

KONDISI TERUMBU KARANG DI PULAU WEH PASCA BENCANA MEGA TSUNAMI (*Coral Reef Condition in Weh Island After Mega Tsunami Disaster*)

Dini Purbani^{1*}, Terry Louise Kepel¹ dan Amadhan Takwir²

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pesisir, Badan Penelitian Pengembangan Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia, Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta 14430.

²Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Halu Oleo, Kendari Sulawesi Tenggara 93232.

*Penulis korespondensi. Telp : 08128355048. Email: diniwilnon@gmail.com.

Diterima: 2 April 2014

Disetujui: 6 Oktober 2014

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi terumbu karang pasca tsunami sebagai langkah awal dalam upaya rehabilitasi terumbu karang. Metode yang digunakan adalah dengan membandingkan kondisi terumbu karang tahun 2002 sebelum tsunami dan tahun 2009 pasca tsunami menggunakan citra satelit Landsat ETM7 melalui analisis Lyzenga. Pengamatan langsung di lapangan menggunakan metode LIT (*Line Intercept Transect*) dan pengukuran kualitas perairan. Lokasi pengamatan berada di Ujung Seurawan, Sea Garden di Pulau Rubiah, Sea Garden 1, Rubiah Channel 2 dan Loh Weng. Kondisi terumbu karang yang berada di Taman Wisata Alam (TWA) Pulau Weh ini berada pada kondisi yang buruk sampai baik. Terumbu karang kondisi baik terdapat di lokasi Sea Garden 1 (54,26 %), kondisi sedang di Rubiah Channel 2 (26,32%) dan Sea Garden 2 (39,5%) sedangkan kondisi buruk terdapat di Ujung Seurawan (19,28 %) dan Loh Weng (15,14%). Bentuk kerusakan terumbu karang antara lain patah, terbalik dan hanyut. Jenis terumbu karang yang rusak terdapat di sebelah timur Pulau Weh yaitu sekitar Pulau Rubiah dan sekitar Teluk Loh Pria Laot. Kisaran kondisi perairan berupa pH, salinitas, suhu dan DO menunjukkan bahwa kualitas perairan berada pada kondisi baik untuk perencanaan kegiatan rehabilitasi terumbu karang.

Kata kunci: gempa bumi, kualitas air, rehabilitasi, terumbu karang, tsunami.

Abstract

This study aims to determine the condition of coral reefs after the tsunami as the first step in the rehabilitation of coral reefs. The methods used are of comparing the condition of coral reefs between pre-tsunami in 2002 and post-tsunami in 2009 using Landsat satellite imagery ETM7 through Lyzenga analysis, direct observe of the coral reefs in the field have been done using the LIT (Line Intercept Transect) and measurement of water quality. Locations of observations are in Ujung Seurawan, Sea Garden in Rubiah Island, Sea Garden 1, Rubiah Channel 2 and Loh Weng. The condition of coral reefs in the Natural Park (TWA) Weh Island is generally in the range between poor and good. The coral reefs at Sea Garden 1 (54.26 %) are in good condition, those in Rubiah Channel 2 (26.32 %) and Sea Garden 2 (39.5 %) are in moderate condition, while those in Ujung Seurawan (19.28 %) and Loh Weng (15.14 %) are in poor conditions. Forms of damage to coral reefs are including broken, overturned and swept away. The damaged reefs are located on the east of Weh Island, which is around Rubiah Island and around the Gulf of Loh Pria Laot. Range of water conditions such as pH, salinity, temperature and DO indicate that the qualities of the waters are good for rehabilitation planning of coral reefs.

Keywords: coral reefs, earthquake, rehabilitation, tsunami, water quality.

PENDAHULUAN

Pulau Weh yang terletak di barat laut Pulau Sumatra, berdasarkan UNESCO 1991 dan UU No. 27 Tahun 2007 pasal 1 ayat 3 dikategorikan sebagai pulau kecil. Dengan luas pulau sebesar 153 km² (Anonim, 2004). Pulau Weh memiliki keanekaragaman hayati dan non hayati yang sangat beragam. Jenis keanekaragaman hayati antara lain berupa terumbu karang, ikan hias dan ekosistem

mangrove, sedangkan keanekaragaman non hayati adalah ketersediaan sumber mata air panas dan tersedianya bahan galian tipe C. Lokasi yang memiliki keanekaragaman hayati berada di Pulau Rubiah sehingga berdasarkan Surat Keputusan Menteri Pertanian No. 928/Kpts/Um/12/1982 tanggal 27 Desember 1982 perairan Pulau Rubiah dengan luas 26 km² ditetapkan menjadi Taman Laut sedangkan di Pulau Weh khususnya di sekitar Km Nol yang berada di ujung Barat Laut Pulau Weh

ditetapkan sebagai Taman Wisata Alam seluas 13 km².

Keanekaragaman biota laut Pulau Weh sangat beragam khususnya yang berada di sekitar Pulau Rubiah sehingga banyak wisatawan yang berkunjung. Puncak kunjungan wisatawan baik mancanegara maupun domestik terjadi tahun 2007 dengan jumlah 104.080, namun mengalami penurunan tahun 2005 menjadi 75.086, akibat dari kejadian tsunami 26 Desember 2004 (Anonim, 2007).

Hasil Ekspedisi Zooxanthellae VII saat sebelum tsunami melaporkan bahwa tingkat penutupan karang hidup di Pulau Weh berada pada tingkatan sedang sampai baik. Bahkan tutupan karang di beberapa tempat mencapai 75 % atau pada tingkat baik sekali (Estradivari, 2005).

Pulau Weh mengalami gempa bumi dan tsunami pada tanggal 26 Desember 2004 sehingga mengakibatkan banyak kerusakan bangunan dan kehilangan jiwa serta harta benda. Kerusakan yang cukup parah berada di bagian tengah dan di sisi timur Pulau Weh. Hal ini terjadi karena di lokasi tersebut memiliki topografi yang landai dengan substrat pasir, tipologi pantai termasuk pantai berpasir sedangkan di sisi barat Pulau Weh, batuan penyusunnya adalah batuan vulkanik, tipologi pantai adalah pantai bertebing sehingga tidak mengalami kerusakan.

Di sekitar Teluk Loh Pria Laot yang berada di bagian tengah Pulau Weh memiliki ekosistem mangrove dan terumbu karang. Salah satu objek wisata yang terkenal di teluk ini adalah Pantai Iboih dan Pulau Rubiah. Akibat gempa bumi dan tsunami, lokasi sekitar Pantai Iboih mengalami kerusakan ekosistem mangrove sedangkan di sekitar Pulau Rubiah terjadi kerusakan ekosistem terumbu karang. Bentuk kerusakan ekosistem terumbu karang antara lain beberapa koloni karang ditemukan patah, terbalik dan sebagian ada yang mati karena tertutup sedimen. Komunitas karang yang paling banyak mengalami kerusakan adalah karang keras. Pada umumnya terumbu karang yang mengalami kerusakan terjadi pada lapisan yang tidak padat, mudah lepas dan berada di lereng. Dapat pula terjadi di perairan dangkal yang berada di cekungan antara dua pulau, terumbu karang rusak lebih besar dibandingkan yang berada di perairan lepas, seperti di sekitar Pantai Iboih (Baird dkk., 2005; Baird dkk., 2012). Geomorfologi cekungan dasar laut yang terletak di antara dua pulau, menyebabkan energi yang dihempaskan semakin tinggi ketika mencapai teluk dan lekukan pantai, berkumpulnya energi gelombang yang berasal dari laut lepas ketika gelombang masuk ke celah yang sempit (Diposaptono dan Budiman 2008). Namun jika morfologi dasar laut curam, kerusakan akibat

tsunami tidak separah jika berada di laut dangkal sebagai contoh di sisi barat Pulau Weh relatif tidak ada kerusakan.

Kerusakan terumbu karang yang tersebar di sekitar Pulau Weh diamati menggunakan Citra Satelit Landsat ETM7 tahun 2009 dan Landsat TM tahun 2002 yang kemudian dianalisis dengan algoritma *Lyzenga* untuk mengetahui perbandingan sebaran ekosistem terumbu karang. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan perbandingan tutupan substrat dasar perairan sebelum dan setelah terjadinya bencana tsunami Aceh 2004, mengetahui kondisi terkini terumbu karang di Pulau Weh dan Pulau Rubiah pasca bencana tsunami 2004 dan mengkaji daya dukung lingkungan berdasarkan parameter kualitas air untuk mendukung kegiatan rehabilitasi terumbu karang.

METODE PENELITIAN

Lokasi pengamatan berada di Kecamatan Sukakarya, Pulau Weh berada pada posisi 05° 50' - 05° 54' LU dan 95° 14' - 95° 17' BT. Batas wilayah penelitian mencakup Selat Malaka (Utara-Timur), Kecamatan Sukajaya (Barat) dan Samudera Hindia (Selatan). Lokasi pengamatan meliputi: Ujung Seurawan, Sea Garden 2, Sea Garden 1, Rubiah Channel 2 dan Lok Weng (Gambar 1). Ujung Seurawan dan Lok Weng berada di Pulau Weh sedangkan 3 lokasi lainnya (Sea Garden 1 dan 2 serta Rubiah Channel 2 berada di sisi timur dan barat Pulau Rubiah).

Pengolahan Citra Satelit Landsat ETM7

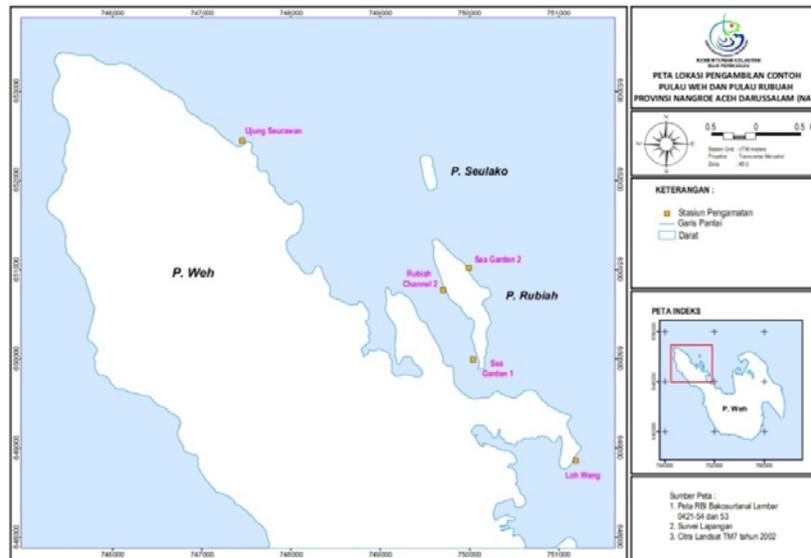
Analisis citra dilakukan sebelum melakukan survey lapangan, kemudian dilakukan validasi hasil olahan citra satelit dengan melakukan pengamatan ke lapangan (*ground truth*). Pada kajian ini dilakukan perbandingan kondisi terumbu karang dengan menggunakan dua buah citra satelit dengan waktu perekaman berbeda yaitu Citra Satelit Landsat ETM7 tahun 2009 dan Landsat TM tahun 2002 yang diperoleh dari BIOTROP.

Koreksi Radiometrik

Tujuan dari koreksi radiometrik dilakukan untuk mereduksi faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Metode yang dilakukan adalah *histogram adjustment*. Asumsi pada metode ini adalah bahwa nilai minimum pada suatu liputan citra adalah nol dan jika tidak bernilai nol maka penambahan tersebut dianggap sebagai *offset*-nya

Koreksi Geometrik

Langkah selanjutnya dilakukan koreksi Geometri dengan mereaktifasi citra, sehingga geometri citra bersifat planimetrik. Reaktifasi



Gambar 1. Lokasi pengambilan contoh terumbu karang dan pengukuran multiparameter.

citra memerlukan titik kontrol medan (*ground control point*) yang dapat dicari pada peta dengan koordinat yang sama atau dengan melakukan pengukuran koordinat langsung di lapangan dengan GPS. Proses koreksi geometrik menggunakan interpolasi spasial menggunakan transformasi koordinat citra dengan koordinat peta. Besarnya distorsi geometrik citra dapat diketahui dengan melihat besarnya nilai total *RMS error* (*Root Mean Square*) yang dinyatakan dengan Σ dengan nilai dibawah 0,5.

$$RMS\ error = \sqrt{(x' - x_{asli})^2 + (Y' - Y_{asli})^2} \quad (1)$$

Dimana:

X asli dan Y asli : koordinat asli titik kontrol medan pada citra;

X' dan Y' : koordinat estimasi pada citra asli.

Umumnya nilai Σ yang dapat diterima ditetapkan secara spesifik oleh operator. Jika ternyata masih melampaui nilai ambang (*threshold*), maka dapat dilakukan proses berikut: menghapus titik-titik kontrol yang memiliki *error* individu yang besar, menghitung kembali koefisien transformasi enam koordinat, dan atau menghitung kembali *RMS error* untuk seluruh titik kontrol.

Cropping Area dan Masking

Langkah selanjutnya adalah melakukan *cropping* atau pemotongan citra berdasarkan lokasi kajian dan *masking*. Proses pemotongan (*cropping*) untuk mendapatkan citra digital yang meliputi daerah penelitian, sehingga pemrosesan data menjadi lebih efektif. Proses pemotongan citra secara sederhana dilakukan dengan menampilkan citra berdasarkan masukan koordinat geografis yang membatasi daerah

penelitian, kemudian menyimpannya ke dalam file baru. Daerah penelitian utama adalah perairan laut dangkal, sehingga perlu dilakukan pemisahan daerah di atas air (daratan dan atau pulau) dengan *masking*. Proses ini dilakukan dengan memblok nilai spektral daratan dengan nilai 0 (hitam). Batas nilai spektral daratan dan laut diestimasi dengan merunut beberapa piksel di daerah peralihan darat dan laut pada band 4.

Algoritma Lyzenga

Algoritma *Lyzenga* bertujuan untuk mendapatkan citra baru dengan cara menggabungkan dua kanal tampak (TM1 dan TM2) yang mampu penetrasi ke dalam tubuh air hingga kedalaman tertentu, sehingga dapat digunakan untuk mengidentifikasi obyek-obyek yang ada di dasar perairan. Sebaran terumbu karang di sekitar Pulau Weh dianalisa menggunakan algoritma *Lyzenga* (1978). Langkah awal dilakukan penajaman citra Landsat untuk dasar perairan menggunakan persamaan (2) dan (3).

$$Y = \ln TM1 - \frac{K1}{K2} * \ln TM2 \quad (2)$$

Dimana:

TM1: Kanal band 1;

TM2: Kanal band 2;

$\frac{K1}{K2}$ = Koefisien attenuasi yang diperoleh dari : $a + \sqrt{a^2 + 1}$

$$a = \frac{\ln TM1 - \ln TM2}{\ln TM1 - \ln TM2} \quad (3)$$

Interpretasi dan Validasi Hasil Analisis Lyzenga

Proses olahan citra dengan algoritma *Lyzenga* mendapatkan klasifikasi tutupan substrat dasar. Hasil olahan tersebut kemudian diinterpretasi menggunakan klasifikasi *unsupervised* berdasarkan rentang nilai piksel hasil olahan. Hasil olahan

tersebut dilakukan validasi dengan menggunakan data lapangan (*ground truth*) tertera di Gambar 2.

Pengamatan dilakukan pada bulan November 2009 atau 5 tahun pasca kejadian tsunami di Aceh tahun 2004. Pengamatan terumbu karang menggunakan metode transek garis menyinggung atau LIT (*Line Intercept Transect Method*) (English dkk., 1997). Selain itu dilakukan pengukuran kualitas air menggunakan alat multiparameter TOA DKK SN: 686375, sensor model: WMS-24-1-21. Pengumpulan data lapangan tersaji pada Tabel 1.

Pengamatanutupan karang yang dilakukan dengan menggunakan metode transek garis menyinggung atau LIT (*Line Intercept Transect Method*) (English dkk., 1997) sepanjang 50 meter yang diletakkan sejajar garis pantai dan mengikuti kontur dasar perairan. Sebelum garis transek diletakan, terlebih dahulu dilakukan pengamatan visual. Pencatatan dilakukan hanya pada satu

kedalaman yaitu pada kedalaman 7-8 meter karena pada kedalaman kurang dari 5 m substrat didominasi oleh pasir, batu dan sebagian pecahan karang (*rubble*), sedangkan pada kedalaman di atas 7 m substratnya berupa pasir. Terumbu karang yang diamati adalah bentuk hidupnya (*life form*) dan keterangan genus. Dari bentuk hidupnya, maka dilakukan persentase penutupan karang hidup. Tujuan pengamatan karang dengan LIT adalah untuk mengetahui jenis karang, kondisi karang dan substrat dasar. Perhitungan penutupan karang hidup menggunakan persamaan (4).

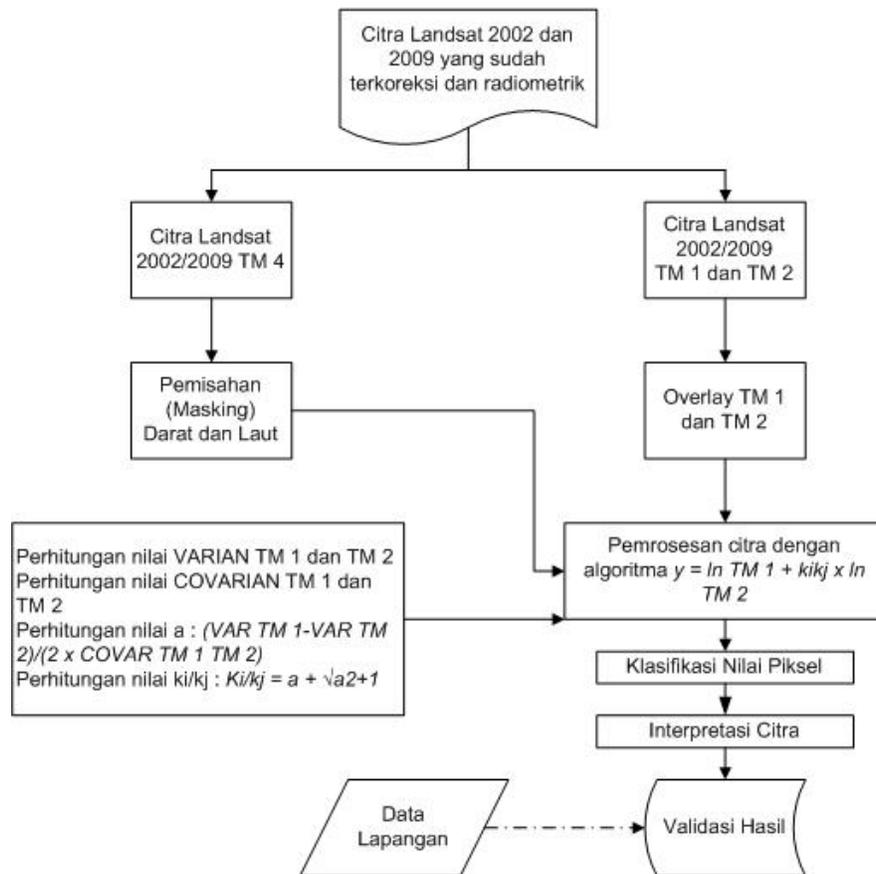
$$L = \frac{\sum Li}{N} \times 100 \% \tag{4}$$

Dimana :

L : Persentase penutupan karang (%);

Li : Panjang kategori genus ke-*i*;

N : Panjang transek.



Gambar 2. Bagan alir pengolahan citra satelit untuk identifikasi tipeutupan substrat dasar.

Tabel 1. Jenis data lapangan/fisik yang dikumpulkan dalam penelitian.

Komponen fisik	Metode pengumpulan data	Sumber data	Alat/bahan yang digunakan
Kualitas perairan	Observasi	<i>In situ</i>	Multiparameter TOA dkk SN: 686375 Sensor model: WMS-24-1-21, GPS, Daftar Isian
Tutupan karang	LIT (<i>Line Intercept Transect Method</i>)	<i>In situ</i>	Daftar isian

Kondisi penilaian ekosistem terumbu karang berdasarkan persentase penutupan karang (Gomez dan Yap, 1988) seperti tertera pada Tabel 2.

Selanjutnya dilakukan perhitungan indeks kematian karang batu atau indeks mortalitas. Perhitungan ini untuk memperlihatkan besarnya perubahan karang hidup menjadi karang mati. Rasio tersebut dihitung dengan rumus Indeks Mortalitas Karang (IMK) yang dikembangkan oleh Gomez and Yap (1988) tertera pada persamaan (5).

$$IMK = \frac{\text{Penutupan karang mati}}{\text{Penutupan karang mati} + \text{Karang hidup}} \quad (5)$$

Nilai indeks mortalitas yang mendekati nol menunjukkan bahwa tidak ada perubahan berarti bagi karang hidup, sedangkan nilai yang mendekati satu menunjukkan bahwa terjadi perubahan berarti dari karang hidup menjadi karang mati. Sebaran terumbu karang juga dipengaruhi oleh kualitas perairan di sekitarnya, oleh karena itu pengukuran kualitas air dengan multiparameter turut dilakukan. Pengambilan data kualitas air meliputi pH, oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*), suhu dan salinitas. substrat dasar perairan tersebut dapat dilihat pada Gambar 3 berikut ini.

Gambar 3 menunjukkan bahwa terjadi perubahan tutupan substrat perairan dasar perairan, dimana terjadi kecenderungan perubahan dari tutupan substrat karang hidup menjadi karang mati dan substrat campuran. Berdasarkan analisis *Lyzenga* terdapat perbandingan luasan tutupan dasar perairan antara tahun 2002 dan 2009 menunjukkan adanya perubahan luasan karang hidup. Hasil data lapangan (*ground truth*) mendukung analisis *Lyzenga* dimana perubahan luasan substrat dasar perairan dominan adalah karang hidup menjadi karang mati, pecahan karang (*rubble*) dan pasir. Perubahan luasan berdasarkan hasil analisis citra dapat dilihat pada Tabel 3.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Analisis Citra Satelit

Hasil analisis citra satelit Landsat tahun 2002 dan tahun 2009 menunjukkan perubahan morfologi tutupan dasar perairan dangkal. Hasil analisis menggunakan algoritma *Lyzenga* menjelaskan bahwa kondisi substrat dasar perairan pada tahun 2002 menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan dengan kondisi di tahun 2009 pasca terjadinya tsunami Aceh. Lokasi tersebut nampak jelas dilihat pada beberapa lokasi yaitu di selat kecil antara Pulau Seulako dan Pulau Rubiah, dan pada 5 lokasi pengamatan. Perbandingan tutupan

Hasil analisis citra Landsat 2002 menunjukkan Karang Mati 55,49 Ha sedangkan tahun 2009 naik menjadi 66,13 Ha dan Karang Hidup tahun 2002 sudah cukup tinggi 44,64 Ha namun tahun 2009 turun menjadi 24,2 Ha. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh tekanan lingkungan perairan di sekitar lokasi penelitian.

Kondisi Terumbu Karang

Sea Garden 1 di Rubiah

Stasiun pengamatan Sea Garden 1 berada antara Pulau Rubiah dengan Pulau Weh. Pada stasiun pengamatan ini baik pada kedalaman 7 m maupun 20 m substrat dasar sangat didominasi oleh pasir dan karang mati (Gambar 4).

Persentase penutupan karang keras mencapai 54,26 % dengan kategori baik, karang lunak 0,6 % sedangkan karang mati beralga 32,26 % (Gambar 8). Genus karang keras didominasi oleh *Echinopora* dengan tipe pertumbuhan *Massive*. Karang lunak jenis *Sarcophyton*. Indeks kematian karang 0,3729. Tetapi pada kedalaman 4-7 m telah dilakukan rehabilitasi karang dengan metode transplantasi yang dilakukan oleh beberapa pihak seperti *Diving Center* dan LSM.

Sea Garden 2 di Pulau Rubiah

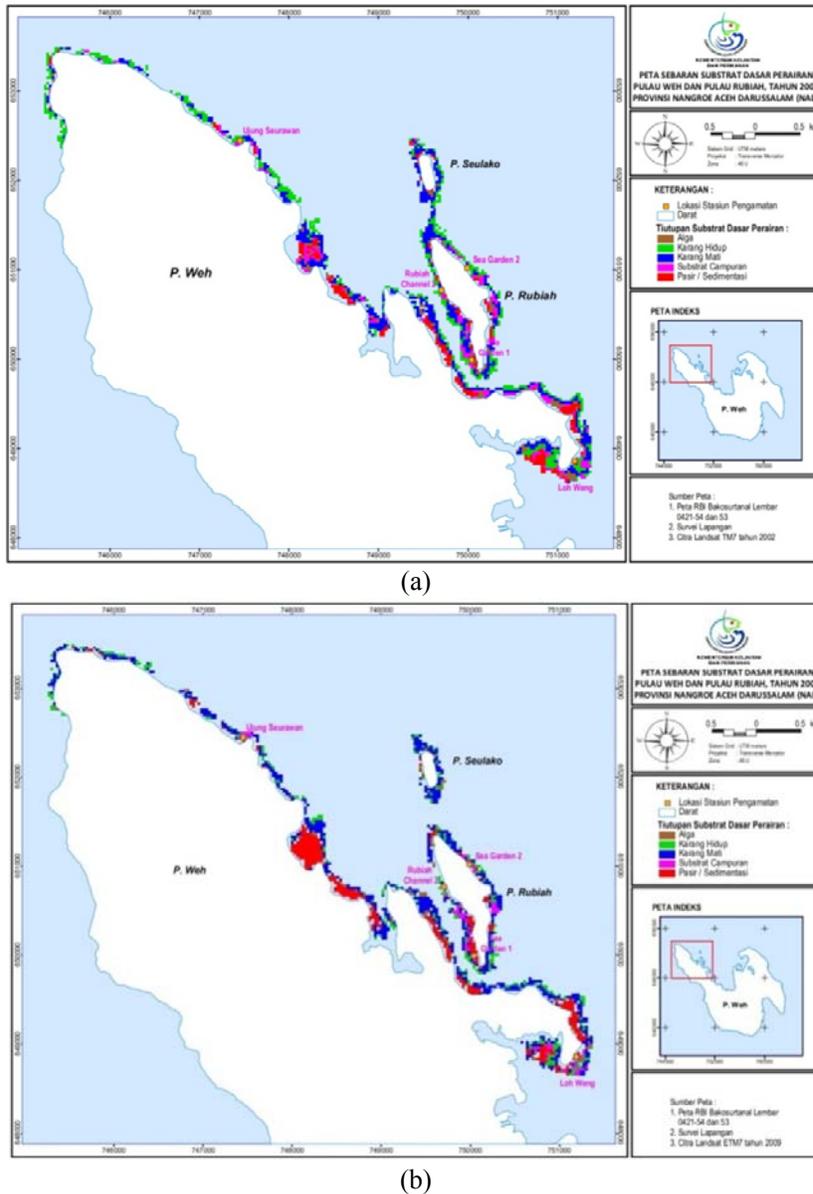
Pengamatan dengan transek 50 m dilakukan pada kedalaman 7 m. Substrat dasar pada kedalaman 20 m adalah pasir dan sebagian kecil karang keras (Gambar 5). Persentase penutupan karang keras di Sea Garden 2 mencapai 29 % dengan kategori sedang. Walaupun demikian di stasiun pengamatan ini, persentase karang lunak

Tabel 2. Persentase tutupan karang.

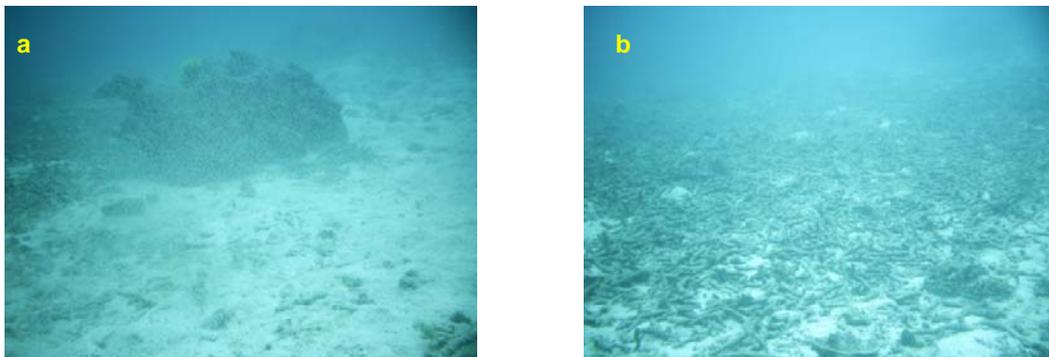
Persentase penutupan (%)	Kisaran
0 – 24,9	Buruk
25 – 49,9	Sedang
50 – 74,9	Baik
75 – 100	Sangat baik

Tabel 3. Perubahan substrat dasar perairan antara tahun 2002 dan tahun 2009 di Pulau Weh dan sekitarnya.

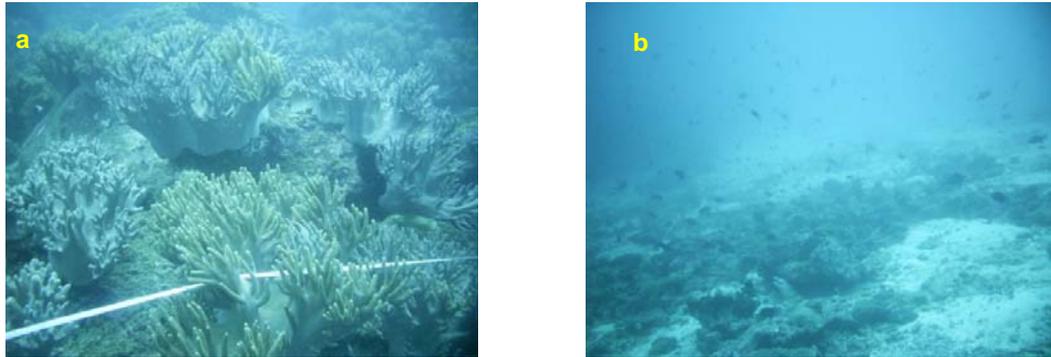
Komponen substrat	Luas (ha)	
	2002	2009
Alga	12,68	8,72
Karang hidup	44,64	24,2
Karang mati/pecahan karang/ <i>rubble</i>	55,49	66,13
Laut dalam/tidak teridentifikasi	13,95	12,98
Pasir/sedimentasi	23,13	36,36
Substrat campuran	19,49	16,2



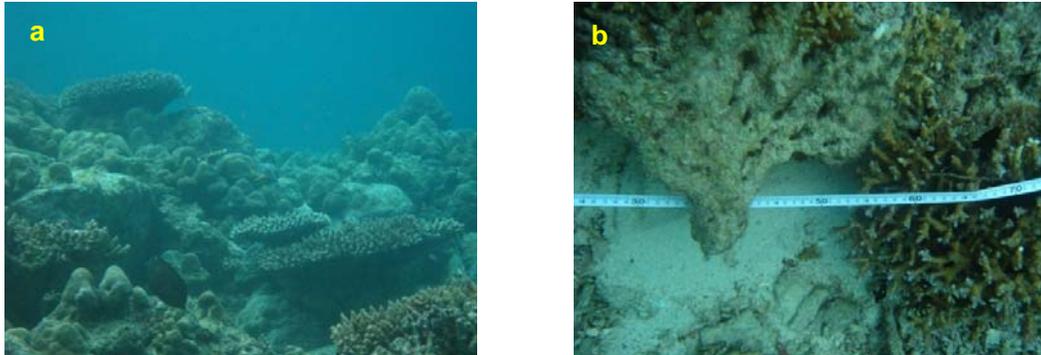
Gambar 3. Perbandingan kondisi substrat dasar perairan dangkal Pulau Weh dan Pulau Rubiah tahun (a) 2002 dan tahun (b) 2009.



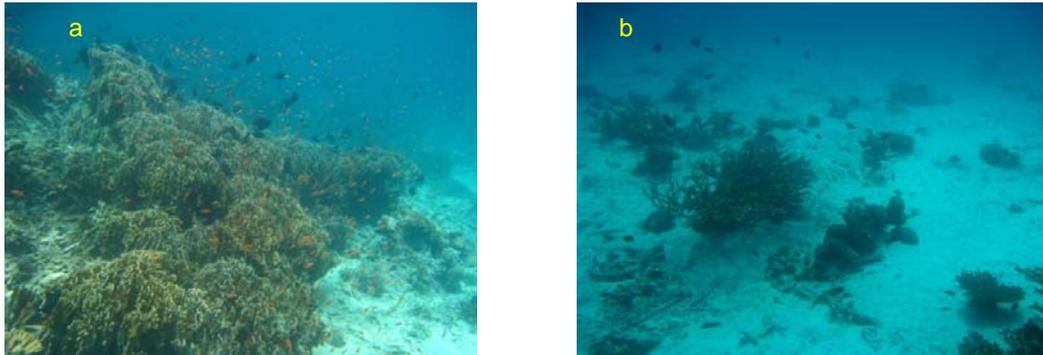
Gambar 4. Terumbu karang di Sea Garden 1 yang didominasi oleh pasir dan pecahan karang baik di kedalaman (a) 8 meter dan (b) 18 meter.



Gambar 5. (a). Komunitas karang lunak *Sinularia* di kedalaman 8 meter, (b). karang mati di kedalaman 20 meter di Sea Graden 2 berada di Pulau Rubiah.



Gambar 6. Komunitas (a) karang massive dan tabulate serta (b) karang bercabang *Seriatophora* di Rubiah Channel 2.



Gambar 7. Kondisi terumbu karang di Loh Weng (a) di kedalaman 8 meter dan (b) 20 m.

cukup tinggi yaitu sebesar 39,5% dengan didominasi genus *Sarcophyton* dan *Sinularia* (Gambar 5a). Indeks mortalitas karang masuk kategori sedang dengan nilai 0,3221. Hal ini menunjukkan kematian karang dalam kondisi sedang (Gambar 5b).

Genus karang keras yang ditemukan pada pengamatan di Sea Garden 2 sebanyak 13 genus. Genus karang *Porites* dengan tipe pertumbuhan karang *Massive* mendominasi penutupan karang keras, diikuti oleh genus *Acropora* dengan tipe pertumbuhan bercabang dan genus *Favites* dengan tipe pertumbuhan *Massive* dan *Encrusting*.

Rubiah Channel 2

Stasiun pengamatan berada sebelah Barat Pulau Rubiah tepatnya diantara Pulau Rubiah dan Pulau

Weh. Pengamatan dengan transek dilakukan pada kedalaman 7 m. Persentase penutupan karang pada stasiun Rubiah Channel 2 sebesar 26,32% dengan kategori sedang. Komposisi substrat dasar Rubiah Channel 2 didominasi oleh komponen abiotik yaitu pasir dan batu (Gambar 6).

Persentase tutupan abiotik cukup tinggi 42,94 % juga terdapat karang mati yang dipenuhi oleh alga sebesar 30,74 % (Gambar 6). Pada pengamatan ini ditemukan 13 genus karang keras. Genus *Acropora* dengan tipe pertumbuhan cabang mendominasi tipe pertumbuhan pada stasiun ini, lalu disusul oleh genus *Porites* dengan tipe pertumbuhan karang *Encrusting*.

Indeks mortalitas karang sebesar 0,4484, hal ini menunjukkan bahwa tingkat kematian karang dalam kategori sedang. Walaupun demikian nilai ini cukup mengkhawatirkan karena tingkat tekanan

ekologis yang cukup tinggi, dan hal ini bisa mengakibatkan kematian karang terus terjadi.

Ujung Seurawan

Stasiun pengamatan terletak dalam kawasan Taman Wisata Alam (TWA) Alur Paneh, yang merupakan batas akhir dari Taman Wisata Alam (TWA) Alur Paneh yang disepakati oleh masyarakat setempat. Pengamatan dengan transek dilakukan pada kedalaman 7 m. Persentase penutupan karang pada stasiun Ujung Seurawan masuk dalam kategori buruk dengan berdasarkan Gomez dan Yap (1988).

Persentase penutupan karang keras hanya mencapai 19,28% masuk kategori buruk, sedangkan persentase karang mati beralga mencapai 72,32%. Indeks kematian karang yang mencapai 0,7563 di daerah ini menunjukkan bahwa tingkat kematian karang sangat tinggi. Kondisi tutupan karang yang rendah dan tingginya indeks kematian karang menggambarkan bahwa telah terjadi tekanan ekologis yang cukup tinggi di daerah ini. Tekanan ekologis ini dapat berupa tekanan alami dan atau antropologis seperti praktek penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan.

Tingkat persentase penutupan karang yang rendah berpengaruh langsung terhadap sedikitnya genus karang keras yang ditemukan. Pada stasiun ini ditemukan hanya 10 genus karang keras yang di dominasi oleh genus *Porites* dengan tipe pertumbuhan karang *Massive*.

Loh Weng

Pengamatan di stasiun Loh Weng dilakukan pada kedalaman 5 m dengan menggunakan transek 50 m (Gambar 7). Pada kedalaman 20 m substrat dasar didominasi oleh pasir. Pada kedalaman 5 m persentase penutupan karang mencapai 15,14 % dan masuk dalam kategori buruk.

Pada Stasiun Loh Weng substrat dasar didominasi oleh karang mati beralga sebesar 57,56 % dan komponen abiotik 21,74 % (Gambar 7) didominasi oleh pasir. Persentase penutupan alga yang tinggi menunjukkan bahwa tingkat kematian karang. Hal ini dapat terlihat dari indeks mortalitas karang sebesar 0,7613.

Perbandingan Kondisi Terumbu Karang Sebelum dan Sesudah Tsunami 2004

Beberapa penelitian kondisi terumbu karang di Pulau Weh dan sekitarnya telah dilakukan sebelum tsunami. Salah satu penelitian dilaksanakan oleh Tim Ekspedisi Zooxanthellae VII tahun 2004 dengan lokasi di sekitar Pulau Rubiah (Tabel 5). Kondisi terumbu karang hasil penelitian tersebut kemudian dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan penulis tahun 2009 (Tabel 4). Penelitian terumbu karang yang dilakukan penulis pada kedalaman 5 dan 7 m, sementara data Tim Ekspedisi Zooxanthellae VII berasal dari kedalaman 3 dan 10 m. Penelitian ditentukan pada kedalaman tersebut karena terumbu karang hanya menyebar pada kedalaman di bawah 10m, sedangkan kedalaman 10 m substrat dasar perairan sebagian besar berupa pasir. Adapun kesebandingan tertera di Tabel 4 dan 5.

Sebelum tsunami, hanya satu lokasi yang tutupan karangnya pada kondisi baik (64,81%) yaitu di Rubiah Channel 2 pada kedalaman 10 m. Pada tahun 2009, kondisi karang di lokasi ini di kedalaman 7 m menjadi 26,32% atau pada kondisi sedang. Terlihat terjadi penurunan persentase tutupan yang cukup tinggi yaitu sebesar 38,49%. Penurunan prosentase tutupan juga terjadi di lokasi Sea Garden 2. Tutupan semula sebesar 38,47% menjadi 29% atau turun sebesar 9,47%. Namun demikian, kondisi tutupan karang masih pada kategori sedang. Kenaikan tutupan karang terjadi di

Tabel 4. Kesebandingan kondisi terumbu karang tahun 2009 di lokasi penelitian.

No	Lokasi penelitian	Tutupan karang (%)	Kedalaman (m)	Kategori karang
1	Sea Garden 1	54,26	7	Baik
2	Sea Garden 2	29	7	Sedang
3	Rubiah Channel 2	26,32	7	Sedang
4	Loh Weng	15,14	5	Buruk
5	Ujung Seurawan	19,28	7	Buruk

Tabel 5. Kesebandingan kondisi terumbu karang tahun 2004 hasil Ekspedisi Zooxanthellae.

No	Lokasi penelitian	Tutupan karang (%)	Kedalaman (m)	Tutupan karang (%)	Kedalaman (m)	Kategori karang
1	Selatan Pulau Rubiah = Sea Garden 1	28,82	3	12,77	10	Buruk
2	Timur Laut Pulau Rubiah = Sea Graden 2	16,73	3	38,47	6	Kedalaman 3 m → Buruk Kedalaman 6 m → Sedang
3	Barat Laut Pulau Rubiah = Rubiah Channel 2	11,24	3	64,81	10	Kedalaman 3 m → Buruk Kedalaman 10 m → Baik
4	Ujung Batee Merunrung = Loh Weng	58,53	3	16,15	10	Kedalaman 3 m → Buruk Kedalaman 10 m → Buruk

Tabel 6. Kualitas perairan di lokasi kajian.

Lokasi	pH	DO (mg/L)	Suhu (°C)	Salinitas (‰)
Ujung Seurawan	8,22	8,263	28,4	30,3
Sea Garden 2	8,19	8,577	28,7	29,6
Rubiah Channel 1	8,243	8,75	28,7	29,6
Rubiah Channel 2	8,18	8,33	28,7	30,1
Loh Weng	8,01	8,01	29,7	30

lokasi Sea Garden 1 dari kondisi buruk menjadi baik pada kedalaman 7-10 m. Sebelum tsunami, karang pada kondisi 12,77% kemudian menjadi 54,26%. Hal ini disebabkan oleh adanya kegiatan transplantasi terumbu karang oleh masyarakat lokal di kedalaman 4-7 meter.

Hal yang sama ditemukan di Pantai Pongi Balu sebelah selatan Kepulauan Andaman (Jha dkk 2011). Jha dkk 2011 menyatakan bahwa telah terjadi perubahan tutupan terumbu karang sebelum dan sesudah tsunami 2004 yakni adanya perubahan luasan karang hidup dari awalnya 161,6 ha sebelum tsunami menjadi 81,4 ha. Perubahan karang hidup tersebut menjadi karang mati yang mencapai 60,6 ha dan dinyatakan hilang (*no coral*) seluas 19,6 ha.

Hasil penelitian Kumaraguru dkk. (2005) juga menunjukkan hal yang sama dimana telah terjadi perubahan persentase karang hidup dari 48,5% menjadi 36% di Selat Mannar dan kurang lebih 26,7% menjadi 19,2% persentase karang hidup di Teluk Palk pantai tenggara India sebelum dan sesudah tsunami. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengaruh bencana tsunami memberikan efek yang sangat besar terhadap kerusakan terumbu karang.

Kondisi Perairan

Kondisi perairan di laut mempunyai pH di atas 8 yang menunjukkan basa, sesuai dengan sifat perairan laut. Pertumbuhan terumbu karang dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis dan kemampuan karang menghasilkan kalsium karbonat (CaCO_3) akan berkurang. Salinitas yang normal untuk pertumbuhan karang berkisar antara 32-35 ‰. Daya tahan terhadap salinitas setiap jenis karang tidak sama. Faktor penunjang yang lain adalah suhu. Terumbu karang dapat tumbuh berkembang optimal pada suhu 23-25 °C bahkan dengan toleransi suhu 36-40 °C (Nybakken, 1992). Tertera pada Tabel 6 informasi kualitas air di lokasi kajian.

Tabel 6 menunjukkan bahwa kondisi kualitas perairan di Pulau Weh dan Pulau Rubiah masih sangat mendukung untuk pertumbuhan terumbu karang. Kegiatan rehabilitasi terumbu karang pasca tsunami Aceh 2004 sangat layak untuk dilakukan.

Rehabilitasi Karang

Terumbu Karang yang rusak akibat tsunami dapat direhabilitasi dengan cara transplantasi.

Dengan memotong karang hidup, lalu ditanam di tempat yang mengalami kerusakan seperti di Rubiah Channel 1 (Santoso dan Kardono., 2008). Jenis karang yang dijumpai genus *Acropora* yang terdiri dari *A. branching*, *A. Digitate* (Tampubolon dkk, 2008).

Karang yang dapat ditransplantasi adalah genus *Arcopora*. *Arcopora* karena memiliki laju pertumbuhan yang lebih cepat jika dibandingkan dengan jenis genus lainnya yakni dapat tumbuh antara 5 - 10 cm per tahun (Harriot dan Fisk, 1988) dengan dukungan kualitas air yang baik. Dengan terjadinya pemulihan secara alami dapat berlangsung dengan peningkatan tutupan karang hidup dan kemunculan koloni karang muda (*rekrutment*) (Keppel dan Abrar, 2008). Kegiatan rehabilitasi terumbu karang perlu melibatkan masyarakat setempat dengan memaksimalkan peran masyarakat pengawas, bahkan dapat melibatkan wisatawan dengan menerapkan pola terumbu karang asuh dengan metode rehabilitasi karang menggunakan terumbu karang buatan (*reef ball*), pencangkakan atau pun dengan metode *mineral accretion* (*Biorock*).

KESIMPULAN

Tsunami Aceh 2004 telah menyebabkan terjadinya perubahan luasan terumbu karang di Pulau Weh dan Pulau Rubiah. Hasil analisis citra satelit menunjukkan dominansi perubahan karang hidup menjadi karang mati dan substrat campuran. Kondisi eksisting tutupan substrat dasar perairan pasca gempa dan tsunami didominasi oleh alga, pasir dan karang mati dan komponen abiotik lainnya. Hasil dari pengamatan lapangan kategori tutupan karang bervariasi dari baik hingga buruk. Kategori baik berada di Sea Garden 1, kategori sedang di Sea Garden 2 dan Rubiah Channel 2 sedangkan kategori buruk di Ujung Seurawan dan Lok Weng. Upaya rehabilitasi ekosistem terumbu karang sangat memungkinkan didukung oleh kualitas perairan yang baik seperti yang telah dilaksanakan di Sea Garden 1.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2003. Situs <http://www.sabangkota.go.id> diakses tanggal 17 November 2012.

- Anonim, 2004. *Data dan Informasi Kehutanan Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam*. Pusat Inventarisasi dan Statistik Kehutanan, Badan Planologi Kehutanan. Banda Aceh.
- Anonim, 2007. *Sabang Dalam Angka*. Badan Pusat Statistik dan Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kota Sabang.
- Baird, A.H., Campbell, S.J., Anggoro, A.W., Ardiwijaya, R.L., Fadli, N., Herdiana, Y., Kartawijaya, T., Mahyiddin, D., Mukminin, A., Pardede, S.T., Pratchett, M.S., Rudi, E., dan Siregar, M., 2005. Acehnese Reefs in The Wake of the Asian Tsunami. *Current Biology* 15:1926-1930.
- Baird, A.H., Campbell, S.J., Fadli, N., Hoey, A.S., dan Rudi, E., 2012. The Shallow Water Hard Corals of Pulau Weh, Aceh Province, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation International Journal of the Bioflux Society* 5(1):23 – 28.
- Diposaptono, S., dan Budiman., 2008. *Hidup Akrab dengan Gempa dan Tsunami*. Penerbit Buku Ilmiah Populer, Bogor.
- Estradivari, Susilo, N., dan Yusri, S., 2005. *Prosiding Inisiatif Bersama Untuk Peduli Penilaian Terumbu Karang Aceh dan Sumatra Utara*. The Indonesian Coral Reef Working Group (ICRWG).
- English, S., Wilkinson, C., dan Baker, V., 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Townsville, Australia, Australian Institute of Marine Science, Townsville Australia: pp. 378.
- Gomez, E.D., dan Yap, H.T., 1988. Monitoring Reef Condition *dalam* R.A. Kenchington dan B.E.T. Hudson (eds.) *Coral Reef Management Handbook*. UNESCO Regional Office for Science and Technology for Southeast Asia, Jakarta.
- Harriot, V.J., dan Fisk, D.A., 1988. Coral Transplantation as Reef Management Option. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium* 2: p.375-379.
- Jha D.K., Vinithkumar N.V., Santhnakumar J., Nazar A.K.A., dan Kirubakaran R., 2011. Assessment of Post Tsunami Coral Reef Resource in Pongi Balu Coast, South Andaman Islands. *Current Science*, 100(4):530-534.
- Keppel, T.L., dan Abrar, M., 2008. Kondisi Terumbu Karang Di Kabupaten Nias Dan Kabupaten Simeulue Pasca Satu Tahun Mega Tsunami 2004. *Jurnal Segara*, 9 (1):13-21.
- Kumaraguru, A.K., Jayakumar, K., Wilson, J.J dan Ramakritinan, C. M., 2005. Impact of the tsunami of 26 December 2004 on The Coral Reef Environment of Gulf of Mannar and Palk Bay in The Southeast Coast of India. *Current Science*, 89(10):1729-1741.
- Lyzenga, D.R., 1978. Passive Remote Sensing Techniques for Mapping Water Depth and Bottom Features. *Applied Optics*. 17: 379-383.
- Nybakken, J.W., 1992. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. Alih Bahasa: M. Eidman, Koesoebiono, D.G. Bengen dan M. Hutomo. Gramedia, Jakarta.
- Santoso, A.D., dan Kardono, 2008. Teknologi Konservasi dan Rehabilitasi Terumbu Karang. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 9(3):121-226.
- Tambubolon, P.H., Idris., Irawan, S., Sihombing, R., Bachtia, R., Madduppa, H., Estradivari., Haraha, A.K., Noegroho, M.A., Siregar, A.M., Anggoro, A.W., Antonius., Retno, C.D.A., Muttaqin, E., Setawan, F., Fahad., Melati, R., Destari, A., Ariansyah, I., Prasetya, R., Alimuddin., dan Niagara, R. 2004. *Laporan Ilmiah Ekspedisi Zooxanthellae VII*. Kondisi dan Potensi Ekosistem Terumbu Karang Perairan Sabang, Pulau Weh. Propinsi Nanggroe Aceh Darussalam.