang batu di terumbu karang Pulau Pari. Pewarta Oseana, 16: 1–7.

Sukarno, N., Naamin., dan Hutomo, M. 1986. The Station of Coral Reef In Indonesia. Proc. MAB-COMAR. Regional Workshop on Coral Reef Ecosystem. UNESCO: MAB-COMAR, LIPI. Jakarta.

Sulistijo. 2002. Penelitian budidaya Rumput Laut(algae Makro/Seaweed) Indonesia. Pidato Pengukuhan ahli Peneliti Utama pada Bidang Akuakultur. Puslitbang Oceanologi LIPI. Jakarta.

Suparmin, B.P dan Limantara, L. 2007. Fotodegradasi Pigmen Bixin dari Biji kesumba (Bixa orellana); Potensi Sebagai Pewarna Alami Makanan. Paper yang Dipresentasikan Seminar Nasional Pigmen"Back to Nature" Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.

Supit, D.S. 1989. Karakteristik Pertumbuhan dan Kandungan Rumput Laut *Eucheuma cotonii* (Doty) yang Berwarna Abu - abu, Coklat dan Hijau yang Ditanam di Coba Lambangan Pasir Pulau Pari. Skripsi Institut Pertanian Bogor.

Suryaningrum, T., Soeharto, S.T., dan Putro, S. 1991. Kajian Sifat-sifat Mutu Komoditi Rumput Laut Budidaya Jenis *Eucheuma cottonii* dan *Eucheuma spinosum*, Pengaruh Perbedaan Warna Komoditi dan Umur Panen Terhadap Mutu Rumput Laut. Jurnal Penelitian Pascapanen, 68:13-14.

Syahputra, Y. 2005. Pertumbuhan dan Kandungan Karaginan Budidaya Rumput Laut *Eucheuma cotonii* pada Kondisi Lingkungan yang Berbeda dan Perlakuan Jarak Tanam di Teluk Lhok. Seudu. Tesis. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

Syamsir. 2007. Karateristik Karaginan Rumput Laut E. Cottonii Pda Berbagai Umur panen. Konsentrasi KOH dan lama Ekstraksi. www.damandiri.or.id/detail.php?id=457-2Ok.Institut Pertanian Bogor. Tanggal Akses: 05 Februari 2011.

Thacker, R.W., Ginsburg, D.W., dan Paul, V.J . 2001. Effects of Herbivore Exclusion and Nutrien Enrichment on Coral Reef Macroalgae and Cyanobacteria. Coral Reef, 19: 318-329.

Tackett, D.N., dan Tackett, L. 2002. Reef Life: Natural History and Behavior of Marine Fishes and Invertebrates. T.F.H. Publications, Inc., New Jersy.

Tiar, S. 2012. Pengaruh Jarak Tanam Yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Rumput Laut (*Kappaphycus alvarezii*) Strain Coklat melalui Seleksi Klon Menggunakan Metode Longline Periode I dan II. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Haluoleo. Kendari.

Thamrin. 2006. Karang (Biologi Reproduksi dan Ekologi). Penerbit Minamandiri, Penkanbaru.

Thirumaran, G., dan Anantharaman, P. 2009. Project Update Seaweed Culture. Marine Biology, Annamalai University. Parangipettai-608 502, Tamil Nadu, India. World Journal of Fish and Marine Sciences, 1 (3):144-153.

Titlyanov, E.A., Titlyanova, T.V., Tsukahara, J., Van woesik, R., dan Yamazato, K. 1996. Degradation of Zooxanthellae and Regulation of Their Density in Hermatific Corals. Marine Ecology Progress Series, 139: 67-178.

Tomascik, T., Mah, A.J., Nontji, A., dan Moosa, M.K. 1997. The Ecology Of The Indonesia Seas. Part One. The Ecology of Indonesia Series. Volume VII.

Tomascik, T., dan Sander, F. 1987. Effect of Euthrophication on Reef Building Corals II. Structur of Scleractinian Corals Communities on Freenging Reef Barbados, West Indies. Marine Biology 94: 53-775

Towle, G.A. 1973. Carrageenan. Di dalam: Whistler, R.L (editor). Industrial Gums. Second Edition. New York: Academik Press.

Tuwo, A. 2011. Pengelolaan Ekowisata Pesisir dan Laut. Pendekatan Ekologi, Sosial-Ekonomi, Kelembagaan, dan Sarana Wilayah. Brilian Internasional. Surabaya.

Veron, J.E.N. 1986. Coral of Australian and Indopacific. Angus and Robertson. Australia

Veron, J.E.N. dan Terrence, J.D. 1979. Coral and Coral Communities of Lord Howe Island. Part 30. Australian Institute of Marine Science. Townsville

Veron, J.E.N. 1993. Hermatypic corals of Ashmore Reef and Cartier Island. Part 2. *In* Berry, P.F. (*ed.*) Marine Faunal Surveys of Ashmore Reef and Cartier 24Island, north-western Australia. Records of the Western Australian Museum Supplement, 44:13-20.

Veron J.E.N., Stafford-Smith M.G. 2000. Corals of the world, Volume 1 – 3. Australian Institute of Marine Science and CRR. Qld Pty Ltd. Australia.

Walpole, R.E. 1993. Pengantar Statistika (3rd ed). PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Westmacott, S., Teleki, K., Wells, S., dan West, J. 2000. Pengelolaan Terumbu Karang Yang Telah Memutih dan Rusak Kritis. IUCN. Gland, Switzerland and Cambridge.

White, A.T. 2001. Phillippine coral reef. A natural History guide. The Bookmark, Inc. And The Sulu Fund Marine Conservation.

Winarno, F.G. 1990. Teknologi Pengolahan Rumput Laut. Pustaka Sinar Harapan. Jakarta.

Yamazato. 1986. The Effect of Suspended Particles on Reef Building Corals. Proceding. MAB-COMAR Regional Workshop on Coral Reef Ecosystem. Bogor.

Yaqin, K. 2006. Mengukur Kesehatan Karang dengan Biomarker. (http://khusnulyaqin.blogspot.com). Diakses pada tanggal 23 November 2012.

Yentsch, C.S., Yentsch, C.M., Cullen, J.J., Lapointe, B., Phinney, D.A., dan Yentsch, S.W. 2002. Sunlight and Water Transparency: Cornerstones in Coral Research. Journal Experimental Marine Biology Ecology 268:171-183

Yusnaini., Ramli., dan Pangerang, U.K., 2000. Budidaya Intensif Teripang Pasir Holothuria scabra dengan Menggunakan Alga *Eucheuma cottoni* Sebagai Shelter. Laporan Hasil Penelitian Lembaga Penelitian. Universitas Haluoleo. Kendari.

Yusuf, I. 2003. Laju Pertumbuhan Harian, Produksi dan Kualitas Rumput Laut *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty pada Budidaya dengan Kecepatan Aliran Air Media dan Tallus Benih yang Berbeda. Disertasi. Program Pascasarjana. Universitas Hasanuddin. Makassar.

Zamroni, A., Purnomo, A.H., dan Mira. 2006. Keragaan Sosial Ekonomi Usaha Budidaya Rumput Laut dan Pemasaran Rumput Laut di Bulukumba dan Palopo. Jurnal Kebijakan dan Riset Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan. Vol.1 No.2. Badan Riset Kelautan dan Perikanan, 225:165-175.

Zou, D.H., Gao, K.S., dan Xia, J.R. 2004. Photosynthetic Use of Exogenous Inorganic Carbon in the Agarophyte Gracilaria Lemaneiformis (Rhodophyta). Aquaculture, 237:421-431.

Zuccarello, G.C., Alan, T.C., Smith, J., Sieber, V., Lhonneur, G.B., dan West, J.A. 2006. Systematics and genetic variation in commercial Kappaphycus and Eucheuma (*Solieriaceae, Rhodophyta*). Journal of Applied Physiology. Australia.

Sumber Makalah Ilmiah :

A.Indra Jaya Asaad, Mudian Paena, Akhmad Mustafa, Pengetahuan dan Teknologi Budidaya Rumput Laut Oleh Pembudidaya Rumput Laut di Kabupaten Bantaeng Sulawesi Selatan, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, 2009.

A.Indra Jaya Asaad, Makmur, Muh. Chaidir Undu, Utoyo, Karakteristik Distribusi Kerja Pembudidaya Rumput Laut Di Kabupaten Bulukumba Sulawesi Selatan, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, 2008.

A. Indra Jaya Asaad, Rachman Syah, Identifikasi Rantai Nilai Komoditas Rumput Laut dan Perkembangannya di Pulau-Pulau Kecil, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. 2009.

A. Indra Jaya Asaad, Muh. Chaidir Undu, Akhmad Mustafa, Karakteristik Kualitas Perairan Pesisir di Kawasan Budidaya Rumput Laut Kabupaten Bantaeng, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, 2009

A.Indra Jaya Asaad, Utojo, Makmur, Kandungan Nitrogen dan Fosfat di Kawasan Budidaya Rumput Laut Kabupaten Bulukumba Sulawesi Selatan, Balai Riset Perikanan Budidaya Air Payau, 2009

TENTANG PENULIS

Dr. Ir. Sri Mulyani, M.M lahir di Surakarta pada 4 Juni 1967, lulus S1 di Universitas Diponegoro (UNDIP) bidang ilmu Perikanan (1991), S2 di Universitas Muslim Indonesia (UMI) bidang konsentrasi Manajemen Sumberdaya Pesisir Dan Lautan (2004) dan S3 di Universitas Hasanuddin (UNHAS) di Program Studi Ilmu Pertanian Program Pascasarjana (2014).

Penulis adalah dosen dan akademisi LL Dikti Wilayah IX Sulawesi Selatan dan dipekerjakan di Universitas Bosowa Makassar mengajar S1 di Fakultas Pertanian Program Studi Budidaya Perairan dan S2 Program Studi Budidaya Perairan Pascasarjana, dan saat ini menjabat sebagai Ketua program Studi Magister Budidaya Perairan Pascasarjana Universitas Bosowa dan aktif melakukan berbagai Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat guna melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi.

PRODUCT SERVICE

Layanan Produk Inovatif, Transformatif dan Visioner

Memiliki Visi yang besar dan SDM yang luar biasa, menjadikan Penerbit Nas Media Pustaka menjadi perusahaan penerbitan pertama dan satu-satunya di Indonesia Timur yang menghadirkan berbagai layanan yang luar biasa.

Jadilah Mitra Penerbit Nas Media Pustaka

Hotline SMS/WA **+62813-8002-3737**

www.nasmediapustaka.co.id / www.nasmediabooks.com

PAKET PENERBITAN

PRA CETAK

CETAK

NAS MEDIA SERVICE PRODUCT

KONVERSI KARYA ILMIAH JADI BUKU

JASA PENULISAN BUKU

CETAK ATK

BOOK'S PUBLISHED

DALAM 1 TAHUN TELAH BERHASIL

MENERBITKAN LEBIH DARI 100 JUDUL BUKU

DENGAN TOTAL LEBIH DARI

50.000 EKSEMPLAR BUKU

DAMPAK BUDIDAYA RUMPUT LAUT TERHADAP ASPEK BIOLOGIS KARANG

Rumput Laut *Kappaphycus Alvarezii* Karang *Acropora formosa*

Budidaya rumput laut dari jenis Kappaphycus alvarezii saat ini sedang banyak diusahakan oleh petani rumput laut. Keberadaan budidaya rumput laut di atas biota karang secara awam di nilai mempunyai dampak negatif terhadap terumbu karang. Masyarakat memanfaatkan daerah biota karang pada berbagai kedalaman sehingga sangat berpotensi memberikan dampak negatif terhadap beberapa aspek biologis karang. Potensi dampak negatif ini dinilai disebabkan karena para petani rumput laut berusaha meningkatkan produksinya dengan mengurangi jarak tanam sehingga mengganggu penetrasi cahaya ke dasar perairan sebagai habitat karang.

Buku disajikan secara komprehensif menganalisis dampak budidaya rumput laut Kappaphycus alvarezii terhadap laju pertumbuhan dan sintasan karang, kepadatan zooxaanthellae serta rekruitmen karang Scolarctinia. Laju pertumbuhan harian, produksi optimal, kualitas rumput laut Kappaphycus alvarezii yang dibudidayakan di atas ekosistem karang.

PENERBIT
NAS MEDIA PUSTAKA
Anggota IKAPI
Pustaka
Jl. Bukit Raya No. 200 Makassar, Sulawesi Selatan 90230
Phone : +62811-4322-711 / +62823-4303-4252
E-mail : nasmedia@nasmediabooks.com
Website : www.nasmediapustaka.co.id / www.nasmediabooks.com
Penerbit Nas Media Pustaka @nasmediapustakaindonesia

EDUKASI
ISBN 978-980-662-638-8
9 786025 662638

REFERENSI