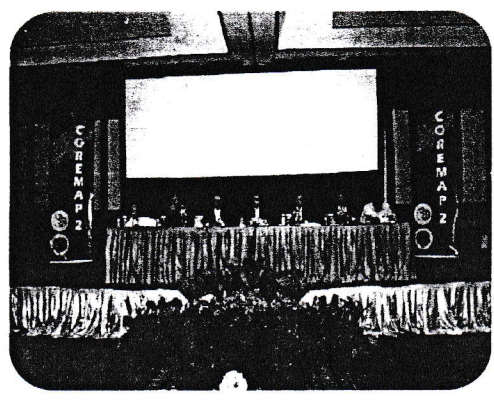
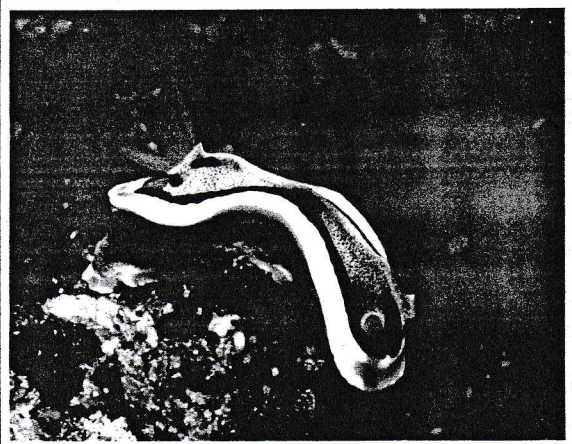
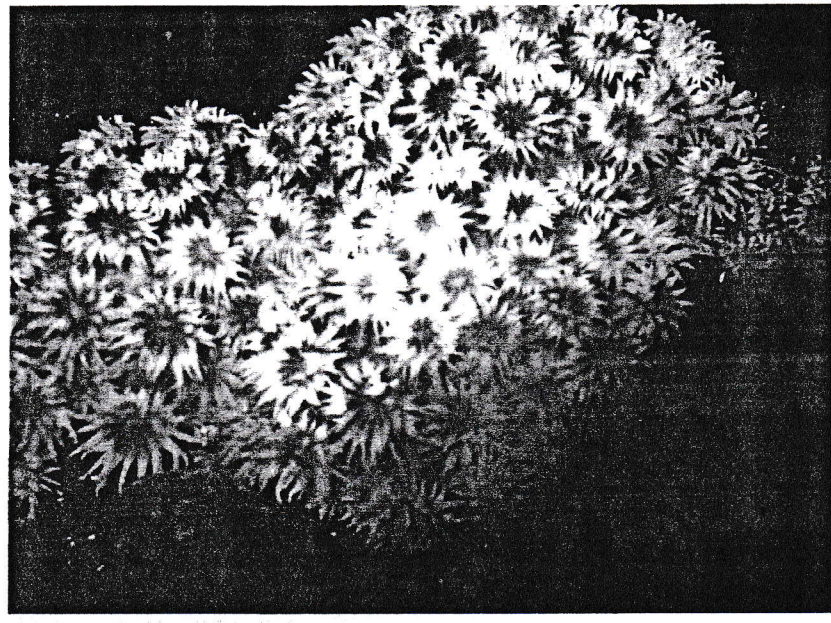


PROSIDING MUNAS TERUMBU KARANG I 2007



INCRES
INDONESIAN CORAL REEF SOCIETY



Satker Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang
COREMAP II
Direktorat Jenderal Kelautan, Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
DEPARTEMEN KELAUTAN DAN PERIKANAN
2008



JONSON L GAOL

Prosiding MUNAS Terumbu Karang 2007
Hal x, 216
ISBN :

Pelindung :
M. Syamsul Maarif

Penasehat :
Yaya Mulyana

Editor :
Jamaluddin Jompa
Elfita Nezon
Baru Sadarun
Eva Tri Lestari

Layout/Tata Letak :
Eva Tri Lestari

Diterbitkan Oleh :
Program Rehabilitasi dan Pengelolaan Terumbu Karang
COREMAP II
Direktorat Jenderal Kelautan, Pesisir dan Pulau-pulau Kecil
Departemen Kelautan dan Perikanan

Jl. Tebet Raya No. 91, Jakarta Selatan

ISBN 978-979-1267-64-9



DAFTAR ISI

	Halaman
Kata Pengantar	i
Daftar Isi	ii
Daftar Tabel	iv
Daftar Gambar	vii
I Kepadatan Zooxanthella yang Berasosiasi dengan Kima (Tridacnidae) di Perairan Kepulauan Spermonde	1
II Analisis Spasial pada Terumbu Karang Batulawang Pasirputih Situbondo Jawa Timur dengan Aplikasi <i>Software</i> ARC View dan Autocad LANDMAP 2004	11
III Desentralisasi Pengelolaan dan Pendanaan Taman Nasional Bunaken	24
IV Perubahan Iklim : Kaitannya dengan Terumbu Karang	34
V Bisnis Wisata Selam Indonesia	46
VI Transplantasi Karang Saat Ini dan Tantangannya di Masa Depan ...	50
VII Membenihkan Karang Terumbu Secara Massal	59
VIII Prospek Terumbu Buatan Biorock dalam Peningkatan Sumberdaya Ikan di Kepulauan Seribu	68
IX Rekrutmen Karang Batu pada <i>Reef Ball</i> Setelah Tiga Tahun, di Teluk Benete, Kabupaten Sumbawa Barat	77
X Variabilitas Suhu Permukaan Laut (1986-2002) Estimasi dari Citra Satelit dan Dampaknya terhadap Terumbu Karang di Perairan Indonesia	86
XI Pembentukan Kawasan Konservasi Laut Daerah di Kabupaten Raja Ampat	99

	Halaman
XII Inventarisasi dan Sebaran Biota Ascidian Terumbu di Perairan Berau, Kalimantan Timur	105
XIII Pembelajaran dalam Pembentukan Daerah Perlindungan Laut dan Pengelolaan TN. Kepulauan Togean	122
XIV Permasalahan Ilmiah Krusial dalam Pemetaan Terumbu Karang menggunakan Citra Satelit di Indonesia	137
XV Studi tentang Budidaya Beberapa Jenis Spons Bioaktif di Perairan Gondol, Kabupaten Buleleng – Bali	148
XVI Kondisi Terumbu Karang Pasca Kejadian Gempa dan Tsunami Tahun 2004 di Pulau Nias, Sumatera Utara	155
XVII Penentuan Daerah Perlindungan Laut dalam Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang Berkelanjutan di Kepulauan Padaido, Kabupaten Biak Numfor	163
XVIII Kolaborasi Pengelolaan Perikanan Ikan Hias Laut menuju Pemanfaatan yang Bertanggung Jawab dan Berkelanjutan : Pembelajaran dari Kepulauan Seribu	176
XIX Pemanfaatan Potensi Terumbu Karang Melalui Budidaya Karang Ornamen sebagai Model Pemberdayaan Masyarakat di Pulau Kecil	182
XX Terumbu Buatan di Kepulauan Seribu sebagai Upaya Mendukung Rehabilitasi Ekosistem dan Perikanan Tangkap Berkelanjutan	188
XXI Indeks Keberlanjutan Sosial-Ekonomi Pengelolaan Kawasan Terumbu Karang di Selat Lembeh, Bitung, Provinsi Sulawesi Utara	195
XXII Analisis Kondisi Terumbu Karang Gugusan Pulau Pari, Kepulauan Seribu	207
XXIII Perdagangan Karang Hias Indonesia	214

DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
2.1	Kategori dan Kondisi Tutupan Terumbu Karang	15
2.2	Titik koordinat terluar kawasan terumbu karang Batulawang	18
2.3	Tingkat kehadiran jenis-jenis karang yang mewakili kawasan calon DPL	19
3.1	Penerimaan DPTNB dari tarif masuk dan bantuan donor	31
3.2	Total pengeluaran selang 5 tahun terakhir. Biaya operasional, Setoran ke Pemerintah, kontribusi ke NSWA dan HPWLB	32
6.1	Beberapa penelitian tentang transplantasi di dunia	51
6.2	Beberapa Jenis karang yang dibudidayakan di Kepulauan Seribu	52
8.1	Struktur komunitas ikan yang diindikasikan dengan nilai Indeks Keanekaragaman (H'), Indeks Keragaman (E), dan Indeks Dominansi (C) pada seluruh kerangka Biorock (rerata \pm SE)	73
12.1	Luas masing-masing habitat terumbu pada lokasi penelitian, September 2004	108
12.2	Jenis dan sebaran Ascidian di perairan terumbu karang Pulau RaboRabo, Berau Kalimantan Timur, September 2004	108
12.3	Jenis dan sebaran Ascidian di perairan terumbu karang Pulau Panjang, Berau Kalimantan Timur, September 2004	111
12.4	Jenis dan sebaran Ascidian pada masing-masing stasiun di perairan terumbu karang Pulau Maratua Kabupaten Berau, September 2004 ..	113
12.5	Jenis dan sebaran Ascidian di perairan terumbu karang Pulau Derawan, Berau Kalimantan Timur, September 2004	115
12.6	Sebaran jenis Ascidian di perairan Berau, Kalimantan Timur, September 2004	117

Tabel	Halaman
12.7 Jenis dan bentuk pemanfaatan biota Ascidian serta sebarannya di perairan Berau Kalimantan Timur, September 2004	119
13.1 Jenis fauna dilindungi/endemik di Kepulauan Togean	123
13.2 Nilai Ekonomi SDA berdasarkan Kegiatan Ekonomi di Kep. Togean	124
15.1 Pertumbuhan spons di lokasi Gondol, Bali selama penelitian	153
16.1 Hasil pengamatan persentase (%) karang batu berdasarkan metode LIT di Lahewa dan Sawo, Pulau Nias pada tahun 2007	157
16.2 Nilai persentase tutupan karang (%) dan kategori lainnya berdasarkan LIT pada tahun 2004 dan tahun 2007	159
16.3 Jumlah jenis (S), jumlah individe (N), indeks keanekaragaman Shannon (H') dan indeks pemerataan Pielou (J') untuk karang batu di Pulau Nias tahun 2007	160
16.4 Perbedaan jumlah jenis (S), jumlah individe (N), indeks keanekaragaman hannon (H') dan indeks pemerataan Pielou (J') untuk karang batu tahun 2004 dan tahun 2007	160
16.5 Jenis karang batu yang diperoleh di Pantai Utara Pulau Nias	161
17.1 Penyebaran Penduduk di Pulau Owi Berdasarkan Jumlah Kepala Keluarga (KK) dan Jenis Kelamin	167
17.2 Jumlah jenis dan kelimpahan individu ikan karang di Pulau Owi (La Tanda, 2004)	170
19.1 Jenis-jenis karang hias penting yang diperdagangkan di Sulawesi Selatan	183
19.2 Kegiatan budidaya karang hias di beberapa lokasi di Indonesia Timur	186
20.1 Lokasi dan model terumbu buatan di Kepulauan Seribu	190
21.1 Atribut dan dimensi/indikator keberlanjutan sosial ekonomi pengelolaan kawasan terumbu karang	196
21.2 Kondisi nilai skor setiap atribut keberlanjutan pengelolaan kawasan terumbu karang di Selat Lembeh	198

Tabel	Halaman
21.3 Hasil analisis Rap-Insus-COREMAG untuk beberapa parameter statistik	204
21.4 Hasil analisis Monte Carlo untuk nilai Insus-COREMAG dan masing-masing dimensi pada selang kepercayaan 95%	205
22.1 Kategori Tutupan Karang	209

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Rata-rata kepadatan zooxanthella pada jaringan mantel kima berdasarkan kedalaman	3
1.2 Korelasi antara kepadatan zooxanthella dengan kedalaman perairan	4
1.3 Rata-rata kepadatan zooxanthella berdasarkan ukuran cangkang	5
1.4 Rata-rata kepadatan zooxanthella tiap spesies (Huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan nyata)	6
1.5 Spesies kima yang ditemukan berdasarkan kedalaman	6
1.6 Hubungan antara kepadatan zooxanthella dengan kedalaman pada <i>T. crocea</i> dan <i>T. squamosa</i>	7
2.1 Peta lokasi penelitian berdasar peta RBI dan peta Atlas Indonesia	13
2.2 Diagram Alir Penelitian	14
2.3 Skema segmentasi garis transek (dimodifikasi dari Reefcheck, 2004)	15
2.4 Potongan peta RBI pada lokasi studi	17
2.5 Dijitasi peta wilayah studi	17
2.6 Tumpang susun foto citra satelit, peta RBI dan hasil dijitasi	18
2.7 Layout wilayah studi dan lokasi DPL dengan koordinat UTM	19
2.8 Keragaman karang pada titik transek	20
2.9 Prosentase tutupan karang batu, bercabang, lunak dan lain-lain	20
2.10 Keragaman dan kondisi karang dalam bentuk SIG	21
4.1 Rerata tahunan konsentrasi CO ₂ atmosfer sejak tahun 1958 di Hawaii (Mauna Loa Observatorium); <i>Scripps Institution of Oceanography</i> (Hupfer, et al., 2001)	36
4.2 Konsentrasi karbon dioksida atmosfer yang berasal dari gelembung udara yang terperangkap dalam es terhadap waktu (tahun) dan anomali suhu lokal dalam 160.000 tahun dari saat ini yang diukur di Stasion-Vostok, Antartika (Herterich, 2001)	36
4.3 Proyeksi dari kontribusi setiap bagian terhadap perubahan paras laut dalam tahun 1990-2100 (Skenario IS92), termasuk pengaruh dari perubahan jumlah aerosol setelah tahun 1990 (Sterr, 2001a)	40
6.1 Diagram alir sederhana dalam mengambil keputusan untuk menggunakan transplantasi karang	55
7.1 Slick (campuran gamet jantan dan betina yang dilepaskan sejumlah koloni karang secara bersama-sama) yang mengapung di permukaan laut	62
7.2 Siklus reproduksi seksual pada karang broadcaster atau spawner	63
7.3 Proses metamorfosis pada planula larva yang diberi induktor metamorfosis neuro peptida	64

Gambar	Halaman
8.1 Pulau Gosong Pramuka, Kepulauan Seribu, Jakarta (kotak merah menunjukkan lokasi penelitian)	69
8.2 Kerangka Biorock	70
8.3 Komposisi ikan berdasarkan famili yang terdata selama penelitian di kerangka terumbu buatan Biorock	71
8.4 Perkembangan komunitas ikan berdasarkan jumlah individu, spesies dan famili di masing-masing kerangka	72
8.5 Jenis ikan yang dapat ditemukan pada terumbu buatan Biorock di Kepulauan Seribu, ikan ekonomis	73
9.1 Teluk Benete di Kabupaten Sumbawa Barat. Lokasi penelitian pada tanda X	79
9.2 Perbandingan rata-rata kelimpahan koloni karang pada tiga kedalaman. Kelimpahan rata-rata koloni karang pada kedalaman 10-12 m lebih rendah dibandingkan dengan dua kedalaman lainnya	80
9.3 Komposisi famili komunitas karang yang ditunjukkan dengan kelimpahan rata-rata masing-masing famili per unit <i>Reef ball</i>	80
9.4 Perbandingan rata-rata ukuran koloni di dalam Famili Acroporidae. Ukuran koloni didasarkan pada diameter, sehingga tidak mencerminkan pertumbuhan vertical	81
10.1 Lokasi pengamatan suhu permukaan laut	88
10.2 Fluktuasi rata-rata bulanan Suhu Permukaan Laut di Nias, Mentawai, Lombok, Belitung, Kalbar dan Kaltim (1986-2002)	89
10.3 Fluktuasi rata-rata bulanan Suhu Permukaan Laut di Bunaken, Togian Sulsel, Maluku dan Papua Utara (1986-2002)	90
10.4 Rata-rata bulanan SPL (Januari, Februari, Maret dan April)	91
10.5 Rata-rata bulanan SPL (Mei, Juni, Juli dan Agustus)	92
10.6 Rata-rata bulanan SPL (September, Oktober, Nopember dan Desember)	93
12.1 Peta lokasi penelitian, perairan Berau, Kalimantan Timur, September 2004	107
12.2 A). Ascidian koloni, <i>Didemnum molle</i> dan B) Ascidian kloni <i>Calvelina robusta</i>	116
12.3 A). Ascidian soliter, <i>Polycarpa aurita</i> dan B). <i>Rhopalaea</i> . sp (biru)	118
12.4 Jenis biota ascisian yang telah dimanfaatkan	119
13.1 Kepulauan Togean	122
14.1 Interaksi gelombang elektromagnetik dengan obyek bentik Sumber : Biertwirth et al. (1993)	139
14.2 Ilustrasi bahwa respon spektral untuk obyek bentik tertentu (misalnya lamun) dapat berubah karena bertambahnya kedalaman ..	140
14.3 Sistem Klasifikasi menurut Mumby & Harborne (1999)	144
14.4 Ilustrasi lintasan transek untuk verifikasi hasil klasifikasi citra satelit	145
15.1 Metode Budidaya Spons	150
15.2 Tingkat kematian spons pada masing-masing metode yang	

Gambar	Halaman
digunakan di lokasi Gondol, Bali	152
16.1 Peta lokasi dengan plot stasiun LIT di Pulau Nias, Sumatera Utara	157
16.2 Persentase tutupan karang hidup (\pm kesalahan baku)	158
16.3 Perbandingan persentase tutupan karang hidup (%) tahun 2004 dan 2007 di Pulau Nias	159
17.1 Peta Citra Kepulauan Padaido dan Wilayah Studi	165
17.2 Diagram Alir Proses Pelaksanaan Kegiatan Penelitian	166
17.3 Peta Persen Tutupan Karang pada Kedalaman 3-10 meter	171
17.4 Peta Kepemilikan Wilayah Pantai Menurut Klan	173
17.5 Peta Daerah Perlindungan Laut	174
19.1 Prosentase penduduk yang berprofesi sebagai nelayan dan pedagang karang hias	184
20.1 Lokasi penenggelaman terumbu buatan di Kepulauan Seribu	191
20.2 Komposisi komunitas bentik di terumbu buatan Kepulauan Seribu ..	192
20.3 Komposisi komunitas ikan di terumbu buatan Kepulauan Seribu	193
21.1 Analisis Rap-Insus-COREMAG yang menunjukkan indeks keberlanjutan dimensi pasar	200
21.2 Analisis Rap-Insus-COREMAG yang menunjukkan indeks keberlanjutan dimensi sosial ekonomi	201
21.3 Analisis Rap-Insus-COREMAG yang menunjukkan indeks keberlanjutan dimensi pengambilan keputusan	203
21.4 Ordinasi analisis Monte Carlo yang menunjukkan posisi median dan selang kepercayaan 95% terhadap median	205
22.1 Stasiun Pengamatan	208
22.2 Persentase penutupan karang di lokasi penelitian	210
22.3 Indeks keanekaragaman (H'), keseragaman (E) dan dominansi (C) bentuk karang berdasarkan persentase penutupan karang setiap stasiun	211
22.4 Koloni Karang yang mengalami pemutihan (<i>bleaching</i>)	212

X. VARIABILITAS SUHU PERMUKAAN LAUT (1986-2002) ESTIMASI DARI CITRA SATELIT DAN DAMPAKNYA TERHADAP TERUMBU KARANG DI PERAIRAN INDONESIA

Oleh :

Jonson Lumban Gaol

Laboratorium Penginderaan Jauh dan SIG Kelautan,

Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan,

Institut Pertanian Bogor

Email : jonsonrt@yahoo.com

Abstrak

Data suhu permukaan laut (SPL) dari sensor satelit telah tersedia dengan tingkat ketelitian yang cukup tinggi. Data ini dapat digunakan sebagai salah satu informasi untuk pengelolaan ekosistem terumbu karang. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas SPL hasil estimasi dari sensor satelit dan melihat dampaknya terhadap kondisi ekosistem terumbu karang di perairan Indonesia. Data SPL yang digunakan adalah data rata-rata bulanan mulai dari tahun 1986 hingga tahun 2002. Data ini diperoleh dari basis data NASA-JPL (<http://nasa.pocet.jpl>). Wilayah pengamatan dibagi menjadi 11 lokasi yakni perairan pantai di sekitar Nias, Mentawai, Lombok, Belitung, Kalbar, Kaltim, Bunaken, Togean, Sulsel, Maluku dan Papua Utara. Variabilitas SPL dianalisis dengan menggunakan metoda Fast Fourier Transformation. Hasil analisis menunjukkan adanya variasi SPL di seluruh lokasi pengamatan berhubungan dengan pengaruh musim (musson) dan iklim global seperti El Nino Southern Oscillation (ENSO) dan Indian Ocean Dipole (IOD). Pengaruh pemanasan global terlihat hampir di seluruh lokasi pengamatan dengan peningkatan rata-rata sebesar 0.5 °C dalam kurun waktu 17 tahun. Berdasarkan hasil informasi yang diperoleh dari berbagai sumber, pada tahun 1997/1998 terjadi bleaching terumbu karang di perairan Nias, Mentawai, Lombok dan Kalimantan Timur. Pada saat yang sama terjadi anomali SPL di perairan tersebut, sehingga diduga anomali SPL di perairan Indonesia berpengaruh negatif terhadap terumbu karang.

Kata kunci: suhu, sensor satelit, terumbu karang, bleaching, musson, ENSO, IOD.

PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang merupakan kekayaan alam yang perlu dilestarikan karena dapat memberikan manfaat yang sangat besar bagi kehidupan umat manusia, khususnya bagi masyarakat yang berada di sekitar ekosistem terumbu karang. Namun ironisnya, laju kerusakan terumbu karang di Indonesia sangat cepat sehingga perlu dilakukan langkah-langkah untuk pengelolaan ekosistem terumbu karang yang rasional. Kerusakan terumbu karang tidak hanya disebabkan oleh faktor manusia, tetapi juga perubahan kondisi perairan seperti perubahan suhu dan salinitas yang ekstrim dan juga akibat sedimentasi.

Anomali suhu perairan baik peningkatan maupun penurunan suhu yang ekstrim terbukti menyebabkan gangguan terhadap terumbu karang yang dikenal dengan istilah "bleaching". Bleaching dapat terjadi karena zoxantella yang bersimbiose dengan terumbu mengalami tekanan akibat kenaikan atau penurunan suhu yang ekstrim. Dalam kondisi normal Zooxanthellae hidup bersimbiosis dengan polip karang dan membantu karang dalam memproduksi nutrient melalui aktivitas fotosintesis.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa perubahan suhu dan radiasi matahari (terutama ultraviolet) menyebabkan terjadinya bleaching. Di perairan Caribbean fenomena bleaching terjadi selama tahun 1986-1988 akibat pemanasan global yang secara lokal mempengaruhi daerah tersebut (Buchheim, 1998).

Bleaching, terjadi ketika (i) densitas zooxanthellae berkurang dan atau (ii) konsentrasi pigmen fotosintesis dengan zoxantella menurun. Umumnya dalam kondisi normal ekosistem terumbu karang mengandung sekitar $1-5 \times 10^6$ zooxanthellae per cm^2 hidup pada jaringan permukaan dan 2-10 pg dari klorofil tiap zooxanthella. Ketika terumbu karang memutih

umumnya zoxantella hilang sekitar 60-90% dan tiap zoxantella kehilangan 50-80% pigmen fotosintesis (Kleppel *et al.* 1989; Glynn 1996 *in* Buchein, 1998).

Perubahan suhu perairan yang ekstrim terjadi di Indonesia sebagai akibat dari perubahan iklim global seperti fenomena ENSO (Nicholls, 1984; Meyers, 1996) dan fenomena IOD (Saji *et al.*, 1999). Pada saat ENSO, SPL di beberapa perairan Indonesia meningkat secara tajam yakni sekitar 3°C dari suhu rata-rata (Meyer, 1996) sebaliknya pada saat terjadi IOD, SPL mengalami penurunan yang sangat ekstrim dengan (Saji *et al.*, 1999; Abram *et al.*, 2007; Lumban Gaol *et al.*, 2004).

Oleh karena itu, data suhu perairan secara kontinu dibutuhkan sebagai informasi untuk melakukan langkah-langkah antisipasi dalam pengelolaan terumbu karang. Salah satu teknik yang telah berkembang saat ini untuk memantau SPL secara kontinu adalah dengan teknik penginderaan jauh, yakni mengamati SPL melalui sensor inframerah termal yang dipasang pada wahana satelit. Sensor *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) mempunyai ketelitian yang cukup tinggi (Robinson, 1985; Shi and Morisson, 2000; Lumban Gaol *et al.*, 2008). Sensor ini telah diluncurkan puluhan tahun yang lewat dan terus diikuti dengan sensor generasi baru sehingga data SPL tersedia baik secara spasial maupun temporal hingga saat ini.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas SPL hasil estimasi dari sensor satelit AVHRR di wilayah perairan Indonesia serta mengamati indikasi-indikasi *bleaching* dengan terjadinya anomali SPL di perairan Indonesia.

METODA PENELITIAN

Data SPL yang digunakan dalam penelitian ini adalah data SPL rata-rata bulanan tahun 1986 – 2002 yang diperoleh dari hasil estimasi dari sensor satelit *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR) yang diperoleh dari basis data NASA (<http://nasa.poet.jpl>). SPL yang diamati adalah rata-rata di 11 wilayah dimana terdapat ekosistem terumbu karang yang mewakili perairan pantai di bagian Samudra Hindia (Nias, Mentawai dan Lombok), perairan pantai Laut Jawa dan sekitarnya (Belitung, Kalimantan Barat dan Kalimantan Timur), perairan pantai Sulawesi dan sekitarnya (Sulawesi Selatan, Togeang dan Sulawesi Utara), Perairan Pantai Maluku dan Papua seperti tertera pada Gambar 10.1.

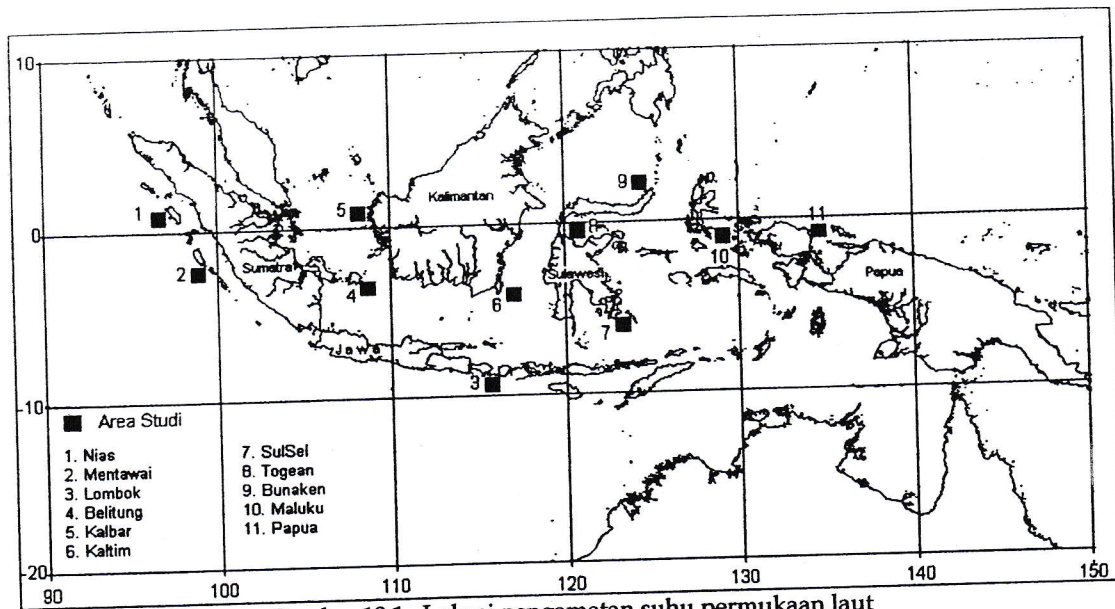
Untuk menganalisis variabilitas SPL di masing-masing wilayah, data SPL dari domain waktu dirubah menjadi domain frekwensi dengan menggunakan analisis *Fast Fourier Transformation* (Emery dan Thomson, 1985) sebagai berikut:

$$Y_k = \Delta t \sum_{n=1}^N y_n e^{-i2\pi kn/N}$$

dimana: Y_k = Transformasi Fourier; Δt = beda waktu pengambilan data; N = jumlah data; $n = (1,2,3,\dots,N)$, $i = \sqrt{-1}$ (bilangan imajiner) dan k = frekuensi ke- k

Selanjutnya energi densitas spektrum ($S_E(f_k)$) untuk deret waktu diskrit :

$$S_E(f_k) = [Y_k]^2, \quad k = 0, \dots, N - 1$$



Gambar 10.1. Lokasi pengamatan suhu permukaan laut

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Variabilitas SPL di Perairan Indonesia

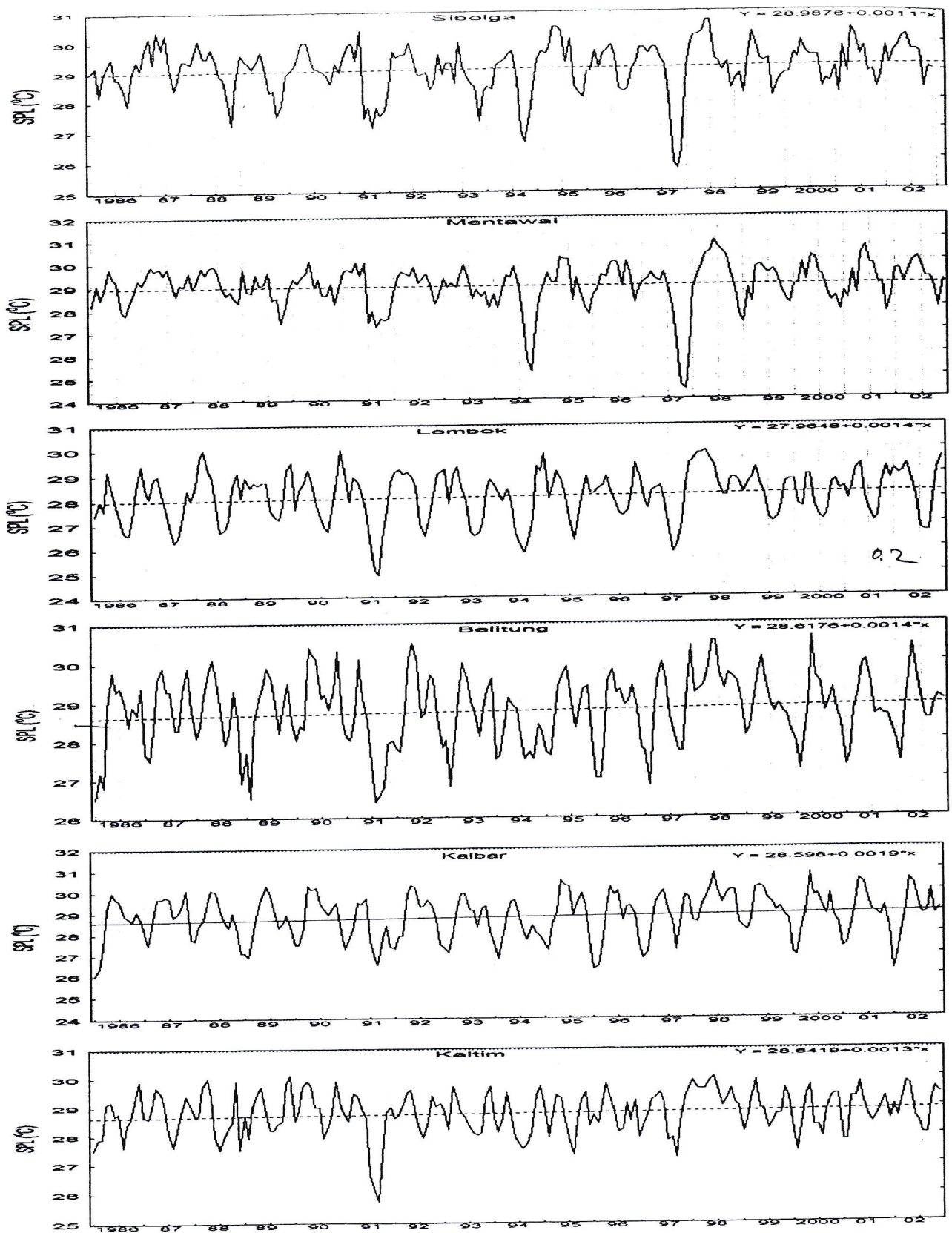
Fluktuasi SPL rata-rata bulanan mulai tahun 1986-2002 di sekitar perairan Nias, Mentawai dan Lombok, Belitung, Kalbar dan Kaltim tertera pada Gambar 10.2 dan Bunaken, Togeas, Sulsel, Maluku dan Papua Utara tertera pada Gambar 10.3. Analisis spektral (Lampiran 1) menunjukkan bahwa variasi SPL di semua wilayah pengamatan dipengaruhi oleh perubahan musim dan juga oleh perubahan iklim global. Hal ini sesuai dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya (Wirtky, 1961; Meyers, 1996; Saji *et al.*, 1999; Webster *et al.*, 1999; Qu *et al.*, 2005).

Perubahan angin muson sangat dominan mempengaruhi variasi SPL di Indonesia. Secara umum terlihat di perairan Indonesia bahwa pada saat musim timur dimana angin muson berhembus dari arah tenggara, SPL di wilayah selatan katulistiwa cenderung menurun sedangkan di wilayah utara katulistiwa cenderung meningkat sebaliknya terjadi pada musim barat (Gambar 10.4, 10.5 dan 10.6). Perbedaan tertinggi SPL antara musim timur dan musim barat mencapai 4°C terjadi di sekitar perairan barat Sumatra, Jawa dan Timor (Qu *et al.*, 2005).

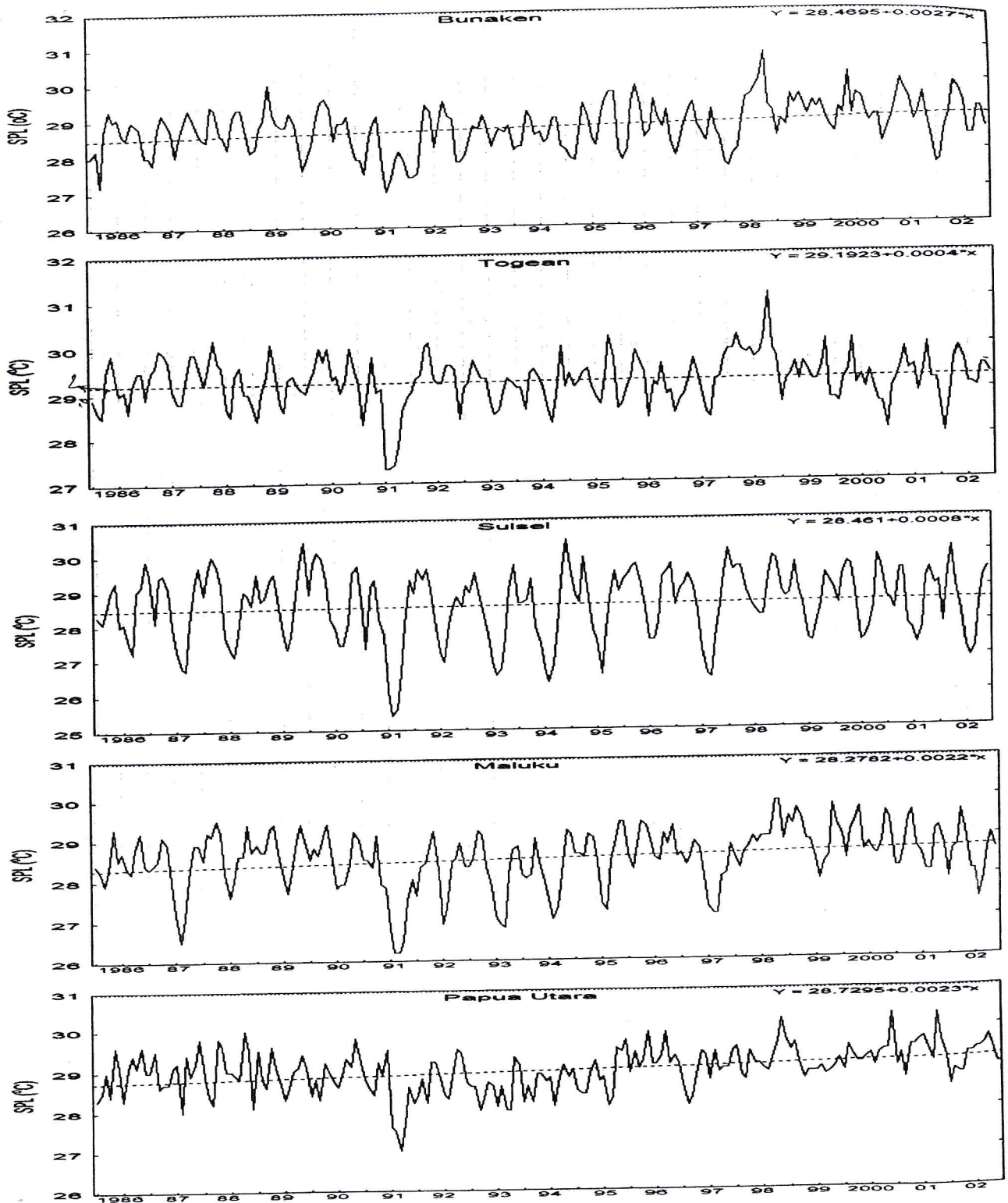
Dalam skala waktu interannual, variasi SPL tertinggi (> 4.0°C) terjadi di sepanjang pantai selatan Jawa dan barat Sumatra yang dipengaruhi oleh fenomena IOD. Pada saat IOD positif, terjadi anomali kecepatan angin di samudra Hindia sehingga terjadi upwelling yang sangat intensif di sepanjang pantai selatan Jawa berkembang hingga pantai barat Sumatra (Saji *et al.*, 1999). Terjadinya upwelling yang sangat intensif ini menyebabkan anomali negatif SPL mencapai 4°C seperti yang terjadi tahun 1994 dan tahun 1997 (Gambar 10.2). Hampir di seluruh wilayah perairan Indonesia terjadi penurunan SPL pada saat kejadian IOD.

Pada saat kejadian ENSO, dimana terjadi anomali positif SPL di Samudra Pasifik, di perairan Indonesia juga terjadi anomali positif SPL khususnya di wilayah perairan yang berhubungan dengan Samudra Pasifik seperti di utara Papua, Maluku hingga Selat Makassar. Transpor massa air dari Samudra Pasifik menuju Samudra Hindia yang dikenal dengan Arus lintas Indonesia (Arlindo) menyebabkan SPL di beberapa wilayah perairan Indonesia pada saat kejadian ENSO mengalami peningkatan (Meyers, 1996; Gordon, 2005). Pada saat ENSO 1997/98, hampir di semua wilayah Indonesia terjadi anomali positif SPL.

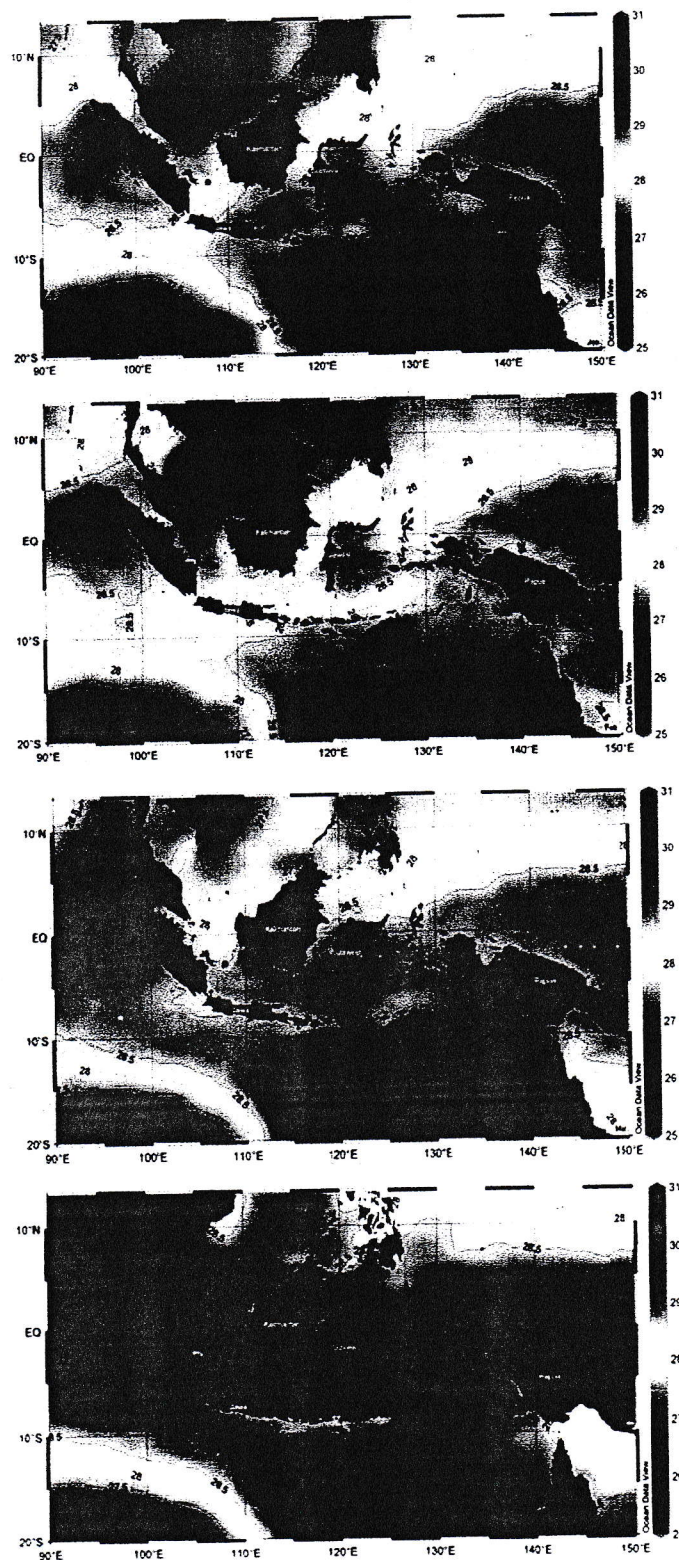
Kecenderungan SPL dalam kurun waktu 1986-2002 semakin meningkat. Di seluruh lokasi yang diamati terjadi kenaikan suhu sebesar 0.5 °C/16 tahun kecuali di Mentawai. Kecenderungan peningkatan SPL ini menunjukkan bahwa pemanasan global juga mempengaruhi perairan Indonesia.



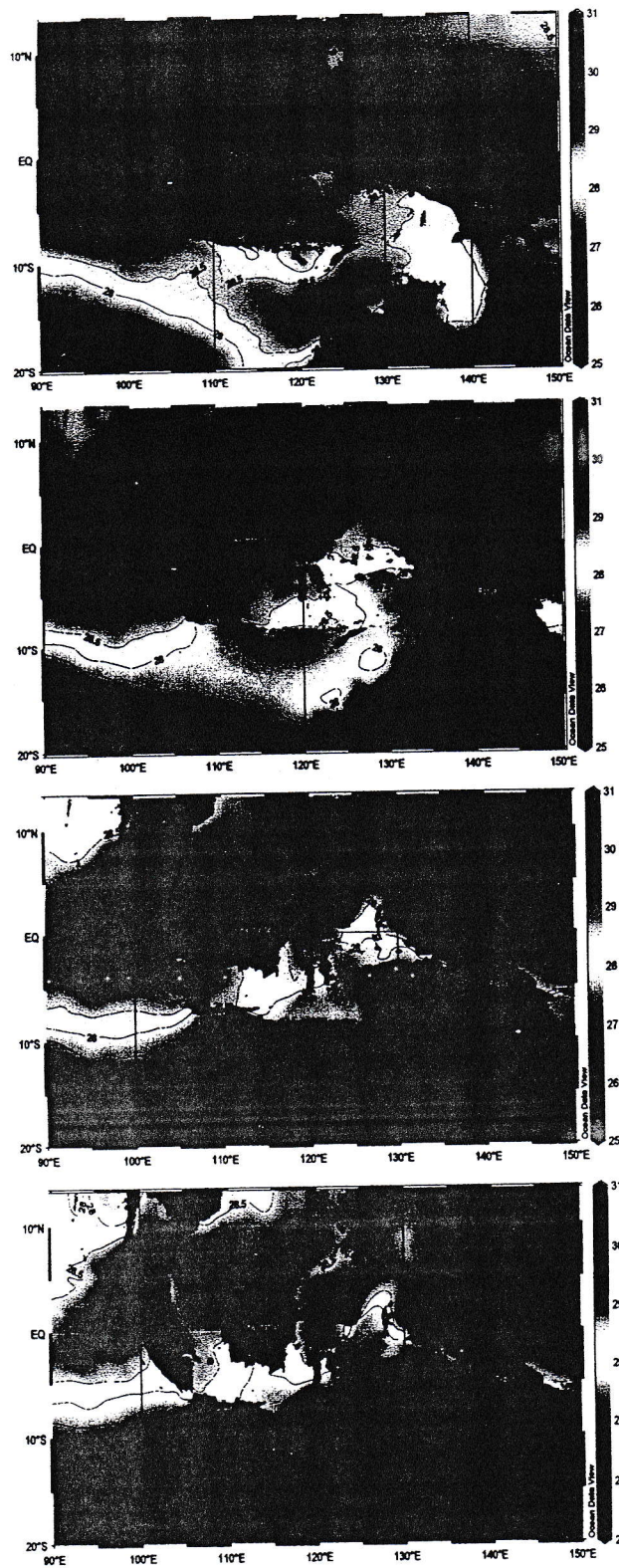
Gb.10.2 Fluktuasi rata-rata bulanan Suhu Permukaan Laut di Nias, Mentawai, Lombok, Belitung, Kalbar dan Kaltim (1986-2002)



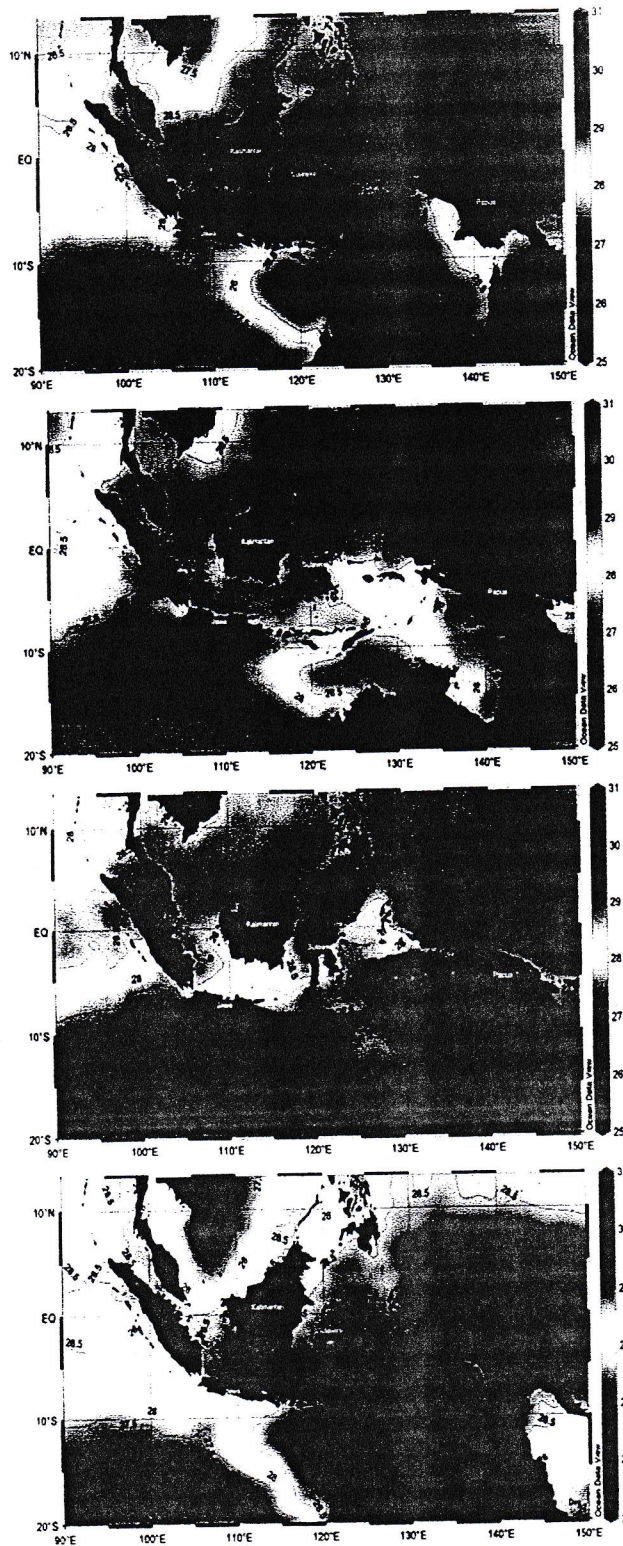
Gb. 10.3 Fluktuasi rata-rata bulanan Suhu Permukaan Laut di Bunaken, Togian Suisel, Maluku dan Papua Utara (1986-2002).



Gb. 10.4 Rata-rata bulanan SPL (Januari, Februari, Maret dan April)



Gb. 10.5 Rata-rata bulanan SPL (Mei, Juni, Juli dan Agustus).



Gbr 10.6. Rata-rata bulanan SPL (September, Oktober, Nopember dan Desember).

2. Anomali SPL dan Kondisi Terumbu Karang

Pada tahun 1997 dan 1998 menurut laporan (Abram *et al.*, 2003) terjadi kematian terumbu terumbu karang di sekitar pulau mentawai dan berdasarkan pengamatan tahun 1999 dan 2001 terjadi kematian karang sepanjang 400 km dari utara Pulau Pagai hingga Nias. Berdasarkan informasi dari para penyelam di sekitar perairan Sibolga pada tahun 1997/1998 juga di sekitar terumbu karang terjadi *bleaching* (Lumban Gaol *et al.*, 2007).

Pada tahun 1997/1998 di Indonesia terjadi kekeringan yang luar biasa akibat dari ENSO dan juga IOD. Di pantai selatan Jawa hingga Sumatra SPL turun sangat rendah sekitar 4°C dari kondisi normal. Beberapa ahli berpendapat bahwa kondisi suhu yang berubah secara drastis baik naik maupun turun selama beberapa minggu hingga beberapa bulan dapat mengakibatkan tekanan terhadap zooxantela yang bersimbiosis dengan terumbu karang, sehingga terjadi *bleaching*.

Berdasarkan laporan dari *Coral Cay Conservation* Inggris, yang melakukan survei di perairan Kalimantan Timur, pada tahun 1998 terjadi *bleaching*, mereka menemukan 60-70 % *bleaching* di wilayah pengamatan dan pada saat itu suhu perairan lebih rendah dari kondisi normal. Berdasarkan data SPL rata-rata bulanan, pada tahun 1997 terjadi penurunan SPL di perairan Kaltim (Gambar 10.2).

Laporan dari JARI *Foundation* yang melakukan survei terumbu karang di perairan Lombok Barat perairan Lombok Barat setelah ENSO 1997/1998 menemukan *bloming feather star* (crinoid) di banyak lokasi. Namun tidak diketahui apakah fenomena ini ada hubungannya dengan anomali SPL, namun yang terlihat adalah adanya anomali SPL pada tahun 1997/1998.

Dari empat fenomena yang terjadi di sekitar ekosistem terumbu karang di Nias, Mentawai, Lombok dan Kaltim terlihat bahwa pada saat terjadi anomali SPL baik penurunan maupun peningkatan SPL ekosistem terumbu karang mengalami gangguan. Hal ini menunjukkan bahwa variabilitas SPL akan mempengaruhi kondisi terumbu karang di perairan Indonesia. Dugaan ini diperkuat hasil-hasil penelitian sebelumnya yang dilakukan di daerah lain seperti halnya di *Great Barrier Reef* yang menunjukkan terjadinya *bleaching* pada saat terjadi ENSO (Goreau and Hayes, 1994; Lough, 2001; Guinotte and Skirving, 2001; EOS, 2003).

Adanya indikasi yang kuat bahwa anomali suhu di perairan Indonesia dapat menyebabkan peristiwa *bleaching*, maka pemantauan suhu perairan secara kontinu perlu dilakukan karena melalui pemantauan suhu ini dapat diperkirakan hal-hal negatif yang mungkin terjadi terhadap ekosistem terumbu karang sehingga dapat dilakukan langkah-langkah untuk pemulihan terumbu karang. Informasi SPL dari citra satelit merupakan salah satu sumber data yang cukup lengkap baik secara spasial maupun temporal. Disamping itu ketelitian data SPL hasil estimasi dari sensor satelit cukup tinggi maka data ini akan memberikan informasi yang tidak bias.

KESIMPULAN

Hasil analisis data SPL di perairan Indonesia menunjukkan adanya variasi yang berhubungan dengan perubahan musim dan iklim global. Anomali suhu yang sangat tinggi terjadi pada saat ENSO maupun IOD. Pada saat ENSO umumnya SPL meningkat secara tajam di perairan Indonesia yang masih dipengaruhi oleh Samudra Pasifik sedangkan pada saat IOD positif, SPL umumnya menurun di perairan Indonesia yang berhubungan dengan Samudra Hindia Bagian Timur.

Pada saat terjadi anomali positif maupun negatif dari SPL, dilaporkan terjadinya *bleaching* di ekosistem terumbu karang di sekitar perairan Indonesia, sehingga diperkirakan bahwa anomali suhu di perairan Indonesia berpengaruh negatif terhadap ekosistem karang. Untuk itu pemantauan SPL dari citra satelit menjadi salah satu hal penting dilakukan sebagai informasi untuk pengelolaan terumbu karang.

Data pada periode 1986-2002 menunjukkan kecenderungan peningkatan SPL di perairan Indonesia dengan rata-rata kenaikan sebesar 0.5°C/17 tahun. Peningkatan suhu ini menuntut

adanya langkah-langkah mitigasi maupun adaptasi misalnya dengan melakukan penelitian-penelitian pengaruh anomali suhu terhadap sumberdaya hayati laut khususnya ekosistem terumbu karang.

DAFTAR PUSTAKA

- Abram, N.J., M.K. Gagan, M.T., McCulloch, J. Chappell, W.S., Hantoro. 2003. Coral Reef Death During the 1997 Indian Ocean Dipole Linked to Indonesian Wildfires. *Science* 301, 952-955
- Buchheim. J. 1998. Coral Reef Bleaching. Odyssey Expeditions- Marine Biology Learning Center Publications
- Emery, W. J., and R. E. Thomson. 1985. Data Analysis Methods in Physical Oceanography. Pergamon Press.
- EOS. 2003. Remote Sensing of Sea Surface Temperature during 2002 Barrier Reef Coral Bleaching. (84) 137-144.
- Gordon A.L. 2005. Oceanography of the Indonesian Seas and Their Throughflow. *J. Oceanography*, 18:13-27.
- Goreau, T. J., and R. L. Hayes. 1994. *Coral Bleaching and Ocean Hot Spots*, AMBIO, Journal of the Human Environment.
- Lough, J. M. 2001. Climate Variability and Change on Barrier Reef. Wolanski E (ed) in *Oceanographic Processes of Coral Reefs*. CRC Press. Boca Raton.
- Lumban Gaol, J., Wudianto, B.P. Pasaribu, D, Manurung, and R. Endriani. 2004. The Fluctuation of Chlorophyll-a Concentration Derived from Satellite Imagery and Catch of Oily Sardine (*Sardinella lemuru*) in Bali Strait. *Int. J. Remote Sensing and Earth Science* (1): 24-30.
- Lumban Gaol, J., R. E. Arhatin, D. Manurung dan M. Kawaru. 2007. Pemetaan Sumberdaya Laut Pulau Nias Dengan Teknologi Penginderaan Jauh Satelit Pasca Tsunami 2004 (in press)
- Lumban Gaol, M. Purba, N. Haq. 2008. Akurasi Estimasi Suhu Permukaan Laut dari Citra Satelit NOAA-AVHRR di Samudra Hindia Bagian Timur, sekitar perairan Barat Sumatra-Selatan Jawa. (in press).
- Meyer, G.. 1996. Variation of Indonesian throughflow and the El Niño Southern oscillation. *J. Geophys. Res.* 101. 12255-12263.
- Nicholls, N. 1984. The Southern Oscillation And Indonesian Sea Surface Temperature. *Mon. Wea. Rev.* 112. 424-432.
- Qu, T., Y. Du, J. Stanchan, G. Meyer and J. Slingo. 2005. Sea Surface Temperature and its Variability in Indonesia Region. *J. Oceanography*, 18:50-61.
- Saji, N.H., B.N. Goswami, P.N. Vinayachandran, and T. Yamagata. 1999. A Dipole In The Tropical Indian Ocean. *Nature* 4001. 360-363.

- Shi, W., and J.M. Morrison. 2000. On The Accuracy OF The Pathfinder SST Retrieval in Northern Indian Ocean. *In Proceedings of The Fifth Pacific Ocean Remote Sensing Conference (PORSEC)*, Vol. I, 5-8 Desember 2002, Goa, India.
- Skirving, W., and J. Guinotte. 2001. The Sea Surface Temperature Story on the Great Barrier Reef during Coral Bleaching Event of 1998. Wolanski E (*ed*) in *Oceanographic Processes of Coral Reefs*. CRC Press. Boca Raton.
- Webster, P.J., A.M. Moore. J.P. Ioschnigg, and R. R. Leben. 1999. Couple Ocean-Atmosphere Dynamics In The Indian Ocean During 1997-98. *Nature*. 401. 356-360.
- Wyrtki, K. 1961. *The Physical Oceanography Of South East Asian Waters*. Naga Report Vol. 2. University California Press., La Jolla, California.