

C/ITK  
2001  
0091

**PERUBAHAN TEMPORAL SUBSTRAT DASAR EKOSISTEM  
TERUMBU KARANG AKIBAT FENOMENA "BLEACHING"  
DI PERAIRAN AMED, BALI, 1997-2000**

Oleh :

Rudiyanto

C06496009

**SKRIPSI**

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

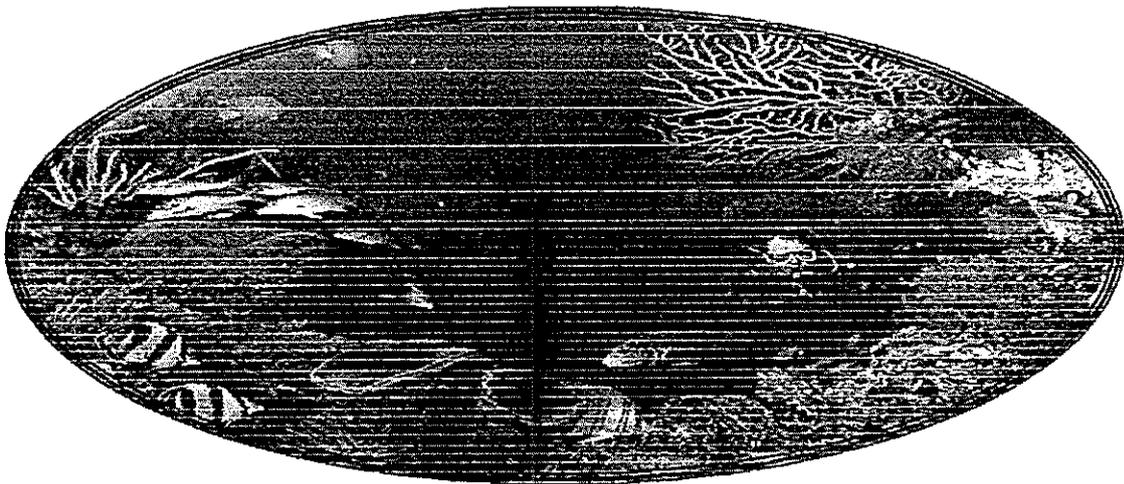


**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

2001

*Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (Akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (kejalan yang benar). Q.S Ar-ruum 41.*

*Dan tiada sama (antara) dua laut; yang ini tawar, segar, sedap diminum dan yang lain asin lagi pahit. Dan dari masing-masing laut itu kau dapat memakan daging yang segar dan kamu dapat mengeluarkan perhiasan yang dapat kamu memakainya, dan pada masing-masingnya kamu lihat kapal-kapal berlayar membelah laut supaya kamu dapat mencari karunia-Nya dan supaya kamu bersyukur. Q.S Al-Faathir 12.*



Kupersembahkan Karya Kecilku  
Untuk mama, papa  
Dan orang-orang yang kucintai

## SKRIPSI

Judul : Perubahan Temporal Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang Akibat Fenomena "*Bleaching*" di Perairan Amed, Bali, 1997-2000

Nama Mahasiswa : Rudiyanto

Nomor Pokok : C06496009

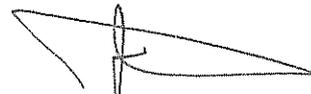
Program Studi : Ilmu Kelautan

Disetujui:

### I. KOMISI PEMBIMBING

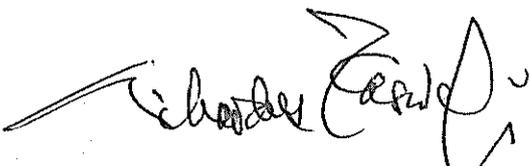


Dr. Ir. Neviaty Putri Zamani, MSc.  
Ketua



Dr. Ir. Joko Purwanto, DEA  
Anggota

### II. FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN IPB



Dr. Ir. R. Kaswadji, MSc.  
Ketua Program Studi



Dr. Ir. Indra Jaya, MSc.  
Pembantu Dekan I

Tanggal lulus: 4 Mei 2001

## RINGKASAN

**Rudiyanto. C06496009. Perubahan Temporal Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang Akibat Fenomena *Bleaching* di Perairan Amed, Bali, 1997-2000. Dibawah Bimbingan Dr. Ir. Neviaty Putri Zamani, MSc dan Dr. Ir. Joko Purwanto, DEA.**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fenomena *bleaching* yang telah teramati sejak tahun 1997 terhadap kondisi ekosistem terumbu karang secara periodik yang terjadi di daerah perairan Amed, Bali. Penelitian ini menggunakan data sekunder (1997 – 1999) dan data primer (2000). Pengambilan data primer dilaksanakan dari tanggal 1 Maret sampai 16 Maret 2000 di kawasan perairan Amed, Bali.

Lokasi pengamatan dibagi menjadi tiga stasiun yang disesuaikan dengan pengambilan data sebelumnya. Metode yang digunakan pada Stasiun 1 (Reef Check) dan Stasiun 3 (Tebing) yaitu metode transek garis (*Lines Intercept Transect*). Transek dengan panjang 50 meter diletakkan sejajar dengan garis pantai pada dua kedalaman yaitu kedalaman 3 meter (10 feet) dan 10 meter (33 feet). Pengamatan komponen terumbu karang berpedoman pada struktur bentuk pertumbuhan karang (*Structural Analysis of Life Form*), sedangkan di Stasiun 2 (Kebun Koral) menggunakan metode transek kuadrat. Transek berukuran 1x1 meter ini ditebar secara acak sebanyak 12 kali pengulangan dan hanya dilakukan pada kedalaman 3 meter saja.

Kondisi perairan di daerah Amed terlihat sangat dipengaruhi oleh adanya perubahan iklim yang berubah secara konstan sepanjang pengamatan, dimana parameter fisik yang teramati adalah terdapatnya fluktuasi peningkatan dan penurunan suhu dalam beberapa periode, yang juga diikuti dengan adanya perubahan pada komposisi terumbu karang, sebagai respon dari adanya penyimpangan tersebut. Suhu perairan mengalami peningkatan selama empat bulan sejak dimulainya pengamatan pada bulan Agustus 1997, yaitu terjadi pada bulan Desember 1997. Pengaruh dari adanya penyimpangan suhu ini terhadap ekosistem terumbu karang baru terlihat pada saat pengambilan data pada bulan Maret 1998, dimana pada saat itu

didapatkan persen penutupan karang yang mengalami *bleaching* (pemutihan) di lokasi Stasiun 2 (Kebun Koral) dari kategori *Acropora Tabulate* (ACT), *Acropora Branching* (ACB), *Coral Massive* (CM) dan beberapa dari kategori *Soft Coral* (SC). Pada periode ini *bleaching* juga dijumpai pada Stasiun 3 (Tebing), yaitu dari kategori *Acropora Encrusting* (ACE), CM, ACB, dan SC, yang mengindikasikan terumbu karang disekitar perairan itu mengalami tekanan fisiologis (*stress*). Adanya peningkatan nilai *Mortality Index* (MI) dalam periode satu tahun (Agustus 1997-Agustus 1998) dari ketiga stasiun pengamatan mengindikasikan bahwa selama periode tersebut telah terjadi perubahan komposisi dari karang batu menjadi karang mati. Hal ini dicirikan dengan adanya peningkatan persen penutupan pada kategori karang mati. Kemudian pada periode berikutnya (Agustus 1998-Agustus 1999), dari ketiga stasiun pengamatan terlihat adanya peningkatan persen penutupan karang batu yang diikuti dengan menurunnya nilai MI, yang mengindikasikan bahwa selama periode ini tidak terlihat adanya gangguan dari lingkungan yang dapat membuat kematian pada karang. Diduga pada periode ini terumbu karang disekitar pengamatan sedang mengalami pemulihan (*recovery*). Selanjutnya gangguan terhadap ekosistem terumbu karang terlihat lagi pada saat pengamatan di bulan Mei 2000, dimana pada saat itu telah ditemukan beberapa jenis karang yang mengalami *bleaching* dan adanya penurunan persen penutupan karang batu. Adapun *coral bleaching* yang ditemukan pada Stasiun 2 (Kebun Koral) dari kategori ACB dan CB. Adanya penurunan suhu yang terjadi pada bulan Desember 1999 diduga merupakan faktor utama yang menyebabkan terjadinya penurunan persen penutupan karang batu, dan meningkatnya nilai *Mortality Index* yang menandakan terdapatnya peningkatan karang yang mengalami kematian.

Terlihat jelas bahwa adanya penyimpangan suhu yang ekstrim telah mengakibatkan adanya perubahan pada struktur pertumbuhan ekosistem terumbu karang. Dimana kategori *Acropora* diduga merupakan jenis karang yang mempunyai tingkat adaptasi paling rendah dibanding yang lainnya dan sangat rentan terhadap gangguan.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang atas rahmat dan karunina-Nya skripsi berjudul **“Perubahan Temporal Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang Akibat Fenomena *“Bleaching”* di Perairan Amed, Bali 1997 – 2000”** dapat terselesaikan.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.

Skripsi ini terdiri dari data sekunder (1997 – 1999) dan data primer (2000). Pengambilan data primer dilakukan di kawasan wisata perairan Pantai Amed, Bali pada tanggal 1 Mei 2000 sampai dengan 15 Mei 2000.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan semua pihak.

Bogor, Juli 2000

Penulis

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Illahi Rabbi yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis sehingga skripsi ini bisa terselesaikan. Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Ⓜ Kedua orang tua yang telah membiayai, mendo'akan, serta kesabarannya selama penulis melakukan proses belajar.
- Ⓜ Ibu Dr. Ir. Neviaty Putri Zamani, MSc yang telah bersedia menjadi pembimbing pertama dalam penyusunan skripsi ini, serta masukan dan arahan-arahunya selama proses penelitian.
- Ⓜ Bapak Dr. Ir. Joko Purwanto, DEA yang telah bersedia menjadi dosen pembimbing, serta masukan-masukan yang telah diberikan selama penyusunan skripsi.
- Ⓜ Dr. Ir. Budy Wiryawan, MSc dan Ir. R. Widodo sebagai dosen penguji atas masukan dan sarannya.
- Ⓜ Dr. Ir. M. Fedi Sondita, MSc sebagai dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan-arahan selama penulis menjadi mahasiswa.
- Ⓜ Yayasan WWF Indonesia, Kawasan Wallacea, Bali, yang telah memberikan bantuan akomodasi selama melakukan penelitian di Bali.
- Ⓜ Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir Laut (PKSPL), Institut Pertanian Bogor yang telah memberikan bantuan finansial selama penulis melakukan penelitian.
- Ⓜ Pak Ketut Sarjana Putra, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk melakukan penelitian di Amed, Bali.
- Ⓜ Mas Anton yang telah membantu penulis selama melakukan penelitian di lapangan, serta masukan-masukannya dalam penyusunan skripsi.
- Ⓜ Mas Weda, Mba Icha, Mba Nina, dan seluruh staf WWF Bali, atas semua kebaikannya selama penulis berada di Bali.
- Ⓜ Tim Amed, A. Hakim, I. Teguh, S. Trilestasi, M.I. Cornelia atas bantuan, kebaikan dan kebersamaannya selama melakukan penelitian.

- ® Keluarga besar Bapak Ardja almarhum, atas do'a dan dorongan semangatnya.
- ® Senior dan adik-adik kelas *Marine Corps* atas kebaikan dan kekompakannya.
- ® Rekan-rekan ITK-33 (A. Dzuhri, Any S., Arif B., Auhadillah A., B. Lilis M., Baris S., Basuki I., Bimo A.K., B. Faisal, Charles H.S., Darma A.S., EE Maesaroh, Heni K., Eneng ., Entang A., Februanty S.P., Firman R., Fujita M., Hermadi, Ketut Y.K, Mahdan, Natsir, Nunung R., P. Wibowo, Prayektiningtyas, P. Ika W., Ria A., Rizal A., Rizky K., Roni F., Rosyta A., Syahrul A., Syaifullah, Sari N.T.J., Suwanto, Triyono, Ursula N., Warsiati, Yuliani P., Yuyun M.H.) atas kebersamaan dan segala bantuan moril sampai skripsi terselesaikan.
- ® Mba Yanti, Mba Dedeh, Pak Lucky dan seluruh staf ITK atas kebaikannya.
- ® Keluarga besar Fisheries Diving Club Institut Pertanian Bogor (Pembina, Penesehat, Instruktur, Pengurus, Anggota Biasa, Anggota Luar Biasa, Diklat. Mentor) terima atas bantuannya.
- ® Teman diklat XIV (Adri (*ex* 15) Dian, Iman, Ical (*ex*), Irfan, Junaidi (*ex* 15), Paul. Ratih, Retno, Syahbana, Usep, ) atas kebersamaannya.
- ® Penghuni Pon Pinx Xiaw (Giri S., Aris B., Agus R., Heri T.J., Edi S., Tahta G., Fadli B., Dudu S., Yudi H., Chandra W.W.) dan sesama penghuni sementara (Irfan Y, Ahmad M) atas kebaikan dan kekeluargaannya.
- ® Anak-anak X-Plo (Om Yoyo, Juri, mamat dll) atas bantuan dan kebersamaannya.
- ® Semua pihak yang telah membantu.

## DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL .....	i
DAFTAR GAMBAR .....	ii
DAFTAR LAMPIRAN .....	iv
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan .....	2
2. TINJAUAN PUSTAKA .....	3
2.1 Terumbu Karang .....	3
2.2 Ekosistem Terumbu Karang .....	3
2.3 Biologi Terumbu Karang .....	7
2.4 Klasifikasi Karang .....	11
2.5 Fenomena " <i>Bleaching</i> " .....	12
3. METODOLOGI .....	18
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	18
3.3 Metode Penelitian .....	19
3.3.1 Penentuan Stasiun Pengamatan .....	19
3.3.2 Metode Pengambilan Data Karang .....	19
3.4 Analisa Data .....	23
3.4.1 Persentase Penutupan .....	23
3.4.2 <i>Mortality Index</i> .....	23
4. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	25
4.1 Keadaan Lokasi .....	25
4.2 Hasil Perubahan Komposisi Terumbu Karang di Perairan Amed .....	26
4.2.1 Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang .....	26
4.2.1.1 Reef Check .....	26
4.2.1.2 Kebun Koral .....	34
4.2.1.3 Tebing .....	39
4.2.2 Perubahan <i>Mortality Index</i> .....	46
4.2.3 Perubahan Komposisi Terumbu Karang di Perairan Amed .....	50
5. KESIMPULAN DAN SARAN .....	54
5.1 Kesimpulan .....	54
5.2 Saran .....	54

DAFTAR PUSTAKA .....	56
LAMPIRAN .....	60

## DAFTAR TABEL

Tabel	Teks	Halaman
1	Pembagian Kategori <i>Life Form</i> Penyusun Dasar Ekosistem Terumbu Karang.....	22
2	Kriteria Penilaian Kondisi Terumbu Karang Berdasarkan Persentase Penutupan Karang .....	23
3	Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check untuk Kedalaman 3 meter pada Bulan Agustus 1997, Agustus 1998, Agustus 1999 dan Mei 2000.....	26
4	Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check untuk Kedalaman 10 meter pada Bulan Agustus 1997, Agustus 1998, Agustus 1999 dan Mei 2000.....	26
5	Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Kebun Koral untuk Kedalaman 3 meter pada Bulan Maret 1998, Agustus 1998, Agustus 1999 dan Mei 2000.....	34
6	Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing untuk Kedalaman 3 meter pada Bulan Maret 1998, Agustus 1998, Agustus 1999 dan Mei 2000.....	39
7	Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing untuk Kedalaman 10 meter pada Bulan Maret 1998, Agustus 1998, Agustus 1999 dan Mei 2000.....	39
8	Perubahan <i>Mortality Index</i> di Amed .....	46

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Teks	Halaman
1	Anatomi Polip Karang.....	8
2	Proses Reproduksi Karang Secara Seksual .....	10
3	Proses Reproduksi Karang Secara Aseksual .....	10
4	Diagram Klasifikasi Terumbu Karang .....	11
5	Diagram Skema Mekanisme Pelepasan <i>Zooxanthellae</i> dari Lapisan Endodermis Cnidaria .....	14
6	Teknik Pengamatan dan Pencatatan Data dari Transek Garis .....	19
7	Transek Kuadrat Ukuran 1x1 meter.....	20
8	Teknik Pengamatan dan Pencatatan Data dari Transek Kuadrat .....	21
9	Peta Lokasi Penelitian Terumbu Karang di Amed, Bali .....	24
10	Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check Kedalaman 3 meter.....	31
11	Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check Kedalaman 10 meter.....	31
12	Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check Kedalaman 3 meter.....	32
13	Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check Kedalaman 10 meter.....	33
14	Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Kebun Koral Kedalaman 3 meter.....	37

15	Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Kebun Koral Kedalaman 3 meter.....	38
16	Histogram perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing Kedalaman 3 meter.....	43
17	Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing Kedalaman 10 meter.....	43
18	Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing Kedalaman 3 meter.....	44
19	Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing Kedalaman 10 meter.....	45
20	Histogram Perubahan <i>Mortality Index</i> di Amed .....	49
21	Trend dan Rata-Rata Bulanan Suhu Permukaan Laut .....	53

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Teks	Halaman
1	Gambar Terumbu Karang yang Mengalami Pemutihan ( <i>Bleaching</i> ) .....	61
2	Contoh Pengelompokan Bentuk Pertumbuhan Biota Terumbu Karang .....	62
3	Tabel Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check pada Bulan Agustus 1997 dan Agustus 1998 .....	65
4	Tabel Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check pada Bulan Agustus 1999 dan Agustus 2000 .....	66
5	Tabel Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Kebun Koral pada Bulan Maret 1998, Agustus 1998, Agustus 1999 dan Mei 2000 .....	67
5	Tabel Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing pada Bulan Maret 1998, Agustus 1998, Agustus 1999 dan Mei 2000 .....	69
7	Data Rata-Rata Bulanan Suhu Permukaan Laut Disekitar Perairan Amed dari Bulan Agustus 1997 - Mei 2000 .....	71

# 1. PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Terumbu karang merupakan ekosistem perairan dangkal yang banyak ditemukan di sepanjang garis pantai daerah tropis. Keberadaannya dibatasi oleh parameter suhu, salinitas, intensitas cahaya matahari, dan kecerahan suatu perairan.

Karang Scleractinia (karang batu) termasuk kedalam filum Cnidaria, yang menerima sumber energi dan nutrisi dengan cara menangkap larva planktonik dengan menggunakan tentakelnya atau dengan cara memanfaatkan simbiosis yang hidup di dalam jaringannya yaitu *zooxanthellae*.

*Zooxanthellae* disamping sebagai sumber penghasil nutrisi juga merupakan sumber pewarna bagi suatu terumbu karang. Dengan demikian ekosistem terumbu karang mempunyai daya ketertarikan tersendiri, paling indah dalam hal warna, bentuk dan desainnya serta sangat kaya akan keanekaragaman jenis biota.

Ekosistem terumbu karang mempunyai nilai penting bukan hanya dari sisi biologi, kimia dan fungsi fisik, namun juga dari sisi sosial dan ekonomi. Dari fungsi biologis, terumbu karang merupakan tempat kawin, memijah, membesarkan anak-anak, dan tempat mencari makan bagi berbagai biota laut. Dari fungsi kimia, kawasan ini merupakan tempat pendaur ulang unsur hara yang paling efektif dan efisien. Sedangkan untuk fungsi fisik, terumbu karang merupakan suatu pelindung daerah pantai dari proses erosi akibat adanya hantaman gelombang. Kemudian dari sisi sosial dan ekonomi terumbu karang merupakan daerah tempat mencari mata pencaharian bagi para nelayan.

Bertambah majunya ilmu dan teknologi serta peradaban manusia, baik secara langsung maupun tidak langsung telah mengakibatkan efek yang negatif terhadap keberadaan ekosistem terumbu karang. Adanya pemanasan global, fenomena El Nino yang merupakan salah satu faktor penyebab kerusakan akibat tekanan dari alam (*natural damage*) yang kemudian diperparah oleh adanya aktivitas manusia (*Anthropogenic*), seperti penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan, polusi

pantai telah mengakibatkan kondisi ekosistem terumbu karang di belahan dunia khususnya Indonesia dari tahun ke tahun mengalami degradasi.

Tekanan psikologis (*stress*) pada karang yang dicirikan dengan ditemukannya karang yang memutih (*bleaching*) merupakan respon dari karang terhadap tekanan-tekanan tersebut diatas. Dimulai dari tahun 1980, frekuensi dan distribusi penyebaran karang *bleaching* di belahan dunia diketahui telah mengalami peningkatan. Penyebaran *bleaching* di dalam wilayah ekosistem terumbu karang dan adanya kematian karang secara global yang cenderung mengalami peningkatan dalam beberapa dekade, berkaitan erat dengan adanya pemanasan secara global atau perubahan iklim dan meningkatnya radiasi ultraviolet akibat menipisnya lapisan ozon. Dengan demikian adanya upaya pengontrolan kondisi ekosistem terumbu karang melalui inventarisasi secara periodik dan berkelanjutan dapat membantu dalam memprediksi terhadap perubahan-perubahan yang mungkin terjadi.

## 1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fenomena *bleaching* yang telah teramati sejak tahun 1997 terhadap kondisi ekosistem terumbu karang secara periodik yang terjadi di daerah perairan Pantai Amed, Bali.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Terumbu Karang

Terumbu karang adalah endapan-endapan masif yang penting dari kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dan terutama dihasilkan oleh jenis-jenis karang hermatifik (filum Cnidaria, kelas Anthozoa, ordo Madreporaria = Scleractinia) dengan sedikit tambahan dari alga berkapur dan organisme lain yang mengeluarkan kalsium karbonat (Nybakken, 1988). Sedangkan Odum (1971) mendefinisikan terumbu karang sebagai ekosistem yang dibangun oleh sejumlah biota, baik hewan maupun tumbuhan secara kontinue mengikat ion kalsium dan karbonat dari air laut yang menghasilkan rangka kapur, kemudian secara keseluruhan tergabung membentuk suatu terumbu atau bangunan dasar berkapur. Chave dan Eldredge dalam Sukarno *et al.* (1983) mengatakan bahwa terumbu karang adalah ekosistem perairan dangkal tropis dimana berbagai jenis biota laut secara kolektif membentuk substrat padat dalam bentuk kapur (*limestone*), hal ini dianggap sebagai suatu keunikan terumbu karang oleh Barnes (1987).

### 2.2 Ekosistem Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan salah satu dari sekian banyak komunitas yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati dan produktivitas yang tinggi. Khon dan Helfrich (1957) dalam Nybakken (1988) memperkirakan produktivitas primer terumbu karang sekitar 1500-3000  $\text{gC/m}^2/\text{tahun}$ . Hal ini juga dipertegas oleh White (1987), yang menyatakan bahwa produktivitas primer terumbu karang sama atau melebihi semua ekosistem alamiah lainnya dan satu terumbu karang dapat menghidupi rata-rata sekitar 3000 spesies. Suharsono (1996), menyatakan bahwa terumbu karang tersebar di laut dangkal di daerah tropis hingga subtropis yaitu diantara lintang  $35^\circ$  LU dan  $32^\circ$  LS mengelilingi bumi. Kemudian Suharsono (1996), lebih lanjut menjelaskan bahwa garis lintang tersebut merupakan batas maksimum dimana karang masih dapat tumbuh. Karang pembentuk terumbu hanya dapat tumbuh dengan baik pada daerah-daerah tertentu (Suharsono, 1996).

Kelangsungan hidup ekosistem terumbu karang ditentukan oleh beberapa faktor lingkungan. Johnes & Endean (1973), mengatakan bahwa terumbu karang beradaptasi dan sebaliknya dapat memodifikasi lingkungan fisiknya, dan oleh karenanya faktor lingkungan fisik terumbu mempunyai perbedaan yang luas menurut daerahnya.

Gradien suhu dan salinitas merupakan faktor pembatas utama penyebaran dan pertumbuhan terumbu karang. Menurut Nybakken (1988), penyebaran terumbu karang meliputi wilayah yang luas (jutaan mil persegi) di wilayah perairan tropik. Penyebaran terumbu karang dibatasi oleh suhu permukaan air yang isotherm 20°C. Menurut Salm & Clark (1989), terumbu karang merupakan ekosistem laut dangkal daerah tropis dimana perkembangannya yang terbaik pada kisaran suhu antara 25 – 29° C. Sedangkan perkembangan terumbu karang yang paling optimal terjadi di perairan yang rata-rata suhu tahunannya berkisar antara 23 – 25° C (Nybakken, 1988). Perubahan suhu yang amat besar dapat berakibat mematikan sebagian besar jenis karang batu pembentuk terumbu (Sukarno *et al.*, 1983).

Clarck (1992), menyatakan bahwa ekosistem terumbu karang merupakan bagian dari sistem sumberdaya alam pesisir yang tergolong sebagai “habitat kritis” dimana kondisi lingkungannya merupakan perpaduan antara ekosistem mangrove dan ekosistem lamun.

Sukarno *et al.* (1983), mengelompokkan faktor-faktor pembatas kelangsungan hidup terumbu karang kedalam enam faktor, yaitu : cahaya matahari, suhu, salinitas, kejernihan air, pergerakan air (arus atau gelombang) dan substrat. Sedangkan Veron (1986), menyatakan bahwa faktor-faktor utama yang menentukan distribusi karang pada suatu terumbu adalah: kedalaman, aksi gelombang, cahaya, salinitas, sedimentasi, suhu, batimetri dan pola sirkulasi samudra.

- **Cahaya dan Kedalaman**

Pertumbuhan, penutupan dan kecepatan tumbuh karang berkurang secara eksponensial dengan kedalaman . Faktor utama yang mempengaruhi sebaran vertikal adalah intensitas cahaya, oksigen, suhu dan kecerahan air (Suharsono, 1996).

Cahaya matahari memiliki peranan penting bagi proses pembentukan terumbu karang (Nybakken, 1988). Menurut Nontji, (1987) cahaya tersebut diperlukan oleh terumbu karang sebagai sarana bagi alga simbiannya (*zooxanthellae*) untuk berfotosintesis.

Karang hermatifik membutuhkan cahaya matahari yang dipergunakan alga simbiannya (*zooxanthellae*) untuk berfotosintesis. Intensitas cahaya yang menembus kolom air tergantung pada tingkat kecerahan kolom air yang harus dilaluinya. Kisaran tingkat kecerahan kolom air ini sangat berpengaruh terhadap kedalaman habitat terumbu karang, semakin cerah airnya, semakin dalam tumbuhnya. Nontji (1987), menyatakan bahwa kedalaman laut maksimum untuk hewan karang pembentuk terumbu karang adalah 40 meter.

- **Arus dan Gelombang**

Lingkungan fisik yang juga berpengaruh atas kemampuan bertumbuh kembang pada hewan karang adalah arus dan gelombang. Nybakken (1988) menyatakan bahwa terumbu karang lebih berkembang pada daerah-daerah yang mengalami gelombang besar. Koloni karang dengan kerangka-kerangka yang padat dan masif dari kalsium karbonat tidak akan rusak oleh gelombang yang kuat. Tetapi hantaman gelombang yang kuat pada sisi luar yang menghadap ke laut (*seaward*) kadang-kadang mampu merusakkan struktur komunitas karang tertentu (Veron, 1986). Pada saat yang sama, gelombang-gelombang itu memberikan sumber air yang segar, memberi oksigen dalam air laut dan menghalangi pengendapan pada koloni karang. Gelombang-gelombang itu juga memberikan plankton-plankton yang baru untuk makanan koloni karang (Nybakken, 1988). Pada siang hari pasokan oksigen diperoleh dari hasil fotosintesis, sedangkan pada malam hari sangat diperlukan arus yang kuat yang dapat memberi pasokan oksigen cukup bagi fauna di terumbu karang. Kemudian Nontji (1986), menjelaskan bahwa pertumbuhan karang di tempat yang airnya selalu teraduk oleh arus dan ombak, lebih baik daripada di perairan yang tenang dan terlindung.

- **Sedimen**

Jenis sedimen yang terdapat pada dasar perairan tempat hidup karang berbeda-beda menurut asal materi pembentuknya. Sedimen berbentuk kuarsa berasal dari pecahan terumbu, selain itu juga ada yang berupa pasir, dan juga lumpur halus. Tipe sedimen yang ada tergantung dari tingkat tekanan arus dan aksi gelombang serta tergantung pada asal dari sedimen tersebut. Sedimen yang berada pada bagian terumbu yang berhadapan dengan daratan (*landward*), biasanya berupa sedimen *Calcareous* yang dihasilkan oleh alga seperti *Halimeda* dan karang. Sedimen jenis ini tidak berpengaruh banyak terhadap kejernihan perairan. Sedangkan sedimen yang terdapat pada daerah yang berdekatan dengan garis pantai biasanya merupakan materi terlarut yang merupakan limpasan (*run off*) yang berasal dari daratan. Sedimen ini berupa kandungan bahan organik, dan karena pengaruh gelombang dan arus, materi yang biasanya berupa lumpur halus ini akan tersuspensi dalam air untuk waktu yang relatif lama. Hal ini berakibat pada turunnya tingkat kecerahan kolom air yang akan mengurangi intensitas penetrasi cahaya matahari. Pengendapan yang terjadi pada hewan karang terkadang mampu membinasakan koloni yang ada (Veron, 1986).

Substrat yang keras dan bersih dari lumpur merupakan tempat melekat baik bagi planula karang yang akan membentuk suatu koloni baru. Cangkang moluska, potongan-potongan kayu, bahkan juga bahan-bahan lain yang terbenam dalam air bisa menjadi substrat penempelan larva planula (Nontji, 1987).

- **Salinitas**

Karang batu dapat hidup dalam batas-batas salinitas tertentu, yang menurut Wells (1967), Eldredge (1976) dalam Sukarno *et al.* (1983) berkisar antara  $27^{\circ}/_{\infty}$  –  $40^{\circ}/_{\infty}$ . Sedangkan Nybakken (1988) menyatakan bahwa toleransi organisme karang terhadap salinitas berkisar antara  $32^{\circ}/_{\infty}$  –  $35^{\circ}/_{\infty}$ , dimana sebaran terumbu karang di Indonesia tidak dijumpai di daerah pesisir yang banyak sungai besarnya. Adanya aliran air tawar menurut Sukarno *et al.* (1983) akan menyebabkan kematian pada karang batu.

### 2.3 Biologi Terumbu Karang

Menurut Nybakken (1988), hewan karang termasuk kedalam filum Cnidaria. Filum Cnidaria dicirikan dengan adanya sel penyengat (nematoksis) disekitar bagian mulut tentakel. Cnidaria dapat digolongkan menjadi tiga yaitu Scyphozoa, Hydrozoa dan Anthozoa. Scyphozoa hidupnya di pelagis / sebagai plankton (Mather *et al.*, 1984). Hidrozoa terdiri dari Millepora dan Stylasterina. Kelompok Anthozoa antara lain dikenal Stolonifera, Ctenothecalia dan Scleractinia. Scleractinia lebih dikenal sebagai karang batu meliputi jenis-jenis yang membentuk terumbu karang utama (Suharsono, 1996).

Binatang karang memperoleh sumber energi atau nutrien utama dari sejenis alga yang bersimbiosis di dalamnya (*endo symbiotic algae*) yaitu alga dari genus *Gymnodinium* yang dikenal dengan sebutan *zooxanthellae* (Davies, 1984).

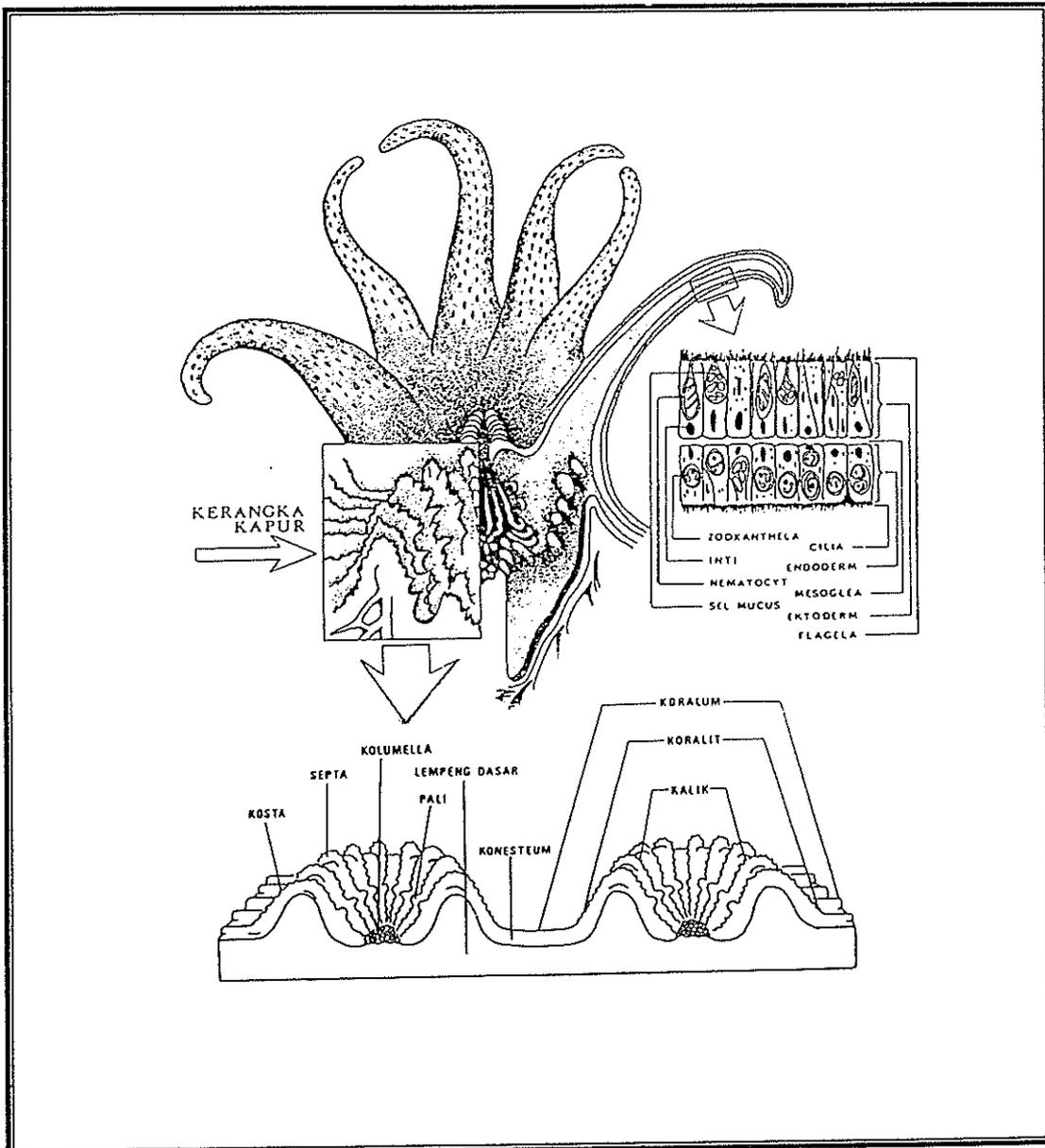
*Zooxanthellae* ini terletak di dalam jaringan endoderm dari polip karang dan membutuhkan cahaya matahari untuk berfotosintesis. Warna coklat dari alga ini mempengaruhi sebagian besar warna karang, sehingga hampir semua karang berwarna coklat, walaupun sebenarnya karang juga mempunyai pigmen sendiri (Suharsono, 1996).

*Zooxanthellae* dalam jumlah besar banyak ditemukan pada tempat-tempat seperti *oral disc*, *oral cone*, tentakel dan *coenosarc* karena mendapat cahaya matahari (Younge and Nicholls, 1931).

*Zooxanthellae* memegang peranan penting dalam menjaga dan medaur ulang nutrien yang dihasilkan sebagai sisa metabolisme karang (Wood, 1983). Selanjutnya Veron (1986) menjelaskan bahwa selama proses fotosintesis oleh *zooxanthellae*, karang hermatifik mampu mensekresikan dan mendepositkan karang dua sampai tiga kali lebih cepat di daerah terang daripada di daerah gelap.

Menurut Nontji (1987) komponen terpenting terumbu karang adalah karang batu. Karang merupakan hewan yang sederhana berbentuk tabung dengan mulut berada di atas yang juga berfungsi sebagai anus, Suharsono (1996). Daerah datar yang berada disekitar mulut disebut *oral disk* (Mapstone, 1990). Mulut dikelilingi oleh rangkaian tentakel-tentakel yang mempunyai kapsul yang dapat melukai

(nematosis) yang berfungsi sebagai penangkap makanan berupa plankton (Nybakken, 1988). Mulut dilanjutkan dengan tenggorokan yang pendek, yang langsung menghubungkan dengan rongga perut. Rongga perut berisi semacam usus yang disebut dengan filamen mesentari yang berfungsi sebagai alat pencernaan (Suharsono, 1996).

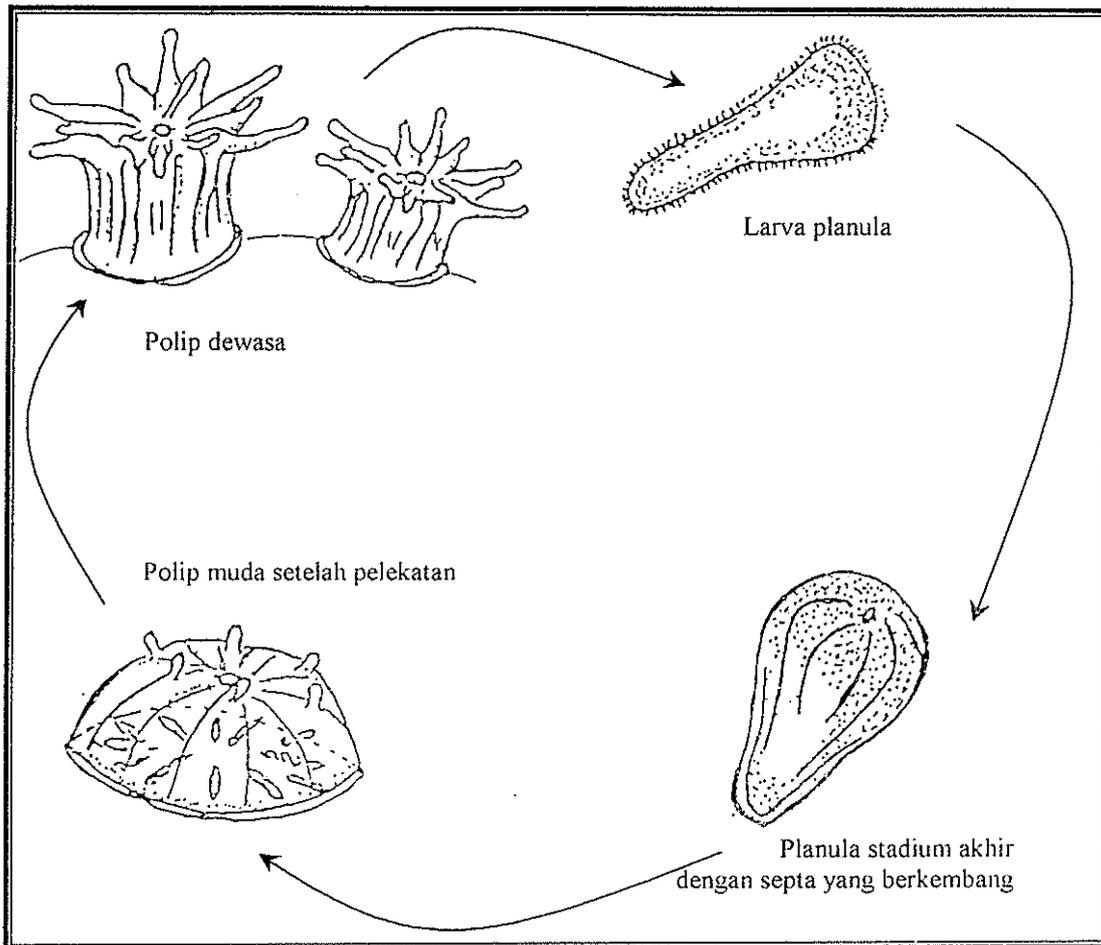


Gambar 1. Anatomi Polip Karang (Sumber: Suharsono, 1996)

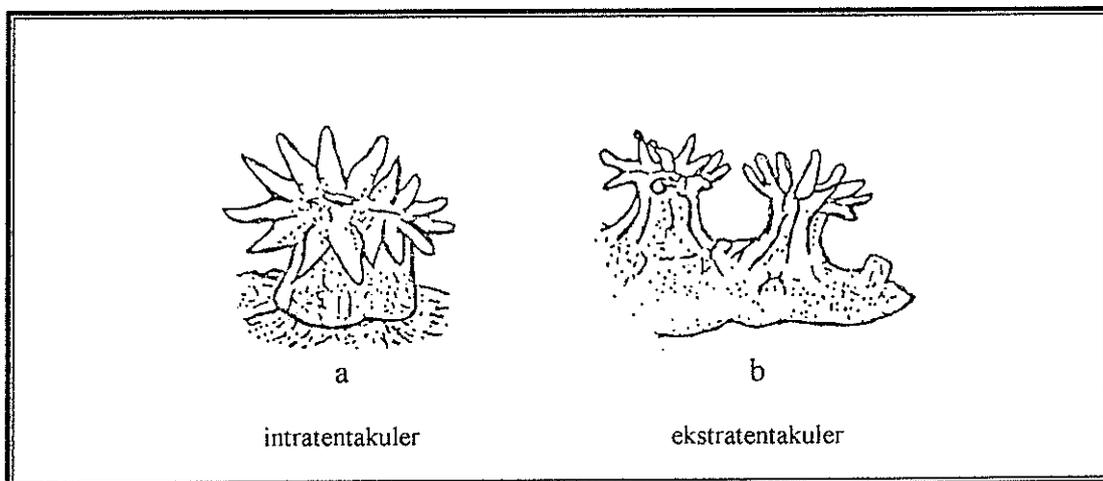
Suharsono (1996) menjelaskan bahwa dinding polip karang terdiri dari tiga lapisan yaitu ektoderma, mesoglea dan endoderma (Gambar 1). Ektoderma merupakan jaringan terluar yang terdiri dari berbagai jenis sel yang antara lain sel mucus dan sel nematosis. Mesoglea yaitu jaringan yang berada di bagian tengah berupa lapisan seperti jelly. Sedangkan jaringan endoderm berada di lapisan dalam yang sebagian selnya berisi sel alga yang merupakan simbiosis karang. Seluruh permukaan jaringan karang juga dilengkapi dengan cilia dan flagella. Kedua sel ini berkembang dengan baik di lapisan luar tentakel.

Reproduksi hewan karang dapat terjadi secara seksual dan aseksual. Nybakken (1988) menyatakan bahwa proses reproduksi seksual dimulai dengan pembentukan calon gamet sampai terbentuknya gamet masak, proses ini disebut sebagai gametogenesis. Selanjutnya gamet yang masak dilepaskan dalam bentuk planula. Planula yang telah dilepaskan akan berenang bebas dalam perairan dan bila larva planula itu mendapatkan tempat yang cocok, maka ia akan menetap di dasar dan berkembang menjadi koloni baru (Gambar 2). Masing-masing jenis karang mempunyai variasi dalam proses pertumbuhan. Karang tertentu melakukan pembuahan di luar tubuh induknya disebut pembuahan eksternal, sedangkan karang yang pembuahannya terjadi di dalam tubuh induknya disebut pembuahan internal.

Reproduksi aseksual pada karang dilakukan dengan cara membentuk tunas. Tunas baru biasanya tumbuh dipermukaan bagian bawah atau pada bagian pinggir dan akan melekat sampai ukuran tertentu, kemudian akan melepaskan diri dan tumbuh menjadi individu baru. Pembentukan tunas pada organisme karang dapat dilakukan dengan cara pertunasan intratentakuler dan pertunasan ekstratentakuler (Gambar 3). Pertunasan intratentakuler merupakan pembentukan individu baru di dalam individu lama, sedangkan pertunasan ekstratentakuler adalah pembentukan individu baru di luar individu lama (Suharsono, 1987).



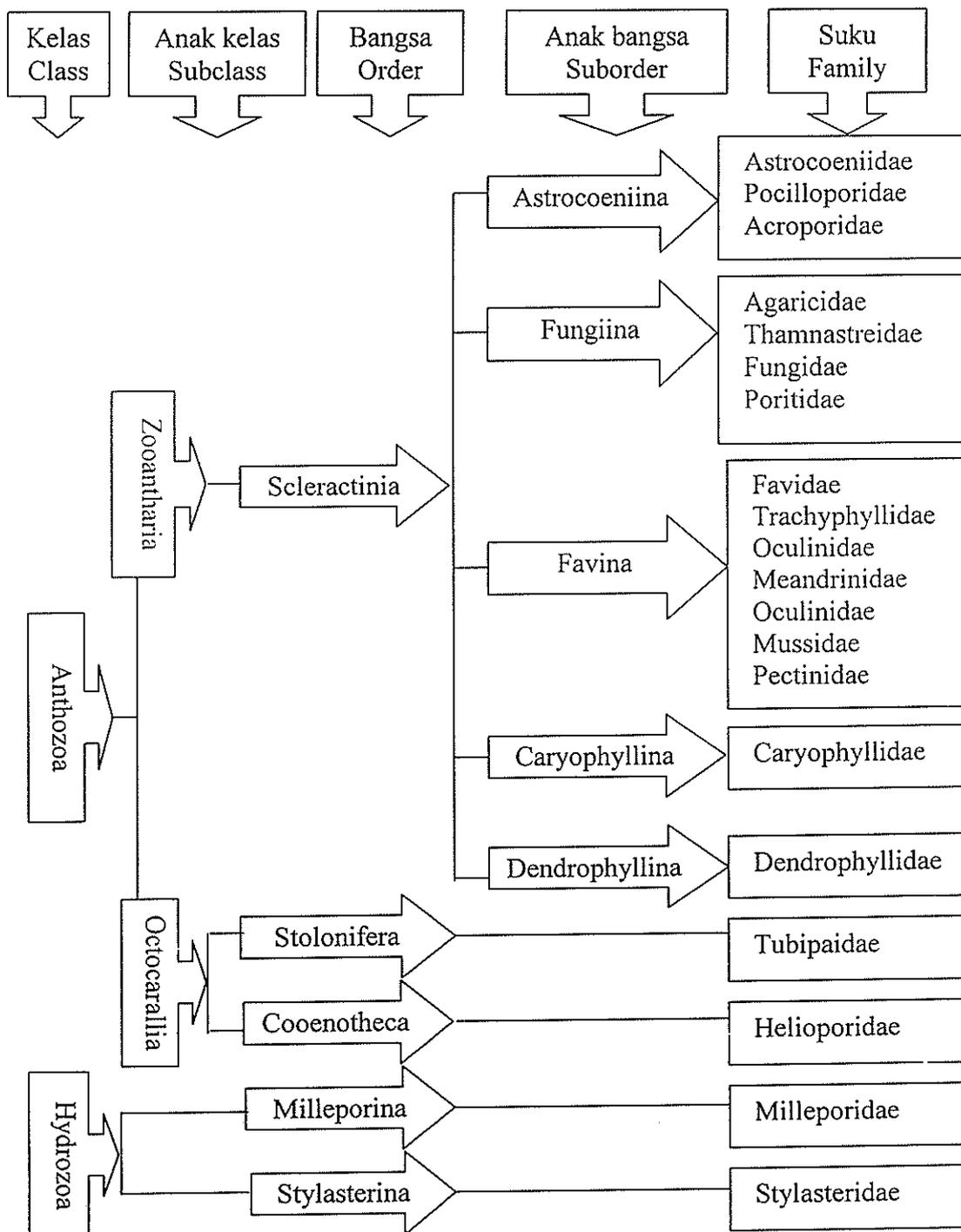
Gambar 2. Proses Reproduksi Karang Secara Seksual (Sumber: Nybakken, 1988 ).



Gambar 3. Proses Reproduksi Karang Secara Aseksual (Sumber : Tomascik *et al.*, 1997).

## 2.4 Klasifikasi Karang

Menurut Ditlev (1980) dan Veron (1986), taksonomi karang didasarkan atas morfologi skeleton (kerangka) karang. Karang penyusun terumbu (*reef building coral*) yang terdapat di wilayah Indo-Pasifik diklasifikasikan seperti diagram berikut:



Gambar 4. Diagram Klasifikasi Terumbu Karang (Ditlev, 1980) dan (Veron, 1986)

## 2.5 Fenomena "*Bleaching*"

Terumbu karang *bleaching*, merupakan pemutihan pada bermacam-macam invertebrata akibat hilangnya alga simbiotik *zooxanthellae* dan/atau menurunnya konsentrasi pigmen fotosintesis *zooxanthellae* dalam karang scleractinia, dimana menurut Pomerance (1999), karang tersebut bisa kehilangan sebagian atau seluruh alganya, yang merupakan sumber terbesar penghasil nutrisi dan warna. Kemudian Glynn (1996), menjelaskan lebih lanjut bahwa karang tersebut bisa kehilangan *zooxanthellae* sekitar 60-90% dan tiap *zooxanthellae* akan kehilangan pigmen fotosintesis sekitar 50-80%. Szmant and Gassman (1990) menjelaskan, *bleaching* adalah hilangnya warna kecoklatan alami yang merupakan karakteristik dari sehatnya binatang karang. Kemudian Suharsono (1998) menegaskan, bahwa adanya perubahan warna binatang karang dari normal menjadi putih disebut sebagai "*bleaching*".

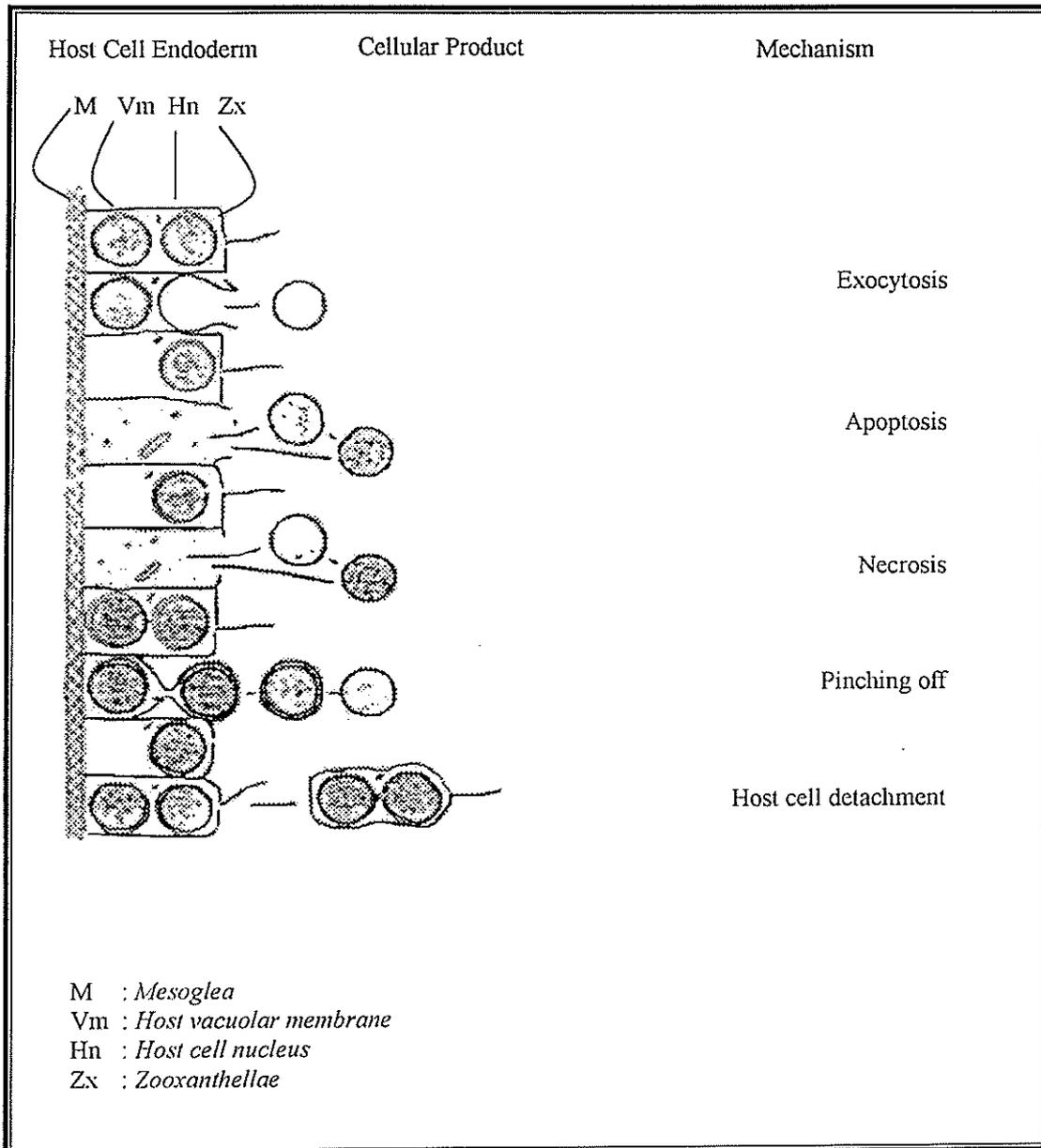
Adanya perubahan yang menyimpang dari lingkungan dapat menaikkan jumlah *zooxanthellae* yang hilang. *Bleaching* atau pemucatan merupakan reaksi binatang karang terhadap tekanan dari lingkungan, yang menandakan bahwa binatang tersebut mengalami tekanan psikologis (*stress*). Glynn (1990), menjelaskan bahwa *bleaching* dapat terjadi bila pigmen *zooxanthellae* hilang atau berkurang, konsentrasi *zooxanthellae* dalam sel berkurang, atau gabungan dari kedua kondisi di atas terjadi. Ada beberapa mekanisme berkurangnya densitas *zooxanthellae* di dalam jaringan karang. Gates *et al.*, 1992 dalam Zamani (1995) menyatakan lima mekanisme yaitu:

1. *Exocytosis*, *zooxanthellae* keluar dari inang tanpa disertai membran vakuola, dan tanpa ada kerusakan sel, misalnya akibat dari adanya unsur hara yang melimpah (eutrofikasi) atau juga akibat dari adanya polutan (organik dan anorganik) yang mengakibatkan terhalangnya intensitas cahaya yang masuk dan diserap oleh *zooxanthellae*. Sifat ekosistem terumbu karang yang miskin akan unsur hara (oligotropik), telah mengakibatkan terumbu karang tersebut sangat rentan terhadap adanya perubahan pada kelimpahan unsur hara dari lingkungannya.
2. *Apoptosis*, *zooxanthellae* keluar dari sel inang yang diikuti dengan keluarnya bagian membran vakuola. Pada tingkat tekanan (*level stress*) ini diduga akibat

dari adanya sedimentasi yang mengakibatkan terhalangnya bagian polip karang, sehingga binatang karang menjadi terhalang untuk mencari makan dan proses fotosintesis yang dilakukan oleh *zooxanthellae* menjadi terhambat. Pada *level stress* ini biasanya banyak ditemukan pada karang dari jenis *Acropora Branching* yang terlihat memutih pada bagian percabangannya, *Acropora Tabulate* yang memutih pada bagian radius tengahnya.

3. *Necrosis, zooxanthellae* beserta membran vakuola keluar dari lapisan endoderm, dan menyebabkan jaringannya menjadi berwarna putih atau gelap (karena adanya sel tumbuhan yang mati), umumnya merupakan gejala infeksi oleh jamur atau bakteri. Diduga bahwa parameter salinitas memberikan peranan yang besar terhadap terjadinya *stress* pada tahap ini. Dimana adanya penyimpangan salinitas (naik ataupun turun) dapat mengakibatkan terjadinya ketidak seimbangan hidup hewan karang dan *zooxanthellae*-nya.
4. Terputusnya bagian ujung (*distal*) dari sel inang yang menyebabkan terlepasnya *zooxanthellae* yang dikelilingi oleh membran vakuola.
5. Terpisahnya jaringan sel inang yang terdapat *zooxanthellae* di dalamnya. Merupakan tingkat tekanan fisiologis (*stress*) paling tinggi. Pada *level stress* ke-4 dan ke-5 ini diduga banyak dipengaruhi oleh adanya penyimpangan gradien suhu (adanya fluktuasi naik-turun).

Banyak ahli menyatakan penyebab karang "*bleaching*" karena berbagai macam faktor seperti tinggi dan rendahnya suhu, tingginya radiasi ultraviolet, lamanya area karang yang terkena cahaya matahari secara langsung, pemasukan air tawar, tingginya sedimentasi, polusi dan pengurangan nutrisi (Coffroth, 1990; Glynn, 1990; William and William, 1990 dalam Glynn, 1996). Disamping itu menurut Brown and Suharsono (1990) beberapa kegiatan manusia seperti pelepasan panas ke laut, pengerukan, pembukaan areal untuk menggali lumpur, alkalin dan minyak, dapat menyebabkan hilangnya *zooxanthellae*.



Gambar 5. Diagram Skema Mekanisme Pelepasan *Zooxanthellae* dari Lapisan Endodermis Cnidaria (Gates *et al.*, 1992 dalam Zamani, 1995).

Terumbu karang hidup dalam batas toleransi suhu tertentu. Menurut Glynn (1990), rendah dan tingginya penyimpangan suhu air laut dapat menyebabkan terjadinya *bleaching* karang. Coles *et al.*, 1976; Goreau & Hayes, 1994 dalam Glynn (1996) menyatakan adanya penyimpangan suhu sebesar 1-2°C untuk 5-10 minggu selama musim panas biasanya akan menghasilkan *bleaching*.

Radiasi surya diduga memberikan peranan yang berarti dalam fenomena *bleaching* karang. Di beberapa tempat terjadinya *bleaching* terumbu karang pada tahun 1980 tercatat akibat dari tingkat radiasi surya yang tinggi (Fisk & Done *et al.*, 1985 dalam Glynn, 1996). Brown *et al.*, 1994 dalam Glynn (1996) membuktikan bahwa radiasi aktif fotosintesis (PAR, 400-700nm) dan radiasi sinar ultraviolet (UVR, 280-400 nm) sangat berpengaruh terhadap *bleaching* pada rata-rata terumbu yang terkena radiasi surya selama waktu pasang surut.

Kematian terumbu karang secara besar-besaran juga dapat terjadi pada saat pasang surut yang sangat ekstrim, penurunan paras muka laut yang disebabkan oleh El Nino atau naiknya daratan akibat gempa tektonik sangat berpotensi terhadap terjadinya *bleaching* (Glynn, 1984 dalam Glynn, 1996).

Sedimentasi diduga juga berpengaruh terhadap terjadinya *bleaching*, walaupun hal ini jarang sekali terjadi dan dalam ruang lingkup yang relatif sempit (Grigg and Dollar dalam Glynn, 1996). Dimana William Bunkley – Williams (1990), mengatakan bahwa sedimen sangat berpengaruh terhadap perilaku *zooxanthellae*, dimana perairan dengan tingkat sedimentasi yang tinggi akan mengakibatkan karang memutih. Tapi hal ini mungkin tidak terlihat langsung di lapangan.

Adanya aliran panas yang mengalir ke daerah perairan terumbu dan *run off* telah terbukti menyebabkan *bleaching* pada terumbu karang. Tapi hal ini hanya berpengaruh dalam skala kecil khusus di daerah pesisir pantai. Adanya masukan air tawar juga berpengaruh terhadap terjadinya *bleaching* karang, pada tahun 1980 (Egana and DiSalvo, 1982).

Peningkatan konsentrasi elemen nutrisi di perairan (seperti Amonia, Phospat dan Nitrat) pada kenyataannya dapat meningkatkan kepadatan *zooxanthellae* sebesar 2-3 kali lipat (Mustacine *et al.*, 1989 dalam Glynn, 1996). Namun demikian, efek

samping dari peningkatan kandungan nutrisi ini dapat menyebabkan menurunnya daya tahan karang terhadap penyakit (Dubin *and* Stambler, 1996 dalam Glynn, 1996).

Hilangnya *zooxanthellae* dapat juga disebabkan oleh meningkatnya kandungan zat-zat kimia di suatu perairan, seperti Cu (Evans, 1977 dalam Glynn, 1996), herbisida (Glynn *et al.*, 1990) dan tumpahan minyak (Jackson *et al.*, 1989). Selain itu beberapa jenis bakteri patogen dilaporkan dapat mengakibatkan *bleaching* pada terumbu karang (Peters, 1993).

Glynn (1990), menyatakan bahwa pada tahun 1982-1983 peristiwa El Nino telah menyebabkan sejumlah kematian karang di Costa Rica, Panama, Kolombia dan Ekuador. Dilaporkan juga peristiwa El Nino berpengaruh di Propinsi Panama, 13 lokasi di Indo-Pasifik dan 5 lokasi di Propinsi Karibia.

Kematian karang setelah terjadinya *bleaching* menunjukkan nilai yang tinggi, di Pulau Uva setelah tahun 1983 didapat jumlah kematian karang sekitar 97% (Glynn, 1989), tetapi dalam beberapa tempat terlihat adanya proses *recovery*. Seperti halnya yang ditemukan oleh Pearson (1981), dan Brown *and* Howard (1985). Waktu untuk proses *recovery* pada komunitas terumbu karang diperkirakan berkisar antara 4 hingga 100 tahun (Coles, 1984). Pada tahap pertama proses *recovery* setelah terjadinya kematian karang adalah *recruitment*.

Terumbu di daerah dangkal Pulau Jawa, Indonesia mengalami "*bleaching*" secara luas pada tahun 1983. Dilaporkan Brown *and* Suharsono (1990) indikasi peningkatan suhu air laut meningkat 2°C sampai dengan 3°C selama periode 6 bulan dengan nilai terbesar 33°C yang dicatat antara 1200 sampai 1500 jam. Dilaporkan bahwa 80% sampai 90% binatang karang pada rata-rata terumbu mati dengan kematian utama pada jenis bercabang yaitu *Acropora* dan *Pocillopora*. Para ahli banyak yang menyatakan bahwa kemungkinan penyebab karang "*bleaching*" tersebut disebabkan meningkatnya suhu air laut akibat El Nino.

Secara geografis, penyebaran karang "*bleaching*" yang terjadi pada tahun 1998 merupakan penyebaran paling luas dan beragam yang pernah tercatat dalam sejarah. Dilaporkan terjadi karang "*bleaching*" sedikitnya pada 60 negara melalui pengamatan yang dilakukan pada lokasi Samudra Pasifik, Samudra Hindia, Laut

Merah, Teluk Persia, dan Karibia. Tidak seperti peristiwa *bleaching* sebelumnya dimana dampak *bleaching* terjadi pada binatang karang dengan kedalaman rata-rata kurang dari 15 meter, pengaruh *bleaching* pada tahun 1998 tersebar sampai kedalaman 50 meter. Pada lokasi ini, secara visual semua jenis karang batu dan karang lunak termasuk invertebrata (kima) terkena dampak *bleaching*. Indikasi awal menunjukkan daerah Samudra Hindia terkena dampak "*bleaching*" paling parah yang menyebabkan kematian binatang karang. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa lebih dari 70% kematian binatang karang pada wilayah ini seperti Kenya, Maldives, Andaman dan Kepulauan Lakshadweep. Dilaporkan bahwa terdapat sekitar 75% karang mati di Seychelles Marine Park System dan sedikitnya 80% di Mafia Marine Park (Wilkinson *et al.*, 1999 dalam Pomerance, 1999).

Wilkinson *et al.*, 1999 dalam Pomerance, 1999 menjelaskan bahwa pada beberapa daerah lokal dan regional faktor seperti sedimentasi, polusi, perubahan salinitas, pasang surut tidak diragukan lagi memberikan kontribusi untuk terjadinya peristiwa *bleaching* pada tahun 1998. Namun banyak laporan yang menunjukkan fenomena *bleaching* hampir di seluruh dunia erat kaitannya dengan anomali tingginya suhu permukaan laut.

### 3. METODOLOGI

#### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Pengambilan data primer dilaksanakan pada tanggal 1 Mei – 16 Mei 2000. Pengambilan data primer dilakukan dengan mengambil lokasi yang sama dengan pengambilan data sebelumnya yaitu pada lokasi Reef Check (Stasiun 1), Kebun Koral (Stasiun 2) dan Tebing (Stasiun 3) (Gambar 9). Lokasi dan waktu pengambilan data sekunder sebagai berikut:

1. Lokasi Reef Check (Stasiun 1) dilakukan pada bulan Agustus 1997, Agustus 1998 dan Agustus 1999.
2. Lokasi Kebun Koral (Stasiun 2) dilakukan pada bulan Maret 1998, Agustus 1998 dan Agustus 1999.
3. Lokasi Tebing (Stasiun 3) dilakukan pada bulan Maret 1998, Agustus 1998 dan Agustus 1999.

Lokasi pengamatan ketiga stasiun tersebut berada di kawasan Amed, Desa Culik, Kecamatan Amlapura, Kabupaten Daerah Tingkat II Karangasem, Propinsi Bali.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan selama penelitian adalah:

- Peralatan SCUBA *diving* (masker, snorkel, *fins*, BCD (*Bouyancy Control Device*), regulator, tabung dan *weight belt* (pemberat)).
- Alat tulis bawah air yang terdiri dari sabak dan pencil.
- Roll meter berskala (50 meter).
- Transek kuadrat
- *Global Position System* (GPS)
- Kompas
- Kapal untuk transportasi.

### 3.3 Metode Penelitian

#### 3.3.1 Penentuan Stasiun Pengamatan

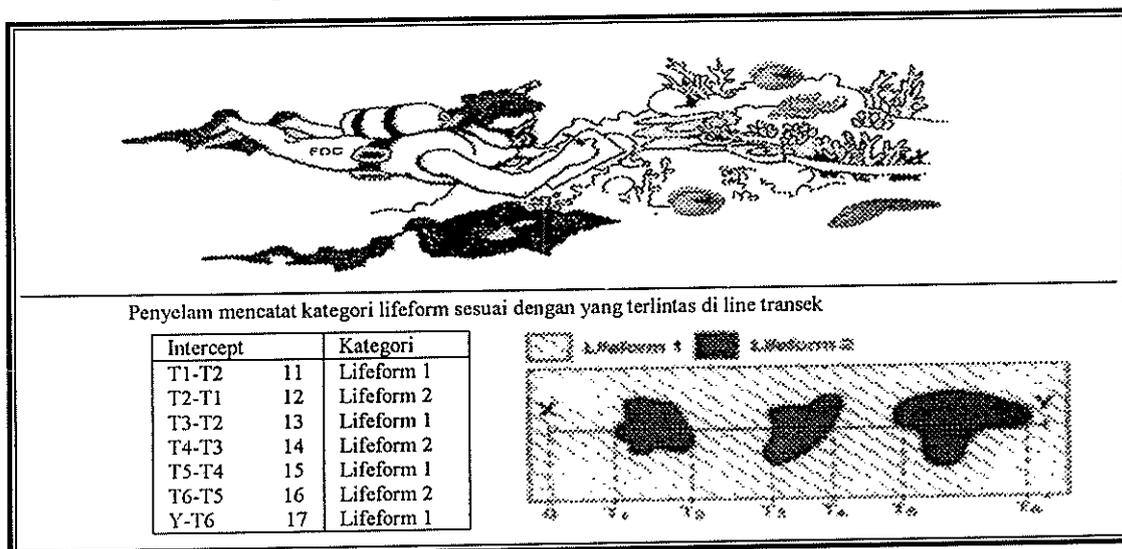
Pada penelitian ini, penentuan lokasi pengamatan disesuaikan dengan stasiun pengamatan yang telah dilakukan sebelumnya. Lokasi ini terdiri dari tiga stasiun pengamatan (Gambar 9) yaitu:

- Stasiun 1 di lokasi Reef Check
- Stasiun 2 di lokasi Kebun Koral
- Stasiun 3 di lokasi Tebing

#### 3.3.2 Metode Pengambilan Data Karang

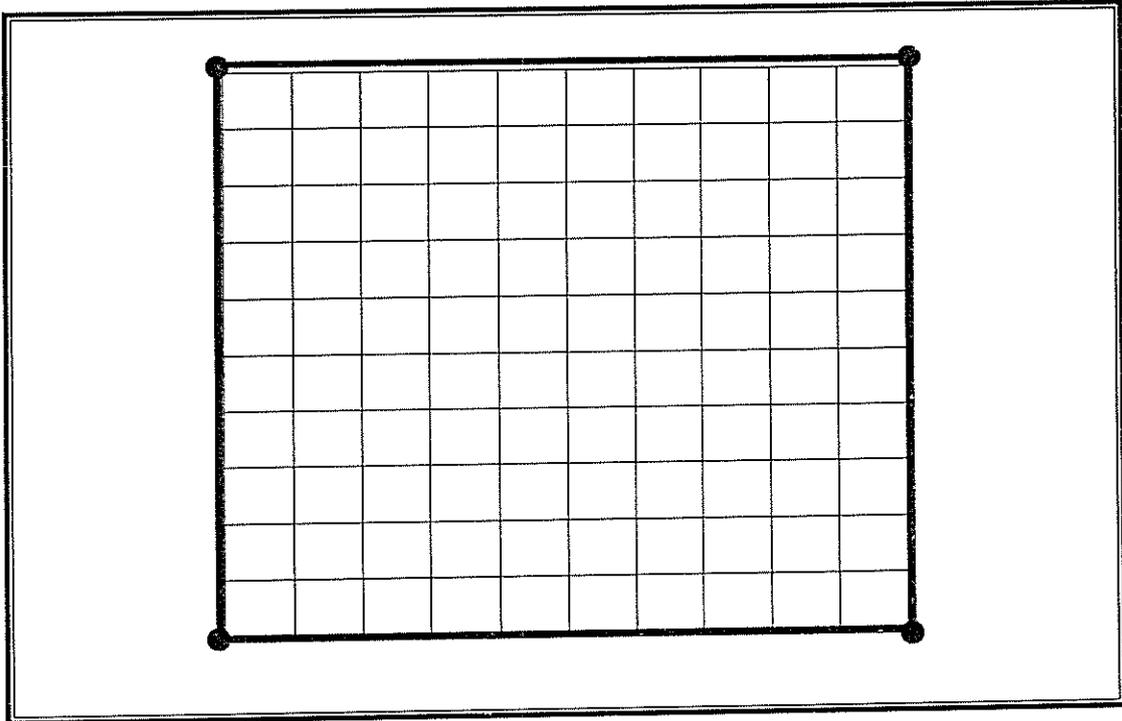
Metode pengambilan data primer disesuaikan dengan metode yang digunakan pada pengambilan data sebelumnya (data sekunder). Pada lokasi Reef Check dan Tebing menggunakan metode transek garis (*Line Intercept Transect*). Dimana roll meter berskala (50 meter) dibentangkan pada dasar perairan yang sejajar dengan garis pantai, masing-masing pada kedalaman 10 feet (3 meter) dan 33 feet (10 meter). Teknik pengambilan data bisa dilihat pada Gambar 6.

Pengamatan dilakukan dengan cara mencatat kategori substrat ekosistem terumbu karang sepanjang transek dengan berpedoman pada Struktur Bentuk Pertumbuhan Karang (*Struktur Analysis of Life Form*).



Gambar 6. Teknik Pengamatan dan Pencatatan Data dari Transek Garis.

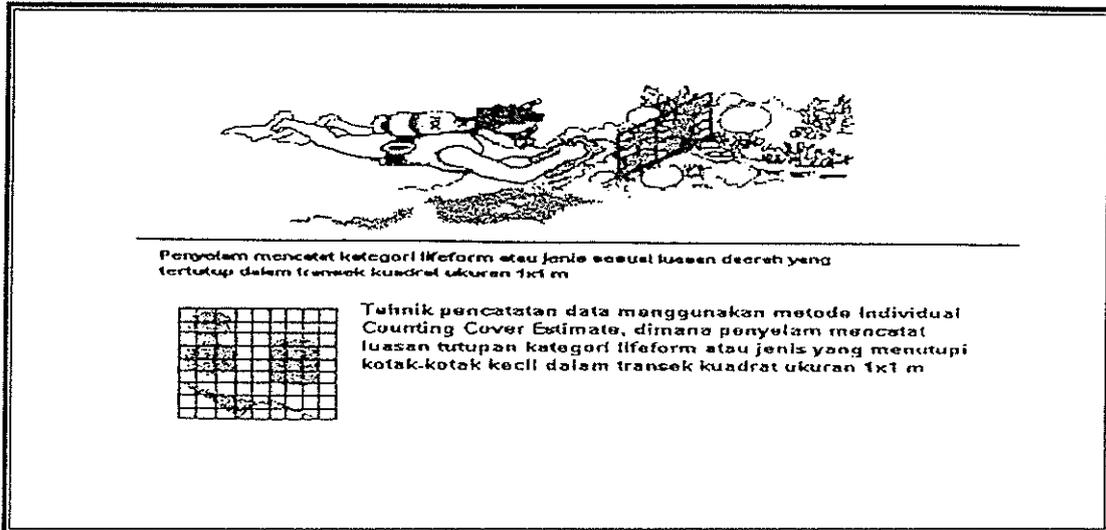
Sedangkan lokasi Kebun Koral menggunakan metode transek kuadrat (Gambar 8). Dimana pada pengambilan data hanya dilakukan pada kedalaman 3 meter. Metode transek kuadrat menggunakan transek kuadrat ukuran 1x1 meter (Gambar 7). Untuk mempermudah pengukuran, transek kuadrat 1x1 meter (10000 cm<sup>2</sup>) dibagi menjadi 100 kotak ukuran 100 cm<sup>2</sup>.



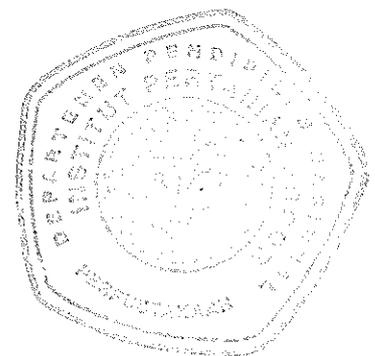
Gambar 7. Transek Kuadrat Ukuran 1 x 1 meter.

Data yang diperoleh dengan metode ini adalah persentase penutupan relatif, jumlah koloni dan densitas karang (Suharsono, 1994).

Pencatatan data dari transek kuadrat menggunakan metode *In-situ Mapping* (Weinberg, 1981), yaitu dengan menggambarkan tutupan individu karang yang terdapat dalam luasan transek kuadrat tersebut (Gambar 8). Karang dikategorikan berdasarkan bentuk pertumbuhan yang memberikan gambaran morfologi dari komunitas terumbu karang tersebut (English *et al.*, 1994). Penghitungan persentase penutupan karang dilakukan setelah peneliti berada di darat berdasarkan gambar pada sabak. Penempatan transek kuadrat dilakukan secara acak sebanyak 12 transek.



Gambar 8. Teknik Pengamatan dan Pencatatan Data dari Transek Kuadrat.



Tabel 1. Pembagian Kategori *Life Form* Penyusun Dasar Ekosistem Terumbu Karang (Bradbury and Young dalam Dartnal and Jones, 1986).

KELOMPOK KATEGORI	KODE
<p><b>Karang Batu</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Karang mati</li> <li>• Karang mati dengan penutupan alga</li> <li>• Acropora Branching</li> <li>• Encrusting</li> <li>• Submassive</li> <li>• Tabulate</li> <li>• Non-Acropora Branching</li> <li>• Encrusting</li> <li>• Foliose</li> <li>• Massive</li> <li>• Submassive (<i>digitate</i>)</li> <li>• Mushroom</li> <li>• Millepora (<i>fire coral</i>)</li> <li>• Heliopora (<i>blue coral</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DC</li> <li>• DCA</li> <li>• ACB</li> <li>• ACE</li> <li>• ACS</li> <li>• ACT</li> <li>• CB</li> <li>• CE</li> <li>• CF</li> <li>• CM</li> <li>• CS</li> <li>• CMR</li> <li>• CME</li> <li>• CHL</li> </ul>
<p><b>Other Fauna</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soft Coral</li> <li>• Sponge</li> <li>• Zoanthids</li> <li>• Other (Ascidian, Anemon, Gorgonian, Giant clam)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SC</li> <li>• SP</li> <li>• ZO</li> <li>• OT</li> </ul>
<p><b>Algae</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Algae Assemblage</li> <li>• Coralline Algae (alga berkapur)</li> <li>• Halimeda</li> <li>• Macro Algae</li> <li>• Turf Algae</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AA</li> <li>• CA</li> <li>• HA</li> <li>• MA</li> <li>• TA</li> </ul>
<p><b>Abiotik</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pasir</li> <li>• Pecahan Karang</li> <li>• Lumpur</li> <li>• Water (celah lebih dari 50 cm)</li> <li>• Rock</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• S</li> <li>• R</li> <li>• SI</li> <li>• WA</li> <li>• RCK</li> </ul>
<p>Keterangan:</p> <p><i>Coral bleaching</i> (Pemutihan karang)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• (b)</li> </ul>

### 3.4 Analisa Data

#### 3.4.1 Persentase Penutupan

Persentase penutupan biota terumbu karang digunakan untuk menghitung penutupan biota, yang dapat ditentukan sebagai berikut (English *et al.*, 1994):

$$ni = \frac{li}{L} \times 100\%$$

Dimana:

ni = nilai penutupan biota ke-i (%)

li = panjang total kelompok biota ke-i

L = panjang transek garis

Karang batu merupakan unsur paling dominan di dalam ekosistem terumbu karang, sehingga persentase penutupannya digunakan untuk menentukan kondisi terumbu karang (Sukarno, 1986).

Tabel 2. Kriteria Penilaian Kondisi Terumbu Karang Berdasarkan Persentase Penutupan Karang (Gomez *and* Yap, 1988).

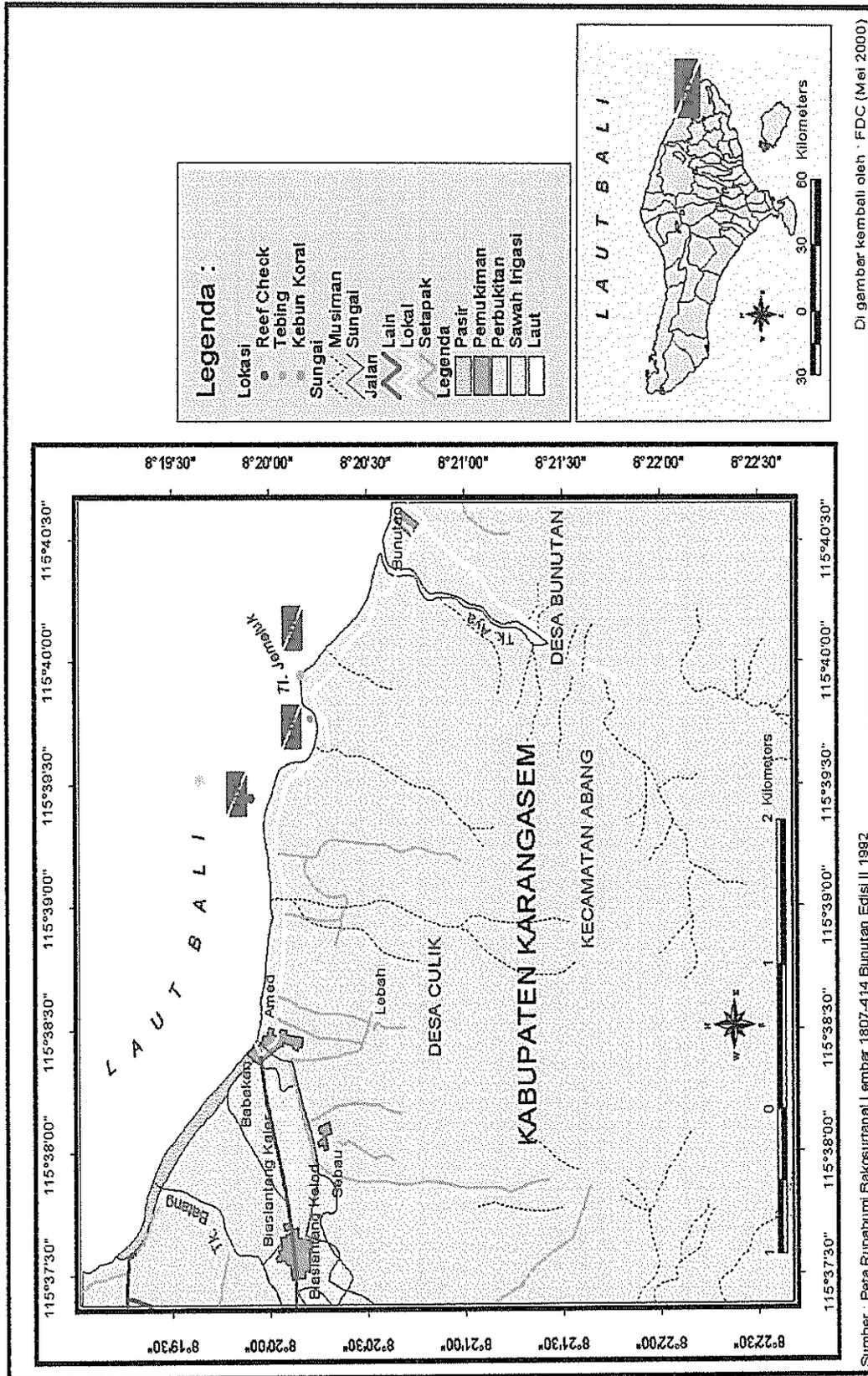
Persen Penutupan Karang (%)	Kategori
0 – 24,9%	Buruk
25 – 49,9%	Sedang
50 – 74,9%	Baik
75 - 100%	Memuaskan

#### 3.4.2 Mortality Index

*Mortality Index* menurut Gomez *and* Yap (1988) dihitung dengan rumus:

$$MI = \frac{\text{persen penutupan karang mati}}{\text{Persen penutupan karang mati} + \text{persen penutupan karang hidup}}$$

Nilai *Mortality Index* berkisar antara 0 – 1. Semakin tinggi nilai penutupan karang mati maka nilai MI semakin mendekati satu, sebaliknya jika nilai MI mendekati nol maka penutupan karang mati rendah.



Gambar 9. Peta Lokasi Penelitian Terumbu Karang di Amed, Bali

Di gambar kembali oleh: FDC (Mei 2000)

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Keadaan Lokasi

Amed merupakan wilayah pesisir yang berada di Desa Culik, Kecamatan Amlapura, Kabupaten Karangasem. Secara geografis Amed terletak disebelah timur laut Pulau Bali dan berada pada posisi  $08^{\circ}20'13'' - 08^{\circ}17'34''$  LS dan  $115^{\circ}37'20'' - 115^{\circ}40'52''$  BT. Amed memiliki pantai yang landai yang dikenal dengan nama Pantai Jameluk, dengan panjang garis pantai sekitar 2 km. Perairan Amed memiliki substrat yang bervariasi yang terdiri dari karang hidup, karang disekitar substrat berpasir, karang disekitar substrat berlumpur dan pasir hitam serta berbatu. Karang disekitar substrat berlumpur diperkirakan karena adanya sungai (dengan lebar mulut sungai kira-kira 15 m) di kawasan tersebut, dan adanya daerah genangan air tawar (*water land*) disekitar Stasiun 2 yang menyebabkan terumbu karang di daerah bagian teluknya untuk kedalaman tertentu sulit untuk tumbuh. Wasilun *et al.* (1993) dalam Nikijuluw, 1998 memperkirakan luas pasir hitam sekitar  $180.000 \text{ m}^2$ . Struktur substrat berbatu dan berpasir hitam disebabkan oleh abu dan debu yang berasal dari letusan gunung Agung pada tahun 1963 (WWF, 1998).

Aktivitas sepanjang pantai yang menonjol adalah pariwisata bahari dan penangkapan ikan. Alat tangkap yang digunakan berupa pancing, jala insang dan ada sebagian dari nelayan yang menggunakan potas.

Pantai Jameluk, Amed merupakan tipologi perairan pantai landai (bagian utara) dengan gelombang yang kecil dan pola arus relatif tenang kecuali di bagian tanjung (sebelah timur) yang bertebing dengan arus pasang surut yang kuat, tapi walaupun demikian di daerah ini kondisi terumbu karangnya relatif lebih bagus dan beragam dibanding dengan daerah pengamatan yang lainnya. Pada musim kemarau kondisi perairan jernih dengan transparansi dan jarak pandang yang tinggi akan tetapi pada musim hujan perairan agak keruh (*turbid*). Suhu air relatif hangat sepanjang tahun. Lahan daratan disekitarnya merupakan daerah perbukitan yang minim vegetasi (WWF, 1999). Sampai saat ini pantai di sebelah utara lebih banyak digunakan untuk

kegiatan pariwisata, sedangkan pantai disebelah timur belum banyak dimanfaatkan karena konturnya yang curam dan agak sukar dijangkau.

## 4.2 Hasil Perubahan Komposisi Terumbu Karang di Perairan Amed

### 4.2.1 Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang

#### 4.2.1.1 Reef Check

Tabel 3. Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check untuk Kedalaman 3 meter pada Bulan Agustus 1997 (WWF, 1998 dalam Marlina, 1999), Agustus 1998 (Marlina, 1999), Agustus 1999 (WWF, 2000) dan Mei 2000.

Kategori	Agustus 1997	Agustus 1998	Agustus 1999	Mei 2000
	3 m (%)	3 m (%)	3 m (%)	3 m (%)
Karang batu	43,39	32,93	15,07	8,80
Karang lunak	1,83	0,00	0,00	1,20
Lainnya	3,05	7,32	1,37	0,20
Karang mati	15,24	28,05	0,00	89,80
Abiotik	36,49	31,70	83,56	0,00

Tabel 4. Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check untuk Kedalaman 10 meter pada Bulan Agustus 1997 (WWF, 1998 dalam Marlina, 1999), Agustus 1998 (Marlina, 1999), Agustus 1999 (WWF, 2000) dan Mei 2000.

Kategori	Agustus 1997	Agustus 1998	Agustus 1999	Mei 2000
	10 m (%)	10 m (%)	10 m (%)	10 m (%)
Karang batu	39,63	7,32	18,75	7,40
Karang lunak	0,61	0,00	0,00	0,20
Lainnya	14,03	3,66	5,00	9,80
Karang mati	0,00	19,51	1,25	73,40
Abiotik	45,73	69,51	75,00	9,20

Berdasarkan Tabel 3 di atas terlihat bahwa pada kedalaman 3 meter, persentase penutupan karang batu dari tahun ke tahun cenderung mengalami penurunan, dimana bisa dilihat dengan jelas pada Gambar 10 di bawah. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh team WWF Bali pada bulan Agustus 1997 didapatkan nilai persentase penutupan karang batu sebesar 43,39 %, dimana menurut kriteria penilaian Gomez *and* Yap (1988) kondisi terumbu karang tersebut tergolong kedalam kategori sedang (kurang dari 50%). Kemudian dari hasil penilitan Marlina pada bulan Agustus 1998 terlihat adanya penurunan persentase penutupan karang batu (HC) selama periode satu tahun, yaitu antara tahun 1997-1998 sebesar 16,46% (dari 43,39% menjadi 32,93%), dan diikuti dengan adanya kenaikan persentase penutupan karang mati (DC) sebesar 12,81% (dari 15,24% menjadi 28,05%), perubahan-perubahan komposisi tersebut bisa dilihat dengan jelas pada Gambar 12a dan 12b di bawah, yang menggambarkan bahwa selama periode tersebut telah terjadi pergeseran luasan persentase penutupan karang, dimana perubahan luasan persen penutupan antara karang mati (DC), batuan (RCK) dan pasir (S) terlihat mengalami penambahan luasan (Gambar 12b), sebaliknya luasan persen penutupan dari kategori karang batu (HC) dan pecahan karang (R) mengalami penyusutan. Kemudian antara periode tahun 1998 – 1999 karang batu mengalami penurunan lagi sebesar 17,83%, dari 32,92% pada bulan Agustus 1998 menjadi 15,07% pada bulan Agustus 1999 (Gambar 10), yang diikuti dengan adanya peningkatan persentase penutupan pada kategori abiotik dari jenis batuan (RCK) sebesar 28,6% (dari 9,76% menjadi 38,36%), pasir (S) sebesar 15,35% (dari 13,40% menjadi 28,76%) dan pecahan karang (R) sebesar 7,90% (dari 8,54% menjadi 16,44%), perubahan-perubahan tersebut terlihat jelas pada Gambar 12b dan 12c. Pada gambar tersebut terlihat adanya perubahan komposisi luasan persen penutupan antara kategori karang mati (DC), batuan (RCK) dan pasir (S) serta luasan persen penutupan antara karang batu (HC) dan pecahan karang (R). Dimana pada saat pengamatan di bulan Agustus 1999 (Gambar 12c) luasan persen penutupan dari kategori batuan (RCK) dan pasir (S) terlihat mengalami peningkatan, sedangkan persen penutupan karang mati (DC) mengalami penurunan (tidak tercatat adanya karang mati). Pada periode bulan Agustus 1999 sampai Mei

2000 persentase penutupan karang batu mengalami penurunan sebesar 6,27% (Gambar 10), yang diikuti dengan meningkatnya persentase penutupan karang mati sebesar 89,8%, dimana pada bulan Agustus 1999 tidak ditemukan adanya karang mati. Adanya penyusutan luasan persen penutupan dari kategori karang batu (HC) dan abiotik serta peningkatan jangkauan dari karang mati yang tertutupi alga dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 12d.

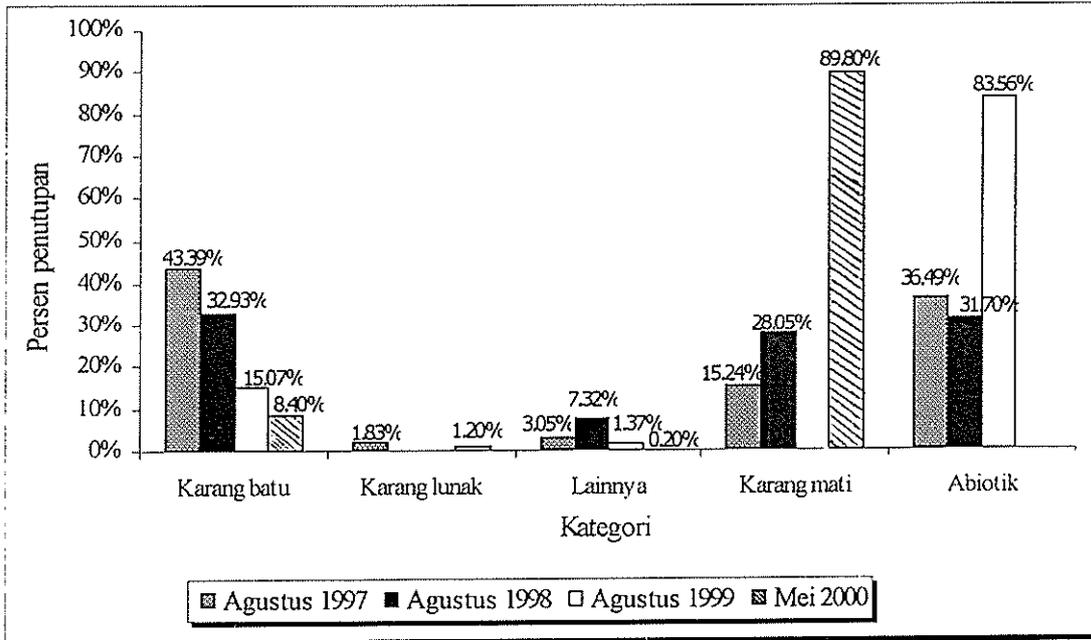
Tidak jauh berbeda dengan kedalaman 3 meter, kondisi terumbu karang pada kedalaman 10 meter juga tergolong kedalam kategori sedang hingga buruk. Saat pengamatan pada bulan Agustus 1997 tercatat persentase penutupan karang batu (HC) sebesar 39,63% (tergolong kedalam kategori rusak). Gambar 11 di bawah memperlihatkan bahwa antara periode bulan Agustus 1997 sampai Agustus 1998 karang batu mengalami penurunan yang cukup drastis sebesar 32,31% (dari 39,63% menjadi 7,3%) yang diikuti dengan menurunnya biota lain (kategori OT dan SP) sebesar 10,37% (dari 14,03% menjadi 3,66%) dan meningkatnya persentase penutupan karang mati sebesar 12,81%, dimana pada bulan Agustus 1997 tidak tercatat adanya karang mati, sedangkan pada kategori abiotik dari jenis pecahan-pecahan karang (R), meningkat tajam sebesar 34,75% (dari 5,49% menjadi 40,24%). Adanya perubahan komposisi perubahan luasan dan tingginya persen penutupan karang bisa dilihat pada Gambar 13a dan 13b di bawah. Pada gambar tersebut terlihat adanya perubahan arah (luasan dan tingginya persen penutupan) antara kategori karang batu (HC) dan pecahan karang (R), dimana pada Gambar 13b (saat pengamatan bulan Agustus 1998) memperlihatkan adanya perubahan arah (komposisi luasan) dari fragmen pecahan karang (R) ke karang batu (HC), disamping itu terlihat juga adanya pelebaran luasan persen penutupan dari kategori batuan (RCK) dan pasir (S) yang ditambah dengan adanya persen penutupan karang mati (DC). Pada periode bulan Agustus 1998 sampai bulan Agustus 1999 persentase penutupan karang batu mengalami peningkatan sebesar 11,43% dari 7,32% pada bulan Agustus 1998 menjadi 18,75% pada bulan Agustus 1999 (Gambar 11), yang diikuti dengan menurunnya persentase penutupan karang mati sebesar 18,25% dari 19,51% pada bulan Agustus 1998 menjadi 1,25% pada bulan Agustus 1999, adapun persentase

penutupan pasir (S) dan karang mati (DC) terlihat mengalami penurunan. Adanya perubahan dari kategori karang tersebut bisa dilihat dengan jelas pada Gambar 13b dan 13c di bawah, yang menggambarkan bahwa selama periode tersebut telah terjadi perubahan luasan antara persen penutupan karang batu (HC) dan pecahan karang (R), serta dapat dilihat juga adanya penyusutan luasan persen penutupan dari kategori pasir (S) batuan (RCK) dan karang mati (DC), dimana pada Gambar 13c memperlihatkan bahwa karang mati (DC) mengalami penurunan yang cukup drastis (cenderung tidak kelihatan). Pada periode bulan Agustus 1999 sampai Mei 2000 persentase penutupan karang batu menurun kembali sebesar 11,35%, dari 18,75% pada bulan Agustus 1999 menurun menjadi 7,40% pada bulan Mei 2000 (Gambar 11). Penurunan persentase penutupan karang batu tersebut diikuti dengan menurunnya dari kategori abiotik sebesar 62,80% dari 75,00% menjadi 9,20%, dimana pada Gambar 13d dapat terlihat kategori pecahan-pecahan karang (R) mengalami penurunan yang cukup tajam. Sedangkan karang mati mengalami peningkatan yang cukup tinggi sebesar 72,15% dari 1,25% pada bulan Agustus 1999 menjadi 73,40% pada bulan Mei 2000. Disamping itu pada Gambar 13c dan 13d di bawah dapat terlihat dengan lebih jelas adanya perubahan-perubahan luasan dan tingginya persen penutupan dari kategori karang, dalam hal ini terlihat adanya perubahan komposisi luasan persen penutupan dari kategori karang batu (HC) dan pecahan karang (R), dimana pada Gambar 13d kategori-kategori tersebut hampir tidak kelihatan, dan sebaliknya karang mati yang tertutupi alga dapat dilihat dengan jelas kenampakannya.

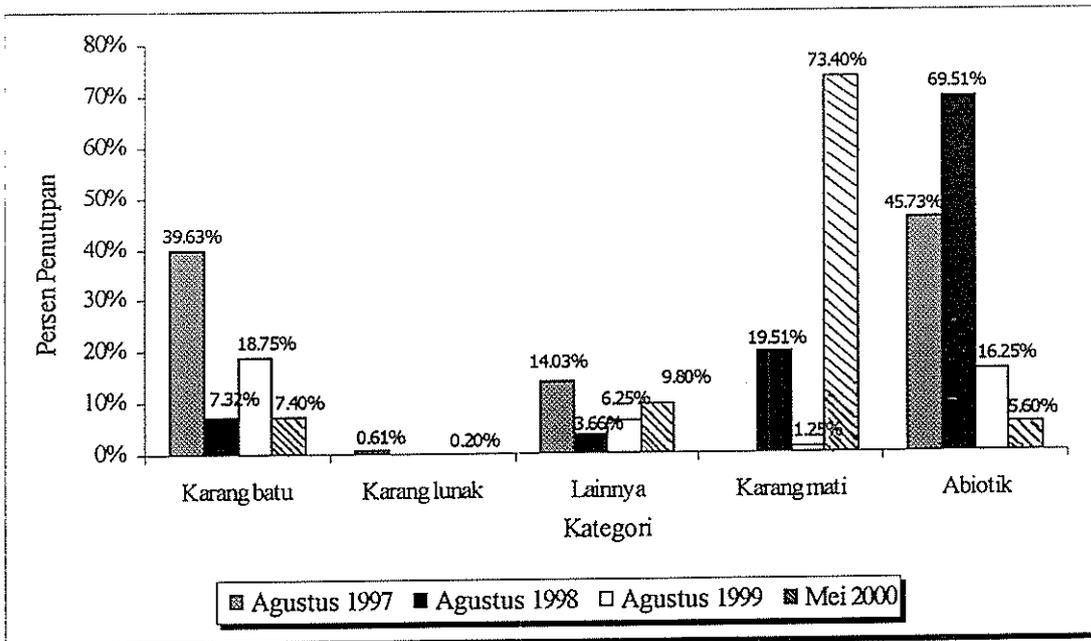
Secara umum dapat dilihat bahwa baik pada kedalaman 3 m maupun 10 m kondisi terumbu karang di lokasi Reef Check (Stasiun 1) tergolong kedalam kategori sedang, dimana selama periode tahun 1997 sampai tahun 2000 kondisinya semakin memprihatinkan (semakin memburuk). Pada pengamatan bulan Agustus 1997, faktor yang menyebabkan kerusakan terumbu karang akibat dari adanya fenomena alam (*natural damage*) dan menyebabkan karang *bleaching* belum terlihat. Diduga bahwa faktor penyebab kerusakan terumbu karang pada periode ini dikarenakan adanya aktivitas nelayan yang melakukan kegiatan penangkapan ikan dengan menggunakan

alat tangkap yang tidak ramah lingkungan ataupun dari akibat buangan jangkar. Selain itu kegiatan pariwisata bawah air (*diving action*) juga sangat berperan dalam pengrusakan terumbu karang. Hal ini dapat dilihat dengan adanya fragmen pecahan-pecahan karang (R) dan pasir (S) yang memiliki nilai persentase penutupan cukup tinggi. Selama periode bulan Agustus 1997 sampai Agustus 1998, penurunan kualitas terumbu karang diduga selain dari adanya aktivitas nelayan dan kegiatan *diving* juga diduga akibat dari adanya tekanan dari alam (fenomena El Nino) yang terjadi pada bulan Oktober 1997, tapi sangat disayangkan pada bulan ini tidak tercatat kondisi terumbu karangnya. Dimana fenomena tersebut telah mengakibatkan adanya sebagian karang yang mengalami kematian, hal tersebut dapat dilihat dengan adanya peningkatan persentase penutupan karang mati, indikasi pengrusakan akibat aktivitas manusia dicirikan dengan meningkatnya fragmen pecahan-pecahan karang (R). Pada saat pengambilan data pada bulan Agustus 1999 untuk kedalaman 3 m didapatkan persentase penutupan karang batu yang semakin memburuk, diperkirakan pada saat itu telah terjadi perubahan struktur komunitas karang batu menjadi semacam batuan (RCK), hal itu dicirikan dengan meningkatnya persentase penutupan dari kategori batuan (RCK), fragmen pecahan-pecahan karang (R) juga meningkat, yang mengindikasikan bahwa dalam periode ini pengaruh tekanan manusia juga meningkat. Pada waktu pengamatan kondisi terumbu karang di bulan Mei 2000 didapatkan bahwa kondisi ekosistem terumbu karang pada kedalaman 3 m maupun 10 m tergolong kedalam kategori paling buruk, faktor penyebab penurunan kualitas tersebut diduga berkaitan erat dengan adanya fenomena La Nina yang mengakibatkan turunnya suhu perairan dan adanya kenaikan permukaan air laut akibat badai serta adanya pemasukan air tawar yang berlebih, sehingga dengan adanya penurunan suhu air laut, salinitas, kurangnya intensitas cahaya matahari yang masuk serta adanya proses sedimentasi akibat banjir telah mengakibatkan sebagian terumbu karang yang tidak dapat beradaptasi dengan lingkungannya mengalami *stress* yang kemudian diakhiri dengan kematian, hal itu dapat dicirikan dengan tingginya persentase penutupan karang mati tertutup alga (DCA), disamping itu proses pemulihan

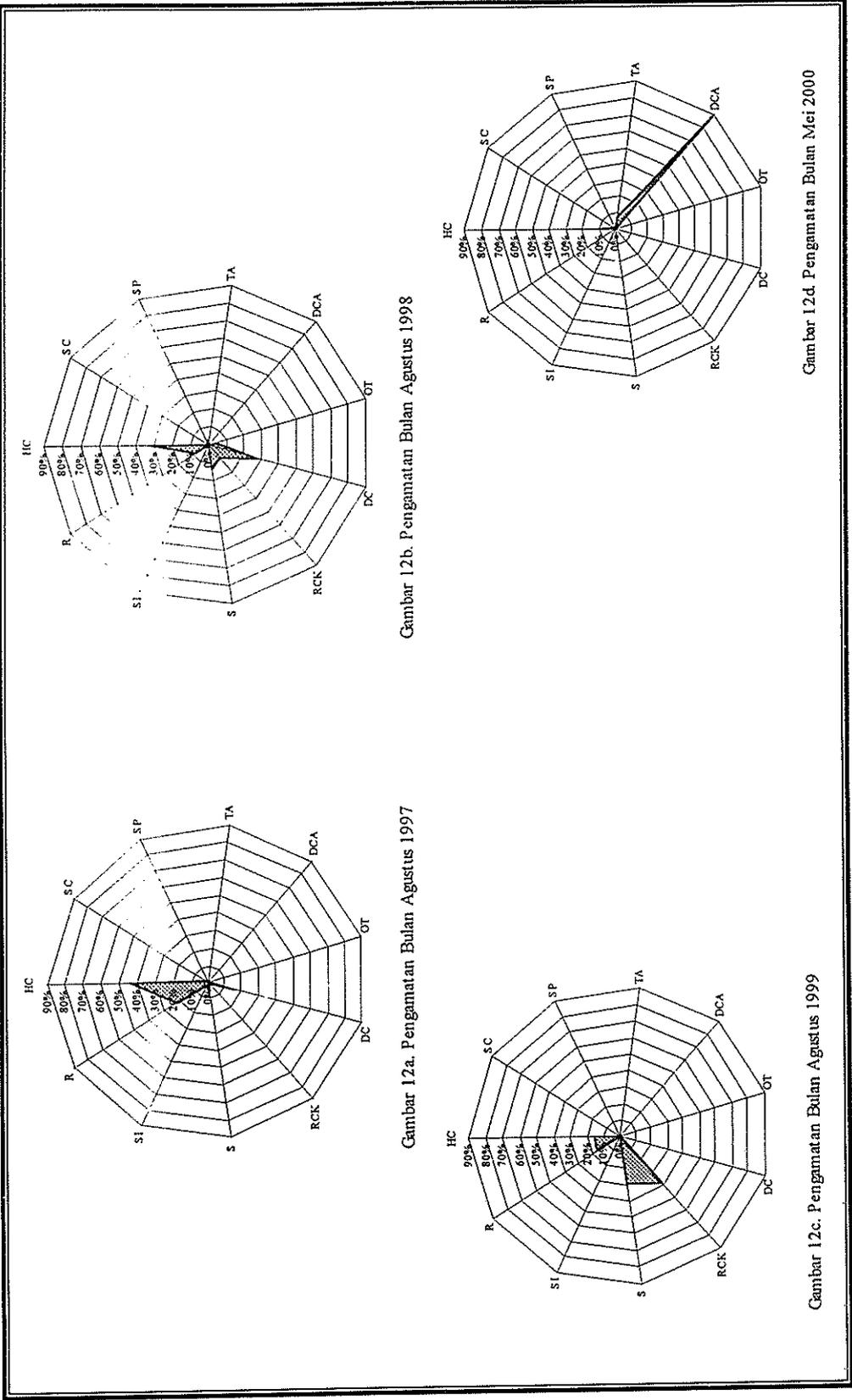
(recovery) juga terlihat dengan ditemukannya beberapa persen penutupan dari kategori *Turf Algae* (TA) pada saat pengambilan data di bulan Mei 2000.



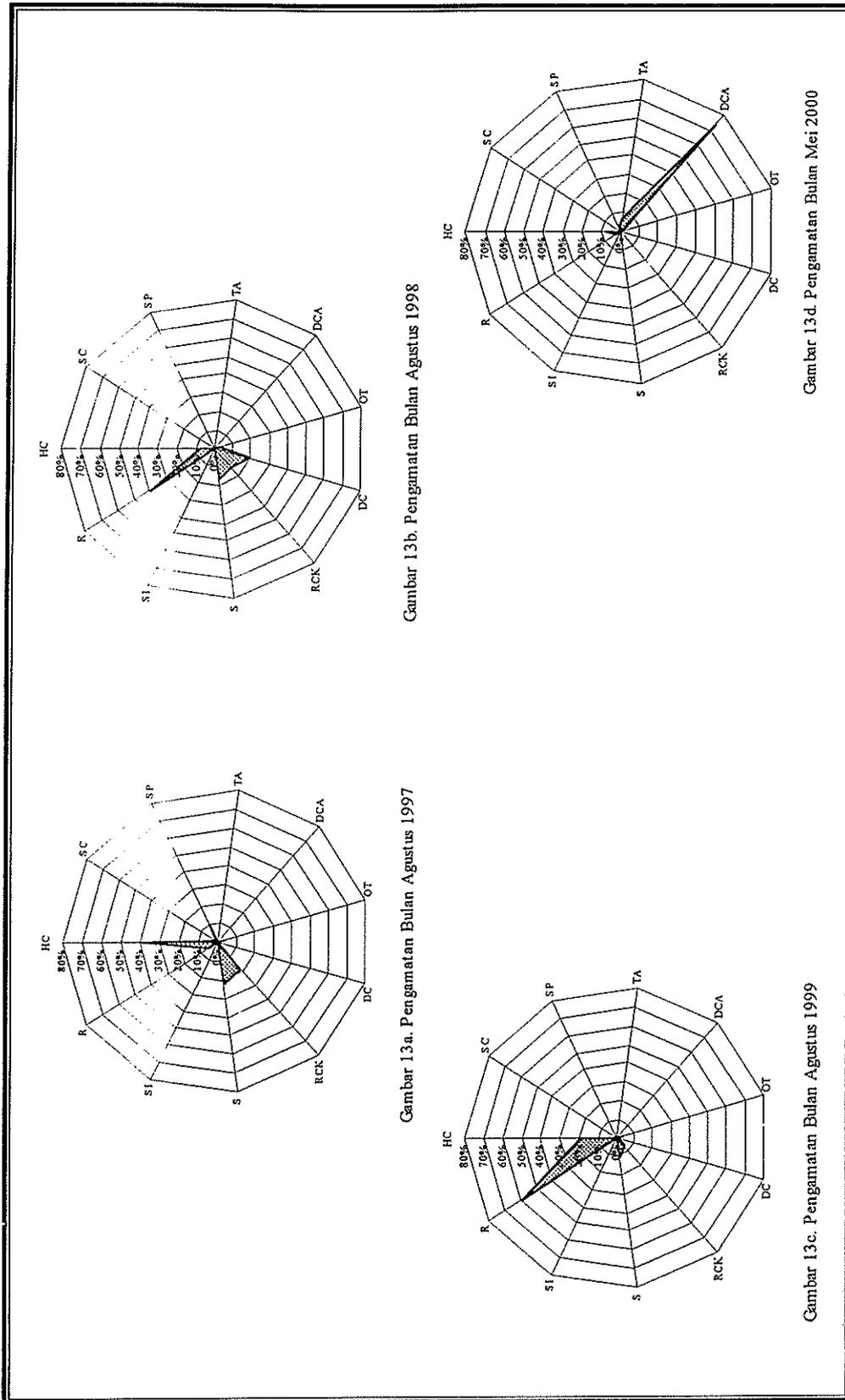
Gambar 10. Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check Kedalaman 3 meter.



Gambar 11. Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check Kedalaman 10 meter.



Gambar 12. Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check Kedalaman 3 meter.



Gambar 13. Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check Kedalaman 10 meter.

#### 4.2.1.2 Kebun Koral

Tabel 5. Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Kebun Koral untuk Kedalaman 3 meter pada Bulan Maret 1998 (WWF, 1998 dalam Marlina, 1999) dan Agustus 1998 (Marlina, 1999), Agustus 1999 (WWF, 2000) dan Mei 2000.

Kategori	Maret 1998	Agustus 1998	Agustus 1999	Mei 2000
	3 m (%)	3 m (%)	4 m (%)	3 m (%)
Karang Batu	30,00	32,46	48,70	1,80
Karang Memutih	29,83	5,00	0,00	3,70
Karang Lunak	5,58	0,00	0,00	0,00
Lainnya	2,17	0,00	0,00	45,20
Karang Mati	12,33	34,69	9,77	49,30
Abiotik	20,09	27,85	41,54	0,00

Pada Tabel 5 terlihat bahwa hasil penelitian yang dilakukan pada bulan Maret 1998 di lokasi Kebun Koral (Stasiun 2) dijumpai total persen penutupan karang batu sebesar 59,83%, yang terdiri dari 30% *non-bleach coral* dan 29,83% *bleach coral* dimana karang yang memutih (*bleach coral*) ini banyak dijumpai dalam bentuk pertumbuhan *Acropora Tabulate* (ACT) sebesar 23,81%, kemudian ditambah dari kategori *Acropora Branching* (ACB), *Coral Massive* (CM) dan *Acropora Submassive* (ACS) dengan nilai persen penutupan kurang dari 3%. Disamping itu ditemukan pula karang yang memutih dari kategori *Soft Coral* (SC). Sedangkan karang batu yang tidak mengalami pemutihan (*non-bleach coral*) banyak dijumpai dalam bentuk pertumbuhan *Coral Massive* (CM) dan *Coral Millepora* (CME), untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 15a di bawah. Menurut pembagian kriteria penilaian Gomez and Yap (1988) kondisi terumbu karang pada periode tersebut tergolong kedalam kategori baik.

Pada penelitian bulan Agustus 1998 didapatkan total persentase penutupan karang batu sebesar 37,46%, merupakan nilai hasil penjumlahan antara karang batu dan karang memutih, dengan persentase penutupan karang batu *non-bleach* sebesar 32,46% dan persentase karang memutih (*coral bleaching*) sebesar 5%. Dimana pada

bulan ini bentuk pertumbuhan *Coral Millepora* (CM) banyak dijumpai dalam keadaan *bleaching*. Berdasarkan pembagian penilaian menurut kriteria Sukarno (1996) kondisi terumbu karangnya termasuk kedalam kategori rusak. Jenis karang batu yang tidak mengalami pemutihan (*coral non-bleach*) banyak dijumpai dalam bentuk pertumbuhan *Acropora Branching* (ACB) dan *Coral Foliose* (CF) (Gambar 15b).

Pada bulan Agustus 1999, persentase penutupan karang batu menunjukkan nilai terbesar yaitu sebesar 48,70% dan termasuk kedalam kategori baik (Tabel 2), penutupan karang batu banyak dijumpai dalam bentuk pertumbuhan *Coral Foliose* (CF), kategori abiotik didominasi oleh fragmen pecahan-pecahan karang (R) sebesar 27,46% dan pasir (S) sebesar 14,08%, dimana pada bulan ini pemutihan karang tidak ditemukan, lebih jelasnya bisa dilihat pada Gambar 15c di bawah.

Pada penelitian bulan Mei 2000, persentase penutupan karang batu secara keseluruhan (hasil penjumlahan persentase penutupan karang batu dan karang memutih) sebesar 5,50%, tergolong kedalam kategori buruk. Pada bulan ini nilai tertinggi didominasi oleh karang mati tertutup alga (DCA) sebesar 49,30% dan *Coralline Algae* (CA) sebesar 44% (Gambar 15d).

Adanya fenomena El Nino yang terjadi pada bulan Oktober 1997 diduga telah mengakibatkan sebagian karang mengalami pemutihan, hal itu terlihat pada saat pengambilan data pada bulan Maret 1998, dimana karang batu memutih menunjukkan nilai yang cukup tinggi (35,16%). Disamping itu fenomena tersebut juga berpengaruh terhadap karang lunak dimana telah ditemukan persentase penutupan karang lunak yang memutih sebesar 5,33%, yang menandakan bahwa tekanan tersebut cukup tinggi (Tabel 5).

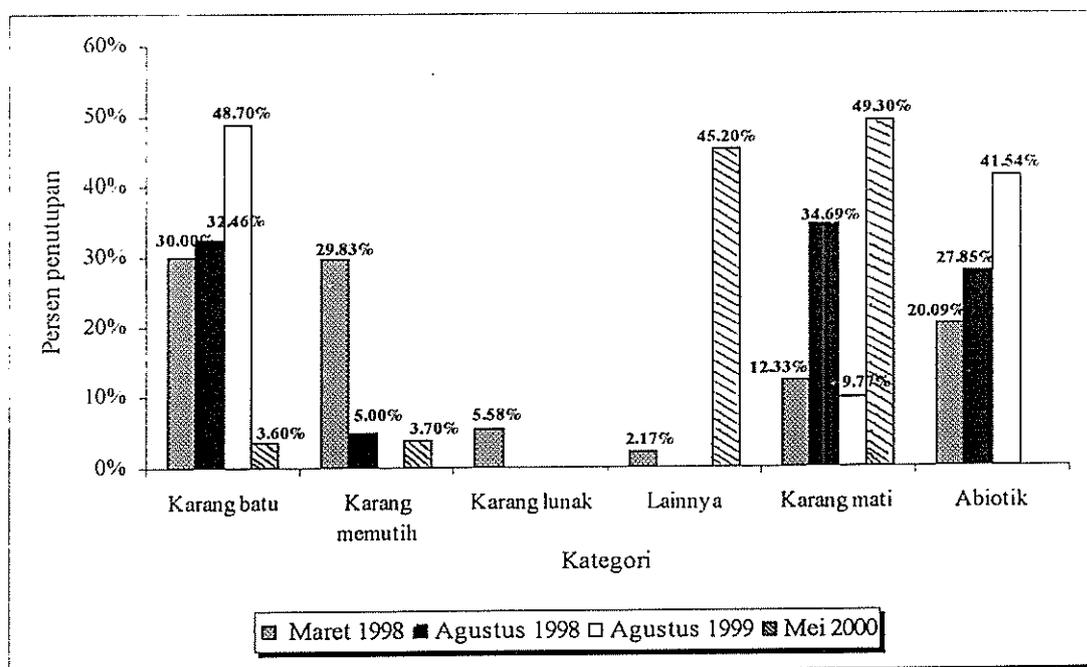
Antara periode bulan Maret 1998 sampai Agustus 1998 persen penutupan karang batu (*non bleach*) mengalami sedikit kenaikan sebesar 2,46%, yang diikuti dengan meningkatnya persentase penutupan karang mati tertutup alga (DCA) yang cukup tinggi sebesar 22,36%, dimana karang memutih juga mengalami penurunan yang cukup drastis sebesar 24,83% (Gambar 14). Hal tersebut menunjukkan bahwa tampaknya pemutihan karang yang terjadi pada bulan Maret 1998 telah banyak

mengakibatkan kematian karang. Lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 15a dan 15b di bawah, yang menggambarkan bahwa selama periode enam bulan di lokasi tersebut telah terjadi perubahan komposisi struktur pertumbuhan terumbu karang. Pada gambar tersebut terlihat adanya perubahan arah (luasan dan tinggi persen penutupan) dari kategori karang yang memutih (ACT) dan karang batu (CM, CME) menjadi karang yang mati tertutup alga (DCA). Diduga pada periode ini karang dengan bentuk pertumbuhan CM dan CME paling lambat terkena dampak pemutihan karang, sedangkan karang dengan bentuk pertumbuhan ACB diduga mulai mengalami pertumbuhan kembali (*recovery*), dimana proses *recovery* ini terlihat dengan didaptkannya peningkatan persentase penutupan karang batu yang tertutupi alga (DCA) dan menurunnya persentase penutupan karang yang memutih.

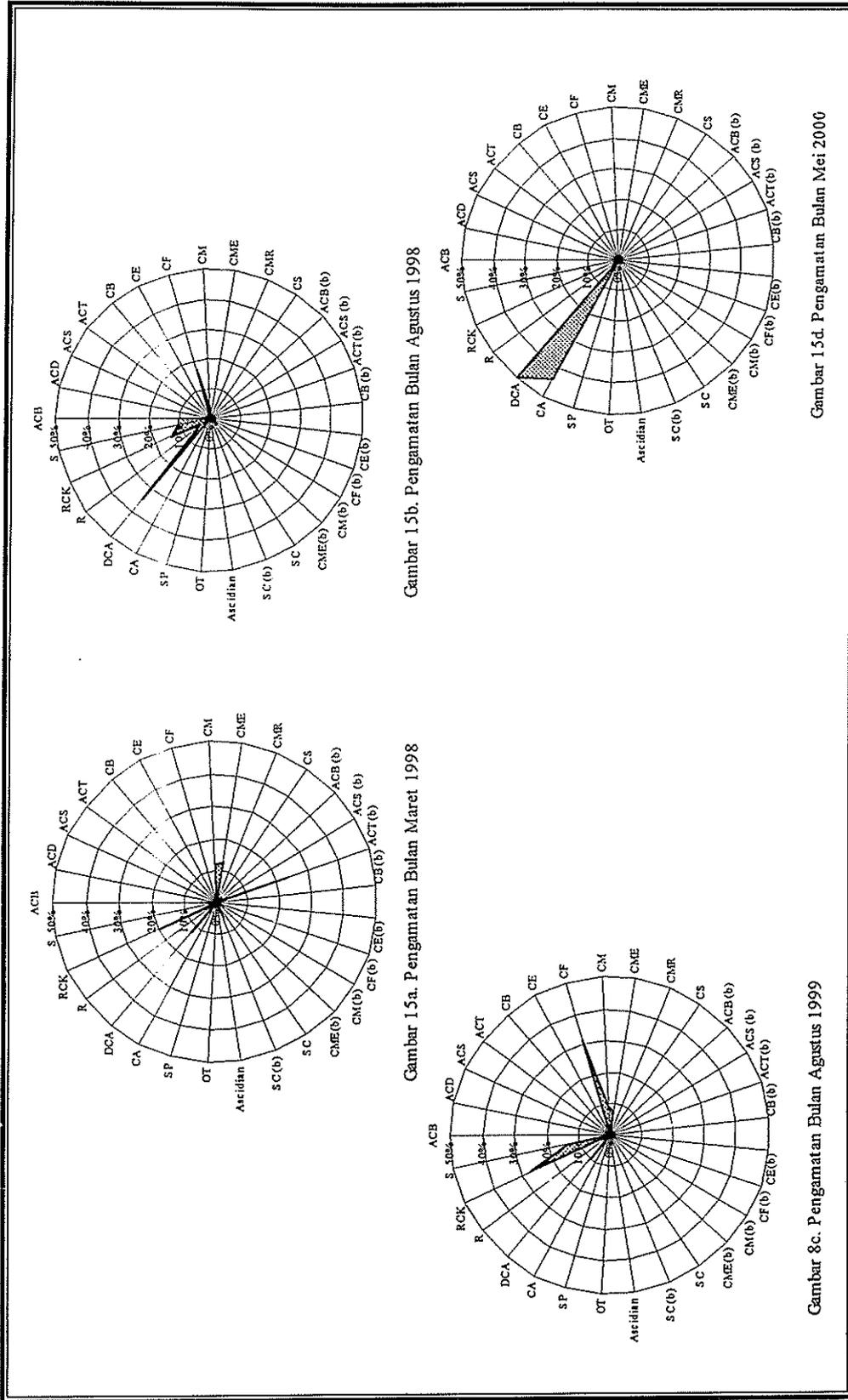
Selama periode bulan Agustus 1998 sampai Agustus 1999 didapatkan adanya kenaikan persentase penutupan karang batu yang juga diikuti dengan meningkatnya persentase penutupan dari kategori abiotik pada jenis batuan (RCK) dan pasir (S). Pada pengamatan bulan ini tidak terlihat adanya tekanan yang berarti dari lingkungan yang membuat ekosistem terumbu karang di lokasi ini terganggu.

Antara periode bulan Agustus 1999 sampai bulan Mei 2000 persentase penutupan karang batu (*non-bleach*) mengalami penurunan yang cukup tajam (Gambar 14) sebesar 46,9% (dari 48,7% menjadi 1,8%), yang diikuti dengan meningkatnya persentase penutupan karang mati tertutup alga (DCA) sebesar 39,7% (dari 9,77% menjadi 49,3%) dan karang memutih sebesar 3,7%. Lebih jelas terlihat pada Gambar 15c dan 15d di bawah, yang menggambarkan bahwa selama periode tersebut telah terjadi perubahan struktur pada fragmen karang, terlihat pada Gambar 15d luasan terbesar didapatkan pada persen penutupan bentuk pertumbuhan karang mati (DCA) dan *Coralline Algae* (CA), sedangkan luasan karang batu (CF, CME, CMR) yang sebelumnya terlihat pada Gambar 15c (pengamatan di bulan Agustus 1999) tidak tampak lagi pada saat pengamatan di bulan Mei 2000 (Gambar 15d). Hal ini menunjukkan bahwa selama periode tersebut telah terjadi adanya tekanan yang besar dari lingkungan dan menimbulkan ekosistem terumbu karang disekitarnya mengalami perubahan komposisi. Kematian karang yang cukup tinggi tersebut diduga

karena adanya tekanan dari alam berupa fenomena La Nina yang mengakibatkan suhu air laut disekitar pengamatan mengalami penurunan, disamping itu tingginya curah hujan selama tahun tersebut dan adanya pemasokan air tawar yang cukup tinggi karena banjir, diduga merupakan faktor yang mengakibatkan turunya salinitas dari batas maksimum untuk pertumbuhan terumbu karang, adanya pemasokan air tawar akibat banjir mengakibatkan kondisi perairan disekitarnya menjadi keruh sehingga dapat menghambat laju fotosintesis dan banyaknya partikel-partikel yang menutupi polip karang menjadikan hewan karang agak susah untuk mencari makan. Kondisi terumbu karang pada saat pengamatan di bulan Mei 2000 untuk Stasiun Kebun Koral menunjukkan bahwa di lokasi ini proses *recovery* sedang berlangsung, hal ini ditunjukkan dengan tingginya pertumbuhan alga disekitar karang-karang yang mati, yaitu dari kategori *Coralline Algae* (CA), lebih jelas perubahan-perubahan tersebut bisa dilihat pada Gambar 15.



Gambar 14. Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Kebun Koral Kedalaman 3 meter.



Gambar 15b. Pengamatan Bulan Agustus 1998

Gambar 15a. Pengamatan Bulan Maret 1998

Gambar 8c. Pengamatan Bulan Agustus 1999

Gambar 15d. Pengamatan Bulan Mei 2000

Gambar 15. Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Kebun Korai Kedalaman 3 meter.

### 4.2.1.3 Tebing

Tabel 6. Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing untuk Kedalaman 3 meter pada Bulan Maret 1998 (WWF, 1998 dalam Marlina, 1999), Agustus 1998 (Marlina, 1999), Agustus 1999 (WWF, 2000) dan Mei 2000.

Kategori	Maret 1998	Agustus 1998	Agustus 1999	Mei 2000
	3 m (%)	3 m (%)	3 m (%)	3 m (%)
Karang Batu	47,07	13,30	-	54,00
Karang memutih	7,40	0,00	-	0,00
Karang Lunak	0,00	0,00	-	1,20
Lainnya	2,33	20,97	-	4,80
Karang Mati	18,00	37,53	-	35,60
Abiotik	25,20	28,20	-	4,40

Tabel 7. Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing untuk Kedalaman 10 meter pada Bulan Maret 1998 (WWF, 1998 dalam Marlina, 1999), Agustus 1998 (Marlina, 1999), Agustus 1999 (WWF, 2000) dan Mei 2000.

Kategori	Maret 1998	Agustus 1998	Agustus 1999	Mei 2000
	10 m (%)	10 m (%)	6 m (%)	10 m (%)
Karang Batu	15,60	10,74	18,75	3,20
Karang memutih	15,31	0,00	0,00	0,00
Karang Lunak	0,00	0,00	0,00	0,00
Lainnya	14,49	18,00	5,00	27,00
Karang Mati	12,87	19,93	1,25	25,40
Abiotik	41,73	51,33	75,00	44,40

Tabel 6 tersebut memperlihatkan kondisi terumbu karang di lokasi Tebing pada kedalaman 3 m berkisar dari kategori buruk hingga baik. Dimana pada saat pengamatan di bulan Maret 1998 didapatkan total persentase penutupan karang batu sebesar 54,47%, yang terdiri dari 47,07% *non-bleach coral* dan 7,4% *bleach coral*.

Bentuk pertumbuhan karang batu yang dominan pada saat pengamatan di bulan ini adalah dari jenis *Coral Branching* (CB) sebesar 19% dan *Coral Massive* (CM) sebesar 17,53%. Sedangkan karang yang memutih (*bleach coral*) ditemukan pada bentuk pertumbuhan *Acropora Encrusting* (ACE), *Coral Branching* (CB) dan beberapa *Acropora Branching* (ACB), lebih jelas bisa dilihat pada Gambar 18a di bawah.

Selama periode bulan Maret 1998 sampai Agustus 1998 berdasarkan Gambar 16 di bawah terlihat adanya penurunan persentase penutupan karang batu sebesar 36,77% (dari 47,07% menjadi 13,3%), yang diikuti dengan meningkatnya persentase penutupan karang mati tertutup alga (DCA) sebesar 19,53% (dari 18% menjadi 37,53%) dan kategori lainnya dari jenis *Macro Algae* (MA) sebesar 14,07%. Dari Gambar 18a dan 18b, terlihat dengan jelas adanya perubahan arah (luasan dan tingginya persen penutupan) dari kategori karang batu (CB dan CM) dan karang yang memutih (ACE, CB dan ACB) yang sebelumnya (pada saat pengamatan di bulan Maret) terlihat pada Gambar 18a menjadi hilang pada Gambar 18b (kategori tersebut tidak tercatat). Sebaliknya luasan karang mati (DCA) terlihat mengalami peningkatan, disamping itu pada Gambar 18b terlihat adanya pembentukan daerah (persen penutupan) dari kategori *Macro Alga* (MA). Hal ini mengindikasikan bahwa selama periode tersebut telah terjadi perubahan struktur pertumbuhan karang batu yang mengalami *bleaching* kearah kematian karang dan diduga proses pertumbuhan kembali (*recovery*) baru akan dimulai. Sangat disayangkan pada tahun 1999 tidak tercatat kondisi terumbu karang di stasiun ini.

Pada saat penelitian di bulan Mei 2000 didapatkan persentase penutupan karang batu sebesar 54%, dimana menurut kriteria penilaian Sukarno (1986) tergolong kedalam kategori baik. Gambar 16 di bawah memperlihatkan adanya kenaikan persentase penutupan karang batu sebesar 40,7% selama limit waktu dua periode dari Bulan Agustus 1998 (13,3%) hingga bulan Mei 2000 (54%). Peningkatan ini juga diikuti oleh menurunnya persentase penutupan karang mati yang tertutupi alga (DCA) sebesar 1,9%. Selama periode ini tidak terlihat adanya tekanan dari lingkungan yang menyebabkan kerusakan ekosistem terumbu karang.

Hasil pengamatan pada bulan Maret 1998 di lokasi Tebing untuk kedalaman 10 m didapatkan total persentase penutupan karang batu sebesar 30,91%, dengan persentase *non-bleach coral* sebesar 15,6% dan *bleach coral* 15,31% (Tabel 7). Kategori karang yang memutih (*bleach coral*) banyak dijumpai dalam bentuk pertumbuhan *Coral Branching* (CB) sebesar 10,6%, kemudian dari kategori *Acropora Tabulate* (ACT) dan *Acropora Branching* (ACB) dengan nilai persentase penutupan kurang dari 3%.

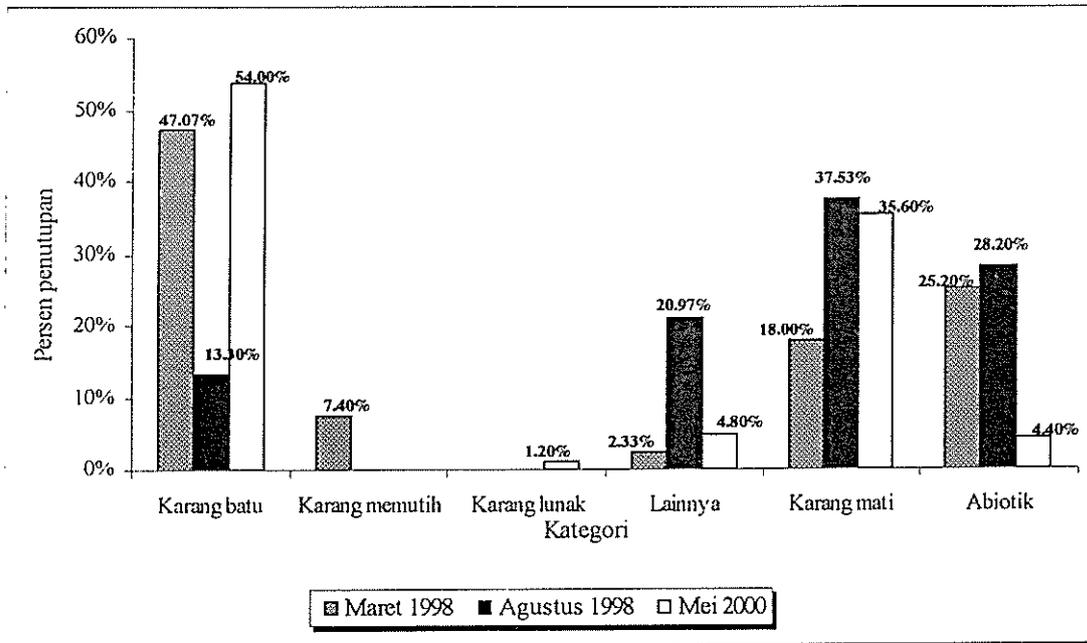
Antara periode bulan Maret 1998 dan Agustus 1998 persentase penutupan karang batu mengalami penurunan sebesar 4,86% dari 15,6% pada bulan Maret 1998 menjadi 10,74% pada bulan Agustus 1998. Penurunan persentase penutupan karang batu ini diikuti oleh naiknya persentase penutupan karang mati tertutup alga (DCA) sebesar 7,06%. Kategori abiotik yang mengalami kenaikan terdiri dari fragmen pecahan-pecahan karang (R) (Gambar 19a dan 19b). Dimana pada gambar tersebut tidak begitu terlihat adanya perubahan yang mencolok. Dalam periode ini tampaknya pemutihan karang telah mengakibatkan kematian pada karang, hal itu ditunjukkan dengan meningkatnya persentase penutupan karang mati dan menurunnya persentase penutupan karang memutih.

Selama periode bulan Agustus 1998 sampai Agustus 1999 persentase penutupan karang batu mengalami kenaikan sebesar 8,01% (Gambar 17), kenaikan persentase penutupan karang batu ini diikuti oleh meningkatnya persentase penutupan dari kategori abiotik pada fragmen pecahan-pecahan karang (R) sebesar 44,77% (dari 13,93% menjadi 58,7%), sedangkan persentase penutupan karang mati mengalami penurunan yang cukup drastis sebesar 18,73%. Lebih jelas perubahan-perubahan tersebut bisa terlihat pada Gambar 19b dan 19c di bawah, yang menggambarkan bahwa pada periode tersebut telah terjadi perubahan komposisi struktur karang dari kategori karang mati tertutup alga (DCA) menjadi patahan-pecahan karang (R), adapun karang batu yang terlihat pada bulan ini adalah dari kategori *Acropora Branching* (ACB). Diduga selama periode tersebut telah terjadi proses *recovery* pada terumbu karang yang dicirikan dengan adanya perubahan pada jenis karang mati yang tertutupi alga (DCA) dan rendahnya karang mati (DC).

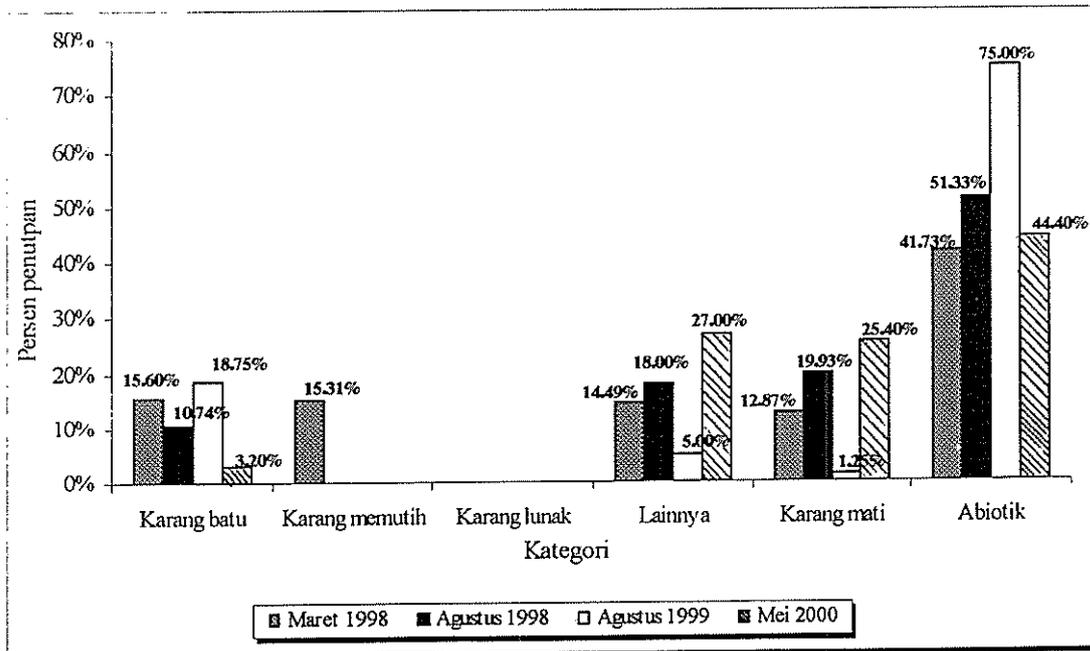
Pada Gambar 17 di bawah memperlihatkan bahwa selama periode bulan Agustus 1999 sampai Mei 2000 persentase penutupan karang batu (HC) mengalami penurunan kembali sebesar 14,35% (dari 18,7% menjadi 3,2%), yang diikuti oleh meningkatnya persentase penutupan karang mati (DC) sebesar 24,2% (dari 1,2% menjadi 25,40%). Disamping itu kategori lainnya dari jenis *Coralline Algae* (CA) mengalami peningkatan yang cukup tinggi sebesar 16,8%. Pada Gambar 19c dan 19d bisa dilihat adanya perubahan arah (luasan dan tingginya persen penutupan) dari luasan kategori pecahan karang (R) dan karang batu (ACB) menjadi karang mati (DCA) dan pasir (S), disamping itu terlihat juga bentuk baru dari kategori *Coralline Algae* (CA) dan *Sponge* (S). Hal tersebut mengindikasikan bahwa selama periode tersebut telah terjadi adanya tekanan dari lingkungan yang menyebabkan ekosistem terumbu karang di lokasi ini menjadi terganggu dan mengakibatkan kematian pada karang. Diduga faktor penyebab kerusakan pada terumbu karang karena adanya fenomena La Nina, disamping itu pemasokan air yang berlebih dari sungai karena banjir telah mengakibatkan terbentuknya partikel-partikel yang mengakibatkan keruhnya perairan disekitar pengamatan sehingga mempersulit bagi *zooxanthellae* untuk mendapatkan sinar matahari dalam melangsungkan proses fotosintesis. Disamping itu diduga pada saat pengamatan pada bulan Mei 2000 ekosistem terumbu karang di daerah tersebut sedang mengalami proses *recovery*, yang ditunjukkan dengan meningkatnya persentase penutupan dari jenis *Coralline Algae* (CA) dan tingginya persentase penutupan karang mati yang tertutupi alga (DCA).

Secara umum kondisi terumbu karang di lokasi Tebing pada kedalaman 3 m lebih baik dibandingkan dengan kedalaman 10 m. Dimana pada kedalaman 3 m (Gambar 16) persentase penutupan karang batu menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedalaman 10 m (Gambar 17). Tetapi disamping itu ternyata persentase penutupan karang mati di kedalaman 3 meter juga menunjukkan nilai yang cukup relatif tinggi. Dan sebaliknya pada kedalaman 10 m persentase penutupan karang yang memutih (*bleaching*) tercatat lebih banyak jumlahnya dibandingkan pada kedalaman 3 meter. Diduga bahwa tingginya tekanan dari lingkungan yang

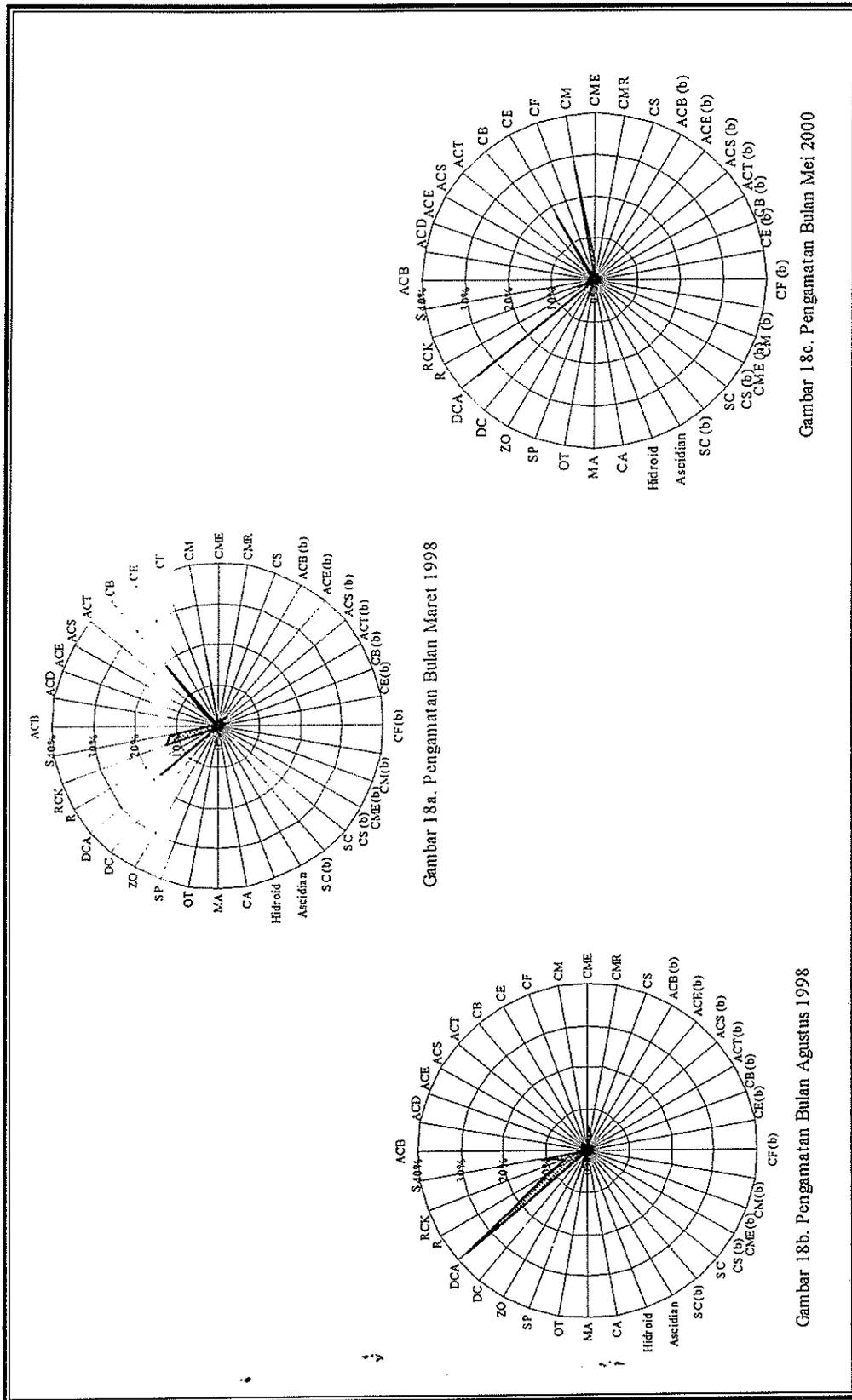
menimbulkan karang mengalami tekanan psikologis (*stress*) menyebar secara vertikal.



Gambar 16. Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing Kedalaman 3 meter.



Gambar 17. Histogram Perubahan Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing Kedalaman 10 meter.



Gambar 18. Grafik Perubahan Persentase Penutupan Substrat Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Tebing Kedalaman 3 meter.



#### 4.2.2 Perubahan *Mortality Index* (MI)

Tabel 8. Perubahan *Mortality Index* di Amed

Stasiun	Reef Check				Kebun Koral		Tebing			
	Agustus'97		Agustus'98		Maret'98	Agustus'98	Maret'98		Agustus'98	
	3 m	10 m	3 m	10 m	3 m	3 m	3 m	10 m	3 m	10 m
MI	0,23	0,00	0,45	0,73	0,17	0,46	0,25	0,29	0,61	0,63

Marlina, 1999

Stasiun	Reef Check				Kebun Koral		Tebing			
	Agustus'99		Mei'00		Agustus'99	Mei'00	Agustus'99		Mei'00	
	3 m	10 m	3 m	10 m	3 m	3 m	3 m	10 m	3 m	10 m
MI	0,00	0,06	0,9	0,9	0,2	0,96		0,8	0,4	0,9

Berdasarkan Tabel 8 dapat dilihat bahwa secara umum pada pengamatan di Lokasi Reef Check untuk kedalaman 3 meter menunjukkan adanya peningkatan nilai *Mortality Index* dari tahun ke tahun. Pada periode bulan Agustus 1997 sampai Agustus 1998, nilai *Mortality Index* mengalami peningkatan sebesar 0,22 (dari 0,23 menjadi 0,45). Peningkatan nilai kematian karang tersebut diduga akibat dari adanya tekanan baik itu tekanan dari alam ataupun dari lingkungan sekitar yang mengakibatkan rusaknya terumbu karang dan kemudian diikuti dengan kematian pada karang. Pada periode bulan Agustus 1998 sampai Agustus 1999 nilai *Mortality Index* mengalami penurunan, dimana pada bulan Agustus 1999 tidak tercatat adanya karang mati. Pada limit waktu tersebut gangguan terhadap ekosistem terumbu karang dapat dilihat karena pengaruh aktivitas manusia, yang dicirikan dengan adanya peningkatan pada kategori pecahan karang (R). Kemudian pada periode Agustus 1999 sampai Mei 2000 nilai *Mortality Index* mengalami peningkatan yang cukup tajam sebesar 0,9 (dari 0,00 menjadi 0,9). Tingginya nilai *Mortality Index* yang didapat pada bulan Mei tersebut menunjukkan bahwa banyaknya karang yang mengalami kematian dalam periode tersebut. Peningkatan kematian karang tersebut diduga sebagai respon dari ekosistem terumbu karang terhadap tekanan-tekanan yang ada baik itu karena

aktivitas manusia maupun dari gangguan alam. Menurut penduduk setempat faktor yang menyebabkan banyaknya karang mati yang dijumpai pada saat pengamatan diduga karena faktor alam, seperti tingginya curah hujan selama tahun 1999 dan adanya banjir besar, diduga bahwa fenomena La Nina memberikan peran yang berarti terhadap kematian karang.

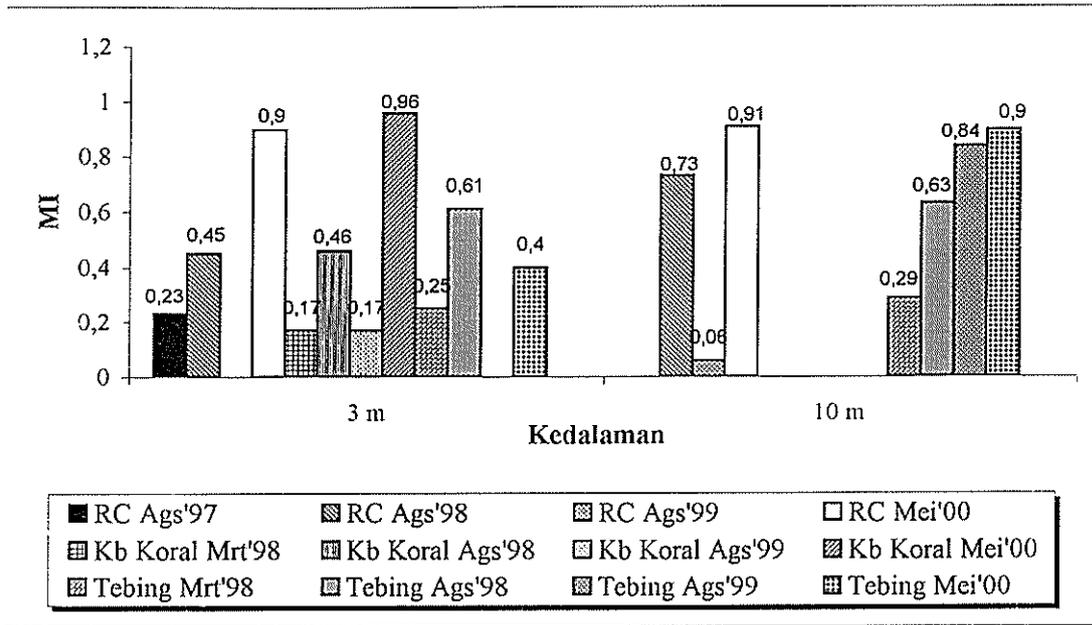
Tidak jauh berbeda dengan kedalaman 3 m pada kedalaman 10 m juga terlihat adanya peningkatan nilai *Mortality Index*. Pada periode bulan Agustus 1997 sampai Agustus 1998 nilai *Mortality Index* meningkat sebesar 0,73, dimana pada bulan Agustus 1997 tidak ditemukan adanya karang mati. Adanya fenomena El Nino yang terjadi pada bulan Oktober 1997 telah mengakibatkan banyaknya karang yang mengalami *stress* yang dicirikan dengan adanya karang yang memutih (*bleaching*), dan kemudian pada akhirnya akan mengalami kematian karena tidak bisa beradaptasi dengan adanya perubahan lingkungan tersebut, hal tersebut diperburuk dengan adanya aktivitas masyarakat pesisir disekitar. Pada periode bulan Agustus 1998 sampai Agustus 1999 terlihat nilai *Mortality Index* mengalami penurunan, tapi kemudian pada periode bulan Agustus 1999 sampai Mei 2000 mengalami peningkatan lagi. Diduga selain adanya fenomena El Nino yang terjadi pada tahun 1997 dua tahun kemudian daerah tersebut juga terkena oleh dampak fenomena La Nina sehingga ekosistem terumbu karang yang ada tidak mempunyai kesempatan untuk tumbuh dengan baik.

Pada Pengamatan di lokasi Kebun Koral yang teramati hanya pada kedalaman 3 meter saja. Dimana nilai *Mortality Index* cenderung mengalami peningkatan (Gambar 20). Pada periode bulan Maret 1998 sampai Agustus 1998 nilai *Mortality Index* (terlihat dari Tabel 8 di atas) mengalami peningkatan sebesar 0,29 (dari 0,17 menjadi 0,46). Pada periode bulan Agustus 1998 sampai Agustus 1999 nilai *Mortality Index* mengalami penurunan sebesar 0,26 (dari 0,46 menjadi 0,2). Kemudian selama periode enam bulan antara bulan Agustus 1999 sampai Mei 2000 mengalami peningkatan yang cukup drastis sebesar 0,76 (dari 0,2 menjadi 0,96). Tidak jauh berbeda dengan lokasi pengamatan di lokasi Reef Check pada stasiun ini pun diduga faktor penyebab terjadinya perubahan nilai *Mortality Index* yang cenderung

meningkat selama periode empat tahun tersebut diduga akibat adanya tekanan dari alam berupa adanya fenomena El Nino yang kemudian diikuti dengan adanya fenomena La Nina sehingga telah menimbulkan suhu perairan di lokasi tersebut cenderung berubah dari tahun ke tahun. Dalam hal ini telah terjadi adanya penyimpangan suhu permukaan air laut yang terjadi secara tiba-tiba, diantaranya pada akhir tahun 1997 suhu disekitar perairan tersebut telah mengalami kenaikan, kemudian diikuti dengan adanya penurunan suhu yang terjadi pada akhir tahun 1999. Dengan demikian diduga bahwa fenomena tersebut merupakan faktor yang telah menyebabkan tingginya tingkat kematian pada karang.

Di lokasi pengamatan Stasiun 3 (Tebing), baik kedalaman 3 m maupun 10 m nilai *Mortality Index* selama periode empat tahun cenderung mengalami peningkatan pula. Dimana pada periode antara bulan Maret 1998 hingga Agustus 1998 untuk kedalaman 3 m dan 10 m nilai *Mortality Index* mengalami peningkatan masing-masing sebesar 0,36 dan 0,34. Pada periode bulan Agustus 1998 sampai Agustus 1999 nilai *Mortality Index* hanya terukur pada kedalaman 10 m saja, dimana dalam selang waktu tersebut terjadi peningkatan nilai *Mortality Index* sebesar 0,17. Kemudian pada periode bulan Agustus 1999 hingga Mei 2000 nilai *Mortality Index* meningkat sebesar 0,4 untuk kedalaman 3m dan 0,1 untuk kedalaman 10 m. Hal tersebut juga mengindikasikan bahwa di lokasi pengamatan ini selama periode empat tahun telah terjadi penekanan terhadap kelangsungan hidup ekosistem terumbu karang, yang dicirikan dengan adanya peningkatan nilai *Mortality Index* dari tahun ke tahun, seperti yang terlihat pada Gambar 20 di bawah.

Secara umum dapat dilihat pada Gambar 20 di bawah bahwa selama periode empat tahun baik kedalaman 3 m maupun 10 m telah terjadi peningkatan nilai *Mortality Index*, dimana pada kedalaman 10 m nilai *Mortality Index* cenderung lebih tinggi dibanding pada kedalaman 3 m, dengan nilai tertinggi didapat pada saat pengamatan bulan Mei 2000. Hal tersebut mengindikasikan bahwa tingkat penekanan-penekanan yang telah terjadi mengakibatkan meningkatnya tingkat kematian pada sebagian jenis karang. Dan tingkat kematian karang paling tinggi didapat pada waktu pengambilan data di bulan Mei 2000.



Gambar 20. Histogram Perubahan *Mortality Index*.

#### 4.2.3 Perubahan Komposisi Terumbu Karang di Perairan Amed

Pada Gambar 21 di bawah terlihat bahwa selama periode empat tahun yaitu dari tahun 1997 sampai tahun 2000, suhu permukaan air laut di perairan Amed mengalami perubahan, dengan nilai suhu perairan berkisar dari 22,72°C sampai 29,5°C.

Pada pengamatan bulan Agustus 1997 kondisi lingkungan disekitar perairan Amed terlihat masih dalam kondisi normal. Suhu permukaan air laut pada saat itu masih menunjukkan dalam batas toleransi suhu yang optimal untuk pertumbuhan terumbu karang, dengan nilai rata-rata suhu bulanan 26,24°C. Karang yang memutihpun (*bleaching*) belum ditemukan disekitar perairan tersebut. Hal ini diduga bahwa pada saat itu tekanan dari lingkungan belum begitu berpengaruh terhadap kondisi ekosistem terumbu karang disekitarnya.

Pada periode bulan Agustus hingga Desember 1997 terlihat bahwa parameter suhu perairan mengalami kenaikan, dimana nilai suhu tertinggi dicapai pada bulan Desember yaitu sebesar 29,5°C.

Selama periode satu tahun antara bulan Oktober 1997 sampai Oktober 1998, pada Gambar 21 di bawah terlihat bahwa suhu permukaan air laut mengalami fluktuasi turun naik, kisaran rata-rata perubahan suhu pada periode ini yaitu antara 27-28°C. Dimana suhu maksimum dicapai pada bulan Desember 1997 dan suhu minimum dicapai pada bulan Juli 1998. Suhu air mengalami peningkatan selama empat bulan yaitu antara bulan Agustus sampai November 1997 sebesar 3,26°C, kemudian suhu menurun lagi pada bulan Desember 1997 sampai Agustus 1998 sebesar 2,91°C. Dan selanjutnya suhu mengalami perubahan dalam kisaran yang relatif kecil.

Pada periode bulan Oktober 1998 hingga Oktober 1999, fluktuasi perubahan rata-rata suhu bulanan relatif kecil, dengan rata-rata kisaran perubahan suhu antara 25,7-27,5°C. Suhu tertinggi pada periode ini dicapai pada bulan Oktober 1998 sebesar 27,8°C dan suhu terendah dicapai pada bulan Februari 1999 sebesar 25,32°C.

Pada periode bulan Oktober 1999 sampai Mei 2000, fluktuasi perubahan rata-rata suhu permukaan air laut berkisar antara 25-26,9°C. Suhu rata-rata bulanan

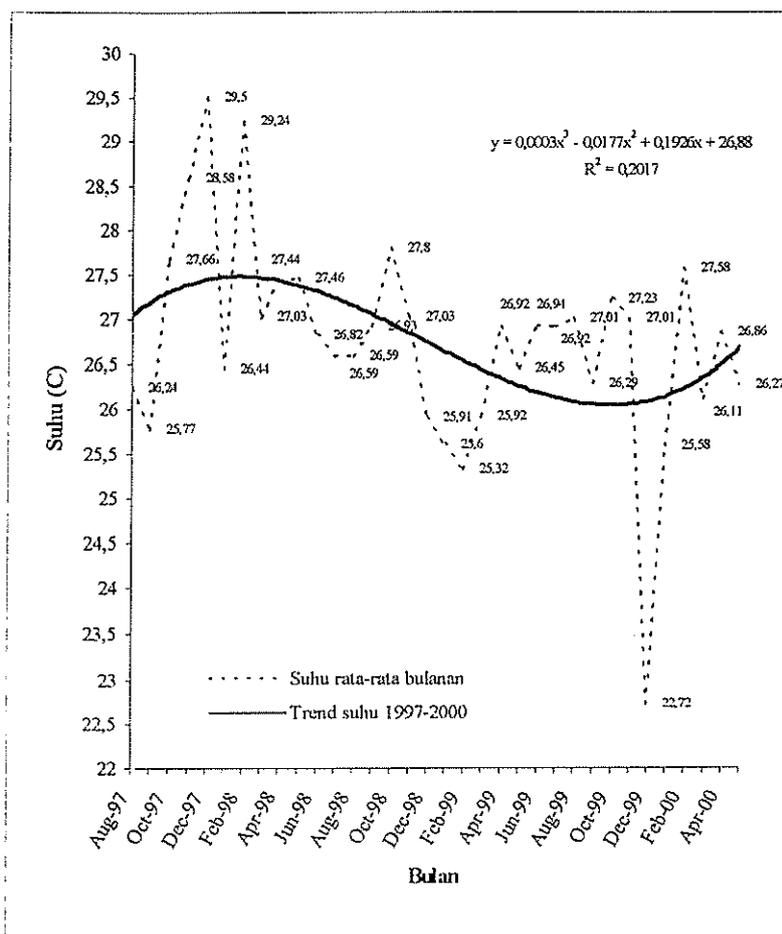
tertinggi dicapai pada bulan 27,23°C dan suhu terendah dicapai pada bulan Desember 2000 yaitu sebesar 22,72°C.

Secara umum dapat dilihat bahwa selama periode empat tahun di perairan Amed kondisi suhu perairannya mengalami fluktuasi naik-turun yang cenderung mengalami pendinginan. Hal tersebut bisa dilihat pada Gambar 21, kisaran perubahan suhu tertinggi dicapai pada periode bulan Oktober 1997 sampai Oktober 1998, dan terendah dicapai pada periode bulan Oktober 1999 sampai Mei 2000.

Terlihat jelas bahwa suhu merupakan faktor terbesar yang mempengaruhi terhadap kelangsungan hidup ekosistem terumbu karang di perairan Amed, dimana dengan adanya penyimpangan suhu selama empat kali pengamatan yaitu dari bulan Agustus 1997 sampai Mei 2000 kondisi ekosistem terumbu karang di ketiga stasiun pengamatan telah mengalami perubahan komposisi struktur bentuk pertumbuhan karang. Adanya penyimpangan suhu yang terjadi dalam periode bulan Agustus 1997 sampai Agustus 1998, dimana dalam Gambar 21 terlihat suhu disekitar perairan Amed pada bulan Desember 1997 dan Februari 1998 mengalami peningkatan, diduga adanya penyimpangan suhu tersebut telah menimbulkan sebagian karang mengalami tekanan psikologis (*stress*), yang dicirikan dengan ditemukannya karang yang memutih (*bleaching*) pada saat pengambilan data di bulan Maret 1998 pada Stasiun 2 (Kebun Koral) dan Stasiun 3 (Tebing). Dalam periode tersebut juga terlihat adanya penurunan persentase penutupan karang batu yang diikuti dengan meningkatnya persentase penutupan karang mati dari ketiga stasiun pengamatan. Adanya fenomena *bleaching* diduga telah mengakibatkan banyaknya karang yang mengalami kematian, hal tersebut dicirikan dengan adanya peningkatan nilai *Mortality Index*.

Pada periode bulan Agustus 1998 sampai Agustus 1999, perubahan suhu perairan berada dalam kisaran yang relatif kecil dan berada dalam batas toleransi untuk pertumbuhan terumbu karang. Kondisi ekosistem terumbu karang di ketiga stasiun pengamatan diduga sedang mengalami pemulihan (*recovery*). Hal tersebut dicirikan dengan adanya peningkatan pada persentase penutupan karang batu dan menurunnya nilai *Mortality Index* yang berarti bahwa selama periode ini karang yang mengalami kematian relatif lebih sedikit.

Selama periode satu tahun antara bulan Agustus 1999 sampai Mei 2000, tekanan terhadap ekosistem terumbu karang terlihat lagi, dimana pada selang limit waktu tersebut didapatkan adanya penurunan persentase karang batu yang mengindikasikan adanya gangguan terhadap kelangsungan hidupnya. Disamping itu terlihat pula adanya kenaikan nilai *Mortality Index* yang mengindikasikan terdapatnya kenaikan karang mati. Adanya penyimpangan suhu yang terjadi dalam periode tersebut, yakni dengan adanya indikasi penurunan suhu pada bulan Desember 1999 disekitar pengamatan, diduga merupakan faktor utama yang menyebabkan tingginya persentase karang mati ketika pengambilan data pada bulan Mei 2000. Dengan ditemukannya karang yang mengalami pemutihan (*bleaching*) pada saat pengambilan data terakhir diduga bahwa karang tersebut sebelumnya telah mengalami *stress* yang kemudian selanjutnya mengalami kematian. Dengan ditemukannya persen penutupan beberapa jenis dari kategori alga dan persen penutupan dari kategori karang mati yang tertutupi alga pada saat pengamatan di bulan Mei diduga bahwa pada periode ini ekosistem terumbu karang di lokasi tersebut sedang mengalami pemulihan (*recovery*), diprediksikan bahwa kondisi terumbu karang tersebut jika tidak terdapat tekanan ekologis yang bersifat *natural damage* ataupun yang bersifat *Anthropogenic* dalam beberapa tahun kedepan akan kembali tumbuh dengan subur.



Gambar 21. Trend dan Rata-Rata Bulanan Suhu Permukaan Laut pada Lokasi 115° BT dan 08°LS (Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika Jakarta).

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Selama empat periode, yaitu dari bulan Agustus 1997 sampai Mei 2000 kondisi ekosistem terumbu karang di perairan Pantai Amed pada ketiga stasiun pengamatan di kedalaman 3 meter dan 10 meter telah mengalami degradasi, dimana persentase penutupan karang batu dari tahun ketahun cenderung mengalami penurunan.

Adanya gangguan dari alam berupa fenomena El Nino yang dicirikan dengan adanya peningkatan suhu pada bulan Desember 1997 yang kemudian disusul dengan adanya fenomena La Nina yang dicirikan dengan adanya penurunan suhu pada bulan Desember 1999 di sekitar pengamatan diduga merupakan faktor utama yang telah mengakibatkan terumbu karang di lokasi pengamatan mengalami perubahan struktur pertumbuhan dari kategori karang yang ada.

*Coral bleaching* merupakan respon dari karang terhadap adanya tekanan-tekanan tersebut diatas. Dimana penyimpangan suhu tersebut telah mengakibatkan sebagian karang mengalami tekanan psikologis (*stress*), yang dicirikan dengan ditemukannya karang memutih (*bleaching*) di lokasi Kebun Koral dan Tebing pada saat pengambilan data pada bulan Maret 1998 dan Mei 2000, dimana karang dari kategori *Acropora* merupakan yang paling mudah terkena dampaknya. Dan kemudian dalam beberapa bulan karang tersebut mengalami kematian. Hal itu bisa dilihat dengan didapatkannya peningkatan nilai *Mortality Index* yang cukup tinggi dalam dua periode, yaitu selama periode Agustus 1997 sampai Agustus 1998, dan dalam periode bulan Agustus 1999 sampai Mei 2000, yang mengindikasikan bahwa selama periode-periode tersebut telah terjadi peningkatan kematian pada karang batu.

### 5.2 Saran

1. Perlu dibuat transek permanen dalam pengambilan data untuk mendapatkan titik koordinat yang sama pada setiap pengamatan.

2. Adanya inventarisasi kondisi ekosistem terumbu karang secara kontinue dan dalam waktu yang sama akan mempermudah dalam upaya pengontrolan terhadap perubahan-perubahan yang mungkin terjadi.
3. Perlu diteliti lebih lanjut mengenai adanya daerah *water land* disekitar stasiun Kebun Koral yang diduga sebagai faktor penyebab sulitnya bagi terumbu karang untuk berkembang.

## DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, R.D. 1987. *Invertebrate Zoology* (Fifth Edition). Saunders College Publishing.
- Brown, B.E., and L.S. Howard. 1985. Assessing the Effect of 'Stress' on Reef Corals. *Advances in Marine Biology*. 22: 1-63.
- Brown, B.E, and Suharsono. 1990. Damage and Recovery of Coral Reef Offected by El Nino Related Seawater Warming in the Thousand Island, Indonesia. *Coral Reefs*. 8: 163-170.
- Clark, J.R. 1992. *Integrated Management of Coastal Zones*. FAO. Fisheries Technnical Paper. Rome. Italy.
- Coles, S.L. 1984. Colonization of Hawaiiin Reef Corals on New and Denuded Substrata in the Vicinity of a Hawaiian Power Station. *Coral Reefs*. 3: 123-130.
- Dartnal, A.J., and M. Jones. 1986. *A Manual Survey Method for Living Resources in Coastal Area*. ASEAN. Australia Cooperative Program in Marine Science. Australian Institute of Marine Science.
- Davies, P.S. 1984. The Role of Zooxanthellae in the Nutritional Energy Requirements of *Pocillopora Eydouxy*. *Coral Reefs*. 2: 181-186.
- Ditlev, H. 1980. *A Field-Guide to the Reef-Building Coral of the Indo Pasific*. Scandinavian Science Press Ltd. Klampenborg.
- Egana, A.C., and L. Disalvo. 1982. Mass Expulsion of Zooxanthellae by Easter Island Corals. *Pac. Science*. 36/1: 61-63.
- English , S., C. Wilkinson and V. Baker. 1994. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Australian Institute of Marine Science. Townsville.
- Glynn, P.W. 1989. Coral Mortality and Disturbances to Coral Reefs in the Tropical eastern Pacific. *in* : GLYNN, P. W., *Global ecological consequences of the 1982-83 El Niño-Southern Oscillation*. Amsterdam, 55-126.
- Glynn, P.W. 1990. Coral Mortality and Disturbances to Coral Reefs in the Tropical Eastern Pasific. Dalam Glynn, P.W. *Global Ecological Consequences of the 1982-1983 El-Nino Southern Oscilation*. Elsevier, Amsterdam.

- ✓ Glynn, P.W. 1996. Coral Reef Bleaching: Fact, Hypotheses and Implications. *Global Change Biology*. 2: 495-509.
- Glynn, P.W., and L. D'Croz. 1990. Experimental Evidence for High Temperature Stress as the Cause of El Nino-Coincident Coral Mortality. *Coral Reefs*. 8: 181-192.
- Gomez, E.D. and H.T. Yap. 1988. Monitoring Reefs Conditions. Pp171-178. in: Kechington, R.A, and B.E.T. Hudson (editor). *Coral Reefs Management Handbook*. UNESCO Regional for Science and Technology for South East Asia. Jakarta.
- Jackson, J.B.C., J.D. Cubit, and B.D. Keller. 1989. Ecological Effects of Major Oil Spill on Panamanian Coastal Marine Communities. *Science*. 243: 37-44.
- Johnes, O.A. and R. Endean. 1973. *Biology and Geology of Coral Reefs*. Vol.1 : Geology 1. Academic Press. New York, London.
- Mapstone, G.M. 1990. Corals Reef and Sponge of Indonesia: A Video-Based Learning Module. Division of Marine Science. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Netherlands.
- Mather, Patricia, and I. Bennet. 1984. *A Coral Reef Handbook: A Guide to the Fauna, Flora and Geology of Heron Island and Adjacent Reef and Cays*.
- Nikijuluw, V.D.H. 1998. Management of Coastal Area by Villagers of Jemeluk, Bali Island. *Indonesia Journal of Coastal and Marine Resources Management*.
- Nontji, A. 1987. *Laut Nusantara*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Nontji, A. 1987. Peranan Zooxanthellae dalam Ekosistem Terumbu Karang. *Oseana* Vol. IX No. 3. P3O-LIPI. Jakarta.
- Nurlidiasari. M. 1999. Kajian Perubahan Komposisi Terumbu Karang Akibat Fenomena "*Bleaching*" di Perairan Amed, Bali. Skripsi. Program Studi Ilmu Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor. (tidak dipublikasikan).
- Nybakken, J.W. 1988. *Biologi Laut; Suatu Pengantar Ekologi*. Terjemahan oleh: M. Eidman, D.G. Bangen, H. Malikusworo dan Sukristijono. *Marine Biology: An Ecology Approach*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamental of Ecology*. Toppan Company, Ltd. Tokyo.

- Pearson, R.G. 1981. Recovery and Recolonization of Coral Reef. *Marine Ecology Progress Series*. 4: 105-122.
- Peters, E.C. 1993. Diseases of Other Invertebrate Phyla: Porifera, Cnidaria, Ctenophora, Annelida, Echinodermata. in: *Pathobiology of Marine and Estuarine Organisms* (eds Couch, J.A., Fournie, J.W.). pp. 393-449. CRC Press, Boca Raton.
- ✓Pomerance, R. 1999. Coral Bleaching, Coral Mortality and Global Climate Change. Bureau of Oceans and International Environmental and Scientific Affairs. USA.
- Salm, R.V. and J.R. Clark. 1989. *Marine and Coastal Protected Area: A Guide for Planner and Managers*. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Gland, Switzerland.
- Suharsono. 1987. Reproduksi Karang Batu. *Oseana Volume IX*. Nomer 1. Pusat Penelitian Biologi Laut. LON-LIPI. Jakarta.
- Suharsono. 1994. Metode Penelitian Terumbu Karang. Materi Kursus Pelatihan Metodologi Penelitian Penentuan Kondisi Terumbu Karang. P3O- LIPI dan Universitas Sam Ratulangi. Manado.
- Suharsono. 1996. Jenis-Jenis Karang yang Umum Dijumpai di Perairan Indonesia. P3O-LIPI. Jakarta.
- Suharsono. 1998. Kesadaran Masyarakat Tentang Terumbu Karang (Kerusakan Karang di Indonesia). P3O-LIPI.
- ✓Suharsono. 1998. Condition of Coral Reef Resources in Indonesia. Paper dalam *Jurnal Pesisir dan Lautan*. Vol.1. No.2. PKSPL. IPB.
- Sukarno. 1986. The Status of Coral Reef in Indonesia. *Proceedings of MABCOMAR Regional Workshop on Coral Reef Ecosystem : Their Management Practices and Research/Training Needs*. UNESCO-LIPI. Jakarta.
- Sukarno, M: Hutomo, M.K. Moosa dan P. Darsono. 1983. *Terumbu Karang di Indonesia: Sumberdaya, Permasalahan dan Pengelolaannya*. Proyek Studi Potensi Sumberdaya Alam Indonesia, Studi Potensi Sumberdaya Hayati Ikan. LON-LIPI. Jakarta.
- ✓Szmant, A.M. and N.J Gasman. 1990. The Effects of Prolonged 'Bleaching' on the Tissue Biomass and Reproduction of the Reefs Corals *Montrastrea annularis*. *Coral Reefs*. 8/4: 217-224.

- Tomascik, T., J.M. Anmaric, A. Nontji, and M.K. Moosa. 1997. The Ecology of Indonesia Seas Part. One. The Ecology Indonesia Series. Vol. VII. Periplus Editions (HK). Ltd.
- Veron, J.E.N. 1986. Coral of Australia and the Pasific. University of Hawai Press. Honolulu.
- Weinberg, S. 1981. A Comparison of Coral Reef Survey Methods. Dept. of Marine Science, University of Puerto Rico.
- Williams, E.H., and J.R. Bunkley-Williams, L. 1990. The World-Wide Coral Reef Bleaching Cycle and Related Source of Coral Mortality. Atoll. Res. Bull. 355: 1-72.
- White, A.T. 1987. Coral Reefs: Valuable Resources of Southeast Asia. ICLARM Education Series 1. 36p.
- Wood, and M. Elizabeth. 1983. Reef Corals of the World: Biology and Field Guide. T.F.H. Publications Inc.
- Yayasan WWF Indonesia, Kawasan Wallacea. 1998. Kondisi Terumbu Karang Bali Dewasa ini. Denpasar 1998.
- Yayasan WWF Indonesia, Kawasan Wallacea. 1999. Laporan Reef Check 1999. Denpasar 1999.
- Younge, C.M. and A.G. Nicholls. 1931. Studies on Physiology of Coral IV. The Structure, Distribution and Physiology of the Zooxanthellae. Scientific Reports of the Great Barrier Reef Expedition 1928-1929.
- Zamani, P.Z. 1995. Effect of Environmental Stress on Cell Division and Other Cellular Parameters of Zooxanthellae in the Tropical Symbiotic Anemone *Heteractis Malu*, Haddon and Schackleton. Marine Science and Coastal Management Departement University of New Castle Upon Tyne. UK.

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Ciamis, pada tanggal 16 Oktober 1978 sebagai putra kedua dari lima bersaudara pasangan Ibu Entin Kartini dan Bapak Mahfudin.

Penulis memulai pendidikan dasar dari Madrasah Ibtidaiyah Imbanagara di Ciamis pada tahun 1984-1990, kemudian dilanjutkan pada sekolah menengah Madrasah Tsanawiyah Negeri Ciamis tahun 1990-1993. Pendidikan lanjutan ditempuh di Madrasah Aliyah Negeri 2 Ciamis pada tahun 1993-1996.

Penulis diterima di Institut Pertanian Bogor melalui Jalur Undangan Seleksi Masuk IPB dengan pilihan program studi Ilmu dan Teknologi Kelautan pada tahun 1996.

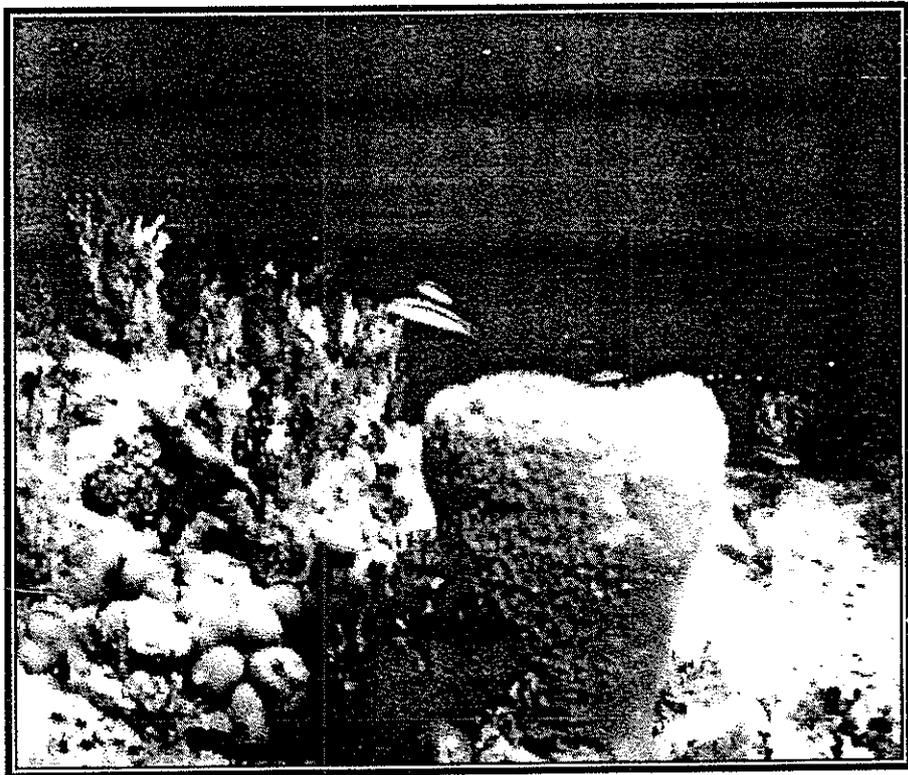
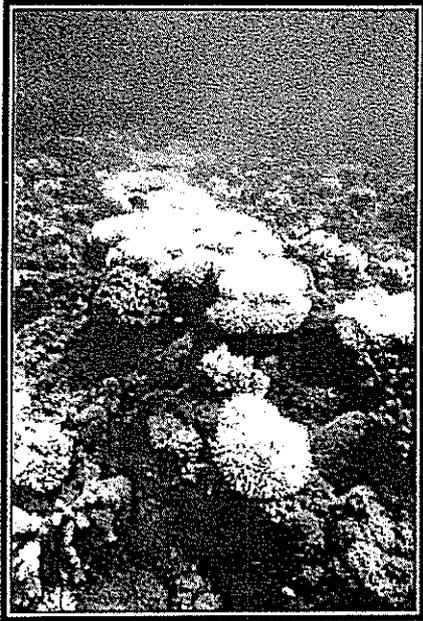
Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam berbagai kegiatan kampus dan kemahasiswaan, diantaranya pada tahun 1996 masuk sebagai anggota olah raga beladiri Karate, mengikuti program magang di Perikanan Samudra Besar, Benoa, Bali pada tahun 1998, menjadi koordinator asisten m.a Widya Selam pada tahun 1998.

Dikeorganisasian kampus penulis aktif di Fisheries Diving Club (FDC), selama di FDC penulis aktif dalam beberapa kegiatan penelitian diantaranya mengikuti Ekspedisi Zooxanthellae V di Pantai Barat Lampung tahun 1999, *volunteer* Reef Check di daerah Lampung tahun 1999, Pengamatan ekosistem terumbu karang di daerah Nusa Penida, Bali pada tahun 2000, Koordinator kegiatan Reef Check untuk kawasan Lampung pada tahun 2000, tim survey pemetaan terumbu dan ikan karang di P. Sebesi, Lampung tahun 2001.

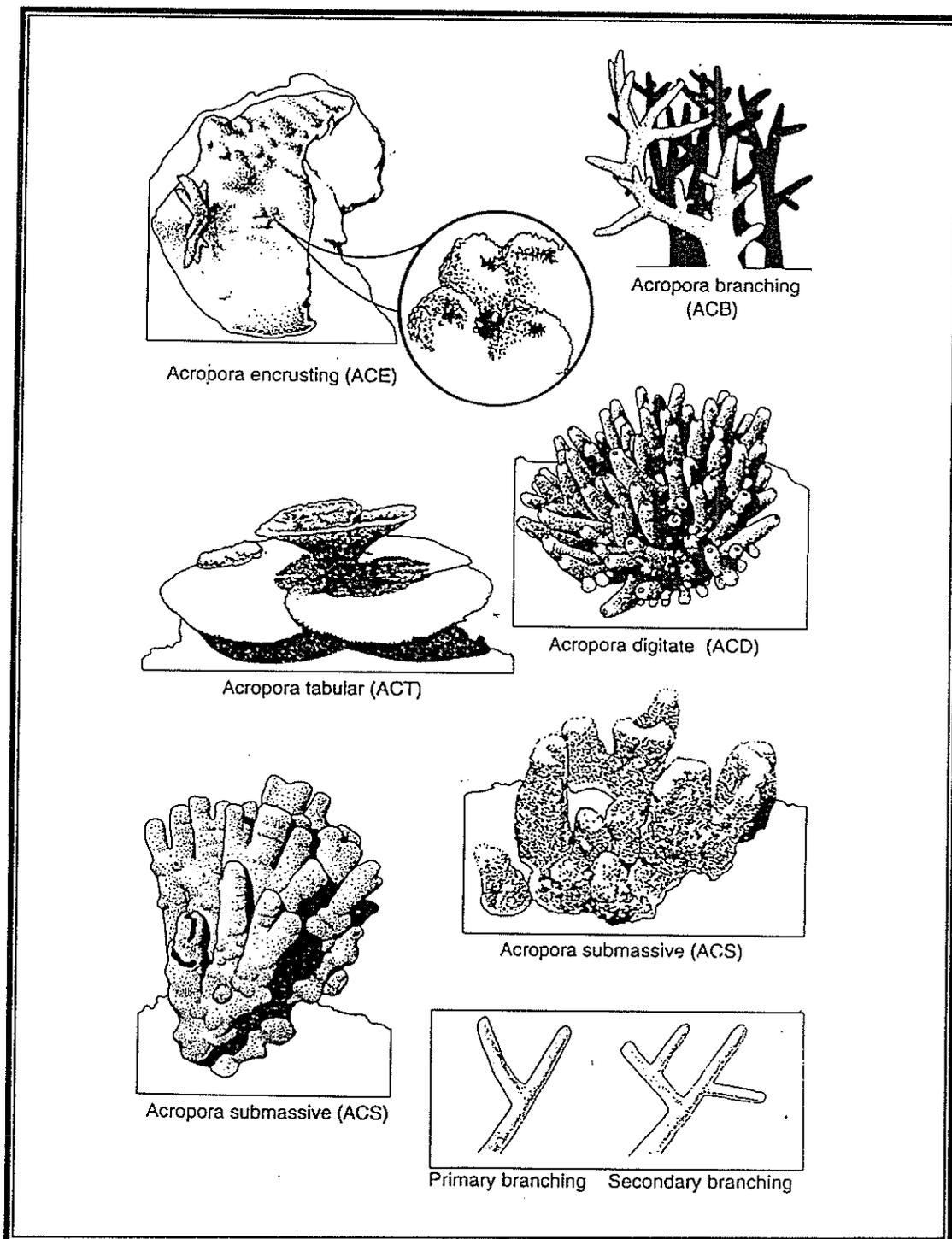
Dibidang kemasyarakatan penulis juga aktif dalam mengikuti program pemberdayaan masyarakat pesisir, seperti melakukan kampanye pelestarian terumbu karang di Lampung pada tahun 2000, kemudian sebagai investigator terumbu dan ikan karang pada tahun 2001 yang tergabung dalam Forum Komunikasi Agrobisnis.

***SAMPURAN***

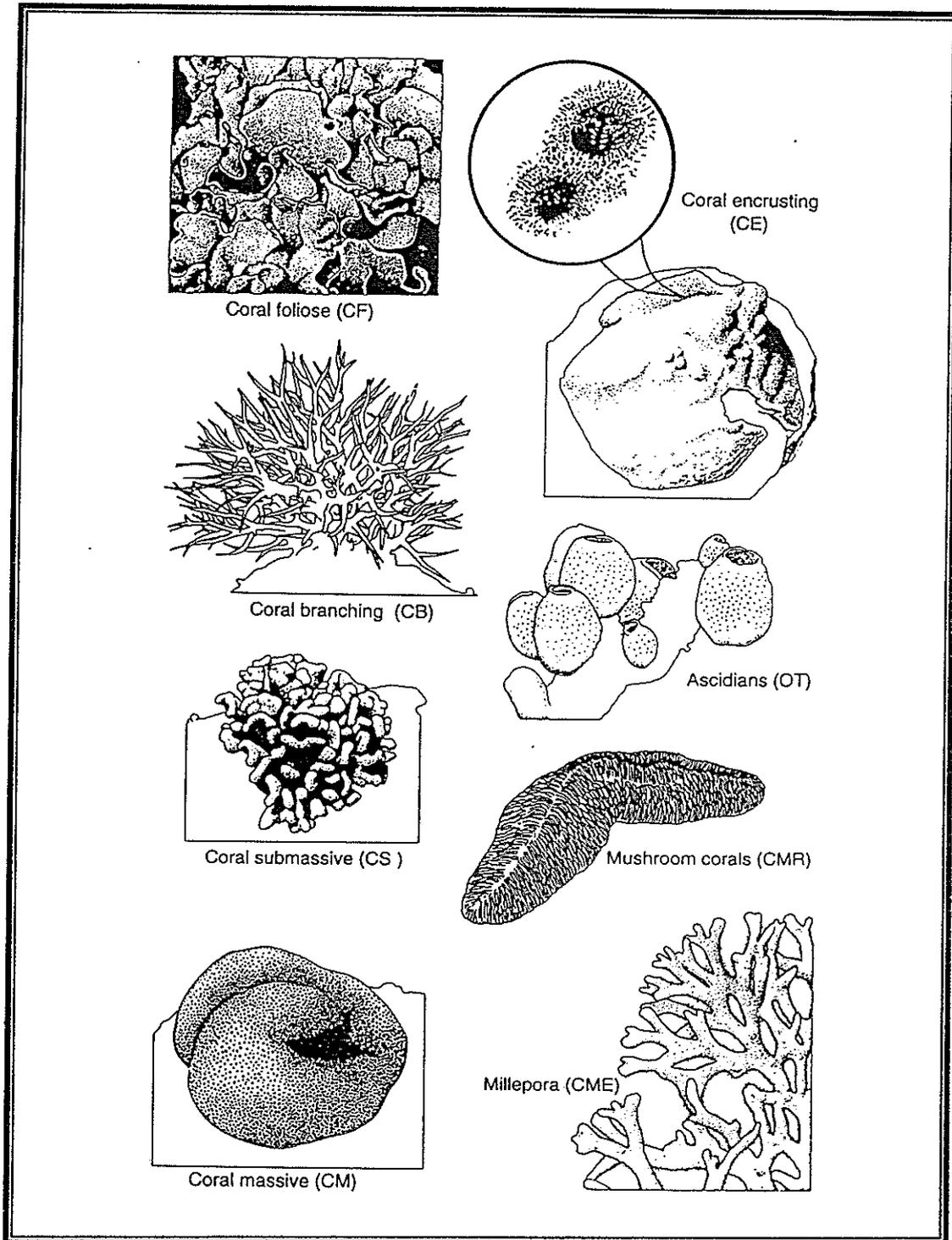
Lampiran 1. Gambar Terumbu Karang yang Mengalami Pemutihan.



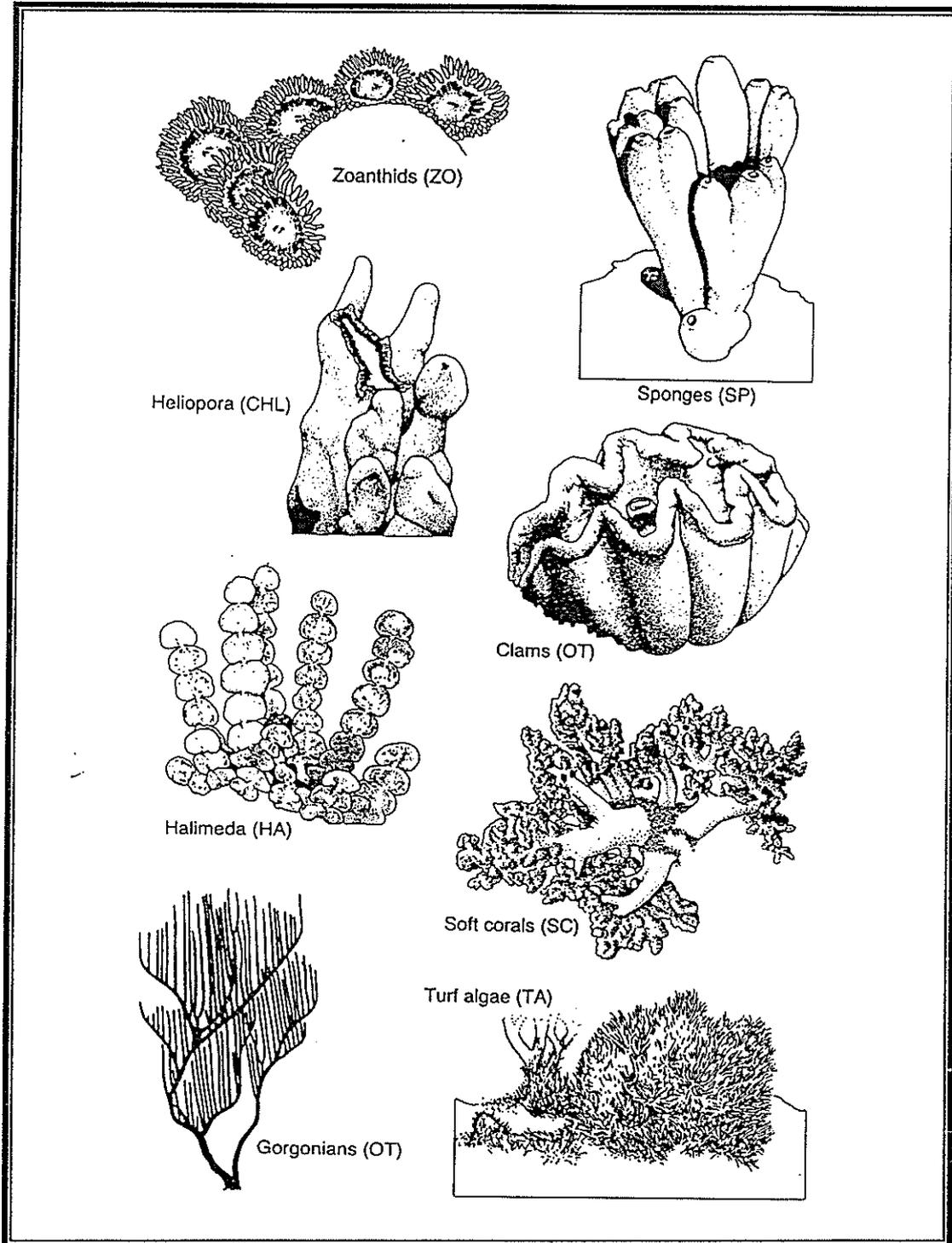
Lampiran 2. Contoh Pengelompokan Bentuk Pertumbuhan Biota Terumbu Karang  
(English *et al.*, 1994)



Lampiran 2 (Lanjutan).



Lampiran 2 (Lanjutan).



Lampiran 3. Tabel Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check pada Bulan Agustus 1997 dan Agustus 1998.

Kategori	Agustus 1997		Agustus 1998	
	3 meter (%)	10 meter (%)	3 meter (%)	10 meter (%)
<b>Karang batu</b>	<b>43,39</b>	<b>39,63</b>	<b>32,93</b>	<b>7,32</b>
HC	43,39	39,63	32,93	7,32
<b>Karang lunak</b>	<b>1,83</b>	<b>0,61</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
SC	1,83	0,61	0,00	0,00
<b>Lainnya</b>	<b>3,05</b>	<b>14,03</b>	<b>7,32</b>	<b>3,66</b>
SP	0,61	10,37	2,44	1,22
OT	0,61	3,66	4,88	2,44
<b>Karang mati</b>	<b>15,24</b>	<b>0,00</b>	<b>28,05</b>	<b>19,51</b>
DC	15,24	0,00	28,05	19,51
DCA	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Abiotik</b>	<b>36,49</b>	<b>45,73</b>	<b>31,70</b>	<b>69,51</b>
RCK	3,11	18,29	9,76	13,41
S	8,54	21,89	13,40	15,86
SI	1,83	0,00	0,00	0,00
R	23,01	5,49	8,54	40,24

Marlina 1999

Lampiran 4. Tabel Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Reef Check pada Bulan Agustus 1999 (WWF, 2000) dan Mei 2000.

Kategori	Agustus 1999		Mei 2000	
	3 meter (%)	10 meter (%)	3 meter (%)	10 meter (%)
<b>Karang batu</b>	<b>15,07</b>	<b>18,75</b>	<b>8,80</b>	<b>7,40</b>
ACE	0,00	0,00	0,80	0,00
HC	15,07	18,75	0,00	0,00
CE	0,00	0,00	3,80	3,20
CM	0,00	0,00	3,80	3,80
CMR	0,00	0,00	0,00	0,20
CS	0,00	0,00	0,40	0,20
<b>Karang lunak</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1,20</b>	<b>0,20</b>
SC	0,00	0,00	1,20	0,20
<b>Lainnya</b>	<b>1,37</b>	<b>5,00</b>	<b>0,20</b>	<b>9,8</b>
SP	1,37	1,25	0,20	2,60
TA	0,00	0,00	0,00	6,60
OT	0,00	3,75	0,00	0,60
<b>Karang mati</b>	<b>0,00</b>	<b>1,25</b>	<b>89,80</b>	<b>73,40</b>
DC	0,00	1,25	0,00	0,00
DCA	0,00	0,00	89,80	73,40
<b>Abiotik</b>	<b>83,56</b>	<b>75,00</b>	<b>0,00</b>	<b>9,20</b>
RCK	38,36	6,25	0,00	0,00
S	28,76	10,00	0,00	5,60
SI	0,00	0,00	0,00	0,00
R	16,44	58,75	0,00	3,60

Lampiran 5. Tabel Persentase Penutupan Substrat Dasar Ekosistem Terumbu Karang di Stasiun Kebun Korall pada Bulan Maret 1998 (WWF,1998) dan Agustus 1998 (Marlina 1998), Agustus 1999 (WWF, 2000) dan Mei 2000.

Kategori	Maret 1998	Agustus 1998	Agustus 1999	Mei 2000
	3 meter (%)	3 meter (%)	4 meter (%)	3 meter (%)
<b>Karang Batu</b>	<b>30,00</b>	<b>32,46</b>	<b>48,70</b>	<b>1,80</b>
ACB	4,58	10,38	0,00	0,00
ACD	0,00	0,00	0,08	0,00
ACE	0,00	0,00	0,00	0,00
ACS	0,00	0,00	0,62	0,1
ACT	0,33	0,00	0,00	0,00
CB	0,58	0,58	0,00	0,00
CE	0,00	0,00	0,23	0,00
CF	0,00	16,69	30,77	0,00
CM	11,92	3,46	8,54	1,60
CME	12,58	1,31	7,46	0,00
CMR	0,00	0,00	0,00	0,1
CS	0,00	0,00	1,00	0,00
<b>Karang memutih</b>	<b>29,83</b>	<b>5,00</b>	<b>0,00</b>	<b>3,70</b>
ACB (b)	2,08	0,00	0,00	1,40
ACS (b)	1,00	0,00	0,00	0,00
ACT (b)	23,83	0,00	0,00	0,00
CB (b)	0,17	0,31	0,00	1,10
CE (b)	0,00	0,38	0,00	0,70
CF (b)	0,00	0,92	0,00	0,50
CM (b)	2,75	0,92	0,00	0,00
CME (b)	0,00	3,38	0,00	0,00
<b>Karang Lunak</b>	<b>5,58</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
SC	0,25	0,00	0,00	0,00
SC (b)	5,33	0,00	0,00	0,00

## Lampiran 5 (Lanjutan)

<b>Lainnya</b>	<b>2,17</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>45,20</b>
Ascidian	0,67	0,00	0,00	0,00
CA	0,00	0,00	0,00	44,00
OT	1,50	0,00	0,00	0,00
SP	0,00	0,00	0,00	1,20
<b>Karang Mati</b>	<b>12,33</b>	<b>34,69</b>	<b>9,77</b>	<b>49,30</b>
DCA	12,33	34,69	9,77	49,30
<b>Abiotik</b>	<b>20,09</b>	<b>27,85</b>	<b>41,53</b>	<b>0,00</b>
R	0,42	3,69	0,00	0,00
RCK	19,67	13,69	27,46	0,00
SI	0,00	10,46	14,07	0,00



## Lampiran 6(Lanjutan)

<b>Lainnya</b>	<b>2,33</b>	<b>14,49</b>	<b>20,97</b>	<b>18,00</b>	<b>5,00</b>	<b>4,80</b>	<b>27,00</b>
Ascidian	0,73	3,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hidroid	0,00	3,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CA	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,80
MA	0,00	0,00	14,07	0,00	0,00	0,00	0,00
OT	0,00	2,80	0,00	12,30	3,75	0,00	0,40
SP	0,53	2,49	6,90	5,70	1,25	4,80	9,80
ZO	0,60	2,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Karang Mati</b>	<b>18,00</b>	<b>12,87</b>	<b>37,53</b>	<b>19,93</b>	<b>1,25</b>	<b>35,60</b>	<b>25,40</b>
DC	0,00	0,00	0,00	0,00	1,25	0,00	0,00
DCA	18,00	12,87	37,53	19,93	0,00	35,60	25,40
<b>Abiotik</b>	<b>25,20</b>	<b>41,73</b>	<b>28,20</b>	<b>51,33</b>	<b>75,00</b>	<b>4,40</b>	<b>42,00</b>
R	0,60	1,87	11,40	13,93	58,75		5,20
RCK	13,13	4,33	5,90	6,23	6,25	4,40	0,00
SI	11,47	35,53	10,83	31,17	10,00	0,00	36,80

Lampiran 7. Data Rata-Rata Bulanan Suhu Permukaan Laut Disekitar Perairan Amed dari Bulan Agustus 1997 - Mei 2000.

Waktu	Posisi
	115 BT, 8 LS
Agustus 1997	26,24
September 1997	25,77
Oktober 1997	27,66
November 1997	28,58
<b>Desember 1997</b>	<b>29,5</b>
Januari 1998	26,44
<b>Februari 1998</b>	<b>29,24</b>
Maret 1998	27,03
April 1998	27,44
Mei 1998	27,46
Juni 1998	26,82
Juli 1998	26,59
Agustus 1998	26,59
September 1998	26,93
Oktober 1998	27,8
November 1998	27,03
Desember 1998	25,91

Waktu	Posisi
	115 BT, 8 LS
Januari 1999	25,6
Februari 1999	25,32
Maret 1999	25,92
April 1999	26,92
Mei 1999	26,45
Juni 1999	26,94
Juli 1999	26,92
Agustus 1999	27,01
September 1999	26,29
Oktober 1999	27,23
November 1999	27,01
<b>Desember 1999</b>	<b>22,72</b>
Januari 2000	25,58
Februari 2000	27,58
Maret 2000	26,11
April 2000	26,86
Mei 2000	26,27

Sumber: BMG Jakarta

