



UNIVERSITAS INDONESIA

**KERUSAKAN TERUMBU KARANG DI KEPULAUAN
KARIMUNJAWA**

SKRIPSI

**RIVERAL HIKMAH
0305060715**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
JULI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KERUSAKAN TERUMBU KARANG DI KEPULAUAN
KARIMUNJAWA**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Sains**

**RIVERAL HIKMAH
0305060715**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
JULI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rival Hikmah

NPM : 0305060715

Tanda Tangan :

Tanggal : 13 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Rival Hikhmah
NPM : 0305060715
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : Kerusakan Terumbu Karang di Kepulauan
Karimunjawa

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Rokhmatuloh, M.Eng (.....)
Pembimbing : Dra. Astrid Damayanti, M.Si (.....)
Penguji : Dr.rer.nat. Eko Kusratmoko, MS (.....)
Penguji : Drs. Sobirin, MS (.....)
Penguji : Drs. Tjong Giok Pin, M.Si (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 13 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang senantiasa memberikan penulis sebuah semangat, ketekunan serta kesabaran yang amat besar sehingga penyusunan skripsi yang berjudul “Kerusakan Terumbu Karang di Kepulauan Karimunjawa” berhasil diselesaikan dengan baik.

Menggunakan citra satelit Landsat dengan formula Lyzenga dipadukan dengan survei lapang, skripsi ini membahas tentang bagaimana pola persebaran dan kerusakan terumbu karang yang dikaitkan dengan faktor fisik perairan di Kepulauan Karimunjawa. Diharapkan skripsi dapat menjadi bahan pertimbangan guna konservasi dan rehabilitasi terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa.

Dalam proses pengerjaan skripsi ini, penulis telah melalui masa sulit sekaligus menyenangkan yang dapat dijadikan sebuah pengalaman berharga dalam menapaki salah satu bagian fase perjalanan hidup. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu selama penulisan skripsi ini.

“*Tiada gading yang tak retak*”, oleh karena itu penulis menyadari akan kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan juga bermanfaat untuk penelitian selanjutnya yang lebih baik lagi.

Depok, 13 Juli 2009

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Jurusan Geografi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi Penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Rokhmatuloh, M.Eng dan Dra. Astrid Damayanti, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi ini,
- (2) Drs. Sobirin, MS, Drs. Tjiong Giok Pin, M.Si, Dra. Ratna Saraswati, MS, Dr. Rer. Nat. Eko Kusratmoko, M.S, Dra. Dewi Susiloningtyas, MS, Diah Wening Sariratri dan seluruh staf pengajar Departemen Geografi FMIPA UI atas masukan dan bantuannya selama penyusunan skripsi ini,
- (3) Bpk. Yusuf dan Bpk. Arifin serta rekan-rekan dari Balai Taman Nasional Karimunjawa yang telah membantu penulis selama survei lapang,
- (4) Dinas Hidrologi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut Jakarta dan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika Semarang, yang telah membantu dalam usaha memperoleh data yang dibutuhkan penulis,
- (5) Huda, Angka dan Mas Habib dari *Marine Diving Club* UNDIP atas segala bantuan dan informasi yang diberikan kepada penulis,
- (6) Kedua orangtua tercinta atas kasih sayang, perhatian, dukungan moral dan material serta doa yang tiada hentinya mengalir kepada penulis. Ketiga adikku, Febrial Hikmah, Yulial Hikmah dan Ira Rosianal Hikmah, yang menjadi inspirasi dan motivasi setiap saat,
- (7) Keluarga besar geografi angkatan 2005 yang selalu membuat penulis bangga menjadi bagian dari keluarga geografi. Terima kasih atas bantuan,

semangat dan kenangan indah selama ini kepada penulis. Semoga ukhuwah kita tetap terjaga selamanya,

- (8) Sahabat-sahabat ku, Rahmawati, Fadillah, Haryo, Alif, Yuni, Bibit dan Depta atas kenangan indah dan berharga selama ini. Cukup bagiku untuk menjadikan kalian indah selamanya di hati walau kini kita jauh.
- (9) Sahabat-sahabat asrama (iwat, ais, arum, etenk, dona, nita dan tikoh) serta Evi (ITB 2006) atas kebersamaannya selama ini,
- (10) Teman-teman *Geographical Mountaineering Club* dan Keluarga besar geografi angkatan 2003, 2004, 2006 dan 2007 yang membuat penulis makin bersemangat menjadi keluarga besar geografi,
- (11) Untuk kak Ade 2003 dan Herlina 2006, atas dukungan dan bantuannya selama ini,
- (12) Windar Purwaningtyas (Undip 2005) dan keluarga, Arum Mustika Harti, Meidiana (Undip 2005) dan Jamal Karimun atas bantuannya selama penulis survei lapang,
- (13) Kak Septa, kak Soni, kak Rois, mas beng2 dan kak Eri atas bantuan dan dukungan selama proses penyelesaian skripsi ini,
- (14) Restu Jati Saputro atas kesabaran dan dukungan semangat yang terus diberikan hingga sebuah harapan yang semu dapat menjadi kenyataan yang indah,
- (15) Dan semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan tulisan ini. semoga Allah SWT membalas kebaikan orang-orang yang berjasa dalam proses penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari akan berbagai kekurangan dalam skripsi ini, sehingga kritik dan saran yang membangun diperlukan guna penyempurnaan tulisan ini. Semoga skripsi ini dapat dikembangkan dan bermanfaat.

Depok, 13 Juli 2009

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rivalal Hikmah
NPM : 0305060715
Program Studi : Sarjana Reguler
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Kerusakan Terumbu Karang di Kepulauan Karimunjawa

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 13 Juli 2009

Yang menyatakan

(Rivalal Hikmah)

ABSTRAK

Nama : Rival Hikmah
Program Studi : Geografi
Judul : Kerusakan Terumbu Karang di Kepulauan Karimunjawa

Pemanasan global yang terjadi selama ini berpengaruh terhadap degradasi lingkungan fisik termasuk kondisi terumbu karang. Kepulauan Karimunjawa merupakan gugusan pulau-pulau kecil, terbentuk dari aktivitas terumbu karang. Kondisi terumbu karangnya selama ini cenderung mengkhawatirkan. Namun penelitian terhadap terumbu karang di pulau-pulau kecil masih terbatas. Melalui interpretasi citra Landsat dengan formula Lyzenga dipadukan dengan survei lapang, penelitian ini mengungkapkan pola persebaran dan kerusakan terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa. Analisa yang digunakan adalah analisa spasial dengan variabel geofisik-kimia. Sejak tahun 1997 sampai 2009 kerusakan terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa bertambah sebanyak 9.78 %. Pola kerusakan terumbu karang sebagian besar mengikuti aliran arus permukaan laut. Kerusakan terumbu karang lebih tinggi terjadi di bagian barat Kepulauan Karimunjawa.

Kata kunci:

Terumbu Karang, Pulau Karimunjawa, Geofisik-Kimia, Citra Landsat, Formula Lyzenga

xvii + 88 hlm; 36 gambar, 15 tabel, 16 peta

Bibliografi: (35; 1983 – 2008)

ABSTRACT

Name : Rival Hikmah
Program : Geography
Title : Destruction of coral reef in Karimunjawa Islands

Global warming up till now influential about degradation of physic environment included coral reef ecosystem. Karimunjawa islands consist group of small islands, formed with coral reefs activity. Condition about coral reef ecosystem disposed be worried. However, research about coral reefs in the small islands are still not much done. Interpretation of Landsat satellite imagery with lyzenga formula combined with the field survey, this research uncover about pola distribution and destruction of coral reefs in the Karimunjawa Islands. Analysis this research is spatial analyst with geophysic-chemistry variables. Since 1997 until 2009 destruction of coral reefs in the Karimunjawa islands increase as 9.78%. The spatial pattern of coral reefs destruction largely following the flow of sea surface currents. The highest destruction of coral reefs occur in the western of Karimunjawa islands.

Keywords:

Coral Reef, Karimunjawa Island, Geophysic-Chemistry, Landsat satellite Imagery, Formula Lyzenga

xvii + 88 pages; 36 figures, 15 tables, 16 maps

Bibliography: (35; 1983 – 2008)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
UCAPAN TERIMA KASIH	vi
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	viii
ABSTRAK	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR PETA	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar belakang	1
1.2 Masalah.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Terumbu Karang.....	5
2.1.1. Tipe Terumbu Karang.....	7
2.1.1.1. Terumbu Karang Tepi (Fringing Reef).....	8
2.1.1.2. Terumbu Karang Penghalang (Barrier Reef).....	8
2.1.1.3. Terumbu Karang Cincin (Atol).....	9
2.1.2. Syarat Hidup Terumbu Karang.....	10
2.1.2.1. Suhu Air.....	11
2.1.2.2. Salinitas.....	11
2.1.2.3. Kecerahan.....	12
2.2 Persebaran Terumbu Karang	13
2.3 Kerusakan Terumbu Karang.....	14
2.3.1. Faktor Penyebab Kerusakan dan Kematian Karang.....	15
2.4 Pemantauan Karang.....	16

2.5	Oseanografi.....	18
	2.5.1. Oseanografi Fisika.....	18
	2.5.1.1. Arus.....	18
	2.5.1.2. Gelombang.....	21
	2.5.1.3. Pasang Surut.....	22
	2.5.1.4. Suhu Air.....	23
	2.5.2. Oseanografi Kimia.....	24
	2.5.2.1. Salinitas Air.....	24
2.6	Penginderaan Jauh.....	26
2.7	Penginderaan Jauh untuk Pemantauan Karang.....	29
2.8	Penelitian Terdahulu.....	29
	BAB III. METODOLOGI PENELITIAN.....	33
3.1	Pengumpulan Data.....	33
	3.1.1. Data Sekunder.....	33
	3.1.1.1. Data Sebaran Terumbu Karang.....	33
	3.1.1.2. Data Fisik Perairan.....	33
	3.1.2. Data Primer.....	34
	3.1.2.1. Survei Lapang.....	34
3.2	Pengolahan Data.....	35
	3.2.1. Pengolahan Citra Landsat 7 ETM+ tahun 1997 dan 2009 dan 5 TM tahun 2006.....	36
	3.2.2. Perhitungan Pasang Surut.....	40
	3.2.3. Perhitungan Suhu Permukaan Laut (SPL).....	40
	3.2.4. Pembuatan Peta.....	41
	3.2.4.1. Peta Sebaran Terumbu Karang tahun 1997, 2006 dan 2009.....	41
	3.2.4.2. Peta Kerusakan Terumbu Karang tahun 1997, 2006 dan 2009.....	42
	3.2.4.3. Peta Fisik Perairan.....	42
3.3	Analisis Data.....	43
	BAB IV. GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN.....	46

4.1	Letak dan Luas Wilayah.....	46
4.2	Fisik Lingkungan Kepulauan Karimunjawa.....	49
	4.2.1. Oseanografi Fisika.....	49
	4.2.1.1. Arus Laut.....	49
	4.2.1.2. Gelombang.....	51
	4.2.1.3. Pasang Surut.....	52
	4.2.1.4. Suhu Air.....	53
	4.2.1.5. Kecerahan Air.....	55
	4.2.2. Oseanografi Kimia.....	56
	4.2.2.1. Salinitas Air.....	56
4.3	Bathimetri.....	57
4.4	Kondisi Hidrologi.....	57
4.5	Iklm.....	58
	4.5.1 Angin.....	58
4.6	Terumbu Karang di Kepulauan Karimunjawa.....	60
BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN.....		63
5.1	Kerusakan Terumbu Karang.....	63
	5.1.1 Kerusakan Terumbu Karang tahun 1997.....	63
	5.1.2 Kerusakan Terumbu Karang tahun 2006.....	65
	5.1.3 Kerusakan Terumbu Karang tahun 2009.....	67
	5.1.4. Perubahan Kerusakan Terumbu Karang tahun 1997, 2006 dan 2009.....	69
5.2	Kondisi Fisik Perairan Terumbu Karang.....	71
	5.2.1 Musim Barat dan Musim Timur.....	71
	5.2.2 Wilayah Optimal Terumbu Karang.....	75
5.3	Pola Kerusakan Terumbu Karang Dikaitkan Dengan Fisik Perairan...	83
BAB VI. KESIMPULAN.....		85
DAFTAR PUSTAKA.....		86
PETA		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Kelebihan dan Kekurangan Metode Manta Tow.....	17
Tabel 2.2. Kelebihan dan Kekurangan Metode Transek Garis.....	17
Tabel 2.3. Kelebihan dan Kekurangan Metode Transek Kuadrat.....	18
Tabel 2.4. Kelebihan dan Kekurangan Metode Transek Sabuk.....	18
Tabel 2.5. Karakteristik Citra Landsat-7 ETM+.....	28
Tabel 3.1. Data Sekunder.....	33
Tabel 3.2. Kriteria Kondisi Terumbu Karang berdasarkan Persentase Tutupan Karang mati.....	42
Tabel 3.3. Klasifikasi Parameter Fisik.....	43
Tabel 4.1. Kecepatan Arus dan Arahnya.....	51
Tabel 4.2. Konstanta Pasang Surut.....	53
Tabel 4.3. Suhu Permukaan Laut tahun 1997, 2006 dan 2009.....	54
Tabel 4.4. Klasifikasi Hasil Analisis Citra Landsat dengan Formula Lyzenga tahun 1997, 2006 dan 2009.....	61
Tabel 5.1. Klasifikasi Karang Rusak tahun 1997, 2006 dan 2009.....	63
Tabel 5.2. Klasifikasi Kondisi Karang tahun 1997.....	64
Tabel 5.3. Klasifikasi Kondisi Karang tahun 2006.....	66
Tabel 5.4. Klasifikasi Kondisi Karang tahun 2009.....	68
Tabel 5.5. Rata-rata Arus, Gelombang dan Pasang Surut.....	71
Tabel 5.6. Rata-rata Parameter Lingkungan Perairan.....	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Ekosistem Terumbu Karang.....	5
Gambar 2.2. Biologi Terumbu Karang.....	6
Gambar 2.3. Polip Karang.....	7
Gambar 2.4. Tipe Terumbu Karang.....	9
Gambar 2.5. Persebaran Terumbu Karang di Dunia.....	13
Gambar 2.6. Persebaran Terumbu Karang di Indonesia.....	14
Gambar 2.7. <i>Longshore Currents</i>	19
Gambar 2.8. <i>Rip Currents</i>	20
Gambar 2.9. Tiga Jenis Struktur Salinitas di daerah Estuaria.....	25
Gambar 2.10. Konsep Penginderaan Jauh.....	27
Gambar 3.1. Lokasi Pengambilan Sampel Primer.....	34
Gambar 3.2. Foto Pengambilan Sampel.....	35
Gambar 3.3. Prosedur Lyzenga.....	39
Gambar 3.4. Alur Pikir Penelitian.....	45
Gambar 4.1. Lokasi Kepulauan Karimunjawa.....	46

Gambar 4.2. Zonasi Taman Nasional Karimunjawa.....	48
Gambar 4.3. Grafik Kecepatan Arus.....	51
Gambar 4.4. Rata-rata Tinggi Gelombang.....	52
Gambar 4.5. Grafik Pasang Surut Bulan Mei.....	53
Gambar 4.6. Suhu Permukaan Laut tahun 1997, 2006 dan 2009.....	55
Gambar 4.7. Kecerahan Air.....	56
Gambar 4.8. Salinitas Air.....	57
Gambar 4.9. Wind Rose tahun 2008.....	59
Gambar 4.10. Persentase Tutupan Karang Mati tahun 1997, 2006 dan 2009.....	62
Gambar 5.1. Persentase Sebaran karang tahun 1997.....	65
Gambar 5.2. Persentase Sebaran karang tahun 2006.....	67
Gambar 5.3. Persentase Sebaran karang tahun 2009.....	68
Gambar 5.4. Persentase Karang Mati kedalaman 3 meter tahun 1997, 2006 dan 2009.....	69
Gambar 5.5. Persentase Karang Mati kedalaman 10 meter tahun 1997, 2006 dan 2009.....	70
Gambar 5.6. Rata-rata Arus, Gelombang dan Pasang Surut.....	71
Gambar 5.7. Pasang Surut Bulan Agustus dan Desember.....	72
Gambar 5.8. Arah Arus Musim Barat pada Pulau Bagian Barat.....	73
Gambar 5.9. Arah Arus Musim Timur pada Pulau Bagian Timur.....	74
Gambar 5.10. Hubungan Suhu Air dengan Rata-rata Persentase Karang.....	78
Gambar 5.11. Hubungan Salinitas Air dengan Rata-rata Persentase Karang.....	80
Gambar 5.12. Hubungan Suhu Air dengan Rata-rata Persentase Karang.....	82

DAFTAR PETA

- Peta 1. Daerah Penelitian
- Peta 2. Kedalaman Laut
- Peta 3. Sebaran Terumbu Karang tahun 1997
- Peta 4. Sebaran Terumbu karang Tahun 2006
- Peta 5. Sebaran Terumbu karang Tahun 2009
- Peta 6. Perubahan Karang
- Peta 7. Sebaran Kerusakan Karang tahun 1997
- Peta 8. Sebaran Kerusakan Karang tahun 2006
- Peta 9. Sebaran Kerusakan Karang tahun 2009
- Peta 10. Arah Arus Permukaan Laut Musim Barat
- Peta 11. Arah Arus Permukaan Laut Musim Timur
- Peta 12. Suhu Permukaan Laut tahun 1997
- Peta 13. Suhu Permukaan Laut tahun 2006
- Peta 14. Suhu Permukaan Laut tahun 2009
- Peta 15. Salinitas Air tahun 2009
- Peta 16. Wilayah Optimal tahun 2009

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel

Tabel 1. Data Titik Pengamatan Karang dan Fisik Lingkungan

Tabel 2. Frekuensi dan Persentase Kecepatan Rata-rata Angin berdasarkan skala Beaufort

Tabel 3. Nilai Rata-rata Hasil training Area pada Band 1 dan Band 2

Tabel 4. Analisa Pulau

Gambar

Gambar 1. Grafik Tinggi Gelombang Kepulauan Karimunjawa

Gambar 2. Grafik Pasang Surut per Jam

Foto

Foto 1. Pulau Cemara Besar

Foto 2. Karang Jenis *Acropora Brancing* di Pulau Cemara Besar

Foto 3. Penghitungan Panjang Karang di Pulau Cemara Besar

Foto 4. Karang jenis *Acropora Tabulate* di Pulau Cemara Kecil

Foto 5. Pulau Karimunjawa

Foto 6. Dermaga Utama di Pulau Karimunjawa

Foto 7. Tempat Penangkaran Burung di Pulau Menjangan Besar

Foto 8. Kapal Nelayan pengguna Muro Ami

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan yang terbesar di dunia, dengan jumlah pulau sekitar 17.508 buah dan terbentang sepanjang 5.120 km dari timur ke barat sepanjang khatulistiwa dan 1.760 km dari utara ke selatan (Dahuri, 2001;1). Sebagian pulau-pulau tersebut merupakan pulau-pulau kecil yang jumlahnya lebih dari 10.000 buah yang tersebar di seluruh perairan Indonesia. Indonesia memiliki panjang garis pantai sekitar 108.000 km, yang merupakan pantai terpanjang di seluruh dunia (Nontji, 1993;4). Panjangnya pantai Indonesia dan potensi sumberdaya laut yang dimilikinya merupakan modal yang besar dalam membangun ekonomi Indonesia.

Terumbu karang merupakan salah satu potensi sumberdaya laut yang sangat penting di Indonesia, yang menempati area seluas 50.000 km² (Ministry of State for Environmental, 1996 dalam Supriharyono, 2002;70). Kondisi terumbu karang di Indonesia saat ini 12 % dalam kondisi kritis, 46 % telah mengalami kerusakan, 33 % kondisinya masih bagus dan 7 % kondisi masih sangat bagus (Supriharyono, 2002;17). Sumberdaya terumbu karang merupakan salah satu sumber pendapatan utama dan bagian dari hidup nelayan. Ekosistem terumbu karang yang sangat produktif dapat mendukung kehidupan nelayan setempat. Jika habitat terumbu karang dapat berfungsi secara optimal, maka potensi ikan akan dapat diperoleh secara berkesinambungan. Hal tersebut disebabkan karena banyak jenis ikan yang hidup dan mencari makan di ekosistem ini.

Kelangsungan jenis ekosistem terumbu karang tergantung pada kondisi hidrooseanografi antara lain suhu air perairan, salinitas, arus, gelombang dan pasang surut. Selain faktor hidrooseanografi, faktor meteorologis seperti angin serta aktivitas manusia di darat juga dapat memberi pengaruh terhadap kondisi wilayah perairan laut dan ekosistem terumbu karang yang berada di dalamnya (Supriharyono, 2002;13).

Kepulauan Karimunjawa merupakan gugusan pulau, terletak di tengah Laut Jawa yang merupakan perairan laut. Sebagian besar pulau dikelilingi

terumbu karang yang beraneka ragam, sehingga Kepulauan Karimunjawa sebagai Taman nasional telah cukup dikenal sebagai daerah tujuan wisata bawah laut di Propinsi Jawa Tengah. Kepulauan Karimunjawa terdiri atas 27 pulau, dimana lima pulau diantaranya diketahui telah berpenghuni. Pulau dengan luasan terkecil adalah Pulau Batu dan Merica dengan luas 0,5 ha, sedangkan pulau terbesar adalah Pulau Karimunjawa dengan luas 4302,5 ha. Perairan kepulauan ini memiliki gelombang yang cukup besar mencapai 2 meter. Memiliki sungai kecil dan 4 mata air yang cukup besar (Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Jepara, 2006). Sebagian besar penduduk di Karimunjawa berprofesi sebagai nelayan sehingga pemanfaatan sumber daya perairan cukup optimal. Banyaknya sumber daya ikan juga dipengaruhi oleh banyaknya terumbu karang sebagai tempat hidup ikan. Jenis ikan yang dihasilkan adalah ikan tongkol, kerapu, kakap dan napoleon. Sebagian besar jenis ikan yang diproduksi tergantung pada keberadaan terumbu karang. Kegiatan penangkapan ikan, budidaya, rekreasi dan pariwisata terjadi di sekitar terumbu karang. Pulau ini juga terdapat pada posisi yang strategis, dimana berada pada jalur lintas perhubungan laut antar pulau Sumatera, Kalimantan, Jawa, Sulawesi dan Bali, sehingga seringkali terdapat aktivitas bongkar kapal di pulau ini.

Berbagai aktivitas baik sosial maupun alami secara tidak langsung mempengaruhi kondisi terumbu karang di kepulauan ini. Berdasarkan penelitian WCS (*Wildlife Conservation Society*) tahun 2003, angka kerusakan karang yang terjadi di kepulauan ini tergolong cukup tinggi yaitu 37-40% (Supriharyono, 2000;12). Perusakan secara alamiah dan pengaruh aktivitas manusia di perairan membuat tutupan terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa, Kabupaten Jepara, terus berkurang dari tahun ke tahun. Apabila dibiarkan terus maka banyak dampak negatif yang akan muncul terkait dengan pemanfaatan terumbu karang. Seperti berkurangnya potensi ikan, tidak adanya pemecah ombak sehingga gelombang yang tinggi dapat sampai ke daratan, serta berkurangnya potensi pariwisata bahari. Pemantauan kerusakan karang masih sedikit dilakukan, hal tersebut dikarenakan keterbatasan waktu dan biaya. Namun dengan pemanfaatan penginderaan jauh dengan pengolahan citra Landsat, hal tersebut dapat dilakukan. Sehingga pemantauan kerusakan terumbu karang dapat lebih efektif dan efisien.

Saat ini citra yang paling sering digunakan untuk pemetaan habitat laut dangkal adalah citra Landsat. Berdasarkan penelitian di habitat dangkal karang Indo-Pasifik dan Karibia, Landsat TM mampu mengidentifikasi 4 sampai 6 habitat yang menutupi area sedimentasi, rumput laut, terumbu karang, dan alga dengan tingkat akurasi keseluruhan mencapai 70% (Supriharyono, 2000;35).

Salah satu usaha pemantauan sebaran karang dapat dilakukan dengan melakukan interpretasi citra dan pengolahan data menggunakan metode *False Colour Composite* dan formula Lyzenga. Metode Lyzenga digunakan untuk memetakan objek perairan dangkal dengan tingkat kejernihan yang homogen secara horizontal dan cahaya matahari mampu menembus kedalaman hingga 15 – 20 m (Purwadhi, 2001;62).

Penelitian tentang terumbu karang telah dilakukan sebelumnya, namun penelitian kerusakan terumbu karang pada pulau-pulau kecil yang terletak cukup jauh dari pusat kota seperti Kepulauan Karimunjawa belum pernah dilakukan sebelumnya. Pemantauan kerusakan karang penting untuk dilakukan, guna memaksimalkan program rehabilitasi karang. Sehingga diharapkan selanjutnya dapat dikembangkan menjadi bagian dari tahap rehabilitasi dan konservasi karang.

1.2. Masalah

Berdasarkan latar belakang, permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana sebaran terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa pada tahun 1997, 2006 dan 2009?
2. Bagaimana pola kerusakan karang dan faktor fisik apa yang mempengaruhinya di Kepulauan Karimunjawa?

1.3. Batasan Penelitian

Wilayah penelitian adalah di perairan Kepulauan Karimunjawa, adapun batasan penelitian adalah:

1. Terumbu karang merupakan struktur di dasar laut berupa deposit kalsium karbonat yang terutama dihasilkan oleh hewan karang (Setiyono, 1996;35). Terumbu karang yang dimaksud dalam

penelitian ini adalah tipe karang tepi yang tumbuh di sekitar garis pantai dengan kedalaman 3 dan 10 meter.

2. Sebaran terumbu karang adalah gambaran keruangan dari keberadaan terumbu karang ditandai luasan karang di suatu tempat.
3. Pola adalah suatu bentuk (struktur) yang tetap (KBBI). Pola kerusakan karang yang dimaksud adalah gambaran secara spasial terhadap perubahan kerusakan karang yang terjadi di Kepulauan Karimunjawa.
4. Perubahan kerusakan karang yang dimaksud adalah perubahan persentase karang mati berdasarkan klasifikasi, yaitu sangat rusak, rusak, rusak sedang dan rusak rendah.
5. Persentase karang mati adalah nilai rasio dari karang yang mati dengan jumlah total karang hidup dan mati.
6. Faktor fisik yang dimaksud merupakan faktor-faktor fisik lingkungan yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan terumbu karang. Faktor tersebut dibedakan menjadi oseanografi.
7. Faktor oseanografi dibedakan menjadi fisika dan kimia. Faktor fisika yang dimaksud berupa suhu air, kecerahan air, arus, gelombang dan pasang surut. Faktor kimia yang dimaksud adalah salinitas air.

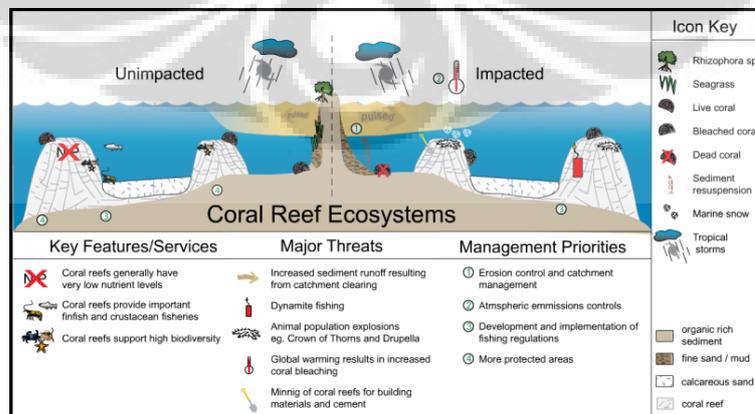
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan salah satu sumberdaya alam yang penting di Indonesia, yang menempati area 7500 km² dari luas perairan Indonesia termasuk Zona Ekonomi Eksklusif Indonesia (ZEEI) 7,1 juta Km². Dari luas tersebut, jumlah yang sudah rusak tercatat sekitar 71%, sedangkan yang masih baik sekitar 22,5%, dan sangat baik 6,5% (Supriharyono, 2002;10).

Terumbu karang merupakan suatu ekosistem di dasar laut tropis dibangun terutama oleh biota penghasil kapur, khususnya jenis-jenis karang batu dan alga berkapur, bersama-sama dengan biota yang hidup di dasar lainnya, seperti jenis-jenis *moluska*, *crustacea*, *echinodermata*, *polychaeta*, *porifera* dan *tinucata* serta biota lain yang hidup bebas di perairan sekitarnya termasuk jenis-jenis plankton dan jenis-jenis ikan.

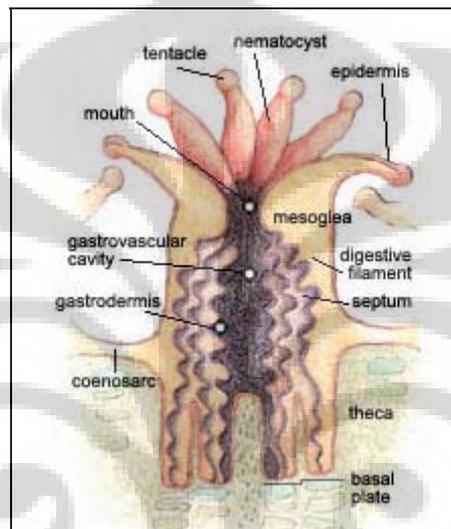
Terumbu karang merupakan sumberdaya yang dapat diperbaharui (*renewable*) berupa ekosistem khas tropik yang tersusun dari endapan-endapan padat mineral *calcite* atau *calespar* atau gamping *bioklastik* (CaCO₃) yang dihasilkan oleh karang hermatifik dan alga berkapur, serta merupakan habitat bagi beberapa biota laut untuk berkembang biak, tumbuh dan berasosiasi dalam suatu sistem kehidupan yang seimbang (gambar 2.1). Sehingga, terumbu karang dapat dikatakan hutan tropis laut.



Gambar 2.1. Ekosistem Terumbu Karang

Sumber: <http://ian.umces.edu/loicz/>

Nybakken (1988;87) menyatakan bahwa terumbu karang merupakan keunikan diantara *zooxanthel* dan *algae* atau komunitas laut yang seluruhnya dibentuk oleh kegiatan biologis. Terumbu adalah endapan-endapan masif penting dari kalsium karbonat terutama dihasilkan oleh karang (*Phylum Cnidaria, class Anthozoa, ordo Madreporia = Scleractinia*). Dengan sedikit tambahan dari alga berkapur dan organisme-organisme lain yang mengeluarkan kalsium karbonat.



Gambar 2.2. Biologi Terumbu Karang

Sumber: *The Coral Reef Alliance*, 2006

Gambar 2.2 di atas menggambarkan suatu jangingan dari karang. Karang merupakan binatang sederhana berbentuk tabung (*polyp*) dengan mulut berada di atas yang juga berfungsi sebagai anus. Di sekitar mulut dikelilingi oleh tentakel yang berfungsi sebagai penangkap makanan. Dari mulut dilanjutkan ke rongga perut. Di dalam rongga perut berisi semacam usus yang disebut sebagai *mesenteric filamen* yang berfungsi sebagai pencernaan. Untuk tegaknya seluruh jaringan, polip didukung oleh kerangka kapur sebagai penyangga. Kerangka kapur ini berbentuk lempengan-lempengan yang tersusun secara radial dan berdiri tegak pada lempeng dasar. Lempengan yang berdiri ini disebut *septa*, tersusun dari bahan anorganik dan kapur yang merupakan hasil sekresi dari polip karang (*Coral Alliance*, 2006; 44). Agar lebih jelas, bagaimana bentuk polip karang, dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3. Polip Karang

Sumber: *The Coral Reef Alliance*, 2006

Terumbu karang mempunyai nilai yang tinggi antara lain kawasan perikanan yang subur, bahan untuk farmasi, daya tarik bagi wisatawan khususnya yang dapat menambah devisa negara. Selain itu secara fisik karang dapat melindungi pantai dari degradasi dan abrasi.

Keanekaragaman, penyebaran dan pertumbuhan karang tergantung pada kondisi lingkungannya. Kondisi ini pada kenyataannya tidak selalu tetap, akan tetapi seringkali berubah karena adanya gangguan, baik yang berasal dari alam atau aktivitas manusia. Gangguan dapat berupa faktor fisik-kimia dan biologis. Faktor fisik-kimia yang diketahui dapat mempengaruhi kehidupan dan atau laju pertumbuhan karang, antara lain adalah cahaya matahari, suhu air, salinitas dan sedimen. Sedangkan faktor biologis, biasanya berupa predator atau pemangsanya.

2.1.1. Tipe Terumbu Karang

Terumbu karang merupakan lingkungan yang kompleks dimana beribu-ribu tumbuhan dan hewan hidup tergantung pada karang yang menyediakan makanan dan keanekaragaman *biotype* atau relung ekologis. Spesies-spesies tersebut bergabung menjadi satu kesatuan hubungan timbal-balik yang membuat terumbu karang menjadi suatu lingkungan yang rentan. Perubahan salah satu faktor-faktor lingkungan tersebut baik karena fenomena alam atau dampak kegiatan manusia dapat berakibat buruk pada karang sehingga membahayakan ekosistem terumbu.

Menurut bentuk dan letaknya, Sukarno (1993;23) membedakan terumbu karang menjadi tiga tipe, yaitu:

2.1.1.1. Terumbu karang tepi (*fringing reef*)

Terumbu ini tumbuh ke atas dan ke arah laut. Pertumbuhan terbaik biasanya terdapat di bagian yang cukup arus, sedangkan diantara pantai dan tepi luar terumbu, jenis ini cenderung mempunyai pertumbuhan yang kurang baik, bahkan banyak yang mati karena sering mengalami kekeringan dan banyak endapan yang datang dari darat. Terumbu ini berbatasan dengan dataran pulau besar atau umumnya terdapat pada pulau-pulau kecil. Perkembangannya bisa mencapai kedalaman 40 meter dengan pertumbuhan ke atas dan ke arah luar menuju laut lepas. Dalam proses perkembangannya, terumbu ini berbentuk melingkar yang ditandai dengan adanya bentukan ban atau bagian endapan karang mati yang mengelilingi pulau. Pada pantai yang curam, pertumbuhan terumbu jelas mengarah secara vertikal.

2.1.1.2. Terumbu karang penghalang (*barrier reef*)

Tipe ini terletak di berbagai jarak Terumbu ini dipisahkan dari daratan oleh goba (*lagoon*). Terumbu karang ini terletak pada jarak yang relatif jauh dari pulau, sekitar 0.52 km ke arah laut lepas dengan dibatasi oleh perairan berkedalaman hingga 75 meter. Terkadang membentuk *lagoon* (kolom air) atau celah perairan yang lebarnya mencapai puluhan kilometer. Umumnya karang penghalang tumbuh di sekitar pulau sangat besar atau benua dan membentuk gugusan pulau karang yang terputus-putus. Terumbu karang penghalang berakar pada kedalaman yang melebihi kedalaman maksimum dimana karang batu pembentuk terumbu dapat hidup. Umumnya terumbu tipe ini memanjang menyusuri pantai dan biasanya berputar seakan-akan merupakan penghalang bagi pendatang yang datang dari luar.

2.1.1.3. Terumbu Karang Cincin (*Atoll*)

Pada umumnya berada di laut lepas, berbentuk cincin yang mengelilingi sebuah *goba* di tengahnya. Terumbu karang yang berbentuk cincin yang mengelilingi batas dari pulau-pulau vulkanik yang tenggelam sehingga tidak terdapat perbatasan dengan daratan. Menurut Darwin, terumbu karang cincin merupakan proses lanjutan dari terumbu karang penghalang, dengan kedalaman rata-rata 45 meter. Seperti halnya pada terumbu karang penghalang, *atoll* juga bertumpu pada dasar laut yang dalamnya di luar batas kedalaman karang batu penyusun terumbu karang dapat hidup.



Gambar 2.4. Tipe Terumbu Karang (atas) terumbu karang tepi (tengah) terumbu karang penghalang (bawah) terumbu karang cincin

Sumber: The Coral Reef Alliance, 2006

Gelombang mempunyai pengaruh terhadap bentuk karang itu sendiri. Pada karang yang terdapat di daerah yang terlindung gelombang

memiliki bentuk percabangan yang ramping dan memanjang. Sedangkan yang terletak di daerah yang terkena gelombang secara langsung memiliki bentuk percabangan yang pendek dan kuat. Selain gelombang faktor-faktor lainnya adalah cahaya, sedimen dan *sub areal exposure*.

2.1.2. Syarat Hidup Terumbu Karang

Terumbu karang terdapat di lingkungan perairan yang agak dangkal, seperti Paparan Benua dan gugusan pulau-pulau di perairan tropis. Untuk mencapai pertumbuhan maksimum, terumbu karang memerlukan perairan yang jernih dengan suhu air perairan yang hangat (25-29°C), kedalaman kurang dari 25 meter, gerakan gelombang yang besar, dan sirkulasi air yang lancar serta terhindar dari proses sedimentasi, serta salinitas berkisar pada nilai 34-36 ‰ (Supriharyono, 2002; 23).

Oleh karena itu, ekosistem terumbu karang serta biota yang berasosiasi dengan terumbu karang tersebut sangat sensitif terhadap berbagai hal (Dahuri, 2001;196) seperti:

1. Aliran air tawar yang berlebihan yang dapat menurunkan nilai salinitas perairan
2. Beban sedimen dapat mengganggu biota yang mencari makan melalui proses penyaringan (*filter feeder*)
3. Suhu air ekstrim, yaitu suhu air di luar batas suhu air toleransi terumbu karang
4. Polusi seperti biosida dari aktivitas pertanian yang masuk akal ke perairan lokal
5. Kerusakan terumbu, seperti yang disebabkan oleh badai siklon dan jangkar perahu dan
6. Beban nutrisi berlebihan yang menyebabkan berkembangnya alga secara berlebihan, sehingga dapat menutupi dan membunuh organisme koral atau timbulnya blooming fitoplankton yang dapat menghalangi penetrasi sinar matahari sehingga tingkat fotosintesis dari koral menurun.

Distribusi dan stabilitas ekosistem terumbu karang tergantung pada beberapa parameter oseanografi yang merupakan faktor pembatas, seperti kecerahan dan kedalaman, suhu air, salinitas dan sedimentasi (Dahuri, 2001;197).

2.1.2.1. Suhu Air

Suhu air merupakan faktor penting yang menentukan kehidupan karang. Suhu air yang baik untuk pertumbuhan karang adalah berkisar antara 25-29°C. Sedangkan batas minimum dan maksimum suhu air berkisar antara 16-17°C dan sekitar 36°C (Supriharyono, 2002;22). Fluktuasi suhu air tinggi sekitar 30-33°C, mempunyai pengaruh pada pigmentasi *zooxanthellae*, sehingga mengakibatkan karang berwarna putih (*bleaching*) oleh karena lepasnya *zooxanthellae* dari jaringan karang. Suhu air ekstrim akan mempengaruhi binatang karang dalam hal reproduksi, metabolisme dan klasifikasi. Karang pembentuk terumbu memerlukan suhu air yang agak tinggi yaitu diatas 20°C, dengan puncak pertumbuhan antara 25-30°C.

Pada umumnya terumbu karang tumbuh secara optimal pada kisaran suhu air optimal, 25-29°C. Suhu air diluar kisaran tersebut masih dapat ditolerir oleh spesies tertentu dari terumbu karang untuk dapat berkembang biak dengan baik (Dahuri, 1996;158). Suhu air yang optimum akan memberikan simulasi metabolisme yang akhirnya hewan karang tersebut dapat mensekresi zat kapur sebagai dasar pembentukan terumbu.

2.1.2.2. Salinitas

Salinitas merupakan faktor pembatas kehidupan binatang karang. Salinitas air laut daerah tropis rata-rata sekitar 35 ‰ dan binatang karang hidup subur pada salinitas 34-36 ‰ (Supriharyono, 2002;74). Umumnya binatang karang merupakan binatang laut sejati yang tidak dapat tumbuh dalam kisaran salinitas normal (32-35 ‰). Meskipun mampu bertahan pada salinitas di luar kisaran tersebut, namun pertumbuhannya kurang baik dibandingkan pada salinitas normal (Nybakken, 1988;70). Pengaruh

salinitas terhadap kehidupan binatang karang sangat bervariasi tergantung pada kondisi perairan laut setempat dan atau pengaruh alam, seperti *run-off*, badai, hujan sehingga kisaran nilai bisa mencapai 17,5-52,5 ‰ (Supriharyono, 2002;74). Bahkan seringkali salinitas di bawah minimum dan di atas maksimum tersebut karang masih bisa hidup, selain itu daya tahan karang terhadap salinitas pada tiap jenisnya tidak sama.

2.1.2.3. Kecerahan

Kecerahan air memiliki korelasi penting dengan kedalaman karena seberapa besar cahaya matahari mampu menembus kolom air tergantung dari dalamnya perairan tersebut. tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis akan berkurang dan bersama dengan itu kemampuan karang menghasilkan kalsium karbonat dan membentuk terumbu akan berkurang pula. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Coremap, menyatakan bahwa kecerahan air yang optimal untuk pertumbuhan karang adalah > 5 meter. Hal ini berkaitan dengan intensitas cahaya yang diterima oleh terumbu karang untuk tumbuh dan berkembang karena intensitas cahaya yang dapat diterima dasar perairan tidak terlepas dari kejernihan air.

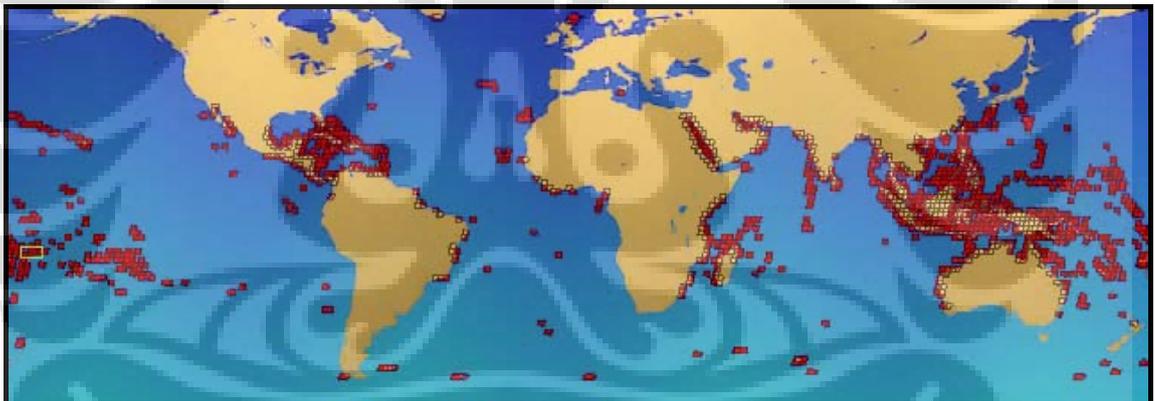
Keberadaan senyawa organik yang larut dalam air merupakan salah satu makanan karang dan *polyp* serta memegang peranan penting bagi beberapa karang di dalam terumbu, tetapi zat hara yang berlebihan dapat merangsang pertumbuhan alga sehingga mengganggu pertumbuhan.

Mengingat terumbu karang *hermatipik* hidupnya bersimbiosis dengan *zooxanthellae* yang melakukan proses fotosintesis, maka pengaruh cahaya adalah penting sekali. Intensitas cahaya dipengaruhi oleh kedalaman, maka pembentukan terumbu secara aktif dapat berlangsung pada kedalaman di bawah 25 meter di perairan Indo-Pasifik. Terumbu karang dapat tumbuh sampai kedalaman 40 meter dan di bawah kedalaman ini terumbu karang sangat sulit hidup karena lapisan air yang sangat dingin dan lemahnya intensitas matahari namun kebanyakan tumbuh pada kedalaman 25 meter atau kurang. Nybakken (1988;32) menguraikan bahwa tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis akan berkurang pula,

dimana intensitas cahaya matahari berkurang antara 15-20% dari intensitas permukaan.

2.2. Persebaran Terumbu Karang

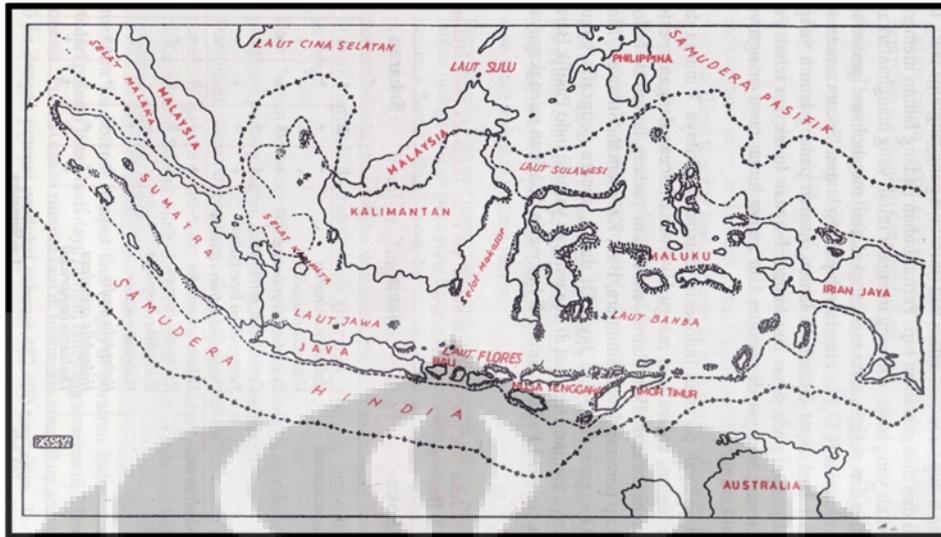
Terumbu karang tersebar di laut dangkal di daerah tropis hingga subtropis diantara 32° Lintang Selatan mengelilingi bumi tiga daerah besar terumbu karang yaitu Laut Karibia, Samudera Hindia dan Indo-Pasifik. Karang tumbuh dengan baik di daerah Indo-Pasifik hingga mencapai kurang lebih 80 marga, yang disebabkan oleh faktor alami pendukung pertumbuhan karang untuk berkembang dengan baik di Indo-Pasifik Barat. Keanekaragaman spesies karang yang tersebar di wilayah Indo-Pasifik tercatat di daerah Melanesia. Menurut Rosen, 1971 dalam Supriharyono (2000;20), di *Melanesia* yang paling tinggi keanekaragaman karangnya adalah Indonesia. Hal inilah yang menyebabkan Indonesia dikenal sebagai pusat keanekaragaman jenis karang.



Gambar 2.5. Persebaran Terumbu Karang di Dunia

Sumber: The Coral Reef Alliance, 2006

Karang di Indonesia tersebar mulai dari Sabang hingga utara Jayapura. Sebaran karang tidak merata di seluruh perairan Indonesia, ada daerah tertentu dimana karang tidak dapat tumbuh dengan baik dan pada daerah lainnya tumbuh dengan sangat baik.



Gambar 2.6. Persebaran Terumbu Karang di Indonesia

Sumber: Dahuri, 2001

2.3. Kerusakan Karang

Terumbu karang adalah ekosistem yang rentan dan mudah rusak. Terumbu karang dapat rusak oleh beberapa proses antara lain: pengendapan, pencemaran, penangkapan ikan yang merusak, sampak, gempa serta bintang laut pemangsa yang disebut bulu seribu. Secara historis, terumbu karang telah mampu pulih dari gangguan alam berkala (seperti angin topan, predator yang berlebihan dan beragam penyakit). Kerusakan terjadi justru karena gangguan dari aktivitas manusia baik di daratan maupun lautan. Dampak tersebut disebabkan dari serangkaian kegiatan (Dahuri, 1996;199) diantaranya:

- Pembangunan pesisir untuk perumahan, resort, hotel, industri, pelabuhan dan pembangunan marina seringkali menyebabkan terjadinya reklamasi daratan dan pengerukan tanah. hal ini dapat meningkatkan sedimentasi (sehingga meningkatkan kerusakan karang yang juga berpengaruh terhadap jumlah ikan).
- Pembuangan limbah industri dan rumah tangga meningkatkan tingkat nutrisi dan racun di lingkungan terumbu karang. Pembuangan limbah yang tidak diolah terlebih dahulu ke laut menambah nutrisi dan pertumbuhan alga yang berlebihan. Limbah kaya nutrisi dari pembuangan atau sumber lain

khususnya amat mengganggu, karena mereka meningkatkan perubahan besar dari struktur terumbu karang secara perlahan dan teratur.

- Kegiatan kapal dapat berdampak buruk bagi terumbu karang melalui tumpahan minyak dan pembuangan dari kapal. Kerusakan fisik secara langsung dapat terjadi karena kapal membuang jangkar di terumbu karang dan kapal berlabuh secara tidak di sengaja.
- Kegiatan secara langsung yang dilakukan oleh manusia seperti menginjak karang untuk mengumpulkan kerang, para penyelam yang melintas di atas karang, pencurian karang secara *ilegal* dan sebagainya.

Pertumbuhan karang amat dipengaruhi oleh lingkungannya. Berbagai kegiatan manusia yang berdampak negatif terhadap lingkungan secara tidak langsung berimbas pada rusaknya terumbu karang. Selain beberapa kegiatan diatas, kerusakan terumbu karang juga dapat terjadi akibat proses alami lingkungan. Kerusakan alami dapat berupa kerusakan yang disebabkan oleh hewan predator atau karena kejadian alam seperti bencana *El-Nino*, pemanasan global (*global warming*), *La-Nina*, Topan (*storm*), gempa dan banjir.

Sedimentasi merupakan masalah yang umum di daerah tropis. Aktivitas pembangunan, pertanian, pembukaan hutan dapat mengakibatkan sedimentasi. Ada pula *carbonate sediment*, yaitu sedimen yang berasal dari erosi karang-karang, baik secara biologis maupun fisik. Keberadaan sedimen ini, baik *terrigenous sediments* maupun *carbonate sediments* menyebabkan perairan di sekitar terumbu karang menjadi keruh, terutama setelah terjadi hujan, yang ada pada akhirnya mempengaruhi kehidupan karang (Supriharyono, 2002;4).

2.3.1. Faktor Penyebab Kerusakan dan Kematian Karang

Ada beberapa faktor yang menyebabkan kerusakan karang (Dahuri, 1996; 203) atau bahkan sampai kepada kematian karang, yaitu faktor fisik dan kimia. Faktor fisik yang dapat menyebabkan kematian karang di antaranya sebagai berikut:

- Suhu air laut. Perubahan iklim menyebabkan perubahan suhu air laut. kenaikan dan penurunan suhu air laut sebesar 3-4° C dari suhu air normal menyebabkan karang memutih (*bleaching*) dan terkadang diikuti dengan

kematian karang. Apabila kenaikan 1°C diatas suhu air maksimal tahunan bertahan selama 10 minggu atau lebih, maka pemutihan karang akan pasti terjadi.

- Pasang surut. Pasang yang terlalu tinggi dan berlangsung dalam waktu yang lama dapat menyebabkan terumbu karang lebih lama terendam dan berkurangnya kemampuan karang dalam menangkap cahaya matahari. Hal ini berakibat pada terganggunya proses fotosintesis serta sekresi dan deposit kalsium karbonat. Sehingga pada akhirnya karang akan rusak dan mati. Surut yang sangat rendah dan berlangsung lama menyebabkan terumbu karang muncul ke permukaan air dan udara bebas sehingga dapat menyebabkan kematian.

Sedangkan faktor kimia yang juga berpengaruh terhadap kematian karang adalah salinitas. Perubahan salinitas yang besar akan mengakibatkan sel-sel hidup pecah dan *zooxanthellae* keluar dari jaringan karang, dan pada akhirnya karang akan mati.

2.4. Pemantauan Karang

Survei terumbu karang dapat dilakukan dengan berbagai metode tergantung pada tujuan survei, waktu yang tersedia, tingkat keahlian peneliti dan ketersediaan sarana dan prasarana. Ada beberapa cara atau metoda yang digunakan untuk mengukur struktur masyarakat karang dalam pemantauan (English, 1994; 5-67) yaitu:

- a. Metode *manta tow*
- b. Metode transek garis
- c. Metode transek kuadrat
- d. Metode transek sabuk (*Belt Transect*)

Metode yang digunakan dalam pengambilan data primer terumbu karang adalah *manta tow* yang bertujuan untuk mengamati perubahan secara menyeluruh pada terumbu karang dalam waktu yang pendek (English, S. 1994;13).

Pelaksanaan di lapangan, dengan cara menarik peneliti dengan menggunakan perahu selama dua menit dengan kecepatan konstan. Peneliti akan mengamati beberapa objek sepanjang daerah yang dilewati dan persentase tutupan

karang mati hidup. Data yang diamati dicatat pada tabel data dengan menggunakan nilai kategori atau dengan nilai persentase bilangan bulat.

Masing-masing metode dalam pemantauan karang memiliki kelebihan dan kekurangan. Oleh karena itu, pemakaian metode pemantauan didasarkan pada tujuan dari penelitian yang akan dilakukan. Untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan pada tiap metode dapat dilihat pada tabel 2.1 sampai tabel 2.4.

Tabel 2.1. Kelebihan dan Kekurangan Metode Manta Tow

Kelebihan	Kekurangan
Daerah yang luas dapat di survei dalam waktu yang singkat	Survei secara tidak disengaja bisa dilakukan pada lokasi di luar terumbu karang
Metodenya sederhana dan mudah dipraktekkan	Peneliti sering lupa bila terlalu banyak objek yang diingat
Biaya yang dibutuhkan tidak begitu mahal	Kemungkinan ada objek yang terlewatkan
Peneliti tidak terlalu lelah untuk survei areal yang luas	Metode tidak cocok bila jarak pandang kurang dari 6 meter

Sumber: Johan (2003) dalam Wening (2005)

Tabel 2.2. Kelebihan dan Kekurangan Metode Transek Garis

Kelebihan	Kekurangan
Akurasi data dapat diperoleh dengan baik	Membutuhkan tenaga peneliti yang banyak
Data yang diperoleh lebih baik dan lebih banyak	Survei membutuhkan waktu yang lama
Penyajian struktur komunitas karang seperti persentase tutupan karang hidup/mati, kekayaan jenis, dominasi, frekuensi kehadiran, ukuran koloni dan keanekaragaman jenis dapat disajikan secara lebih menyeluruh	Dituntut keahlian dalam identifikasi karang, minimal <i>life form</i> dan sebaiknya genus atau <i>species</i>
Struktur komunitas biota yang berasosiasi dengan terumbu karang juga dapat disajikan dengan baik	Peneliti dituntut sebagai penyelam yang baik
	Biaya yang dibutuhkan juga relatif lebih besar

Sumber: Johan (2003) dalam Wening (2005)

Tabel 2.3. Kelebihan dan Kekurangan Metode Transek Kuadrat

Kelebihan	Kekurangan
Data yang diperoleh lengkap dengan menggambar posisi biota yang ditemukan pada kuadrat, dengan bantuan foto	Proses lambat dan waktu lama
	Alat tidak praktis, susah pada lokasi berarus
Sumber info yang bagus dalam pemantauan laju pertumbuhan, tingkat kematian, laju rekrutmen	Cocok untuk luasan perairan yang kecil
	Sedimen trap tidak bisa ditinggal dalam waktu lama dan tidak efektif pada daerah berarus

Sumber: Johan (2003) dalam Wening (2005)

Tabel 2.4. Kelebihan dan Kekurangan Metode Transek Sabuk

Kelebihan	Kekurangan
Pencatatan data jumlah individu lebih teliti	Mebutuhkan keahlian untuk mengidentifikasi karang secara langsung dan dibutuhkan penyelam yang baik
Data yang diperoleh mempunyai akurasi yang cukup tinggi dan dapat menggambarkan struktur populasi karang	Waktu yang dibutuhkan cukup lama

Sumber: Johan (2003) dalam Wening (2005)

2.5. Oseanografi

Oseanografi berasal dari kata “*oceanus*” berarti samudera dan “*graphics*” berarti uraian (Nontji, 1993;45). Terdapat 4 kategori ilmu dalam oseanografi, yaitu oseanografi fisis, kimia, biologi dan geologi. Dalam penelitian ini, variabel oseanografi yang digunakan adalah oseanografi fisis (fisika) dan kimia.

2.5.1. Oseanografi Fisika

Mempelajari segala sifat fisik yang mempengaruhi sifat fluidanya (air). Terdiri dari arus, gelombang, pasang surut, suhu air dan pencerahan dalam air.

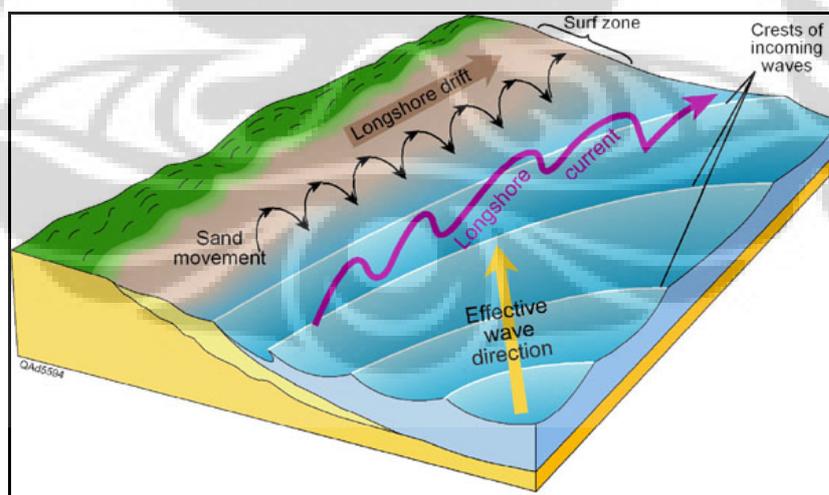
2.5.1.1. Arus

Arus merupakan gerakan mengalir suatu massa air yang dapat disebabkan oleh tiupan angin, atau karena perbedaan dalam densitas air laut atau dapat pula disebabkan oleh gerakan bergelombang panjang.

Arus adalah gerakan massa air yang mengalir. Gerakan air di permukaan laut terutama disebabkan oleh angin yang bertiup di atasnya. Namun demikian, selain faktor angin, arus laut juga dipengaruhi oleh bentuk topografi dasar laut dan pulau-pulau di sekitarnya, gaya *coriolis* dan arus elemen.

Sistem arus utama di dunia dihasilkan oleh beberapa angin utama yaitu angin pasat timur laut dan angin pasat tenggara. Keadaan angin ini dipengaruhi oleh sistem tekanan udara di Asia dan Australia. Dikemukakan oleh Nontji (1993;43), angin musim bertiup secara mantap ke arah tertentu pada satu periode yang lain angin bertiup dengan arah yang berlawanan.

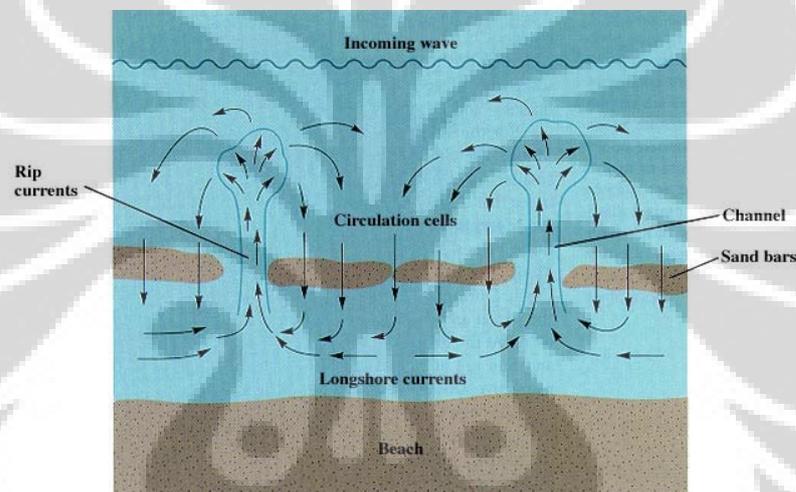
Gelombang yang datang menuju pantai dapat menimbulkan arus pantai (*nearshore current*) yang berpengaruh terhadap proses sedimentasi atau abrasi di pantai (Dahuri, 2001;36). Pola arus pantai disebabkan oleh besarnya sudut yang dibentuk antara gelombang yang datang dengan garis pantai. Apabila sudut datang itu cukup besar, maka akan terbentuk arus menyusur pantai (*longshore current*) disebabkan karena perbedaan tekanan hidrostatik (Dahuri, 2001;36). Gambaran *longshore current* dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. *Longshore Current*

Sumber: http://coastal.beg.utexas.edu/phscmp/sg_mustang_3.htm

Apabila sudut datang gelombang tersebut kecil atau sama dengan nol (gelombang yang datang sejajar dengan pantai), maka akan terbentuk arus meretas menyusur pantai (*rip current*) dengan arah menjauhi pantai disamping terbentuknya arus yang menyusur pantai. *Rip current* yang berbahaya sering dikenal dengan istilah *rip tides*, terjadi ketika *longshore currents* bergerak ke arah pantai, terpental ke arah laut karena perubahan struktur dasar laut (Dahuri, 2001;36). Jika aktivitas gelombang yang terjadi lemah, dapat menimbulkan *low rip current*, dalam ukuran dan kecepatan yang bervariasi. Bentuk *rip current* dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. *Rip Current*

Sumber: http://coastal.beg.utexas.edu/phscmp/sg_mustang_3.htm

Pasang surut adalah parameter lain yang penting, di samping gelombang sebagai pembangkit arus di perairan pantai. Di perairan sempit dan semi tertutup seperti selat atau teluk, pasang surut merupakan penggerak utama sirkulasi massa airnya. Arus yang disebabkan oleh pasang surut dipengaruhi oleh dasar perairan. Arus pasang surut yang terkuat akan ditemui di dekat permukaan dan akan menurun kecepatannya semakin mendekati dasar perairan (Dahuri, 2001;36).

2.5.1.2. Gelombang

Menurut Komar (1983;24), gelombang adalah elemen penting dalam proses pantai. Pembentukan gelombang oleh angin tergantung pada tiga faktor yaitu kecepatan angin, lamanya angin bertiup pada arah tertentu dan cakupan wilayah hembusan angin terjadi. Semakin lama angin bertiup, energi yang ditransfer untuk menghasilkan gelombang akan semakin besar. Pada areal yang luas terdapat lebih banyak gelombang potensial. Gelombang akan semakin berkembang sampai daerah gelombang pecah. Luas daerah ini tergantung dari ukuran gelombang dan kemiringan pantai.

Gelombang yang ditemukan di permukaan laut pada umumnya terbentuk karena adanya proses alih energi dari angin ke permukaan laut, atau pada saat-saat tertentu disebabkan oleh gempa di dasar laut. gelombang ini merambat ke segala arah membawa energi tersebut yang kemudian dilepaskannya ke pantai dalam bentuk hempasan ombak. Gelombang yang mendekati pantai akan mengalami pembiasan (*refraction*) dan akan memusat (*convergence*) jika mendekati semenanjung atau menyebar (*divergence*) jika menemui cekungan (Dahuri, 2001;31).

Arah gelombang laut pada umumnya mengikuti arah angin. Pada waktu arah angin mendekati pantai dengan kecepatan tinggi, bila tidak ada pemecah gelombang (*break water*), maka pantai akan mendapat tekanan yang besar. Pukulan tersebut akan mengikis pantai. Menurut Silvester (1974) dalam Nontji (1993;55), kecepatan angin 0,56 m/detik hingga 1,39 m/detik akan menimbulkan gelombang yang kecil, dan tidak terbentuk buih di puncak gelombang. Kisaran kecepatan angin antara 1,67 hingga 3,05 m/detik akan menimbulkan buih gelombang seperti kaca, tetapi tidak terdapat area yang berwarna putih. Kisaran kecepatan angin antara 5,83 m/detik hingga 8,06 m/detik menimbulkan gelombang yang tidak terlalu tinggi, dan banyak bagian-bagian yang berwarna putih. Kisaran angin antara 8,33 m/detik hingga 10,80 m/detik gelombang mulai tinggi dan kelihatan jelas dengan puncak yang berbuih dan berwarna putih.

2.5.1.3. Pasang Surut

Pasang surut dapat menimbulkan arus yang dapat mengangkut sedimen pantai ke laut pada waktu surut dan sebaliknya mengendapkan sedimen di pantai pada waktu pasang. Arus akibat naik turunnya muka air, akan berubah secara periodik mengikuti fluktuasi pasang surut. Arus ini berperan dalam menambah atau mengurangi kecepatan arus menyusur pantai.

Pasang surut yang terbentuk di lautan luas merambat sebagai gelombang menuju lereng benua dan paparan benua, gelombang tersebut akan mengalami proses perubahan karena makin dangkalnya perairan. Pada wilayah yang semi tertutup seperti teluk, akan bereaksi terhadap gaya yang ditimbulkan oleh energi pasang surut.

Dilihat dari pola gerakan muka lautnya, pasang surut di Indonesia dibagi menjadi empat jenis yaitu, pasang surut harian tunggal (*diurnal tide*), harian ganda (*semidiurnal tide*) dan dua jenis campuran. Pada jenis harian tunggal hanya terjadi satu kali pasang dan satu kali surut setiap hari, contohnya di sekitar Selat Karimata. Pasang surut jenis harian ganda tiap hari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut yang tingginya hampir sama, contohnya terdapat di Selat Malaka sampai Laut Andaman. Pasang surut campuran keduanya, dibedakan menjadi pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide, prevailing semidiurnal*) dan pasang surut jenis campuran condong ke harian tunggal (*mixed tide, prevailing diurnal*). Pasang surut campuran condong ke harian ganda terjadi dua kali pasang dan surut dalam sehari, contohnya di perairan Indonesia Timur. pasang surut campuran condong ke harian ganda terjadi satu kali pasang dan satu kali surut setiap harinya, contohnya di bagian selatan Kalimantan dan bagian utara Jawa Barat (Dahuri, 2001;30).

Pasang surut tidak hanya mempengaruhi lapisan bagian atasnya saja, melainkan seluruh massa air dan memiliki energi sangat besar. Di perairan-perairan pantai, utamanya teluk-teluk atau selat sempit, gerakan naik turunnya muka air akan menimbulkan arus pasang surut. Biasanya arahnya kurang lebih bolak-balik, misalnya jika muka air bergerak naik air

mengalir masuk, sedangkan pada saat muka air bergerak turun arus mengalir ke luar (Dahuri, 2001;31).

2.5.1.4. Suhu Air

Suhu air merupakan faktor yang banyak mendapat perhatian dalam pengkajian-pengkajian kelautan. Data suhu air dapat dimanfaatkan bukan saja untuk mempelajari gejala-gejala fisika di dalam laut, tetapi juga dalam kaitannya dengan kehidupan hewan atau tumbuhan. bahkan dapat juga digunakan untuk pengkajian meteorologi. Suhu perairan dipengaruhi oleh radiasi matahari, posisi matahari, letak geografis, musim, kondisi awan serta proses interaksi antara air dan udara (Dahuri, 2001;37).

Hewan laut misalnya hidup dalam batas-batas suhu air yang tertentu. Ada yang mempunyai toleransi yang besar terhadap perubahan suhu air, bersifat *euriterm*. Sebaliknya ada pula yang toleransinya kecil, disebut *stenoterm*. Hewan yang hidup di zone pasang surut dan sering mengalami kekeringan mempunyai daya tahan yang besar terhadap perubahan suhu air.

Suhu air permukaan di perairan Nusantara kita umumnya berkisar antara 28-31°C. Di lokasi di mana penaikan air (*upwelling*) terjadi, misalnya di Laut Banda, suhu air permukaan bisa turun sampai sekitar 25°C. Ini disebabkan karena air yang dingin dari lapisan bawah terangkat ke atas. Suhu air di dekat pantai biasanya sedikit lebih tinggi daripada yang di lepas pantai. Di goba (*lagoon*) yang dangkal atau kobakan air yang terperangkap karena air surut, bisa dijumpai suhu air yang panas di siang hari, kadang-kadang bisa mencapai lebih 35°C (Nontji, 1993;53-55)

Suhu permukaan laut (SPL) di Indonesia secara umum berkisar antara 26-29°C. Perairan Indonesia dipengaruhi oleh angin musim, maka sebaran SPL pun mengikuti perubahan musim. Pada musim barat (Desember-Februari), SPL Indonesia bagian barat pada umumnya relatif lebih rendah daripada musim timur (Juli-Agustus). Pada musim timur kebalikannya terjadi, yaitu SPL di perairan Indonesia bagian timur berkisar antara 26-28° C dan bagian barat antara 28-29° C.

2.5.2. Oseanografi Kimia

Mempelajari berbagai proses aksi dan reaksi antar unsur, molekul atau campuran dan sebagainya. Salah satu yang termasuk adalah salinitas air.

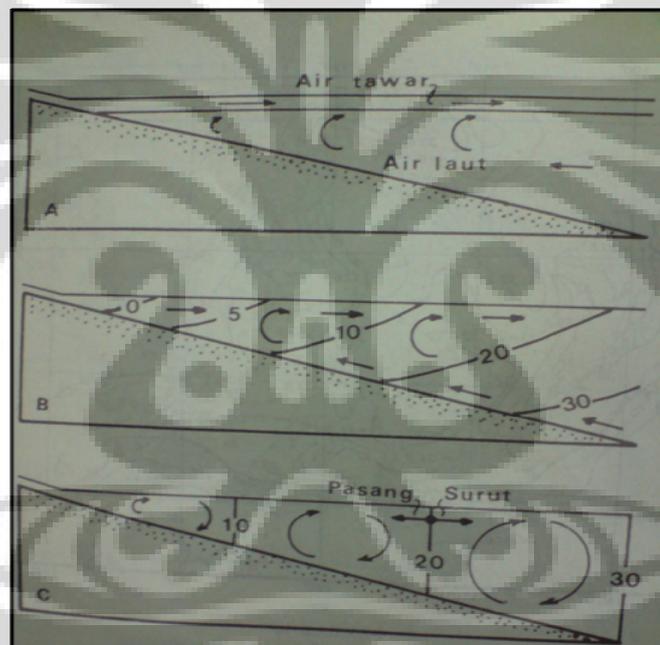
2.5.2.1. Salinitas Air

Rasa asin air laut disebabkan karena di dalam air laut terlarut bermacam-macam garam, yang paling utama adalah garam $NaCl$. Di perairan samudera, salinitas biasanya berkisar antara 34-35 ‰ (Nontji, 1993;59). Di perairan pantai karena terjadi pengenceran, misalnya karena pengaruh aliran sungai, salinitas bisa turun rendah. Sebaliknya di daerah yang penguapannya sangat tinggi, salinitas bisa meningkat. Sebaran salinitas laut dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti, pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan, aliran sungai. Berdasarkan Nontji (1993;60) perairan *estuaria* atau daerah sekitar kuala dapat mempunyai struktur salinitas yang kompleks, karena selain merupakan pertemuan antara air tawar yang relatif ringan dan air laut yang relatif berat, juga pengadukan air sangat menentukan (gambar 2.9).

- A. Perairan dengan stratifikasi salinitas kuat, terjadi di mana air tawar merupakan lapisan yang tipis di permukaan sedangkan di bawahnya terdapat air laut.
- B. Perairan dengan stratifikasi salinitas sedang, terjadi karena adanya gerak pasang surut yang menyebabkan terjadinya pengadukan pada kolom air hingga terjadi pertukaran air secara vertikal. Di permukaan, air cenderung mengalir ke luar sedangkan air laut merayap masuk ke bawah. Antara keduanya terjadi pencampuran. Akibatnya garis *isohalin* (salinitas yg sama) mempunyai arah yang condong ke luar.
- C. Perairan dengan pengadukan vertikal yang kuat disebabkan oleh gerak pasang surut hingga mengakibatkan perairan menjadi homogen secara vertikal. Karena berada di bawah kendali pasang surut, maka salinitas di semua titik dapat berubah dengan drastis, bergantung pada kedudukan pasut. Pada saat surut salinitas

didominasi oleh air tawar yang datang dari sungai sedangkan pada saat pasang masuknya air laut lebih banyak menentukan salinitas.

Di perairan lepas pantai yang dalam, angin dapat pula melakukan pengadukan di lapisan atas hingga membentuk lapisan homogen sampai kira-kira setebal 50-70 atau lebih tergantung dari intensitas pengadukan. Di perairan dangkal, lapisan homogen ini berlanjut sampai ke dasar. Di lapisan dengan salinitas homogen, suhu air juga biasanya homogen. Di bawahnya terdapat lapisan pegat (*discontinually layer*) dengan gradasi densitas yang tajam yang menghambat pencampuran antara lapisan di atas dan di bawahnya.



Gambar 2.9. Tiga Jenis Struktur Salinitas di daerah Estuaria: A. Stratifikasi kuat; B. Stratifikasi sedang dan C. Pencampuran vertikal

Sumber: Nontji, 1993;61

Salinitas dipengaruhi oleh hujan. Pada bulan Februari, rata-rata salinitas di Laut Jawa bagian utara adalah 31,3-31,8-32. Pada bulan Agustus rata-rata salinitas antara 33-34 ppt. Faktor penting yang mempengaruhi salinitas adalah: masuknya air bersalinitas tinggi dari

Samudera Pasifik, pola arus musim, penguapan dan pengenceran oleh aliran-aliran sungai (Nontji, 1993;63)

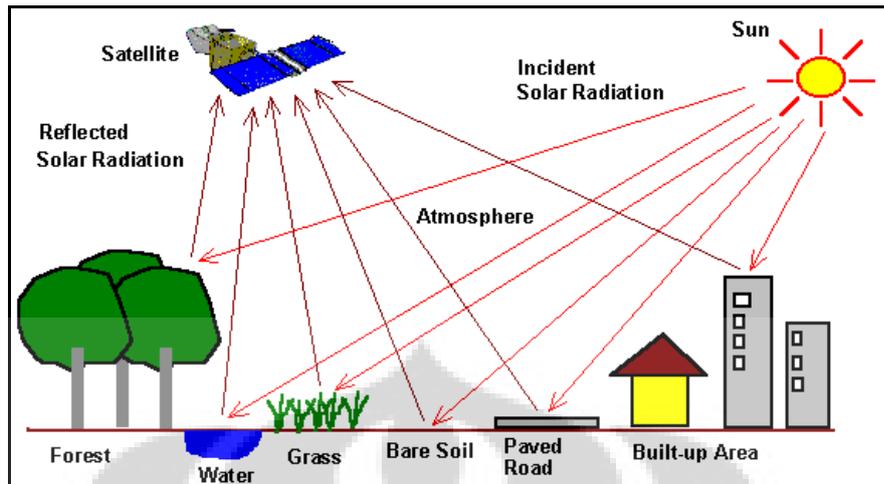
Pada bulan Februari arus musim bergerak dari Laut Cina Selatan menuju Laut Jawa dan Laut Flores. Karena musim ini adalah musim hujan di berbagai wilayah Indonesia bagian barat maka mendapatkan pengenceran dari Malaysia, Sumatera, Jawa dan Kalimantan. Oleh sebab itu, air bersalinitas rendah mendorong air bersalinitas tinggi ke arah timur. Salinitas di Laut Jawa kurang dari 33 ppt (Nontji, 1993;64).

Pada bulan Agustus, situasi berbalik dengan berkembangnya arus musim timur. Saat itu adalah musim kemarau di bagian Indonesia Barat, hingga pengenceran di Paparan Sunda terjadi lebih sedikit. Air bersalinitas tinggi berbalik arah kini mengalir dari timur mendorong bersalinitas rendah ke barat. Akibatnya *isohalin* menyusup 33 ppt menyusup masuk ke pertengahan Laut Jawa, kira-kira sampai di bagian utara Semarang (Nontji, 1993;64).

2.6. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah, fenomena alam dengan cara menganalisa data yang diperleh tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1980;31). Untuk mendapat informasi dari data penginderaan jauh diperlukan adanya interpretasi citra yang merupakan pengkajian citra yang dimaksudkan untuk mengidentifikasi objek yang tergambar pada citra dan menilai arti pentingnya objek tersebut.

Foto udara adalah suatu penginderaan jarak jauh mengenai kondisi permukaan bumi, yang diambil dengan menggunakan pesawat atau satelit (Supriharyono, 2002;35). Cara ini dahulu lebih banyak digunakan untuk memantau perubahan kondisi geografis di daerah terestrial atau daratan. Namun cara ini kini mulai dikembangkan untuk mengetahui perubahan lingkungan yang ada di wilayah perairan, diantaranya adalah kemungkinan adanya perubahan ekosistem terumbu karang.



Gambar 2.6. Konsep Penginderaan Jauh

Sumber: www://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/optical.gif

Menggunakan metode penginderaan jauh dalam membantu memberikan data penyebaran terumbu karang cukup efektif, karena dalam waktu yang relatif cepat dan biaya murah bisa mencakup wilayah yang sangat luas. Penginderaan jauh untuk terumbu karang memanfaatkan sinar radiasi elektromagnetik pada daerah spektrum sinar tampak. Spektrum ini dapat menembus air sehingga dapat mendeteksi terumbu karang yang berada di bawah permukaan air.

Citra Landsat TM merupakan salah satu jenis citra penginderaan jauh digital. Citra Landsat TM hasil rekaman sensor *Thematic Mapper* dipasang pada satelit Landsat 4 dan Landsat 5. Sistem TM meliputi lebar sapuan (*scanning*) sebesar 185 km, direkam dengan menggunakan tujuh saluran panjang gelombang, yaitu tiga saluran panjang gelombang tampak, tiga saluran panjang gelombang inframerah dekat dan satu saluran panjang gelombang inframerah thermal (Purwadhi, 2001;61). Masing-masing saluran memiliki kelebihan dan keterbatasan dalam penggunaannya. Sifat citra dari setiap saluran sesuai dengan karakteristik panjang gelombang elektromagnet yang digunakan dalam perekaman data permukaan bumi.

Landsat ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) merupakan pengembangan dari sensor TM dengan penambahan band pankromatik (0,50-0,90) μm yang mempunyai resolusi (15x15) m. Sensor ETM didesain dapat merekam citra

multispektral dengan 6 band seperti pada sensor TM, dimana band *thermal* yang semula resolusinya 120 meter diperbaiki menjadi 60 meter (Purwadhi, 2001;63).

Citra Landsat 7 ETM+ pada dasarnya cukup mempunyai resolusi spasial tinggi, akan tetapi untuk pemetaan terumbu karang masih dalam kategori resolusi rendah mengingat keragaman yang dimiliki oleh terumbu karang. Selain itu kemampuan gelombang elektromagnetik sangat rendah untuk dapat menembus air laut karena sebagian energinya akan terserap. Hal ini akan menyebabkan kemampuan untuk mengidentifikasi objek di bawah air menjadi terbatas oleh kedalaman. Kedalaman yang mampu diidentifikasi umumnya berkisar antara 15-30 meter tergantung pada kondisi perairan dan kontur permukaan dasar laut (Purwadhi, 2001;63).

Band biru mempunyai daya tembus lebih besar terhadap air, tetapi ia akan mengalami hamburan besar sehingga tidak begitu banyak sinar pantulan yang diterima. Band merah dapat menembus terhadap air jernih hanya beberapa meter saja, sedangkan pada spektrum tampak akan diserap setelah mencapai kedalaman 2 meter. Pada citra Landsat-7 ETM+, kombinasi dua band pertama yaitu band 1 dan band 2 cukup baik digunakan untuk penginderaan dasar perairan dangkal. Kedua band tersebut dikombinasikan secara algoritma untuk menghasilkan gambaran objek bawah air yang kemudian diinterpretasi sebagai data spasial sebaran dan kondisi terumbu karang.

Tabel 2.5. Karakteristik Citra Landsat-7 ETM+

Band	Panjang Gelombang (μm)	Jenis Gelombang	Resolusi (m^2)	Luas Cakupan (Km^2)
1	0.45-0.52	Blue Visible	30 x 30	185
2	0.52-0.60	Green Visible	30 x 30	
3	0.60-0.69	Red Visible	30 x 30	
4	0.76-0.90	Nera Infrared	30 x 30	
5	1.55-1.75	Middle Infrared	30 x 30	
6	2.08-2.35	Thermal Infrared	30 x 30	
7	10.45-12.50	Middle Thermal Infrared	60 x 60	
8	0.50-0.90	Pancromatik	15 x 15	

Sumber: Purwadhi, 2001

2.7. Penginderaan Jauh untuk Pemantauan Terumbu Karang

Pemantauan terumbu karang dapat dilakukan dengan berbagai cara, mulai dari survei langsung maupun melalui foto udara. Pemantauan terumbu karang melalui foto udara dilakukan dengan teknologi penginderaan jauh. Secara spasial teknologi penginderaan jauh dapat mencakup area yang luas dengan biaya relatif murah dengan waktu singkat dibandingkan dengan metode survei lapangan secara langsung. Salah satu metode yang digunakan dalam penginderaan jauh untuk pemantauan terumbu karang adalah metode algoritma Lyzenga atau sering disebut *Exponential Attenuation Model*.

Pada dasarnya metode ini hampir sama dengan metode interpretasi lainnya hanya saja ditambah dengan koreksi tubuh air (*water column correction*). Dengan menggunakan algoritma Lyzenga untuk koreksi tubuh air maka akan dihasilkan citra baru dengan histogram yang frekuensinya sangat bervariasi dari setiap angka digitalnya, sehingga muncul beberapa puncak di seluruh rentang panjang gelombang. Dengan pengamatan visual pada citra, maka histogram tersebut dijadikan dasar dalam menentukan kelas pada citra baru.

2.8. Penelitian Terdahulu

1. Penelitian Terumbu Karang di Gugus Pari, Kepulauan Seribu

Adipandang (2004) melakukan penelitian dengan judul “Perubahan Morfologi Terumbu Karang Kompleks Gugus Pulau Pari di Kepulauan Seribu”. Permasalahan yang dibahas adalah bagaimana perbedaan dan perubahan morfologi terumbu karang di Gugus Pulau Pari. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan overlay hasil analisis foto udara dengan citra Landsat 7 ETM+. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah terdapat adanya perubahan luas dari Gugus Pulau Pari di Kepulauan Seribu.

2. Penelitian Terumbu Karang di Bagaian Barat Pulau Flores

Tjiong Giok Pin (2005) melakukan penelitian dengan judul “Distribusi Terumbu Karang di Bagian Barat Pulau Flores Provinsi Nusa Tenggara Timur”. Permasalahan yang dibahas adalah bagaimana distribusi terumbu karang dan bagaimana sebaran persentase tutupan karang mati hidup di bagian barat Pulau Flores. Variabel yang digunakan adalah terumbu karang

hidup serta permukiman dengan parameter sebaran dan jarak permukiman ke lokasi karang. Metode yang digunakan adalah melakukan penampalan peta dengan hasil pengolahan pada citra. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah:

- a. Sebaran terumbu karang di wilayah penelitian adalah sebagai berikut:
 - Terumbu karang hampir menyebar di seluruh pinggiran pantai pulau-pulau dengan pola sejajar, sedangkan pulau-pulau yang lebih kecil penyebarannya merata mengelilingi pulau dengan pola mengelompok.
 - Pada pinggiran pantai di pulau-pulau besar merupakan tipe karang tepi, sedangkan pada pulau-pulau yang kecil di samping karang tepi dijumpai juga karang cincin yang mengelilingi goba.
- b. Persentase tutupan karang mati hidup di tempat-tempat yang dekat dengan permukiman dan jumlah penduduk yang tinggi mempunyai persentase yang rendah yaitu sebesar $< 10\%$ dan semakin jauh dari permukiman persentase tutupan karang mati hidup semakin tinggi.

3. Penelitian Terumbu Karang di PLTU Suralaya banten

Diah Wening Sariratri (2005) melakukan penelitian dengan judul “Kajian Kerusakan Terumbu Karang akibat Limbah PLTU Suralaya di Banten dengan Memanfaatkan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis”. Permasalahan yang dibahas adalah:

- a. Sejauh mana kerusakan terumbu karang akibat pembuangan limbah PLTU Suralaya yang dapat dipantau dengan memanfaatkan teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis.
- b. Bagaimana upaya konservasi terumbu karang sesuai dengan kondisi terumbu karang secara spasial ekologis.
- c. Sejauh mana bantuan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dalam penelitian kerusakan terumbu karang akibat limbah PLTU.

Metode yang digunakan adalah melakukan korelasi peta dan melakukan analisis data dengan metode statistik regresi linear berganda untuk peramalan dan uji hipotesis. Kesimpulan penelitian tersebut adalah:

- a. Kondisi terumbu karang di Suralaya mengalami penurunan kualitas. Kondisi karang di Tanjung Pujut termasuk dalam kategori sangat buruk dengan tutupan pada tahun 2002 sebesar 0%. Tutupan karang mati di Kelapa Tujuh kategori baik dengan tutupan karang mati tahun 2005 menjadi 42,9%. Terumbu karang dipengaruhi oleh suhu air dan arus.
- b. Upaya pengelolaan lingkungan yang telah dilakukan adalah pemantauan pengurangan erosi pantai dengan pembangunan jeti dan *barier* pantai. Upaya yang dapat diusahakan adalah meningkatkan ketersediaan substrat untuk penempelan larva.
- c. Teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dapat digunakan untuk memperoleh data sebaran panas dan terumbu karang, namun untuk mengetahui kualitas terumbu karang tetap harus dilakukan survei lapang.

4. Penelitian Terumbu Karang di Kepulauan Seribu

Indra Raditia (2007) melakukan penelitian dengan judul “Sebaran Terumbu Karang bila Dikaitkan dengan Pemanfaatan Ruang di Kepulauan Seribu”. Permasalahan yang dibahas adalah bagaimana sebaran terumbu karang hidup bila dikaitkan dengan pemanfaatan ruang dan kedalaman laut di Kepulauan Seribu. Metode yang digunakan adalah metode tumpang tindih dari hasil pengolahan citra Landsat 7 dengan sebaran lokasi pemanfaatan ruang. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah:

- a. Pada pulau-pulau yang dijadikan permukiman memiliki karang mati yang lebih dominan daripada karang hidup.
- b. Pada pulau-pulau yang dijadikan tempat wisata kondisi karangnya relatif lebih berimbang dengan kondisi karang di pulau-pulau yang dijadikan permukiman.
- c. Pada pulau-pulau yang dijadikan cagar alam, persentase karang hidupnya sedikit lebih besar daripada karang mati.
- d. Sebaran karang hidup terbanyak berada pada kedalaman 0-5 meter di bawah permukaan laut (dikarenakan kemampuan citra

Landsat 7 mengidentifikasi karang hanya sampai kedalaman sekitar 5 meter).

5. Penelitian Terumbu Karang di Teluk Lampung

Yuneti Aprilia (2007) melakukan penelitian dengan judul “Perubahan Sebaran Terumbu Karang di Teluk Lampung berdasarkan Wilayah Optimal Fisik Lingkungan”. Permasalahan yang dibahas adalah bagaimana perubahan sebaran terumbu karang di Teluk Lampung berdasarkan wilayah optimal fisik lingkungan. Variabel yang digunakan adalah suhu air, salinitas dan kecerahan air. Metode yang digunakan adalah melakukan korelasi peta dari sebaran terumbu karang dan beberapa variabel fisik lingkungan yang berpengaruh terhadap pertumbuhan terumbu karang. Kesimpulan dari Penelitian ini adalah perubahan sebaran terumbu karang hidup dengan penambahan persentase berada di Pulau Kelagian sedangkan perubahan sebaran terumbu karang berupa pengurangan persentase tutupan karang mati hidup berada di Dermaga Ketapang dan Pulau Pahawan.

BAB III

METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis spasial dengan menggunakan metode deskriptif.

3.1. Pengumpulan Data

3.1.1. Data Sekunder

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Tabel 3.1. Data Sekunder

No	Jenis Data	Sumber
1	Sebaran Terumbu Karang Tahun 1997, 2006 dan 2009.	Pengolahan Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1997, 2009 dan Landsat 5 TM Tahun 2006
2	Data Persentase Tutupan karang mati Tahun 1997 dan 2006	Balai Taman Nasional Karimunjawa
3	Data Suhu air, Salinitas dan Kecerahan tahun 2006	Balai Taman Nasional Karimunjawa
4	Data Angin (arah dan kecepatan) dan Gelombang tahun 2008	BMKG Semarang
5	Data Arus dan Pasang Surut tahun 2008	DISHIDROS AL

3.1.1.1. Data Sebaran Terumbu Karang

Diperoleh dengan mengolah bahan data berupa Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1997, 2009 dan Landsat 5 TM Tahun 2006. Pengolahan dilakukan dengan formula Lyzenga (Sub bab 3.2.1). Setelah dilakukan pengolahan data selanjutnya pembuatan peta sebaran terumbu karang yang merupakan gambaran spasial dari pengolahan data sebaran terumbu karang (Sub bab 3.2.4.1)

3.1.1.2. Data Fisik Perairan

Diperoleh dengan pengolahan data sekunder yang terdiri dari data suhu, salinitas, kecerahan, arus dan pasang surut. Dari data tersebut kemudian diolah, sehingga menjadi gambaran kondisi fisik perairan (Sub

bab 3.2.2 dan 3.2.3). Selanjutnya dari data fisik perairan dikatkan dengan sebaran karang pada wilayah penelitian.

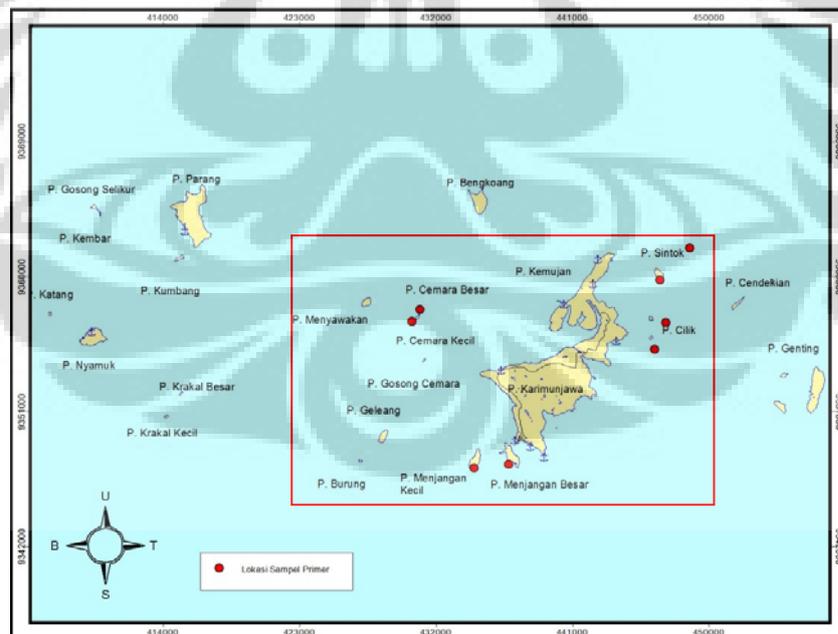
3.1.2. Data Primer

Data primer yang dibutuhkan yaitu data persentase karang mati pada tahun 2009 yang diperoleh dengan cara melakukan survei lapang.

3.1.2.1. Survei Lapang

Survei lapang dilakukan untuk melakukan pengecekan terhadap kondisi terumbu karang pada tahun 2009. Survei dilakukan selama dua hari, pada tanggal

21 Mei 2009 dan 23 Mei 2009, pukul 08.00 WIB sampai 15.00 WIB. Survei dilakukan dengan memanfaatkan 3 orang *surveyor* dari Balai Taman Nasional Karimunjawa. Lokasi Pengambilan Sampel adalah Pulau Karimunjawa, Menjangan Kecil, Menjangan Besar, Sintok, Cilik dan Cemara Besar.



Gambar 3.1. Lokasi Pengambilan Sampel Primer

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Adapun alat dan bahan yang digunakan yaitu:

1. Perahu motor
2. GPS tipe Garmin 12 etrax
3. Peralatan selam dasar (*mask, snorkle* dan *fins*)
4. Roll meter
5. Alat tulis bawah air
6. Kamera digital
7. Peta sebaran terumbu karang tahun 1991

Pengambilan titik sampel dilakukan secara *random* (acak) berdasarkan pada pertimbangan perbedaan arah mata angin. Hal tersebut dilakukan untuk melihat perbedaan pola kerusakan dari arah yang berbeda. Pengambilan titik sampel dianggap dapat mewakili wilayah lain, yang memiliki wilayah yang sama.



Gambar 3.2. Foto Pengambilan Sampel

Sumber: Dokumentasi Pribadi

3.2. Pengolahan Data

Perangkat yang digunakan dalam pengolahan data tersebut adalah:

- a. Software Er Mpper 7.0
- b. Software Arc View 3.3
- c. Software Arc GIS 9.2
- d. Software SPSS 11.1
- e. Microsoft Office Excel dan Office 2007

3.2.1. Pengolahan Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1997 dan 2009 dan 5 TM Tahun 2006

Citra Landsat ETM+ yang digunakan adalah citra Landsat 7 ETM+ tanggal 28 Juni 1997 dan 4 Mei 2009 dan citra Landsat 5 TM tanggal 9 September 2006. Pengolahan citra dilakukan dengan menggunakan formula Lyzenga. Pengolahan citra dilakukan untuk melihat sebaran terumbu karang yang terdapat pada wilayah Kepulauan Karimunjawa. Adapun proses pengolahan pada citra adalah sebagai berikut:

1. Menampilkan citra Landsat dalam bentuk *Red Green Blue* (RGB) dengan band 421 untuk analisis presentase keberadaan karang hidup. Masing-masing band tersebut digunakan untuk:
 - a. Band 4 digunakan untuk penentuan materi biomas dan delineasi tumbuhan air.
 - b. Band 2 digunakan untuk mengetahui tingkat kesuburan vegetasi.
 - c. Band 1 digunakan untuk mengetahui tingkat kekeruhan air.
2. Melakukan koreksi geometrik dan radiometrik (penajaman citra)
 - a. Koreksi Radiometrik, bertujuan untuk perbaikan citra akibat cacat atau kesalahan radiometrik, yaitu kesalahan pada sistem optik, karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari. Pada tahap ini pula dilakukan koreksi atmosferik yaitu untuk menghilangkan gangguan atmosfer seperti tutupan awan sehingga akan dihasilkan citra yang lebih bersih.
 - b. Koreksi Geometrik, dilakukan untuk mengatasi terjadinya distorsi geometrik pada citra (Lillesand and Kiefer, 1990;32). Secara umum distorsi geometrik terjadi karena adanya pergeseran piksel dari letak yang sebenarnya
3. Melakukan *Cropping* (memotong) citra sesuai daerah penelitian.
4. Mengekstrak informasi kelautan (terumbu karang) dengan formula Lyzenga. Pengolahan citra Landsat ETM+ untuk pemetaan terumbu karang dilakukan dengan menggunakan metode Lyzenga. Pada metode ini pendekatan algoritma dilakukan dengan menggunakan koefisien

attenuasi data Landsat ETM+ band 1 dan band 2 untuk dikombinasikan secara logaritma natural sehingga dihasilkan band baru. Persamaan Lyzenga ini kemudian dikembangkan berdasarkan *Exponential Attenuation Model*.

Persamaan Lyzenga (K. Moosa, 2000;17) adalah:

$$L_i = L_{i\sim} + (0.54 L_{ib} - L_{i\sim}) \exp^{-2 k_i z} \dots\dots\dots(3.1)$$

L_i = pantulan pada panjang gelombang i

$L_{i\sim}$ = pantulan yang diukur pada laut dalam

L_{ib} = pantulan dasar perairan (0 m), panjang gelombang i

z = kedalaman perairan (m)

k_i = koefisien *attenuasi* dari air pada panjang gelombang i

Persamaan tersebut diturunkan menjadi:

$$Y = \ln (TM 1) + k_i/k_j \ln (TM 2) \dots\dots\dots(3.2)$$

Y = citra baru hasil penerapan algoritma gabungan TM 1 dan TM 2

$$k_i/k_j = a + \sqrt{(a^2 + 1)} \dots\dots\dots(3.3)$$

k_i/k_j = koefisien atenuasi

Untuk mendapatkan nilai k_i dan k_j dilakukan pengukuran nilai-nilai digital langsung pada monitor secara interaksi langsung pada kedua kanal dan perolehan varian dan kovarian, yaitu:

$$a = \frac{(\text{var TM1} - \text{var TM2})}{(2 \text{ covar TM1 TM2})} \dots\dots\dots(3.4)$$

Formula untuk menghilangkan efek perairan dan daratan adalah:

$$\text{if } i1 \leq DN \text{ then } \log(i2) + (k_i/k_j * \log(i3)) \text{ else null} \dots\dots\dots(3.5)$$

dimana:

$i1$ = Band 4

$i2$ = Band 1

$i3$ = Band 2

DN adalah batas nilai perairan dan daratan pada kanal 3 di daerah penelitian.

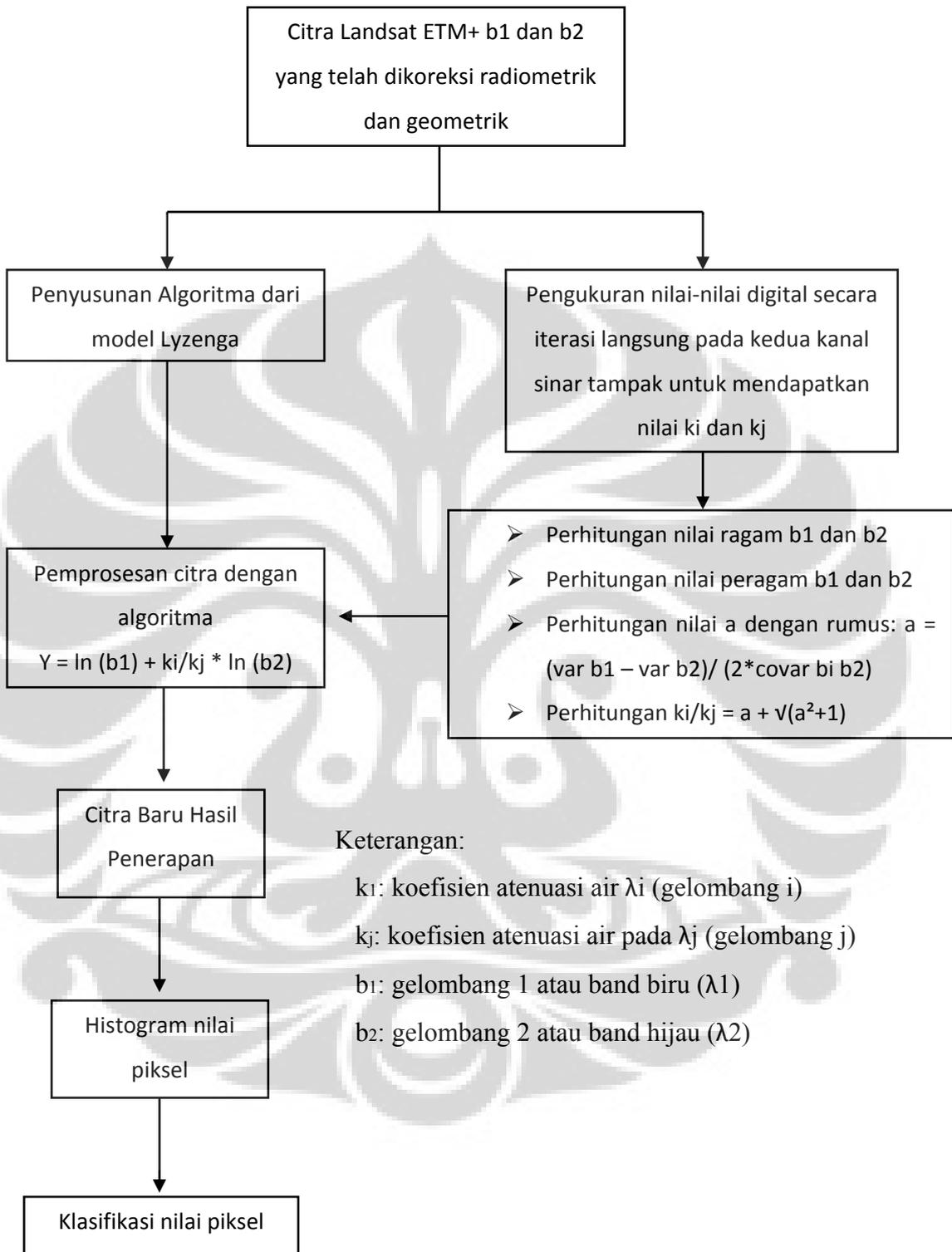
5. Melakukan *masking area* untuk menghilangkan tutupan awan dan perairan.

If $i1 \geq DN$ then $i1$ else null

DN adalah batas nilai digital number laut serta awan

6. Melakukan klasifikasi citra secara tak terbimbing untuk menentukan daerah terumbu karang, daratan, lamun dan pasir.
7. Melakukan *superimposed* antara citra hasil klasifikasi dengan citra komposit 421 *false colour* untuk menampilkan darat dan laut kembali.





Gambar 3.3. Prosedur Lyzenga

Sumber: Wening, 2005

3.2.2. Perhitungan Pasang Surut

Dari data pasang surut dapat diketahui tipe pasang surut di wilayah Kepulauan Karimunjawa yang diperoleh dari hasil persamaan konstanta, lalu memasukan rumus ke dalam persamaan *Formzal*, untuk mengetahui tipe pasang surutnya.

$$F = \frac{A(K1+O1)}{A(M2+S2)} \dots\dots\dots(3.6)$$

dimana:

F : Bilangan *formzal*

AK1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan dan matahari

AO1 : Amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

AM2 : Amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan

AS2 : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari

Dengan klasifikasi nilai F adalah:

$F \leq 0,25$: pasang surut tipe ganda (*semi diurnal tides*)

$0,25 < F \leq 1,5$: pasang surut tipe campuran condong harian ganda (*mixed mainly semidiurnal tides*)

$1,5 < F \leq 3,0$: pasang surut tipe campuran condong harian tunggal (*mixed mainly diurnal tides*)

$F > 3,0$: pasang surut tipe tunggal (*diurnal tides*)

3.2.3. Perhitungan Suhu Permukaan Laut (SPL) dengan Citra Landsat

Perhitungan suhu permukaan laut dimaksudkan untuk melihat bagaimana pola suhu permukaan laut pada satu waktu. Tujuannya adalah untuk analisa perubahan karang yang dikaitkan dengan pola suhu permukaan laut.

Langkah yang dilakukan adalah:

1. Menampilkan citra Landsat *Pseudo* band 62 (citra Landsat ETM+) atau band 60 (citra Landsat TM), simpan dalam bentuk .ers.

2. Menampilkan citra Landsat dengan *software* Arc View 3.3 lalu melakukan *smoothing* pada citra sebanyak 9x.
3. Melakukan pengolahan citra di *theme table* dengan menggunakan rumus SPL, yaitu:

- a. Konversi DN menjadi *radiance spectral*, rumus:

$$L\lambda = 0,0370588 * DN + 32 \dots \dots \dots (3.7)$$

Dimana:

DN = *Digital Number*

- b. Konversi *radiance spectral* ke temperatur, rumus:

$$Tb = \frac{K2}{\ln\left(\frac{K1}{L\lambda} + 1\right)} \dots \dots \dots (3.8)$$

dimana:

Tb = Temperatur efektif satelit (K)

Lλ = *Spektral Radiance* (W/m²)

K1 dan K2 = Konstanta *pre-launch calibration*

Apabila, Landsat 7 ETM+ maka:

$$K1 = 666,09 \text{ mwcm}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{mm}^{-1}$$

$$K2 = 1282,71 \text{ K}$$

Apabila, Landsat 5 TM maka:

$$K1 = 607,76 \text{ mwcm}^{-2} \text{sr}^{-1} \text{mm}^{-1}$$

$$K2 = 160,56 \text{ K}$$

3.2.4. Pembuatan Peta

Dari data primer dan sekunder yang telah diperoleh, kemudian di input dengan menggunakan Microsoft Excel dan diolah dengan menggunakan software Arc GIS 9.2 dan ArcView 3.3.

3.2.4.1. Peta Sebaran Terumbu Karang Tahun 1997, 2006 dan Tahun 2009

Untuk mendapatkan gambaran sebaran terumbu karang dalam bentuk area diperoleh dari hasil pengolahan citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1997, 2006 dan Tahun 2009. Hasil dari pengolahan citra kemudian diolah dengan

software Arc View 3.3, sehingga diperoleh hasil luasan sebaran terumbu karang dalam satuan luas (hektar). Hasil dari pengolahan dapat dilihat pada peta 3, peta 4 dan peta 5.

3.2.4.2. Peta Kerusakan Karang Tahun 1997, 2006 dan 2009

Untuk memperoleh gambaran sebaran karang rusak dilakukan proses pengolahan peta sebaran terumbu karang yaitu dengan cara memasukan data persentase karang mati (tahun 1997, 2006 dan 2009) yang diolah dengan menggunakan Microsoft Excel dan Arc View 3.3. Sebaran karang di *overlay* dengan data sekunder persentase karang mati yang telah diklasifikasi. Hasil yang diperoleh berupa gambaran luas dan sebaran karang rusak berdasarkan klasifikasi persentase karang mati.

Sebaran terumbu karang diklasifikasi menjadi empat kelas berdasarkan persentase karang mati. Klasifikasi sebaran terumbu karang dapat dilihat pada tabel 3.2. hasil dari pengolahan dapat dilihat pada peta 6, peta 7 dan peta 8.

Tabel 3.2. Kriteria Kondisi Terumbu Karang berdasarkan Persentase Tutupan karang mati

Persentase Tutupan (%)	Kriteria
76 – 100 %	Rusak Tinggi
51 – 75 %	Rusak
26 – 50 %	Rusak Sedang
0 – 25 %	Rusak Rendah

Sumber : Duton et al. (2001)

3.2.4.3. Peta Fisik Perairan

Syarat tumbuh dengan variabel suhu air, salinitas serta kecerahan. Dari data yang diperoleh, di *input* ke dalam microsoft excel, selanjutnya dilakukan pengolahan menggunakan software arc view 3.3. Dari peta parameter fisik, yaitu suhu air, salinitas dan kecerahan maka selanjutnya menentukan wilayah optimal dan kurang optimal fisik lingkungan terumbu karang. Pemrosesan dilakukan dengan cara melakukan *overlay*

(penampalan) peta suhu air, salinitas dan kecerahan menjadi satu peta gabungan. Adapun penentuan wilayah optimal fisik lingkungan terumbu karang yaitu dengan cara melakukan klasifikasi 3 (tiga) parameter fisik pada tabel 3.3:

Tabel 3.3. Klasifikasi Parameter Fisik

Variabel	Optimal	Kurang optimal
Suhu air (°C)	25-29°C	< 25 °C dan >29°C
Salinitas (‰)	34-36 ‰	< 34 ‰ dan > 36‰
Kecerahan (m)	0-5 m	> 5 m

Sumber: Supriharyono, 2000

Berdasarkan analisis tabulasi di atas dapat diketahui bahwa wilayah optimal fisik lingkungan terumbu karang terdapat pada wilayah dengan karakteristik fisik lingkungan yang terdiri atas suhu air, salinitas dan kecerahan air yang optimal.

Pengolahan data wilayah optimal karang dilakukan hanya pada tahun 2009. Hal tersebut dilakukan karena ketersediaan data salinitas.

Arus dianalisis dengan melihat arah dan kecepatan serta tipe dari arus itu sendiri. Peta arus dibedakan menjadi arah arus pada musim barat serta peralihan 1 dan arah arus pada musim timur serta peralihan 2.

3.3. Analisa Data

Untuk menjawab permasalahan di atas maka analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

a. Analisis Kualitatif

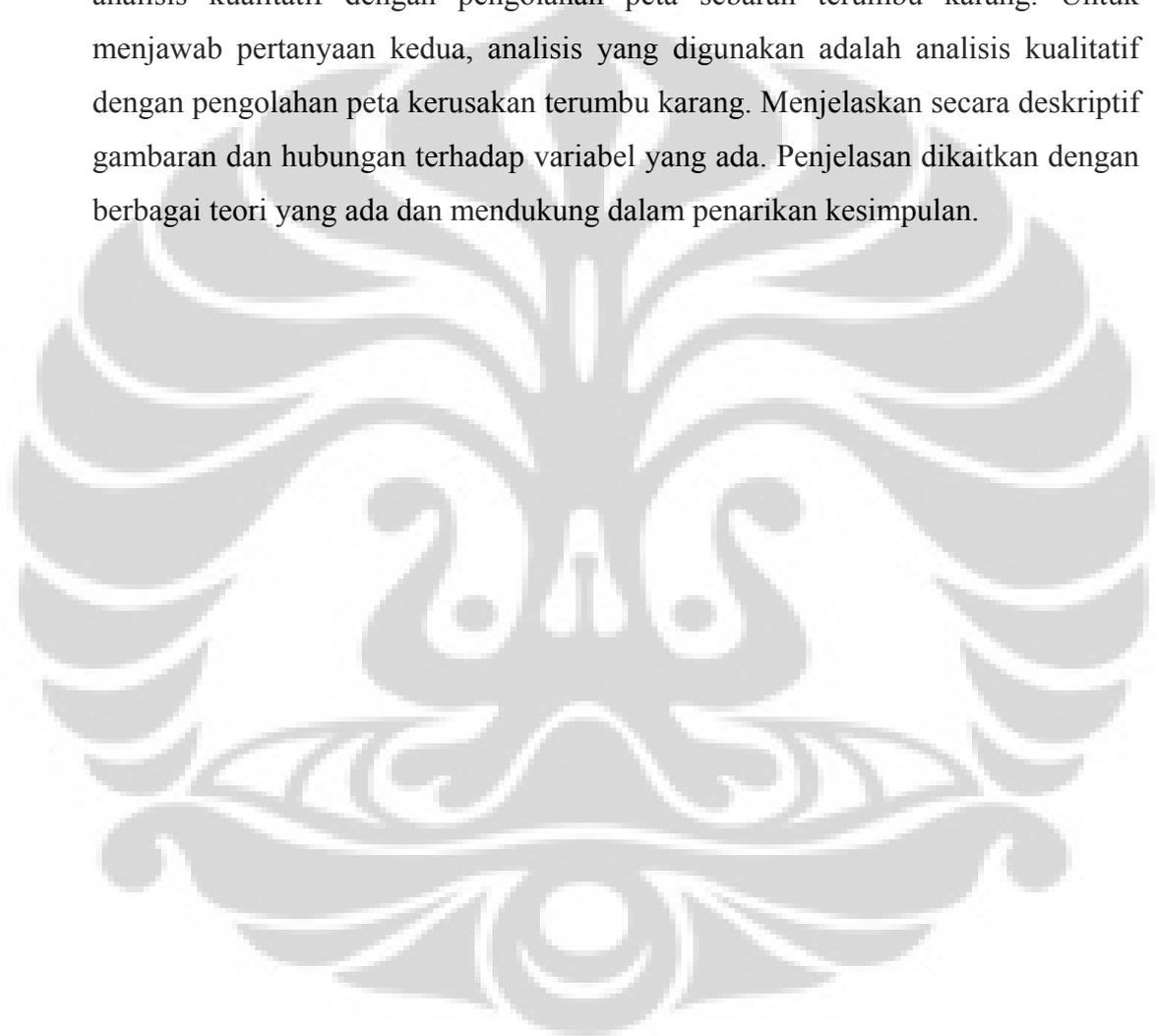
Melakukan analisis spasial terhadap beberapa peta tematik dengan cara menampalkan satu peta dengan peta lainnya sehingga akan didapatkan informasi baru tentang spasial wilayah tersebut. Analisis ini digunakan untuk melihat kondisi fisik perairan, yaitu dengan cara menampalkan peta suhu air, salinitas air dan kecerahan air sebagai klasifikasi wilayah optimal. Melakukan analisa terhadap variabel arus, gelombang, pasang

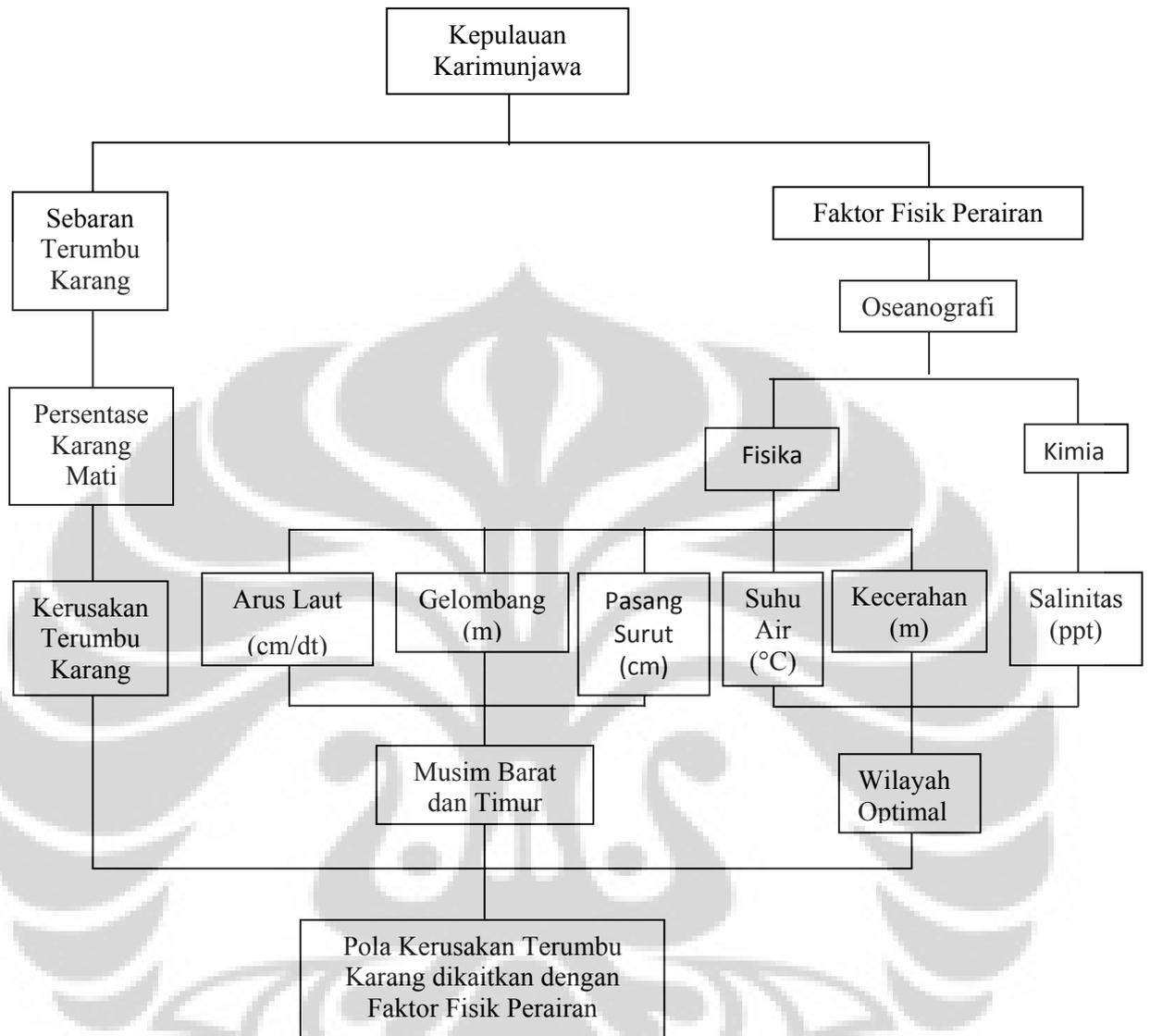
surut sebagai faktor fisik yang juga berpengaruh terhadap kehidupan karang.

b. Analisis Deskriptif

Penggambaran secara deskriptif, hubungan kerusakan terumbu karang dengan faktor fisik lingkungan yang mempengaruhinya.

Untuk menjawab pertanyaan pertama, analisis yang digunakan adalah analisis kualitatif dengan pengolahan peta sebaran terumbu karang. Untuk menjawab pertanyaan kedua, analisis yang digunakan adalah analisis kualitatif dengan pengolahan peta kerusakan terumbu karang. Menjelaskan secara deskriptif gambaran dan hubungan terhadap variabel yang ada. Penjelasan dikaitkan dengan berbagai teori yang ada dan mendukung dalam penarikan kesimpulan.





Gambar 3.4. Alur Pikir Penelitian

BAB IV

GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN

4.1. Letak dan Luas Wilayah

Kepulauan Karimunjawa secara geografis terletak 45 mil laut atau sekitar 83 kilometer di barat laut kota Jepara, dengan ketinggian tempat 0-605 mdpl. Secara geografis terletak antara 5°40'39"-5°55'00" LS dan 100°05'57"-110°31'15" BT, yang mempunyai luas wilayah 169.680 ha. Luas wilayah daratan Kepulauan Karimunjawa ± 7.115 Ha berupa gugusan pulau sebanyak 27 buah. Adapun luas perairannya mencapai 1072, km². Secara administratif wilayah ini termasuk ke dalam wilayah administratif Kecamatan Karimunjawa Kabupaten Dati II Jepara, Jawa Tengah. Kecamatan Karimunjawa terbagi atas 3 desa, yaitu: Desa Karimunjawa, Desa Kemujan dan Desa Parang.



Gambar 4.1. Lokasi Kepulauan Karimunjawa

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Kawasan Karimunjawa pada awalnya merupakan kawasan cagar alam laut berdasarkan Keputusan Menteri Kehutanan No. 123/Kpts-II/1986 tanggal 9 April tahun 1986. Kemudian melalui surat Menteri Kehutanan No.

161/Menhut-II/1988 tanggal 23 Februari tahun 1988, kawasan tersebut dinyatakan sebagai Taman Nasional. Setelah itu, melalui SK Menteri Kehutanan No. 78/Kpts-II/1999 tanggal 22 Februari tahun 1999 ditetapkan sebagai Taman Nasional dengan nama Taman Nasional Karimunjawa. Taman Nasional Karimunjawa memiliki luas 111.625 Ha meliputi 22 pulau. Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 74/Kpts-II/2001 tanggal 15 Maret tahun 2001 yang merupakan keputusan terbaru tentang penetapan sebagai kawasan Taman Nasional Karimunjawa seluas 110.117,30 Ha kawasan perairan dan luas kawasan darat Karimunjawa 1.285,50 Ha dan darat Kemujan 222,20 Ha, dan dikelola dengan sistem zonasi. Sistem zonasi yang telah ada direvisi pada tahun 2005. Dasar pertimbangan revisi zona antara lain adalah adanya kerusakan ekosisten pada kawasan zona inti perairan. Disamping itu penetapan zona inti perairan tahun 1990 belum mengakomodasikan keperluan masyarakat untuk memenuhi mintakat.

Keputusan Direktorat Jenderal PHKA No. SK. 79/IV/Set-3/2005 tanggal 30 Juni tahun 2005 tentang revisi Mintakat/ zonasi di Taman Nasional Karimunjawa seluas 111.625 hektar adalah sebagai berikut:

1. Zona Inti seluas 444,629 hektar meliputi sebagian perairan Pulau Kumbang, Perairan Taka Menyawakan, Perairan Taka Malang dan Perairan Tanjung Bomang.
2. Zona Perlindungan seluas 2.587,711 hektar meliputi hutan tropis dataran rendah dan hutan mangrove serta wilayah perairan Pulau Geleang, Pulau Burung, Tanjung Gelam, Pulau Sintok, Pulau Cemara Kecil, Pulau Katang, Gosong Selikur, Gosong Tengah.
3. Zona Pemanfaatan Pariwisata seluas 1.226,525 hektar meliputi perairan Pulau Menjangan Besar, Pulau Menjangan Kecil, Pulau Menyawakan, Pulau Kembar, sebelah timur Pulau Kumbang, Pulau Tengah, Pulau Bengkoang, Indonor dan Karang Kapal.
4. Zona Permukiman seluas 2.571,546 hektar meliputi Pulau Karimunjawa, Pulau Kemujan, Pulau Parang dan Pulau. Nyamuk.

4.2. Fisik Lingkungan Kepulauan Karimunjawa

4.2.1. Oseanografi Fisika

4.2.1.1. Arus Laut

Arus musiman di sekitar perairan Karimunjawa mengikuti pola arus di Laut Jawa yang tergantung pada beda tinggi muka laut di Samudera Pasifik (yang selalu lebih tinggi muka lautnya) dibanding dengan Samudera Hindia.

Arus di perairan Kepulauan Karimunjawa pada musim barat/ barat laut berasal dari laut Cina Selatan yang membawa massa air laut menuju ke Laut Jawa sampai ke arah timur yaitu Laut Flores, Laut Banda, Laut Arafuru dan sebaliknya pada musim tenggara. Pada musim barat yaitu bulan Desember-Februari, arus laut di perairan pesisir Jepara dan perairan Karimunjawa secara umum bergerak dari barat/ barat laut ke arah timur tenggara dengan kecepatan berkisar antara 0,5-0,75 meter/detik. Pola arus musiman ini dipengaruhi oleh adanya pola angin yang terjadi sepanjang musim barat ini, dimana angin bertiup dari Laut Cina Selatan yang bergerak ke arah barat daya yang kemudian dibelokan ke tenggara (akibat adanya Pulau Sumatera) menyusur Selat Karimata dan Laut Jawa.

Pada musim peralihan barat ke timur yaitu bulan Maret-Mei, arus laut di perairan Karimunjawa secara umum bergerak dari barat laut ke tenggara dengan kecepatan berkisar antara 0,3-0,5 meter/detik. Melemahnya kecepatan dan pola arus musiman ini dipengaruhi oleh adanya pola angin yang terjadi pada masa peralihan dimana angin bertiup dari Laut Cina Selatan yang bergerak ke arah barat daya dan adanya angin yang bertiup dari tenggara yang melewati sepanjang Laut Jawa. Adanya pola yang berbeda tersebut akan melemahkan kecepatan dan mempengaruhi arah arus di Kepulauan Karimunjawa.

Pada musim timur yaitu bulan Juni-Agustus arus laut bergerak dari timur ke barat/barat laut dengan kecepatan berkisar antara 0,3-0,5 meter/detik. Pola arus musiman ini dipengaruhi pola angin yang terjadi

sepanjang musim timur, dimana angin bergerak dari benua Australia bergerak ke barat laut yang kemudian dibelokkan ke utara menyusur Selat Karimata dan Selat Gapsar menuju Laut Cina Selatan. Berdasarkan peta laut Indonesia yang diterbitkan oleh BPPT tahun 2002, pola arus di Laut Jawa menunjukkan musim timur terjadi pada bulan Juni-September dengan puncaknya terjadi pada bulan Agustus.

Pada musim peralihan timur ke barat yaitu bulan September-November, arus laut bergerak dari barat/barat laut ke arah timur/tenggara dengan kecepatan berkisar antara 0,25-0,5 meter/detik. Fenomena ini sama seperti pada musim peralihan barat ke timur. Arus pasang surut, di perairan Karimunjawa arus pasang surut mengalir ke arah barat/barat laut pada saat surut. Berdasarkan informasi Dishidros TNI-AL menyatakan bahwa arus pasang surut yang mengarah ke timur lebih kuat daripada arus pasut yang menuju ke barat. Arus tetap di perairan lebih kuat pada musim Barat dari pada musim timur. Di musim barat kuat arus dapat mencapai 0,35 meter/detik sedangkan pada musim timur hanya berkisar antara 0,15 meter/detik.

Kecepatan Arus permukaan rata-rata berkisar antara 8-24 cm/detik. Kondisi ini sangat mempengaruhi kehidupan perairan, terutama ekosistem terumbu karang (Supriharyono, 2000;20). Arus merupakan salah satu unsur hidrodinamika yang memberikan pengaruh pada kondisi terumbu karang. Terumbu karang dapat hidup pada perairan dengan arus cepat. Pergerakan arus membawa oksigen yang dibutuhkan oleh organisme karang dalam proses *fotosintesis*. Berdasarkan hasil perhitungan arus diperoleh besarnya arus adalah 118 cm/detik dengan arah barat. Arus memiliki peranan penting untuk mengaduk sedimen di perairan yang berbahaya bagi karang, karena sedimen akan menutup *polyp* karang dan menyebabkan kematian karang.

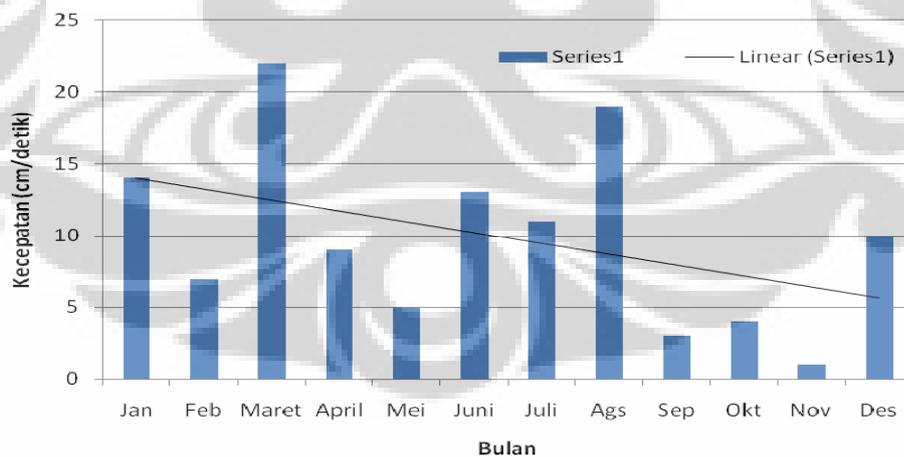
Dari data arus diperoleh, arus tertinggi berada pada bulan Maret, yaitu sebesar 22 cm/detik. Arus terendah berada pada bulan November yaitu sebesar 1 cm/detik. Fluktuasi arus tiap bulan dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Kecepatan Arus dan Arahnya

Bulan	Arus (cm/detik)	Arah
Jan	14	Barat
Feb	7	Barat
Maret	22	Barat
April	9	Barat Laut
Mei	5	Timur
Juni	13	Tenggara
Juli	11	Tenggara
Ags	19	Tenggara
Sep	3	Selatan
Okt	4	Barat Laut
Nov	1	Timur
Des	10	Utara

Sumber: DISHIDROS AL dan Pengolahan Data, Tahun 2009

Fluktuasi arus dari bulan Januari sampai Desember secara umum mengalami penurunan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada gambar 4.3., peta 10 dan peta 11 untuk arus pada musim barat dan musim timur berikut ini:



Gambar 4.3. Grafik Kecepatan Arus

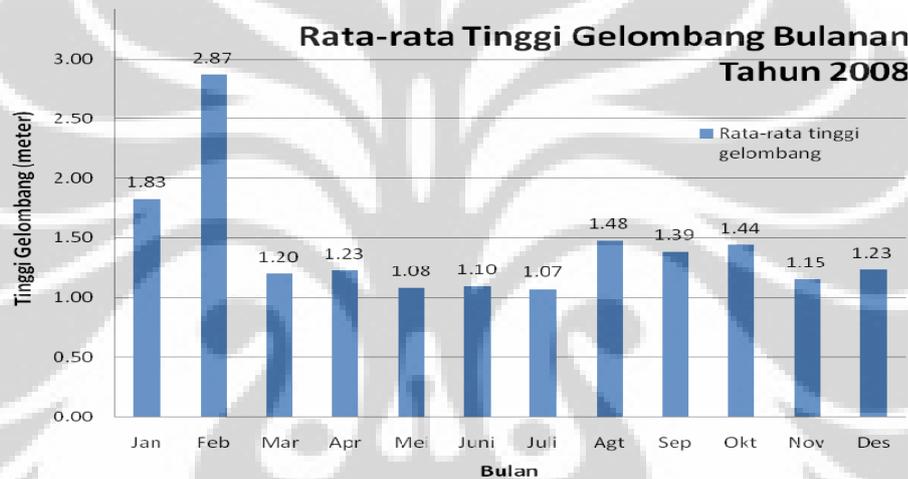
Sumber: Pengolahan Data, Tahun 2009

4.2.1.2. Gelombang

Di perairan Karimunjawa pada periode angin Barat Laut terutama bulan Desember-Maret sering mengalami gelombang yang cukup besar

berkisar 0,56-1,58 meter. Pada periode musim Tenggara antara bulan Juli-September ketinggian gelombang mencapai 0,27-0,6 meter sedangkan pengaruh angin Musim Timur terhadap pembangkit gelombang di perairan Karimunjawa terbuka ke arah Laut Jawa.

Rata-rata tinggi gelombang yang terdapat di Kepulauan Karimunjawa, mengikuti pola musim. Tinggi gelombang maksimum berada pada musim barat, mencapai 2,87 meter, terjadi pada bulan Februari. Tinggi rata-rata gelombang dapat dilihat pada gambar 4.4 berikut:



Gambar 4.4. Rata-rata Tinggi Gelombang

Sumber: BMKG. Semarang Tahun 2008 dan Pengolahannya

4.2.1.3. Pasang Surut

Pasang surut merupakan proses naik turunnya air laut secara hampir periodik karena gaya tarik benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Naik turunnya muka air laut dapat terjadi sekali sehari (pasut tunggal) atau dua kali sehari (pasut ganda), sedangkan pasut lainnya tidak berperilaku seperti di atas disebut pasut campuran.

Dari data pasang surut dapat diketahui tipe pasang surut di wilayah Kepulauan Karimunjawa yang diperoleh dari hasil persamaan konstanta. Perhitungan pasang surut dapat dilihat pada tabel berikut:

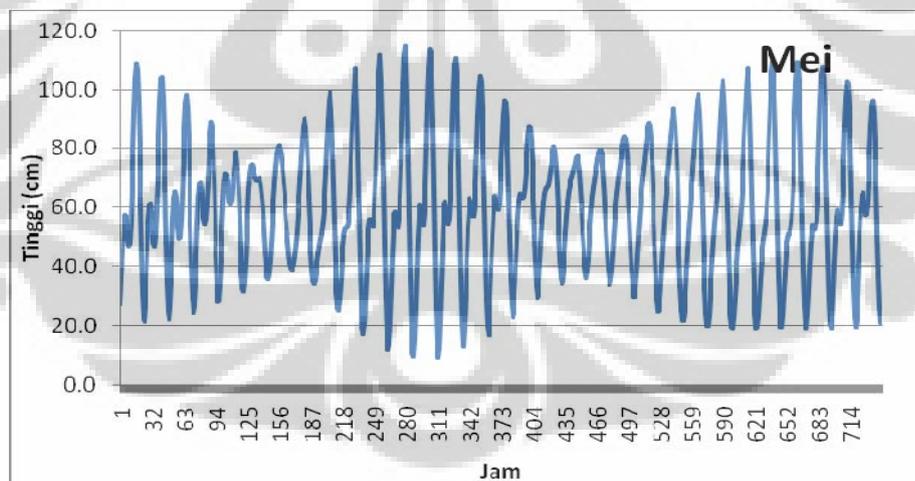
Tabel 4.2. Konstanta Pasang Surut

Tetapan	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1
Amplitudo	94	43	17	13	26	26	8
360°-G	62	9	75	11	210	253	217

Sumber: DISHIDROS AL dan Pengolahannya, Tahun 2009

Maka dapat ditentukan bahwa tipe pasang surut di Kepulauan Karimunjawa berdasarkan rumus (3.6), sehingga diperoleh Harga $F(\text{Formzal})$ adalah 0.28 maka tipe pasang surutnya adalah Pasang surut tipe campuran condong harian ganda (*mixed mainly semidiurnal tides*). Pada perairan yang memiliki tipe pasang surut ini, bahan pencemar yang ada di perairan tidak akan segera tergelontor ke luar. Hal ini menunjukkan dalam satu hari pengamatan terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

Amplitudo pasang surut terbesar berada pada jam ke 32, 280 dan 652. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.5 periode dan tinggi pasang surut.



Gambar 4.5. Grafik Pasang Surut Bulan Mei

Sumber: Pengolahan Data, tahun 2009

4.2.1.4. Suhu Air

Nilai suhu air tertinggi di wilayah penelitian adalah 32°C dan terendah adalah 25°C. Kisaran ini masih dalam nilai toleransi terumbu

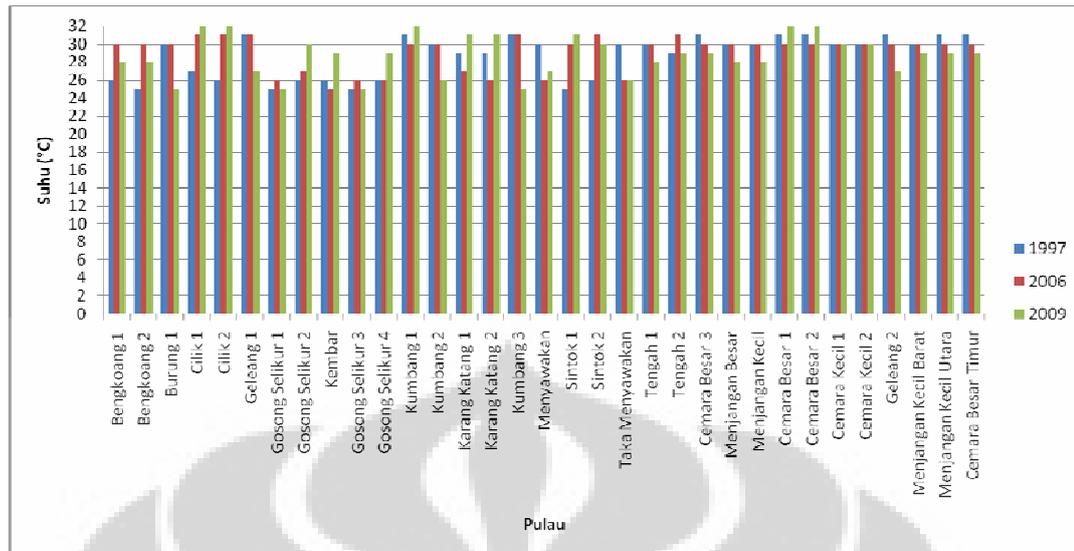
karang untuk jangka waktu tertentu, namun jika karang terkena suhu air 30-32°C secara terus menerus dan dalam jangka waktu yang lama akan mengakibatkan *bleaching*.

Berdasarkan pengolahan citra Landsat band 60 atau 62 dapat diperoleh gambaran suhu permukaan laut. Gambaran perubahan suhu permukaan laut pada tahun 1997, 2006 dan 2009 dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Suhu Permukaan Laut tahun 1997, 2006 dan 2009

Pulau	Suhu (° C)		
	1997	2006	2009
Bengkoang 1	26	30	28
Bengkoang 2	25	30	28
Burung 1	30	30	25
Cilik 1	27	31	32
Cilik 2	26	31	32
Geleang 1	31	31	27
Gosong Selikur 1	25	26	25
Gosong Selikur 2	26	27	30
Kembar	26	25	29
Gosong Selikur 3	25	26	25
Gosong Selikur 4	26	26	29
Kumbang 1	31	30	32
Kumbang 2	30	30	26
Karang Katang 1	29	27	31
Karang Katang 2	29	26	31
Kumbang 3	31	31	25
Menyawakan	30	26	27
Sintok 1	25	30	31
Sintok 2	26	31	30
Taka Menyawakan	30	26	26
Tengah 1	30	30	28
Tengah 2	29	31	29
Cemara Besar 3	31	30	29
Menjangan Besar	30	30	28
Menjangan Kecil	30	30	28
Cemara Besar 1	31	30	32
Cemara Besar 2	31	30	32
Cemara Kecil 1	30	30	30
Cemara Kecil 2	30	30	30
Geleang 2	31	30	27
Menjangan Kecil Barat	30	30	29
Menjangan Kecil Utara	31	30	29
Cemara Besar Timur	31	30	29

Sumber: Pengolahan Data, 2009



Gambar 4.6. Suhu Permukaan Laut tahun 1997, 2006 dan 2009

Sumber: Pengolahan Data, 2009

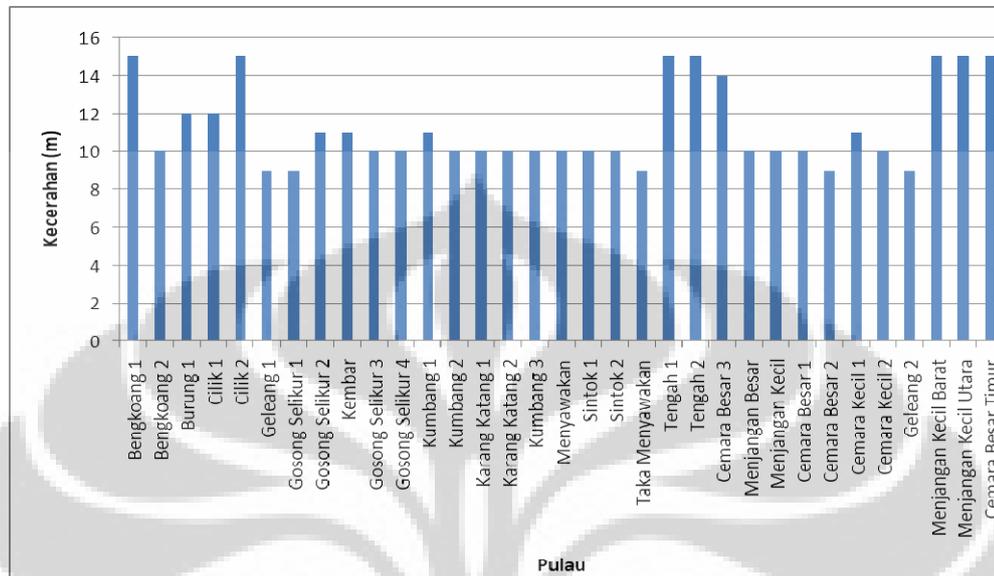
Suhu permukaan di Kepulauan Karimunjawa pada umumnya berkisar antara 25-32° C. Rata-rata suhu tertinggi berada pada tahun 2009, yaitu 29° C, sedangkan pada tahun 1997 dan 2009, rata-rata suhu permukaan adalah 28° C. Fluktuasi suhu permukaan pada tahun 1997, 2006 dan 2009 cenderung stabil. Tidak ada kenaikan suhu yang terlalu ekstrim. Untuk melihat fluktuasi suhu permukaan pada tahun 1997, 2006 dan 2009 dapat dilihat pada gambar 4.6.

Suhu permukaan laut di Kepulauan Karimunjawa dapat dipengaruhi oleh perubahan musim. Pada musim barat, suhu permukaan laut umumnya relatif lebih rendah daripada musim timur (Nontji, 1993; 53-55).

4.2.1.5. Kecerahan

Nilai kecerahan air tertinggi di wilayah penelitian adalah 15 meter dan terendah adalah 9 meter. Berdasarkan wilayah optimal, kecerahan air di Kepulauan Karimunjawa masih dalam klasifikasi wilayah optimal. Karena batas wilayah optimal terumbu karang adalah < 5 meter. Berdasarkan gambar 4.7. Wilayah dengan kecerahan air lebih dari 10

meter, sebanyak 15 pulau. Sedangkan pulau lainnya memiliki kecerahan sebesar 9 sampai 10 meter.



Gambar 4.7. Kecerahan Air

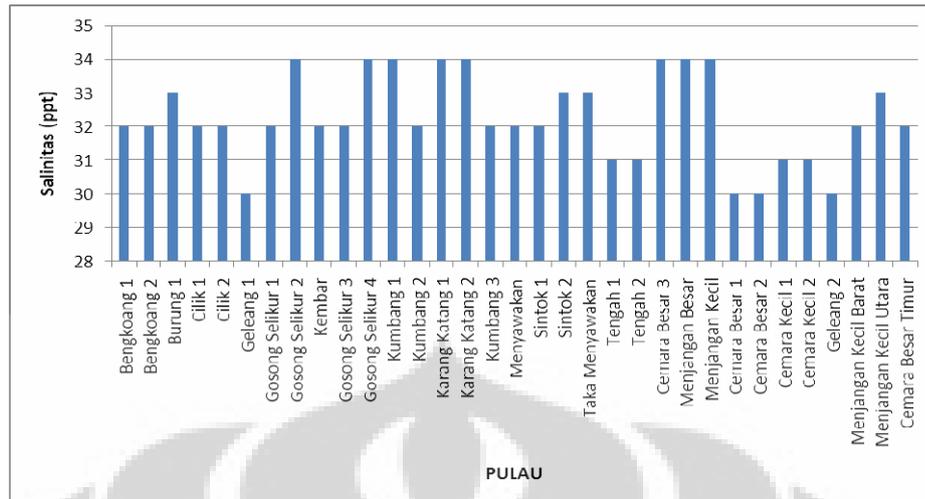
Sumber: Pengolahan Data, 2009

4.2.2. Oseanografi Kimia

4.2.2.1. Salinitas Air

Nilai salinitas air tertinggi di wilayah penelitian adalah 34 ppt dan terendah adalah 30 ppt. Berdasarkan wilayah optimal, wilayah dengan klasifikasi optimal dengan salinitas ≥ 34 ppt berada di bagian barat dan tengah wilayah Kepulauan Karimunjawa. Wilayah dengan salinitas yang kurang optimal dengan klasifikasi < 34 ppt sebagian besar berada di bagian timur Kepulauan Karimunjawa. Berdasarkan gambar 4.8. dapat diperoleh gambaran salinitas pada tiap pulau. Pulau yang memiliki salinitas optimal ada 8 pulau, sedangkan pulau lainnya memiliki salinitas kurang dari 34 ppt.

Salinitas juga berubah karena dipengaruhi oleh musim. Pada musim hujan (bulan Februari), terjadi pengenceran sehingga menyebabkan salinitas pada musim ini lebih rendah daripada pada musim kemarau (bulan Agustus)



Gambar 4.8. Salinitas Air

Sumber: Pengolahan Data, 2009

4.3. Bathimetri

Bathimetri pantai perairan Karimunjawa berkisar antara 0,5-50 meter. Kedalaman tertinggi di perairan lepas di sekitar Pulau Kembar, Pulau Parang dan Pulau Nyamuk serta dibagian Pulau Genting dimana mencapai kedalaman berkisar antara 40-50 meter. Sedangkan kedalaman di sekitar Pulau Karimunjawa, Pulau Menjangan Besar dan Kecil kedalamannya berkisar antara 0,5-30 meter. Gambaran bathimetri Kepulauan Karimunjawa dapat dilihat pada peta 2.

4.4. Kondisi Hidrologi

Kondisi hidrologi di Kepulauan Karimunjawa tidak terdapat sungai besar yang alirannya permanen, namun terdapat lima mata air besar, yaitu Kapuran (Pancuran Belakang), Legon Goprak, Legon Lele, Cikemas dan Nyamplungan. Sungai-sungai tersebut kecil dan sempit dengan dinding terjal dan pola aliran memancar dari arah pusat perbukitan yang bermuaran di perairan laut sekitar pulau. Pada musim penghujan sumber air tersebut melimpah.

Sumber air untuk memenuhi kebutuhan air bersih penduduk Pulau Karimunjawa umumnya masih menggunakan sumber mata air yang ada dan sumur yang dibangun dengan kedalaman 3-12 meter. Sampai saat ini belum ada instalasi air bersih yang menangani pengelolaan air di Pulau Karimunjawa. Pulau Kemujan tidak terdapat sumber mata air yang besar. Penduduk umumnya

mendapatkan air dengan membuat sumur sampai pada kedalaman 20 m dan umumnya terletak di bagian tengah dan selatan pulau.

4.5. Iklim

Iklim dan cuaca di Indonesia oleh dua angin musim, yaitu muson barat dan timur (musim kemarau dan musim hujan) yang mencirikan iklim di Indonesia. Musim kemarau (musim timur) terjadi pada bulan juni hingga September dan musim hujan (musim barat) terjadi pada bulan Desember hingga Maret. Peralihan kedua musim tersebut adalah musim pancaroba (Dinas Kelautan dan Perikanan Jepara, 2006).

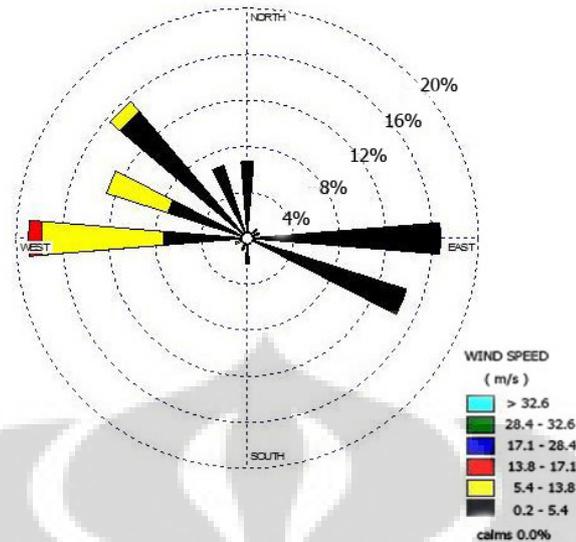
Iklim di Kepulauan Karimunjawa termasuk tipe C dengan curah hujan rata-rata 3000 mm/tahun, dengan suhu udara rata-rata 26-30°C, suhu udara minimum 22 dan suhu air maksimum 34. Kelembaban nisbi antara 70-85 % dengan tekanan udara berkisar pada 1012 mb (Dinas Kelautan dan Perikanan Jepara, 2006).

4.5.1. Angin

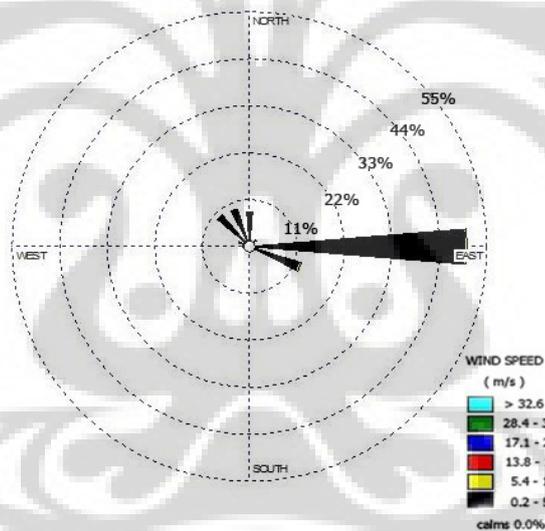
Angin memiliki pengaruh terhadap gelombang. Pola angin pada musim barat dan musim timur relatif berbeda. Kecepatan angin pada musim barat lebih tinggi dari pada musim timur, mencapai 15 *knot*, yaitu pada bulan Februari.

Faktor angin juga harus diperhitungkan, karena secara tidak langsung memberikan pengaruh terhadap kondisi karang. Angin yang bertiup menimbulkan gerakan di air yang mengakibatkan perbedaan tekanan dan menghasilkan gelombang dan arus di perairan. Nilai kecepatan angin di daerah penelitian mencapai 13 *knot*.

Angin dengan kecepatan rata-rata tinggi sebagian besar datang dari arah barat daya. Gambaran arah dan kecepatan angin, dapat dilihat pada gambar 4.9.



4.9a



4.9b

Gambar 4.9. Wind Rose Tahun 2008

(4.9a): Musim Barat dan Peralihan 1 (4.9b): Musim Timur dan Peralihan 2

Sumber: BMKG Semarang Tahun 2008 dan Pengolahannya

Dari *wind rose* di atas diperoleh bahwa angin sebagian besar berasal dari arah barat daya sampai barat laut. Kecepatan angin mencapai 13 *knot*, terjadi pada bulan Desember-Mei (Musim barat dan Peralihan 1).

4.6. Terumbu Karang di Kepulauan Karimunjawa

Pada umumnya tipe dasar perairan di Kepulauan Karimunjawa mulai dari tepi pulau adalah pasir, makin ke tengah dikelilingi oleh gugusan terumbu karang mulai dari kedalaman 0,5 meter hingga kedalaman 20 meter. Ekosistem terumbu karang terdiri atas tiga tipe terumbu, yaitu terumbu karang pantai (*fringing reef*), penghalang (*barrier reef*) dan beberapa taka (*patch reef*). Tipe substrat dasar perairan berupa pasir berlumpur dan lumpur berpasir (Balai Taman nasional Karimunjawa, 2004;1).

Sebaran terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa cukup luas. Luas total terumbu karang di lokasi ini adalah 84,90 km², terdiri atas karang hidup seluas 38,91 km² atau sekitar 45,85 %. Terumbu karang terluas terdapat di Pulau Karimun dan Kemujan. Berdasarkan survei pada tahun 1999, kondisi terumbu karang di kepulauan ini berada dalam kategori baik sampai dengan sedang.

Pulau-pulau kecil yang ada di gugus pulau Karimunjawa umumnya dikelilingi oleh terumbu karang tepi dengan kedalaman 0,5 – 5 meter yang juga merupakan habitat bagi berbagai jenis biota laut. jenis-jenis karang yang dapat ditemukan di gugusan kepulauan Karimunjawa termasuk ke dalam jenis karang keras (*hard coral*) seperti karang batu (*massive coral*), karang meja (*table coral*), karang kipas (*gorgonian*), karang daun (*leaf coral*) dan karang jamur (*mushroom coral*).

Gambaran sebaran terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa diperoleh dengan menggunakan citra Landsat 7 ETM+ path120 row 064 tahun 1997 dan 2009 dan citra Landsat 5 TM path 120 row 064 tahun 2006. Data landsat ini kemudian diolah dengan menggunakan formula Lyzenga.

Berdasarkan hasil klasifikasi yang dilakukan dengan menggunakan formula Lyzenga, diperoleh 4 (empat) kenampakan yaitu daratan, terumbu karang, lamun dan pasir. Hasil klasifikasi dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini:

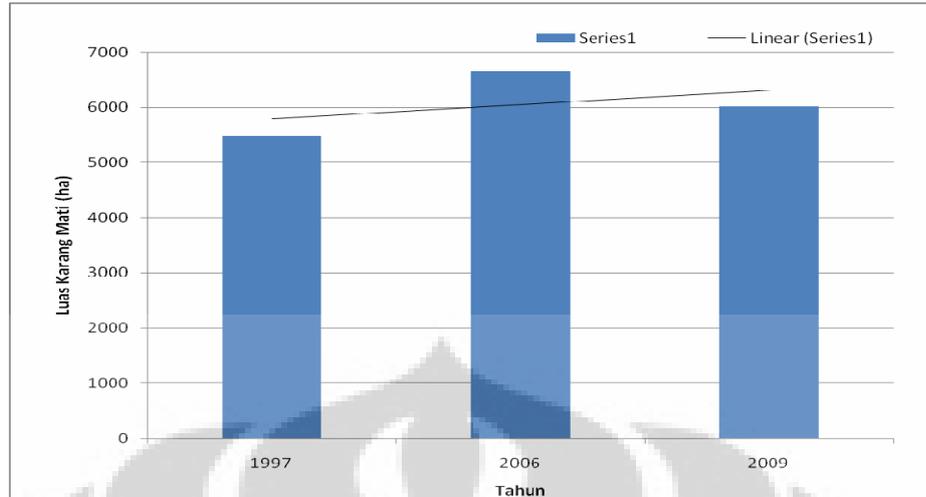
Tabel 4.4. Klasifikasi Hasil Analisis Citra Landsat 7 ETM+ dengan Formula Lyzenga Tahun 1991, 2006 dan 2009

Kenampakan	1997		2006		2009	
	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
Karang	5485.7	52.03	6647.49	60.33	6012.31	58.00
Darat	4177.15	39.62	4008.32	36.38	4098.84	39.54
Lamun	715.23	6.78	91.82	0.83	54.89	0.53
Pasir	165.24	1.57	271.42	2.46	200.8	1.94
Jumlah	10543.32	100	11019.05	100	10366.84	100

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Sebaran terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa pada umumnya memiliki pola *linear* mengikuti garis pantai dengan tipe Karang Tepi (*Fringing Reef*) dan terdapat beberapa atol seperti Karang Kapal yang terletak pada bagian barat daya daerah penelitian. Persebaran karang merata di semua pulau sampai pada kedalaman 20 meter masih tetap ditemui karang jenis tertentu seperti *Coral Submassive*, *Coral Foliose*, *Acropora Brancing* dan *Acropora Tabulate*.

Luasan Terumbu Karang mengalami perubahan dari mulai tahun 1997 sampai 2006 bertambah sebanyak 1161.79 ha atau 8.3%. Gambaran sebaran terumbu karang pada tahun 1997, dapat dilihat pada peta 3. Luasan Terumbu Karang mengalami penurunan luasan dari mulai tahun 2006 sampai 2009 sebesar 635.18 ha atau 2.33%. gambaran sebaran terumbu karang pada tahun 2006 dapat dilihat pada peta 4. Gambaran perubahan persentase tutupan karang mati dari tahun 1997-2009, secara *linear* mengalami peningkatan luasan karang mati sebanyak 526.61 ha, agar lebih jelas dapat dilihat pada peta 5 dan gambar 5.1. berikut ini:



Gambar 4.10. Persentase Tutupan karang mati Tahun 1997, 2006 dan 2009

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Dari gambar 4.10 di atas, dapat diperoleh gambaran linear peningkatan tutupan karang mati dari tahun 1997 sampai 2009. Pada tahun 2009, luasan tutupan karang mati cenderung menurun hal tersebut dapat disebabkan karena rehabilitasi karang dan perlindungan terhadap terumbu karang di Kepulauan karimunjawa makin ditingkatkan. Dari peta 6, dapat diperoleh gambaran perubahan luasan terumbu karang dari tahun 1997, 2006 dan 2009. Dari peta 6 tersebut dapat diperoleh gambaran dimana penambahan luasan karang sebagian besar terdapat pada bagian timur, sekitar Pulau Genting. Pengurangan luasan karang sebagian besar terdapat di bagian barat Kepulauan Karimunjawa.

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Kerusakan Terumbu Karang

Gambaran pola kerusakan terumbu karang Kepulauan Karimunjawa diperoleh dengan menggunakan data sekunder persentase tutupan karang mati tahun 1997, 2006 dan 2009 yang di *overlay* dengan peta sebaran karang, hasil pengolahan citra Landsat. Berdasarkan klasifikasi karang mati, kondisi karang dibedakan menjadikan 4 kelas, yaitu rusak rendah (0 – 25%), rusak sedang (26 – 50 %), rusak (51 – 75%) dan rusak tinggi (76 – 100%).

Tabel 5.1. Klasifikasi Karang Rusak Tahun 1997, 2006 dan 2009

Kenampakan	1997		2006		2009	
	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%	Luas (Ha)	%
Karang Rusak Tinggi	1383.77	10.9	1416.42	12.85	0	0
Karang Rusak	953.72	7.84	2123.38	19.27	2264.35	21.84
Karang Rusak Sedang	1670.89	15.48	2608.96	23.68	1632.68	15.75
Karang Rusak Rendah	1477.32	13.99	498.73	4.53	2115.28	20.4
Darat	4177.15	42.76	4008.32	36.38	4098.84	39.54
Lamun	715.23	7.32	91.82	0.83	54.89	0.53
Pasir	165.24	1.69	271.42	2.46	200.8	1.94
Jumlah	10543.32	100	11019.05	100	10367	100

Sumber: Pengolahan Data, 2009

5.1.1. Kerusakan Terumbu Karang Tahun 1997

Berdasarkan analisa peta 7 dan data sekunder persentase tutupan karang mati tahun 1997 dapat diketahui bahwa:

1. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak tinggi (76 – 100%), pada kedalaman 3 meter sebagian besar terdapat di bagian barat Kepulauan yaitu sekitar Pulau Gosong Selikur. Pada kedalaman 10 meter terdapat di sekitar Pulau Burung dan Gosong Selikur.
2. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak (51 – 75 %), pada kedalaman 3 meter sebagian besar terdapat di bagian barat Kepulauan yaitu sekitar Pulau Kembar dan Geleang. Pada kedalaman 10 meter tersebar di bagian barat Kepulauan yaitu sekitar Pulau Kumbang dan Kembar.

3. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi sedang (26 – 50 %), pada kedalaman 3 meter sebagian besar tersebar di bagian selatan kepulauan yaitu sekitar Pulau Nyamuk, Menjangan Kecil dan Menjangan Besar. Pada kedalaman 10 meter tersebar di bagian tengah Kepulauan yaitu pada Pulau Cemara Besar.
4. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak rendah (0 – 25 %), pada kedalaman 3 meter sebagian besar tersebar di bagian tengah Kepulauan yaitu pada Pulau Gosong Selikur dan Karang Katang. Pada kedalaman 10 meter sebagian besar tersebar di bagian barat yaitu Karang Katang dan Pulau Karimunjava bagian barat.

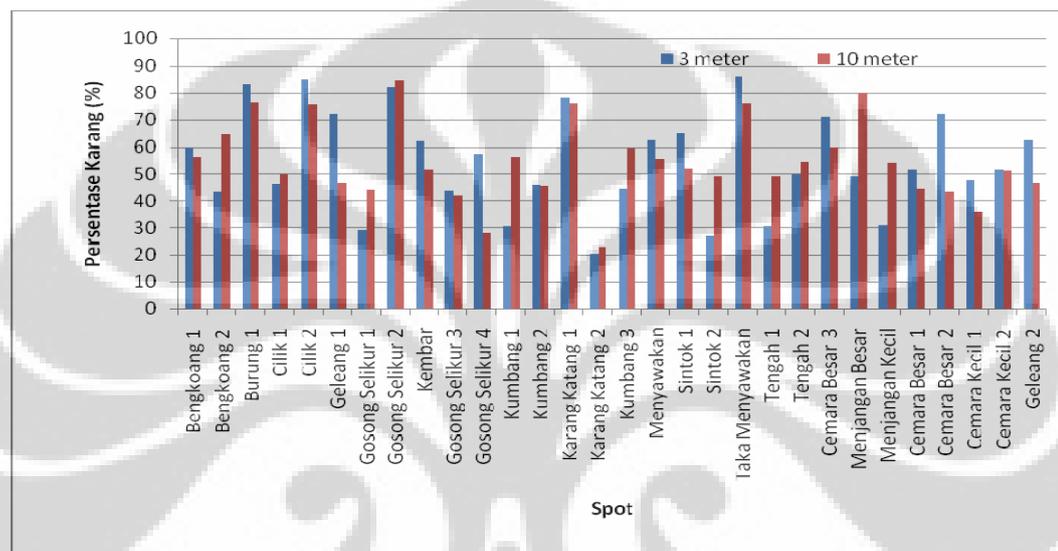
Tabel 5.2. Klasifikasi Kondisi Karang Tahun 1997

No	PULAU/ SPOT	1997		Klasifikasi	
		3 meter	10 meter	3 meter	10 meter
1	Bengkoang 1	59.8	56.2	Rusak	Rusak
2	Bengkoang 2	43.3	64.6	Rusak Sedang	Rusak
3	Burung 1	83	76.5	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi
4	Cilik 1	46.25	49.75	Rusak Sedang	Rusak Sedang
5	Cilik 2	85	75.5	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi
6	Geleang 1	72.2	46.5	Rusak	Rusak Sedang
7	Gosong Selikur 1	29.2	44.2	Rusak Rendah	Rusak Sedang
8	Gosong Selikur 2	82	84.5	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi
9	Kembar	62	51.5	Rusak	Rusak
10	Gosong Selikur 3	43.75	42	Rusak Sedang	Rusak Sedang
11	Gosong Selikur 4	57.5	28	Rusak	Rusak Sedang
12	Kumbang 1	30.5	56.25	Rusak Sedang	Rusak
13	Kumbang 2	46	45.5	Rusak Sedang	Rusak Sedang
14	Karang Katang 1	78	76	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi
15	Karang Katang 2	20.5	23	Rusak Rendah	Rusak Rendah
16	Kumbang 3	44.3	59.4	Rusak Sedang	Rusak
17	Menyawakan	62.5	55.5	Rusak	Rusak
18	Sintok 1	65	52	Rusak	Rusak
19	Sintok 2	27	49.25	Rusak Sedang	Rusak Sedang
20	Taka Menyawakan	86	76	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi
21	Tengah 1	30.5	49.1	Rusak Sedang	Rusak Sedang
22	Tengah 2	49.7	54.5	Rusak Sedang	Rusak
23	Cemara Besar 3	71	60	Rusak	Rusak
24	Menjangan Besar	49	80	Rusak Sedang	Rusak Tinggi
25	Menjangan Kecil	31	54	Rusak Sedang	Rusak
26	Cemara Besar 1	51.5	44.5	Rusak	Rusak Sedang
27	Cemara Besar 2	72	43.25	Rusak	Rusak Sedang
28	Cemara Kecil 1	47.75	36	Rusak Sedang	Rusak Sedang
29	Cemara Kecil 2	51.75	51.25	Rusak	Rusak Sedang
30	Geleang 2	62.5	46.5	Rusak	Rusak Sedang

Sumber: Balai TN. Karimunjava

Sebagian besar kondisi karang tahun 1997 termasuk ke dalam klasifikasi rusak sedang sampai rusak rendah. Kondisi karang pada kedalaman 3 meter lebih

rendah daripada kedalaman 10 meter, hal tersebut dapat dilihat jumlah tutupan karang mati yang lebih tinggi pada kedalaman 3 meter. Pada kedalaman 3 meter, kondisi karang dengan klasifikasi rusak tinggi sebagian besar tersebar pada bagian tengah sampai barat. pada kedalaman 10 meter, kondisi karang dengan klasifikasi rusak tinggi sebagian besar berada di bagian barat. Agar lebih jelas, dapat dilihat pada tabel 5.2, gambar 5.1 dan peta 7.



Gambar 5.1. Persentase Sebaran Karang Tahun 1997

Sumber: Pengolahan Data, 2009

5.1.2. Kerusakan Terumbu Karang Tahun 2006

Berdasarkan analisa peta 8 dan data sekunder persentase tutupan karang mati tahun 2006 dapat diketahui bahwa:

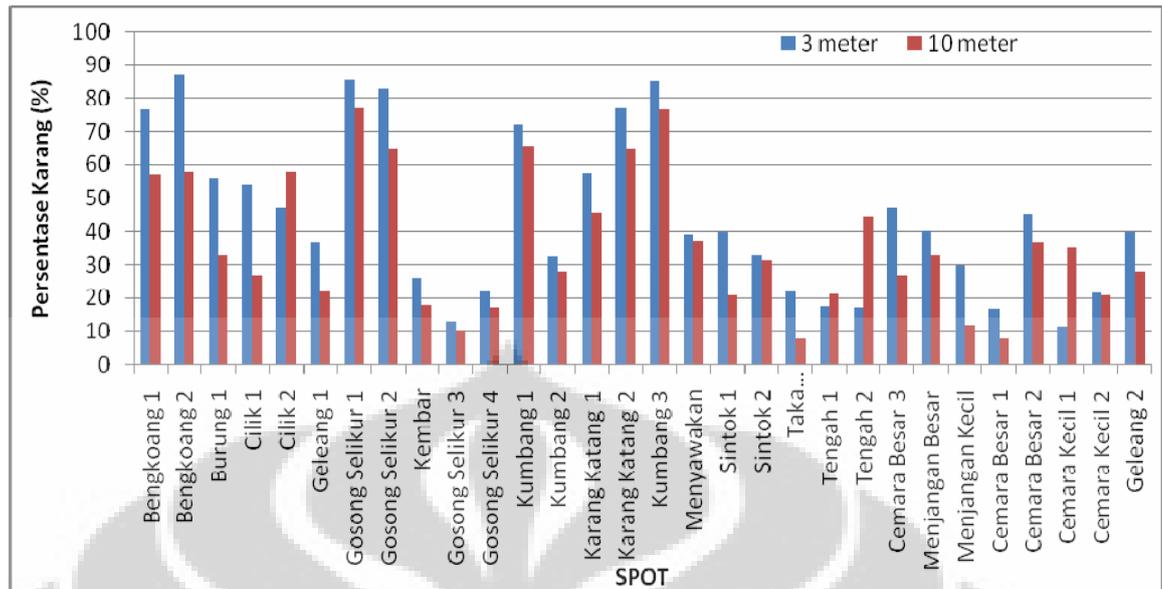
1. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak tinggi (76–100%), pada kedalaman 3 meter sebagian besar terdapat di bagian barat Kepulauan yaitu sekitar Pulau Bengkoang, Katang dan Gosong Selikur. Pada kedalaman 10 meter terdapat di bagian barat laut dan tenggara yaitu Pulau Gosong Selikur dan Kmbang.
2. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak (51 – 75 %), pada kedalaman 3 meter sebagian besar terdapat di bagian tengah Kepulauan yaitu sekitar Pulau Burung. Pada kedalaman 10 meter tersebar di bagian utara Kepulauan yaitu Pulau Bengkoang.

3. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak sedang (26 – 50 %), pada kedalaman 3 meter tersebar merata hampir di semua bagian, namun sebagian besar terdapat barat yaitu sekitar Pulau Katang. Pada kedalaman 10 meter tersebar di bagian tengah Kepulauan yaitu pada Pulau Cemara Besar dan Geleang.
4. Sebaran terumbu karang dengan rusak rendah (0 – 25 %), pada kedalaman 3 meter terdapat pada bagian timur dan barat kepulauan yaitu Pulau Katang dan sekitar Pulau Cilik. Pada kedalaman 10 meter sebagian besar tersebar di bagian Timur yaitu sekitar Pulau Tengah dan Sintok.

Tabel 5.3. Klasifikasi Kondisi Karang Tahun 2006

No	PULAU/ SPOT	2006		Klasifikasi	
		3 meter	10 meter	3 meter	10 meter
1	Bengkoang 1	76.5	57	Rusak Tinggi	Rusak
2	Bengkoang 2	87	58	Rusak Tinggi	Rusak
3	Burung 1	56	33	Rusak	Rusak Sedang
4	Cilik 1	54	27	Rusak	Rusak Sedang
5	Cilik 2	47	58	Rusak Sedang	Rusak
6	Geleang 1	37	22	Rusak Sedang	Rusak Rendah
7	Gosong Selikur 1	85.5	77	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi
8	Gosong Selikur 2	83	65	Rusak Tinggi	Rusak
9	Kembar	26	18	Rusak Sedang	Rusak Rendah
10	Gosong Selikur 3	13	10.5	Rusak Rendah	Rusak Rendah
11	Gosong Selikur 4	22	17	Rusak Rendah	Rusak Rendah
12	Kumbang 1	72	65.5	Rusak	Rusak
13	Kumbang 2	32.5	28	Rusak Rendah	Rusak Sedang
14	Karang Katang 1	57.5	45.5	Rusak	Rusak Sedang
15	Karang Katang 2	77	65	Rusak Tinggi	Rusak
16	Kumbang 3	85	76.5	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi
17	Menyawakan	39	37.5	Rusak Sedang	Rusak Sedang
18	Sintok 1	40	21	Rusak Sedang	Rusak Rendah
19	Sintok 2	33	31.5	Rusak Sedang	Rusak Sedang
20	Taka Menyawakan	22	8	Rusak Rendah	Rusak Rendah
21	Tengah 1	17.5	21.35	Rusak Rendah	Rusak Rendah
22	Tengah 2	17	44.5	Rusak Rendah	Rusak Sedang
23	Cemara Besar 3	47	27	Rusak Sedang	Rusak Sedang
24	Menjangan Besar	40.3	33	Rusak Sedang	Rusak Sedang
25	Menjangan Kecil	29.95	12	Rusak Sedang	Rusak Rendah
26	Cemara Besar 1	16.7	8	Rusak Rendah	Rusak Rendah
27	Cemara Besar 2	45	37	Rusak Sedang	Rusak Sedang
28	Cemara Kecil 1	11.7	35	Rusak Rendah	Rusak Sedang
29	Cemara Kecil 2	21.67	21	Rusak Rendah	Rusak Rendah
30	Geleang 2	40	28	Rusak Sedang	Rusak Sedang

Sumber: Balai TN Karimunjawa



Gambar 5.2. Persentase Sebaran Karang Tahun 2006

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Sebagian besar kondisi karang pada tahun 2006 termasuk klasifikasi rusak sampai rusak sampai rusak tinggi. Kondisi karang pada kedalaman 3 meter lebih rendah daripada kedalaman 10 meter. Pada kedalaman 3 meter, kondisi karang dengan klasifikasi rusak tinggi berada sebagian besar di bagian barat. pada kedalaman 10 meter, kondisi karang dengan klasifikasi rusak tinggi sebagian besar berada di bagian barat. untuk lebih jelas, dapat dilihat pada tabel 5.3, gambar 5.2 dan peta 8.

5.1.3. Kerusakan Terumbu Karang Tahun 2009

Kondisi karang di Kepulauan Karimunjawa pada tahun 2009 mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan luasan persentase tutupan karang mati, hal tersebut dapat dilihat pada peta 9. Berdasarkan analisa menggunakan data hasil survei primer tahun 2009, dapat diketahui bahwa sebaran terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa adalah sebagai berikut:

1. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak tinggi (76 – 100%), pada kedalaman 3 meter dan 10 meter tidak ditemukan klasifikasi ini.
2. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak (51 – 75 %), pada kedalaman 3 meter terdapat di sekitar Pulau Sintok 2. Pada kedalaman 10 meter tidak ditemukan klasifikasi ini.

3. Sebaran terumbu karang dengan klasifikasi rusak sedang (26 – 50 %), pada kedalaman 3 meter sebagian besar terdapat di bagian utara Kepulauan yaitu sekitar Pulau Cemara Besar dan Sintok. Pada kedalaman 10 meter terdapat di Menjangan Kecil bagian utara.
4. Sebaran terumbu karang dengan kondisi rusak rendah (0 – 25 %), pada kedalaman 3 terdapat di Menjangan Kecil bagian utara dan Cemara Besar bagian timur.

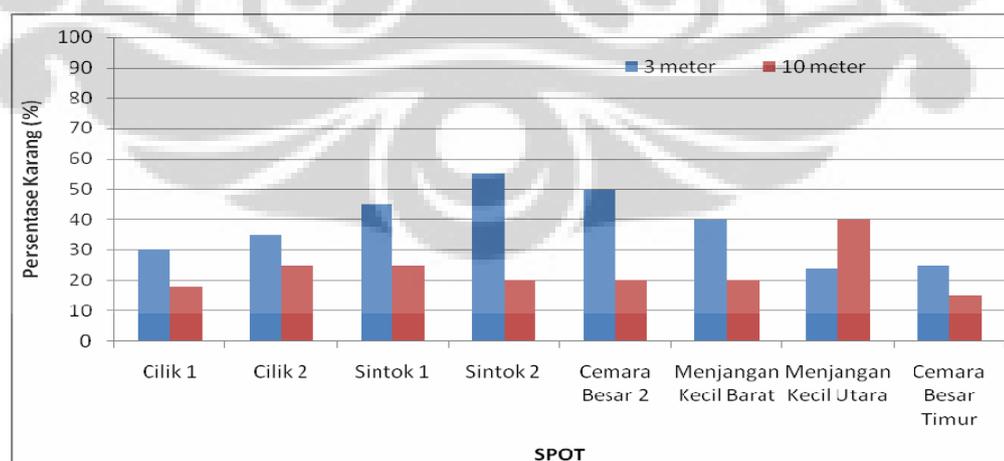
Secara keseluruhan tutupan karang mati pada kedalaman 10 meter lebih kecil dibandingkan pada kedalaman 3 meter. Tutupan karang mati bagian barat kepulauan lebih tinggi dibandingkan bagian timur Kepulauan.

Sebaran terumbu karang berdasarkan klasifikasi kondisi karang dapat dilihat pada tabel 5.4, gambar 5.3 dan Peta 9.

Tabel 5.4. Klasifikasi Kondisi Karang Tahun 2009

No	PULAU/ SPOT	2009		Klasifikasi	
		3 meter	10 meter	3 meter	10 meter
4	Cilik 1	30	18	Rusak Sedang	Rusak Rendah
5	Cilik 2	35	25	Rusak Sedang	Rusak Rendah
18	Sintok 1	45	25	Rusak Sedang	Rusak Rendah
19	Sintok 2	55	20	Rusak	Rusak Rendah
27	Cemara Besar 2	50	20	Rusak Sedang	Rusak Rendah
31	Menjangan Kecil Barat	40	20	Rusak Sedang	Rusak Rendah
32	Menjangan Kecil Utara	24	40	Rusak Rendah	Rusak Sedang
33	Cemara Besar Timur	25	15	Rusak Rendah	Rusak Rendah

Sumber: Pengolahan Data, 2009



Gambar 5.3. Persentase Sebaran Karang Tahun 2009

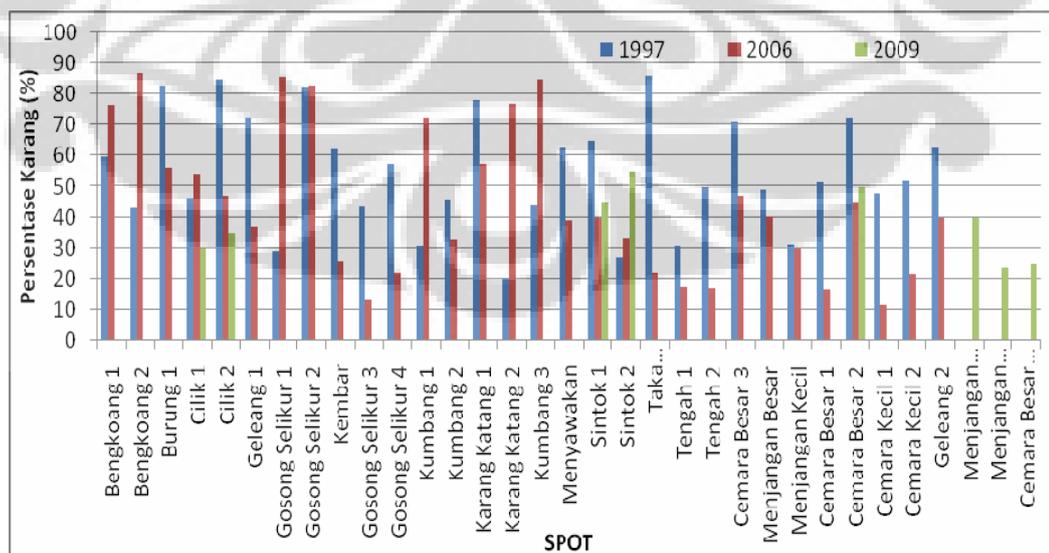
Sumber : Pengolahan Data, 2009

5.1.4. Perubahan Kerusakan Terumbu Karang Tahun 1997, 2006 dan 2009

Sebagian besar perubahan kondisi karang (persentase karang mati) mengalami penurunan jumlah dalam arti mengalami penurunan jumlah karang mati. Karang yang meningkat persentase karang mati terdapat di Pulau Bengkoang, Gosong Selikur dan Kumbang.

Sebagian besar kondisi karang pada kedalaman 3 meter mengalami penurunan persentase karang mati sampai pada tahun 2006. Hanya beberapa pulau saja yang mengalami peningkatan persentase karang mati, yaitu Pulau Bengkoang, Gosong Selikur, Kumbang dan Menjangan Kecil. Kenaikan persentase karang mati tertinggi berada di Pulau Taka Menyawakan, turun sebanyak 54%. Kenaikkan persentase karang mati tertinggi berada di Pulau Katang 2, naik sebanyak 55.55%.

Sampai pada tahun 2009, persentase rata-rata karang mati mengalami perubahan yang stabil. Dari 8 data yang ada, empat diantaranya mengalami peningkatan persentase karang mati dari tahun 2006 dan empat lainnya mengalami penurunan persentase karang mati. Peningkatan jumlah persentase karang mati terjadi di Pulau Cilik dan Menjangan Kecil. Penurunan persentase karang mati terjadi di Pulau Sintok dan Cemara. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.4.

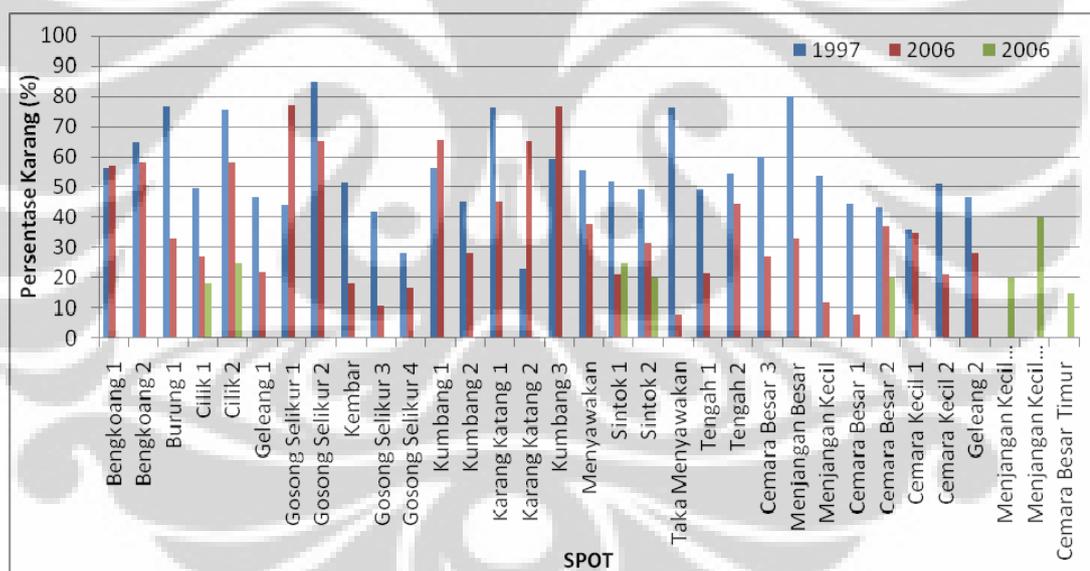


Gambar 5.4. Persentase Karang Mati Kedalaman 3 Meter Tahun 1997, 2006 dan 2009

Sumber: Balai TN. Karimunjawa dan Pengolahannya

Sebagian besar kondisi karang pada kedalaman 10 meter mengalami kenaikan persentase karang mati sampai pada tahun 2006. Hanya beberapa pulau saja yang mengalami penurunan persentase karang mati, yaitu Pulau Cilik, Kembar, Kumbang dan Cemara. Kenaikan persentase tutupan karang mati tertinggi berada di Pulau Taka Menyawakan, naik sebanyak 68%. Penurunan persentase karang mati tertinggi berada di Pulau Katang 2, turun sebanyak 42%.

Sampai pada tahun 2009, persentase rata-rata karang mati mengalami perubahan yang stabil. Dari 8 data yang ada, lima diantaranya mengalami peningkatan persentase dari tahun 2006 dan tiga lainnya mengalami penurunan persentase karang mati. Peningkatan jumlah persentase karang terjadi di Pulau Cilik, Sintok 2, Cemara Besar 2 dan Menjangan Kecil bagian barat. Penurunan persentase karang mati terjadi di Pulau Sintok 1, Menjangan Kecil bagian Utara dan Cemara Besar. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 5.5 berikut.



Gambar 5.5. Persentase Karang Mati Kedalaman 10 Meter Tahun 1997, 2006 dan 2009

Sumber: Balai TN. Karimunjawa dan Pengolahannya

5.2. Kondisi Fisik Perairan

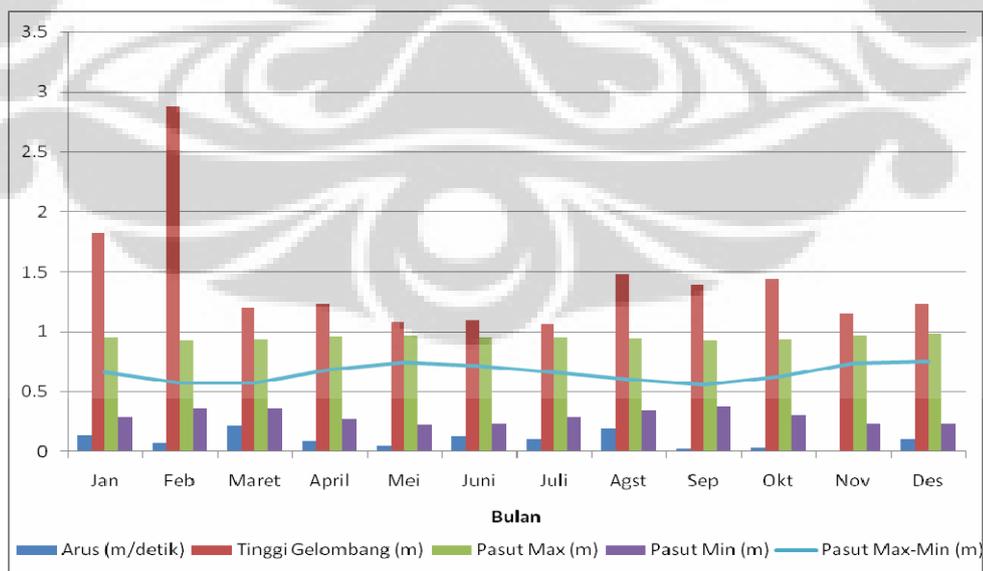
5.2.1. Musim Barat dan Musim Timur

Perubahan musim secara tidak langsung mempengaruhi perubahan kondisi fisik perairan. Untuk memperoleh analisis mengenai gambaran kondisi fisik pada musim barat dan musim timur, maka perlu pengolahan data variabel arus, pasang surut dan gelombang dalam tiap musim.

Tabel 5.5. Rata-rata Arus, Gelombang dan Pasang Surut

Bulan	Arus (cm/detik)	Tinggi Gelombang (m)	Rata-rata Pasang Surut (m)		
			Max	Min	Max-Min
Jan	0.14	1.83	1.0	0.3	0.7
Feb	0.07	2.87	0.9	0.4	0.6
Maret	0.22	1.2	0.9	0.4	0.6
April	0.09	1.23	1.0	0.3	0.7
Mei	0.05	1.08	1.0	0.2	0.7
Juni	0.13	1.1	1.0	0.2	0.7
Juli	0.11	1.07	0.9	0.3	0.7
Agst	0.19	1.48	0.9	0.3	0.6
Sep	0.03	1.39	0.9	0.4	0.6
Okt	0.04	1.44	0.9	0.3	0.6
Nov	0.01	1.15	1.0	0.2	0.7
Des	0.10	1.23	1.0	0.2	0.8

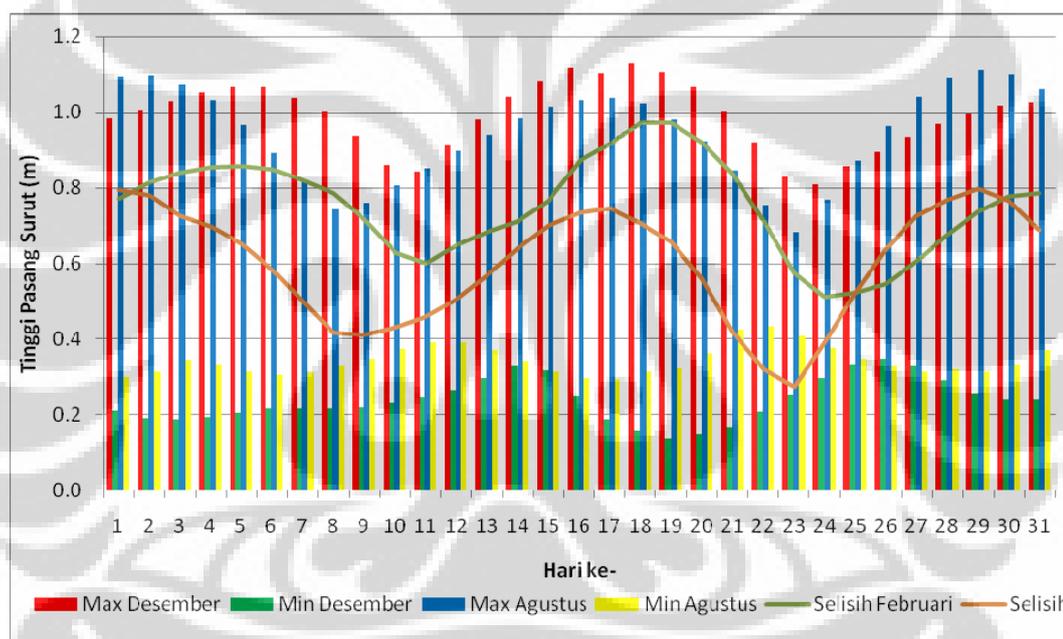
Sumber: Pengolahan Data, 2009



Gambar 5.6. Rata-rata Arus, Gelombang dan Pasang Surut

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Pada tabel 5.5. dan gambar 5.6. dapat diperoleh gambaran arus, gelombang dan pasang surut di Kepulauan Karimunjawa. Secara umum arus maksimum di Kepulauan Karimunjawa terdapat pada musim barat, dengan kisaran arus antara 0,01-0,22 m/detik. Pada musim timur kisaran arus 0,01-0,19 m/detik. Tinggi gelombang maksimum yaitu 2,87 meter, terjadi pada bulan Februari yang merupakan musim barat. Tinggi gelombang minimum yaitu 1,07 meter, terjadi di bulan Juni yang masih merupakan musim timur. Selisih antara pasang surut maksimum dan minimum terjadi pada bulan Desember, yaitu sebesar 0,8 meter. Untuk melihat fluktuasi pasang surut pada bulan Desember dan Agustus, dapat dilihat pada gambar 5.7.



Gambar 5.7. Pasang Surut Bulan Agustus dan Desember

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Dari gambar 5.7 diperoleh gambaran fluktuasi pasang surut pada bulan Desember dan Agustus. Bulan Desember mewakili musim barat dan bulan Agustus mewakili musim timur. Secara umum pasang surut maksimum bulan Agustus lebih rendah daripada bulan Desember. Pada hari ke 1-3 dan hari ke 26-31, pasang surut maksimum bulan Agustus lebih tinggi daripada pasang surut bulan Desember. Pasang surut minimum bulan Agustus lebih tinggi daripada pasang surut bulan Desember. Sehingga diperoleh perbedaan selisih pasang surut

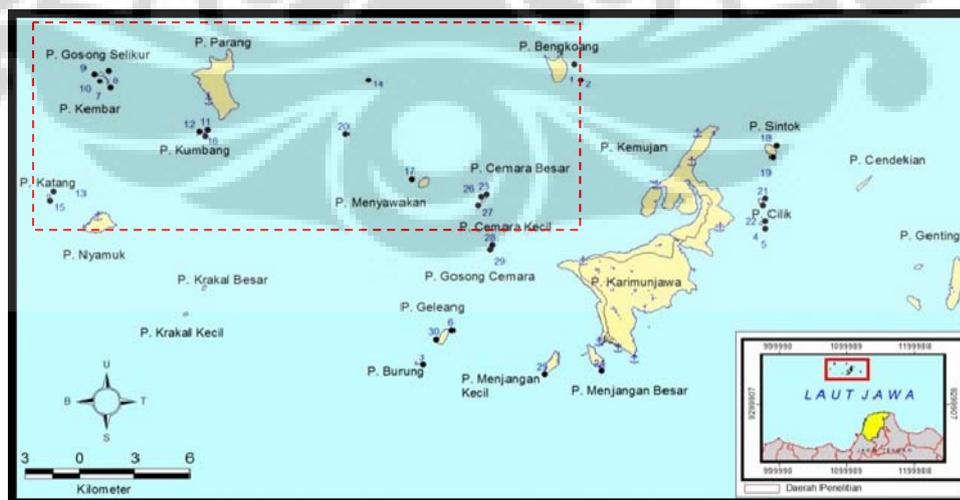
maksimum dengan minimum pada tiap bulan. Selisih pasang surut pada bulan Desember lebih tinggi daripada pada bulan Agustus. Untuk memperoleh gambaran umum di Kepulauan Karimunjawa terhadap fisik perairan, maka wilayah dibagi menjadi tiga bagian yaitu bagian barat, timur dan tengah.

1. Pulau-pulau Bagian Barat

Pulau-pulau yang terletak di bagian barat adalah Pulau Gosong Selikur, Pulau Kembar, Pulau Katang, Pulau Nyamuk, Pulau Krakal Besar, Pulau Krakal Kecil, Pulau Parang dan Pulau Kumbang.

Pada saat musim barat (Desember-Februari), kecepatan arus lebih tinggi, bisa mencapai 22 cm/detik. Arah arus dominan berasal dari barat menuju bagian timur. Pada musim ini, pulau-pulau yang terletak di bagian barat memiliki pengaruh dari arus, gelombang dan pasang surut yang lebih besar dibandingkan dengan pulau-pulau yang terletak di bagian tengah dan timur. Karena pada saat musim barat arah arus berasal dari barat dan langsung berhadapan dengan pulau-pulau yang berada di bagian barat Kepulauan Karimunjawa.

Pada musim timur, pulau-pulau yang terletak di bagian barat mengalami pengaruh yang tidak terlalu besar. Karena, pulau-pulau di bagian barat tidak berhadapan langsung dengan arus pada saat musim timur. Sehingga pengaruh arus, gelombang dan pasang surut tidak terlalu besar. Agar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran tabel 4a.



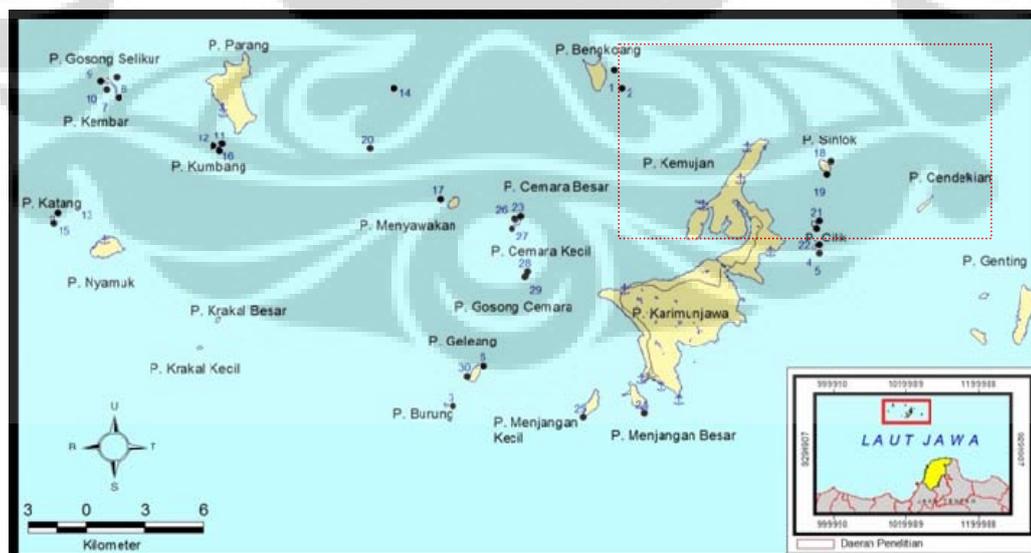
Gambar 5.8. Arah Arus Musim Barat Pada Pulau Bagian Barat

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Dari gambar 5.8. diperoleh gambaran arus pada musim barat, untuk pulau-pulau yang berada di bagian barat Kepulauan Karimunjawa. Pulau-pulau yang terletak pada bagian paling barat, mendapatkan pengaruh langsung dari arus pada musim barat. tanda panah yang lebih besar (tebal) merupakan arah datangnya arus. Kemudian arah berbelok, karena dihalangi oleh pulau di depannya. Sehingga pengaruh pada pulau yang berada di bagian barat lebih besar daripada pulau pada bagian timurnya.

2. Pulau-pulau Bagian Timur

Pulau-pulau yang terletak di bagian timur adalah Pulau Sintok, Pulau Cilik, Pulau Cendekian dan Pulau Genting. Pada saat musim timur (Juni-Agustus), kecepatan arus hanya mencapai 17 cm/detik. Arah arus dominan berasal dari timur menuju bagian barat. pada musim ini, pulau-pulau yang terletak di bagian timur memiliki pengaruh dari arus, gelombang dan pasang surut yang lebih besar dibandingkan dengan pulau-pulau yang terletak di bagian tengah dan barat. Karena pada saat musim timur arus yang berasal dari timur langsung berhadapan dengan pulau-pulau yang berada di bagian timur Kepulauan Karimunjawa. Agar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran tabel 4b.



Gambar 5.9. Arah Arus Musim Timur pada Pulau Bagian Timur

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Dari gambar 5.9. diperoleh gambaran arus pada musim timur, untuk pulau-pulau yang berada di bagian timur Kepulauan Karimunjawa. Pulau-pulau yang berada di bagian timur Kepulauan Karimunjawa mendapatkan pengaruh langsung arus ketika musim timur. Tanda panah yang lebih besar (tebal) adalah arah datangnya arus, tanda panah yang lebih kecil adalah pola arus. Arah arus membelok, karena dihalangi oleh pulau di depannya. Sehingga pada pulau yang berada di bagian timur, merupakan pulau hadapan arus.

Pada musim barat, pulau-pulau yang terletak di bagian timur mengalami pengaruh arus, gelombang dan pasang surut yang tidak terlalu besar. Karena, pulau-pulau di bagian timur tidak berhadapan langsung dengan arus pada musim barat.

3. Pulau-pulau Bagian Tengah

Pulau-pulau yang terletak di bagian tengah adalah Pulau Bengkoang, Pulau Kemujan, Pulau Cemara Besar, Pulau Cemara Kecil, Pulau Menyawakan, Pulau Geleang, Pulau Karimunjawa, Pulau Burung, Pulau Menjangan Besar dan Menjangan Kecil.

Pulau-pulau di bagian tengah relatif stabil. Arus pada saat musim barat dan musim timur tidak terlalu berpengaruh besar terhadap arus, gelombang dan pasang surut karena terhalangi oleh pulau-pulau di bagian barat dan bagian timur. agar lebih jelas dapat dilihat pada lampiran tabel 4c.

5.2.2. Wilayah Optimal Terumbu Karang

Berdasarkan kondisi fisik lingkungan terumbu karang pada bulan Mei tahun 2009, dapat diketahui bahwa wilayah kepulauan Karimunjawa secara umum merupakan wilayah yang potensial untuk hidup karang. Hal tersebut dapat dilihat pada rata-rata parameter fisik lingkungan (tabel 5.6) yang mengindikasikan kondisi yang optimal untuk hidup karang.

Tabel 5.6. Rata-rata Parameter Lingkungan Perairan

No	Parameter	Satuan	Rata-rata
1	Suhu air	°C	28
2	Salinitas	ppt	32
3	PH	-	7
4	Kecerahan	meter	11

Sumber: Balai TN. Karimunjawa dan Pengolahan Data, 2009

Sesuai dengan parameter tersebut, wilayah optimal untuk pertumbuhan terumbu karang sebagian besar berada pada bagian barat daerah penelitian, yaitu sekitar Pulau Parang dan Pulau Nyamuk. Sedangkan untuk wilayah yang kurang optimal, berada di bagian tengah dan timur wilayah penelitian, yaitu sekitar Pulau Karimunjawa, Menjangan Besar Cilik, Sintok dan Genteng.

Penentuan wilayah optimal didasarkan pada perhitungan masing-masing parameter pendukung kehidupan karang. Berdasarkan parameter fisik lingkungan tahun 2009, suhu air yang optimal untuk pertumbuhan karang mendominasi bagian barat laut yaitu sekitar Pulau Parang dan Nyamuk serta bagian tenggara yaitu Pulau Genteng. Berdasarkan salinitas airnya, wilayah optimal untuk pertumbuhan karang mendominasi bagian barat wilayah kepulauan, yaitu sekitar Pulau Parang dan Nyamuk. Berdasarkan kecerahan airnya, seluruh wilayah Kepulauan Karimunjawa termasuk dalam kategori optimal. Kecerahan minimum adalah 9 meter dengan rata-rata kecerahan sebesar 11 meter, sedangkan untuk batas kecerahan optimal adalah 5 meter. Sehingga dapat disimpulkan bahwa kecerahan yang terdapat di Kepulauan Karimunjawa pada umumnya dapat optimal untuk hidup karang.

Penentuan wilayah tidak optimal untuk pertumbuhan karang berdasarkan suhu air terdapat di bagian tengah Kepulauan Karimunjawa, yaitu sekitar Pulau Karimunjawa, Menjangan Besar, Menjangan Kecil dan Bengkoang. Wilayah optimal berdasarkan salinitas air terdapat di bagian tengah sampai timur Kepulauan Karimunjawa, yaitu sekitar Pulau Parang, Kembar, Gosong Selikur dan Katang.

Penentuan wilayah optimal untuk hidup karang dapat berubah secara fluktuatif, hal tersebut dikarenakan variabel yang digunakan seperti suhu, salinitas dan kecerahan air merupakan variabel yang cepat berubah. Perubahan tersebut dapat disebabkan oleh berbagai macam faktor, baik fisik maupun sosial yang akan berpengaruh baik secara langsung maupun tidak langsung terhadap perubahannya. Salah satu faktor penyebab perubahan nilai dari masing-masing variabel penentu wilayah optimal adalah pengaruh musim. Wilayah optimal pada musim barat berbeda dengan musim timur.

Berdasarkan hasil analisis antara sebaran terumbu karang dengan wilayah optimal fisik lingkungan terumbu karang tahun 2009, dapat diketahui bahwa wilayah optimal yang terdiri atas parameter suhu air, salinitas dan kecerahan mempengaruhi pertumbuhan karang. Namun pengaruh faktor lain seperti oseanografi perairan dengan parameter angin, gelombang dan arus memiliki pengaruh lebih besar terhadap kerusakan karang, sehingga berdampak mengurangi jumlah karang hidup lebih tinggi dibandingkan pertumbuhan karang tiap tahunnya.

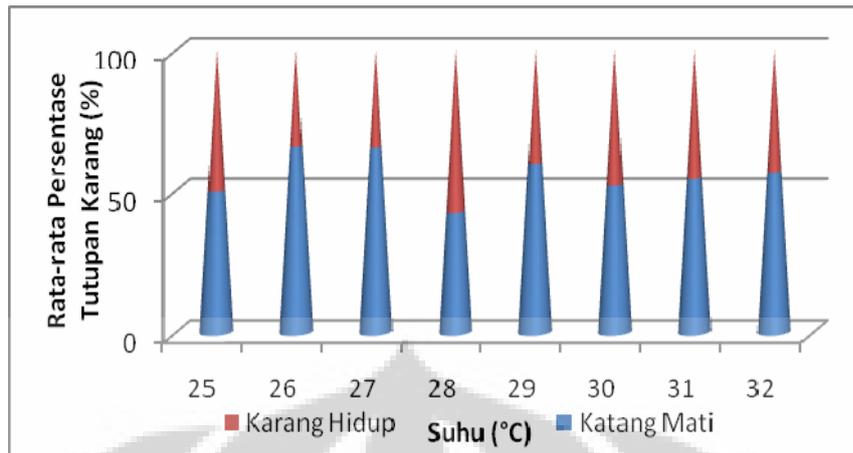
Dari data fisik perairan dan data persentase karang mati, diketahui bahwa sebaran terumbu karang dengan kondisi baik, sebagian besar terletak pada wilayah yang optimal dan sebagian kecil pada daerah kurang optimal. Sedangkan sebaran terumbu karang dengan kondisi rusak terdapat pada wilayah optimal dan kurang optimal.

Sebelum melihat kaitan kerusakan karang dengan wilayah optimal, sebelumnya dapat kita lihat hubungan masing-masing variabel penentu wilayah optimal (suhu air, salinitas air dan kecerahan air) terhadap rata-rata persentase karang hidup, sebagai berikut:

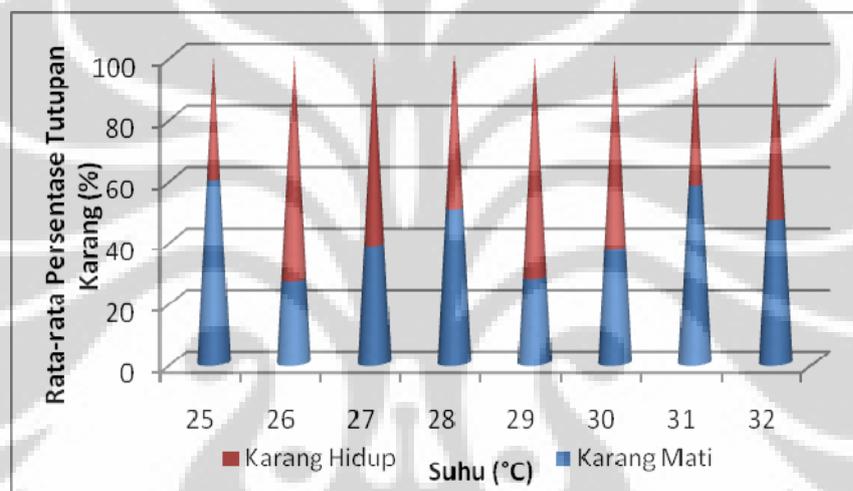
1. Hubungan Sebaran Karang Dengan Suhu Air

Hubungan nilai rata-rata persentase karang hidup dengan suhu air pada tahun 1997, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase karang hidup tertinggi berada pada suhu air 28°C dan rata-rata persentase karang mati terendah berada pada suhu air 26°C.

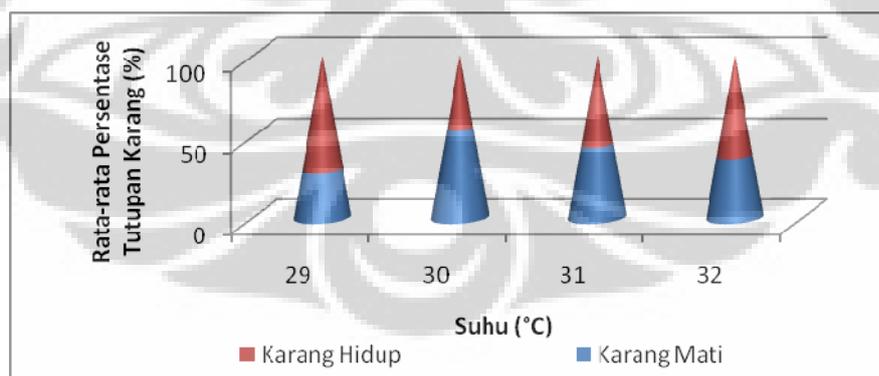
Hubungan nilai rata-rata persentase karang hidup dengan suhu air pada tahun 2006, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase karang hidup tertinggi berada pada suhu air 26°C dan rata-rata persentase karang hidup terendah berada pada suhu air 25°C.



Gambar 5.10a



Gambar 5.10b



Gambar 5.10c

Gambar 5.10. Hubungan Suhu air dengan Rata-rata Persentase Karang
(5.10a) Tahun 1997, (5.10b) Tahun 2006, (5.10c) Tahun 2009

Sumber: Pengolahan Data, 2009

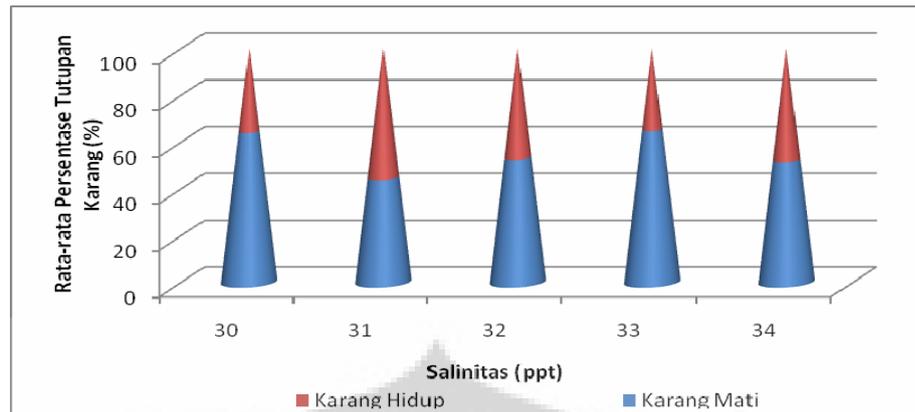
Hubungan nilai rata-rata persentase karang hidup dengan suhu air pada tahun 2009, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase karang hidup tertinggi berada pada suhu air 29°C dan rata-rata persentase karang hidup terendah berada pada suhu air 30°C.

2. Hubungan Sebaran Karang dengan Salinitas Air

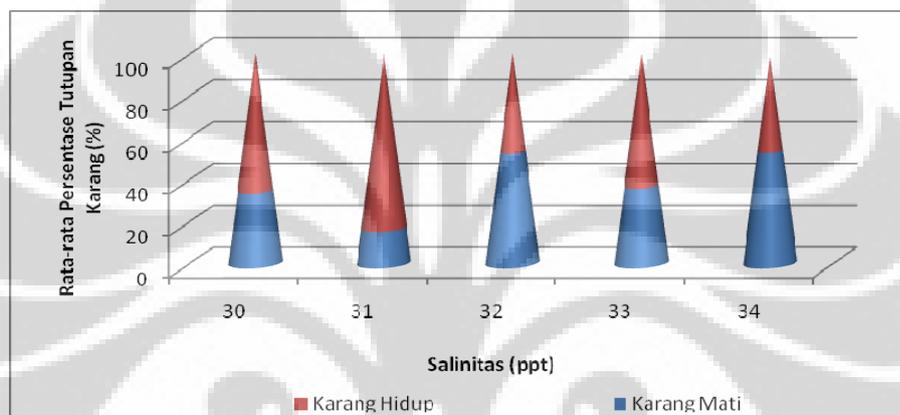
Hubungan nilai rata-rata persentase karang dengan salinitas pada tahun 1997, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase karang hidup tertinggi berada pada salinitas 31 ppt dan rata-rata persentase karang hidup terendah berada pada salinitas 33 ppt.

Hubungan nilai rata-rata persentase karang dengan salinitas pada tahun 2006, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase tertinggi berada pada salinitas 31 ppt dan rata-rata persentase karang mati terendah berada pada salinitas 32 ppt. Pada kedalaman 10 meter rata-rata persentase karang mati tertinggi berada pada salinitas 33 ppt dan rata-rata persentase terendah berada pada salinitas 33 ppt.

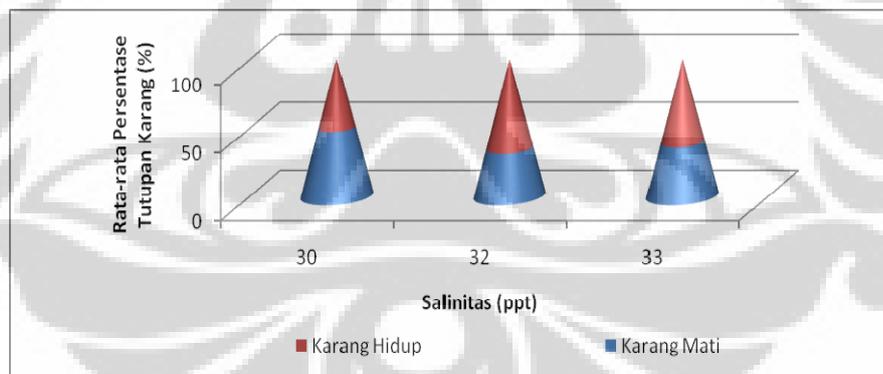
Hubungan nilai rata-rata persentase karang hidup dengan salinitas pada tahun 2009, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase karang hidup tertinggi berada pada salinitas 31 ppt dan rata-rata persentase karang hidup terendah berada pada salinitas 30 ppt.



Gambar 5.11a



Gambar 5.11b



Gambar 5.11c

Gambar 5.11. Hubungan Salinitas Air dengan Rata-rata Persentase Karang (5.11a) Tahun 1997, (5.11b) Tahun 2006, (5.11c) Tahun 2009

Sumber: Pengolahan Data, 2009

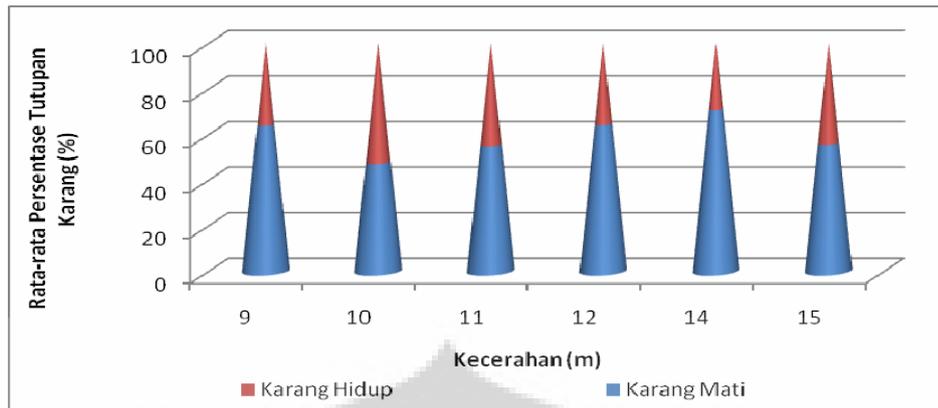
3. Hubungan Sebaran Karang dengan Kecerahan Air

Hubungan nilai rata-rata persentase karang hidup dengan kecerahan pada tahun 1997, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase karang hidup tertinggi berada pada kecerahan 10 meter dan rata-rata persentase karang hidup terendah berada pada kecerahan 14 meter.

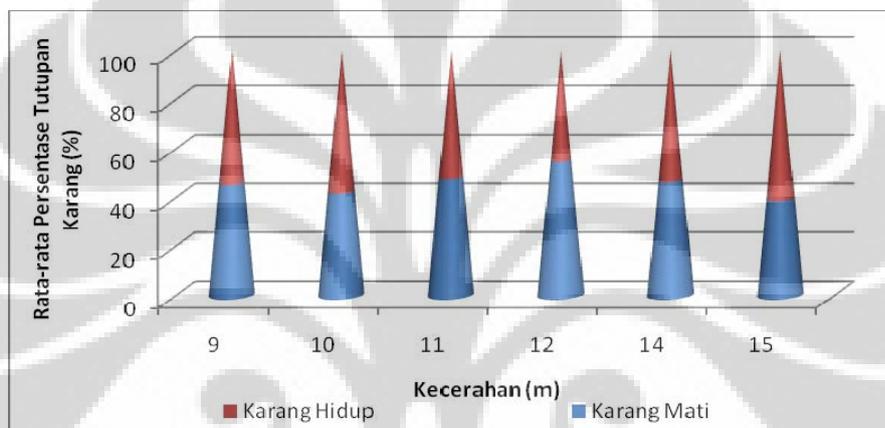
Hubungan nilai rata-rata persentase karang hidup dengan kecerahan pada tahun 2006, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase karang hidup tertinggi berada pada kecerahan 15 meter dan rata-rata persentase karang hidup terendah berada pada kecerahan 12 meter.

Hubungan nilai rata-rata persentase karang hidup dengan kecerahan pada tahun 2009, didapatkan bahwa pada kedalaman 3 meter rata-rata persentase karang hidup tertinggi berada pada kecerahan 12 meter dan rata-rata persentase karang hidup terendah berada pada kecerahan 9 dan 10 meter.

Perbedaan sebaran persentase karang hidup terhadap kecerahan pada tahun 1997, 2006 dan 2009 dapat dilihat pada gambar 5.10a, 5.10b dan 5.10c.



Gambar 5.12a



Gambar 5.12b



Gambar 5.12c

Gambar 5.12. Hubungan Kecerahan dengan Rata-rata Persentase Karang (5.12a) Tahun 1997, (5.12b) Tahun 2006, (5.12c) Tahun 2009

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Sebagian besar arus di Kepulauan Karimunjawa adalah pola arus *longshore currents*, dimana pulau-pulau yang ada membuat sudut datang antara

gelombang dengan garis pantai cukup besar. Sehingga pada bagian pesisir pantai terbentuk arus menyusur pantai. Gelombang besar yang datang menuju pantai menimbulkan arus pantai yang berpengaruh terhadap sedimentasi di pantai.

5.3. Pola Kerusakan Terumbu Karang Dikaitkan Dengan Fisik Perairan

Pengaruh kondisi fisik perairan secara umum mempengaruhi kerusakan karang. Pada musim barat pengaruh yang diberikan lebih besar daripada musim timur. Hal tersebut dapat dilihat pada kondisi fisik perairan, dimana arus, gelombang dan pasang surut memiliki nilai yang lebih tinggi daripada saat musim timur. Musim barat dan musim timur juga menyebabkan perubahan wilayah optimal karang. Apabila musim barat salinitas lebih rendah daripada musim timur. hal tersebut dapat terjadi karena pada musim barat di bagian barat terjadi musim penghujan yang akan menyebabkan terjadinya pengenceran air sehingga salinitas lebih rendah. Berdasarkan gambar 5.10, 5.11 dan 5.12 pengaruh suhu, salinitas dan kecerahan tidak terlalu drastis. Pada suhu yang kurang sesuai untuk pertumbuhan karang, persentase karang mati memang lebih banyak dibandingkan pada suhu yang sesuai. Namun hal tersebut tidak terjadi secara signifikan. Apabila suhu, salinitas dan kecerahan dikaitkan dengan faktor fisik lainnya seperti arus, gelombang dan pasang surut maka dampak yang ditimbulkan dapat berbeda.

Pengaruh arus terhadap kerusakan karang dapat dirasakan secara langsung maupun tidak langsung. Arus tertinggi berada pada musim barat, pengaruh langsung yang dapat terjadi adalah penghancuran bagian karang karena pengaruh kuatnya arus yang mampu mematahkan salah satu bagian karang. Apabila salah satu bagian karang patah maka kemungkinan besar karang tersebut akan mati. Selain itu pengaruh tidak langsung yang dapat disebabkan adalah arus yang tinggi mampu membawa partikel tanah di wilayah pesisir pantai, apabila partikel tanah adalah pasir maka dengan pengaruh arus dapat menyebabkan terbawanya pasir ke bagian tengah dan bisa menutup polip karang sehingga menyebabkan kematian karang.

Arus juga mampu membuat turbulensi di bawah permukaan laut, ketika hal tersebut terjadi pada wilayah pantai berpasir maka akan terjadi kekeruhan air. Kekeruhan air laut akan mengurangi pencerahan dari sinar matahari sehingga

sinar matahari tidak mampu menembus bagian bawah permukaan laut. Hal tersebut berpengaruh terhadap fotosintesis yang dilakukan oleh karang untuk mendapatkan makanan, sehingga karang akan mengalami kekurangan makanan dan menyebabkan kematian.

Pengaruh pasang surut juga turut mempengaruhi kerusakan karang di Kepulauan Karimunjawa. Berdasarkan tabel 5.5, diperoleh selisih pasang surut yang mencapai 0,8 meter yang terjadi pada bulan Desember (musim barat). Perbedaan selisih antara pasang surut maksimum dengan pasang surut minimum yang terlampaui jauh akan menyebabkan munculnya karang ke permukaan pada saat surut. Apabila hal tersebut terjadi dalam waktu yang lama maka karang tersebut akan mengalami *bleaching* dan pada akhirnya mati.

Secara umum pengaruh musim barat dirasakan lebih dominan daripada musim timur. Pola kerusakan karang mengikuti arah arus, gelombang dan pasang surut yang dipengaruhi oleh angin. Angin yang terjadi pada musim barat dan musim timur memiliki arah yang berbeda, dimana pada musim barat sebagian besar angin berasal dari bagian barat dan pada musim timur berasal dari bagian timur. Sebagian besar arah arus, gelombang dan pasang surut pada musim barat berasal dari barat dan barat laut. Sehingga secara tidak langsung kerusakan karang pada bagian barat lebih banyak terjadi dibandingkan pada bagian tengah dan timur Kepulauan Karimunjawa.

BAB VI

KESIMPULAN

Pola sebaran terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa pada umumnya memiliki pola linear mengikuti garis pantai dan mencapai kedalaman tidak lebih dari 40 meter dengan tipe karang tepi (*fringing reef*). Pada tahun 1997 sampai 2006, terumbu karang bertambah seluas 1161.79 ha atau 8.3%, sedangkan pada tahun 2006 sampai 2009 berkurang seluas 635.18 ha atau 2.33%. Perubahan yang paling dominan terjadi di Pulau Karimunjawa dan Pulau Parang.

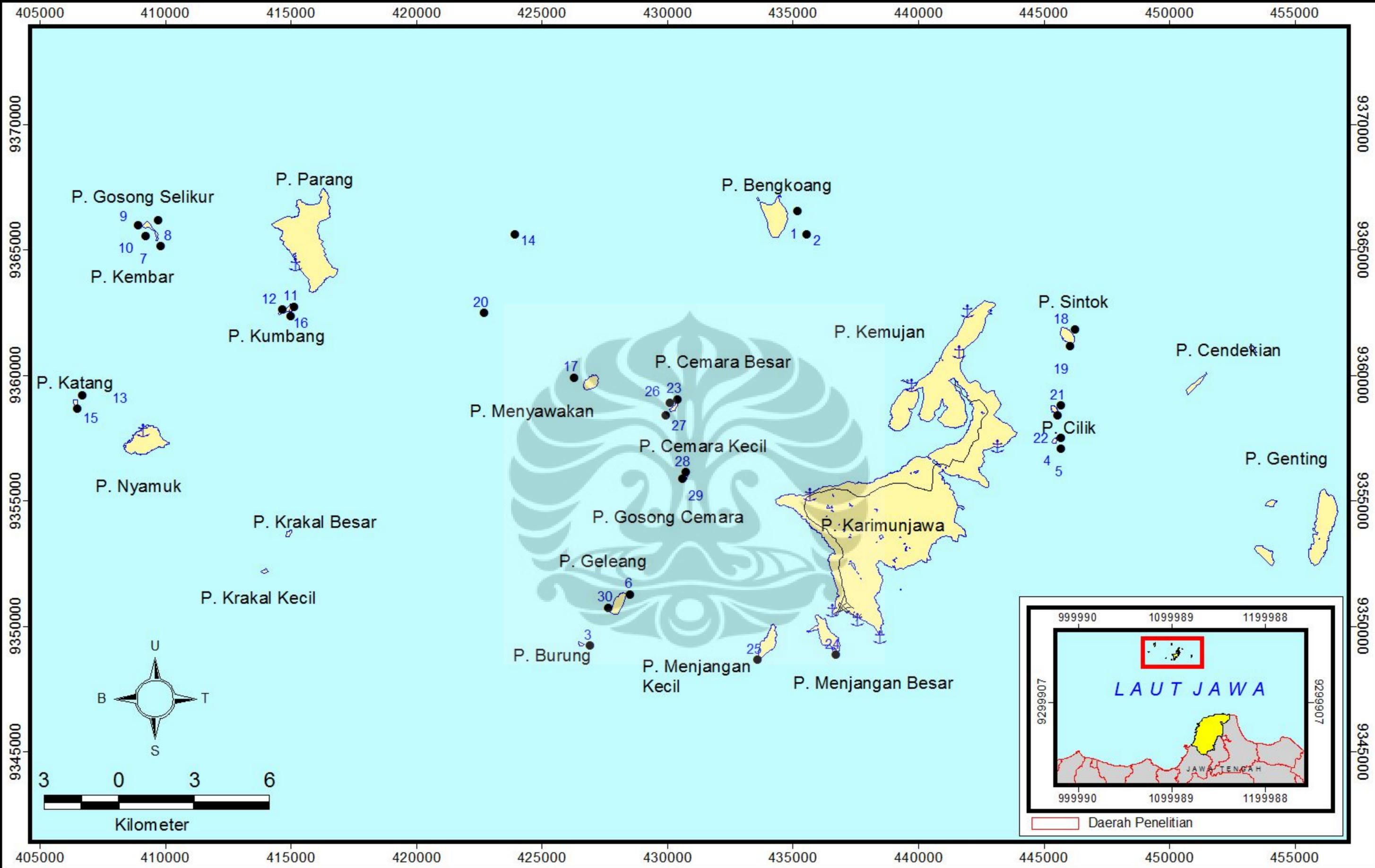
Kerusakan terumbu karang lebih tinggi terjadi pada bagian barat Kepulauan Karimunjawa. Pada musim barat arus laut, gelombang dan pasang surut berada pada kondisi kecepatan maksimum dengan arah yang dominan berasal dari barat sampai barat laut. Pola kerusakan karang sebagian besar mengikuti aliran arus laut.

DAFTAR PUSTAKA

- Bengen, D. G. 2002. *Sinopsis Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut serta Prinsip Pengelolaannya*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Balai Taman Nasional Karimunjawa. 2004. *Laporan Monitoring Terumbu Karang*. Semarang.
- Bird, Eric. 2007. *Coastal Geomorphology*. University of Melbourne: Australia.
- Coral Alliance. 2006. *Coral Reefs and Sustainable Marine Recreation*. United States Environmental Protection Agency and the Florida Department of Environmental Protection
- Dahuri R., Rais Y., Putra S.,G., Sitepu, M.J. 2001. *Pengelolaan Sumber daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Dahuri, R. et al. 1998. *Penyusunan Konsep Pengelolaan Sumber daya Pesisir dan Lautan yang Berakar dari Masyarakat*. Kerjasama Ditjen Bangsa dengan Pusat Kajian Sumber daya Pesisir dan Lautan, IPB. Laporan Akhir.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, SP., dan Sitepu. 1996. *Pengelolaan Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.
- Dahuri, R. 2000. *Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Terumbu Karang di Indonesia*. Prosiding Seminar Internasional Penginderaan Jauh Dalam Pengembangan Ekonomi dan Pelestarian Lingkungan. Hotel Kartika Candra, Jakarta, 11-12 April 2000.
- Dinas Kelautan dan Perikanan Kabupaten Jepara. 2008. *Buku Saku Tahun 2006-2008*. Jepara
- Dutton, I.M., D.G. Bengen and J.J. Tulungen. 2001. *The Challenges of Coral Reefs Management in Indonesia*. In : *Oceanographic Process of Coral Reefs : Physical and Biological Links in The Great Barrier Reefs*. Ed. Eric Wolanski. CRC Press.
- Darsono. 2007. *Metode Riset Agribisnis*. Surabaya. Program Studi Magister Manajemen Agribisnis Pasca Sarjana UPN "Veteran" Jawa Timur

- English, S., Wilkinson, C., and Baker, V. 1994. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. ASEAN – Australia Marine Science Project Living Coastal Resources. Australia.
- Haeruman, H. 1986. *Pedoman Pengelolaan dan Pengembangan Lingkungan Alam Wilayah Pesisir*. Kantor Menteri Negara KLH, Jakarta
- Haeruman, H. 1987. *Flora dan Fauna. Pengelolaan Wilayah Pesisir*. Proyek Penelitian Pengembangan Sumberdaya Laut dan Pencemaran Laut. Kantor Menteri Negara KLH, Jakarta.
- Hakim, Imam. 2003. *Hubungan Kerusakan Mangrove dengan Abrasi*. Program studi ilmu lingkungan pascasarjana UI: Depok.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 1990. *Kualitas Lingkungan di Indonesia*. PT.Indermasa: Jakarta.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2002. *Serasi: Informasi Lingkungan Hidup*. Edisi 02/Thn.02/2002: Jakarta.
- Komar,P.D. 1983.*Handbook of Coastal Processes and Erosion*.CRC Pres, Inc.Boca Raton, Florida.
- Lillesand, T.M, R.W. Kiefer and J.W.Chipman. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation(5ed)*. John Wiley and Sons :New York.
- Moosa, M. K., B. Hasyim, dan G. Winarso. 2000. Pemetaan Terumbu Karang Menggunakan Data Inderaja dan SIG untuk Mendukung COREMAP. Prosiding Seminar Internasional Penginderaan Jauh Dalam Pengembangan Ekonomi dan Pelestarian Lingkungan. Hotel Kartika Candra, Jakarta, 11-12 April 2000.
- Nontji.A. 1993. *Laut Nusantara*.Djambatan.Jakarta
- Nybakken, J.W. 1988. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia. Jakarta.
- Ongkosongo, O. S. R. 1983. *Terumbu Karang di Indonesia: Sumbidaya, Permasalahan dan Pengelolaannya*. LON-LIPI. Jakarta.
- Penginderaan Jauh. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Pin, T.G. 2005. *Distribusi Terumbu Karang di Bagian Barat Pulau Flores Provinsi Nusa Tenggara Timur*. Tesis Jurusan Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Depok.

- Purwadhi, S. H. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. PT Gramedia Widiasarana Indonesia. Jakarta.
- Rachmawati, R. 2001. *Terumbu Buatan (Artificial Reef)*. Pusat Riset Teknologi Kelautan dan Perikanan Departemen Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Raditia, I. 2007. *Sebaran Terumbu Karang bila Dikaitkan dengan Pemanfaatan Ruang di Kepulauan Seribu*. Skripsi Jurusan Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia. Depok.
- Setiyono, H. 1996. *Kamus Oseanografi*. Universitas Gadjah Mada Press. Yogyakarta.
- Sukarno, R. 1993. *Mengenal Ekosistem Terumbu Karang dalam Materi Kursus Pelatihan Metodologi Penelitian Penentuan Kondisi Terumbu Karang*. P3O-LIPI. Jakarta.
- Sutikno. 1993. *Karakteristik Bentuk dan Geologi Pantai di Indonesia. Bahan Pelatihan Pengamanan Daerah Pantai*. Diklat P.U. Wilayah III Ditjen Pengairan. Departemen Pekerjaan Umum, Yogyakarta
- Sutomo, AB. 1984. *The final report of the marine investigation of the Paiton waters, East Java. The report submitted to PT Ciria Jasa*. National Institute of Oceanology – LIPI: 207 pp
- Supriharyono. 2000. *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam Pesisir Tropis*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Supriharyono. 2002. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Djambatan. Jakarta.
- Wening, D. 2005. *Kajian Kerusakan Terumbu Karang akibat Limbah PLTU Suralaya di Banten dengan Memanfaatkan Teknologi Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis*. Tesis. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

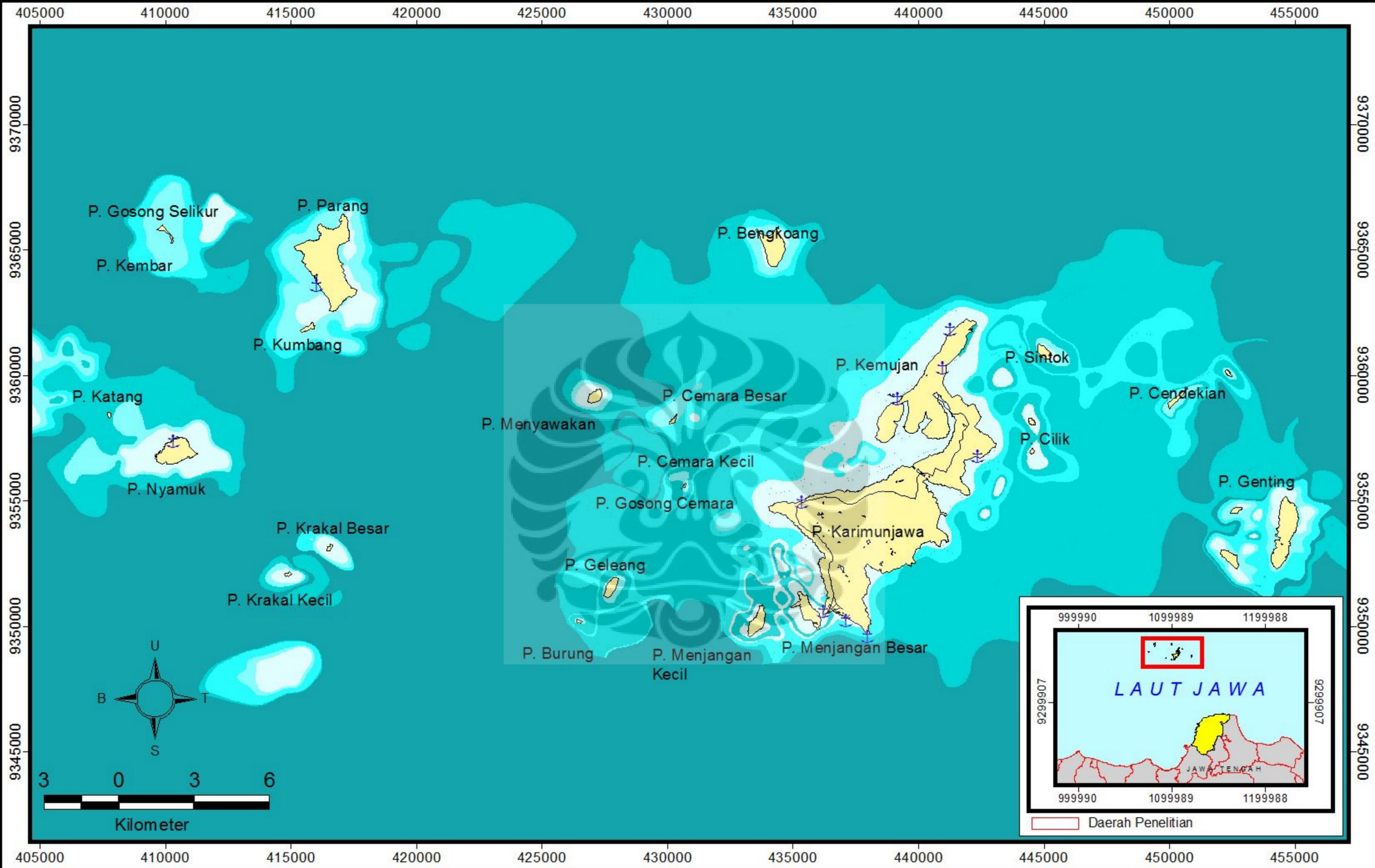


Peta 1
DAERAH PENELITIAN
KEPULAUAN KARIMUNJAWA

Keterangan:

Dermaga	Titik Pengamatan	Darat
Jalan		Laut

Kerusakan terumbu....Rival Hikhmah, FMIPA UI, 2009



Peta 2
KEDALAMAN LAUT
KEPULAUAN KARIMUNJAWA

Keterangan:

- ⚓ Dermaga
- Jalan
- Daratan

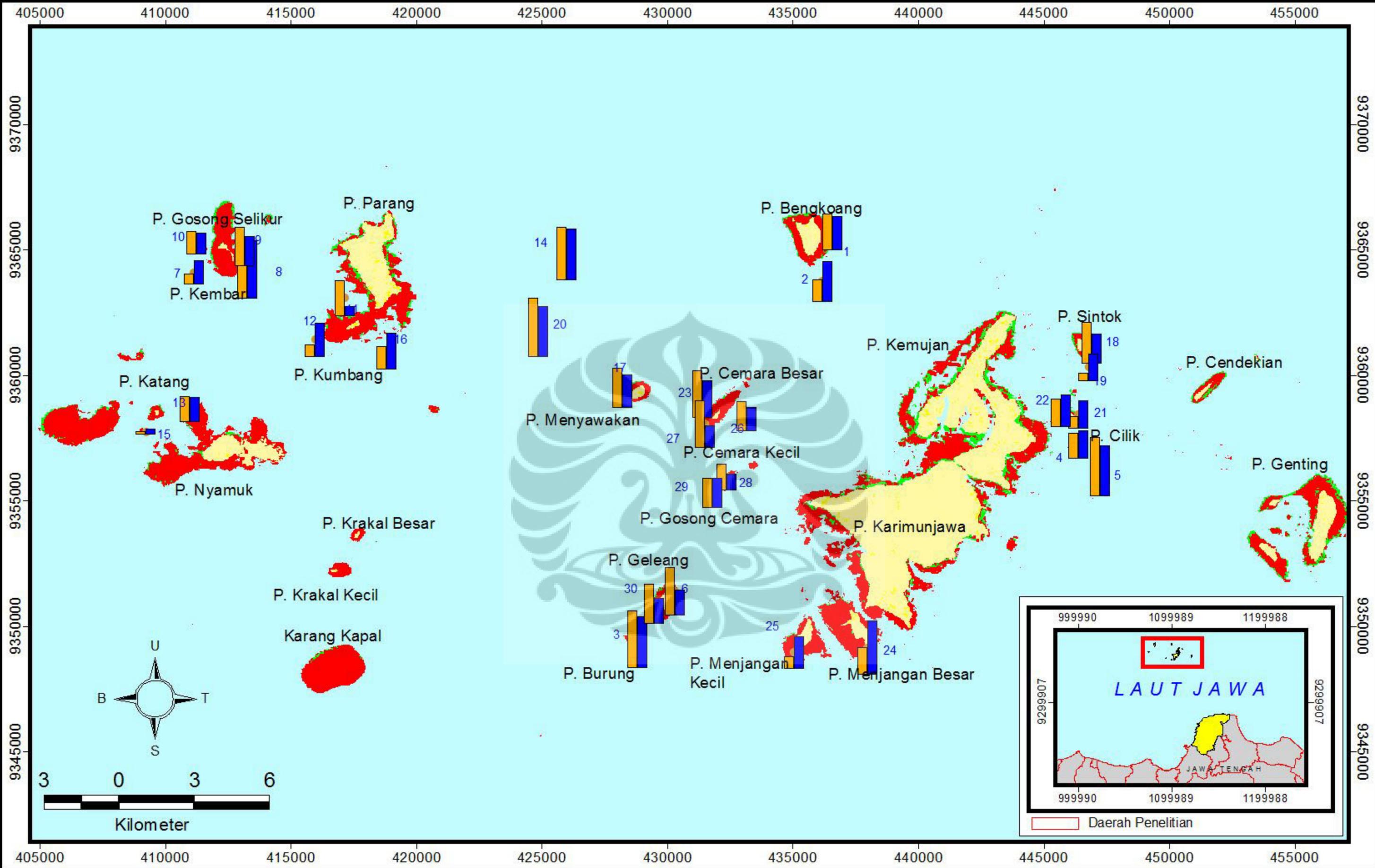
Kedalaman Laut (meter)

□ 0 - 5	□ 11 - 30	□ > 41
□ 6 - 10	□ 31 - 40	

Kerusakan terumbu....Rival Hikhmah, FMIPA UI, 2009




 Sumber: Peta DISHIDROS skala 1 : 100.000, Tahun 1984

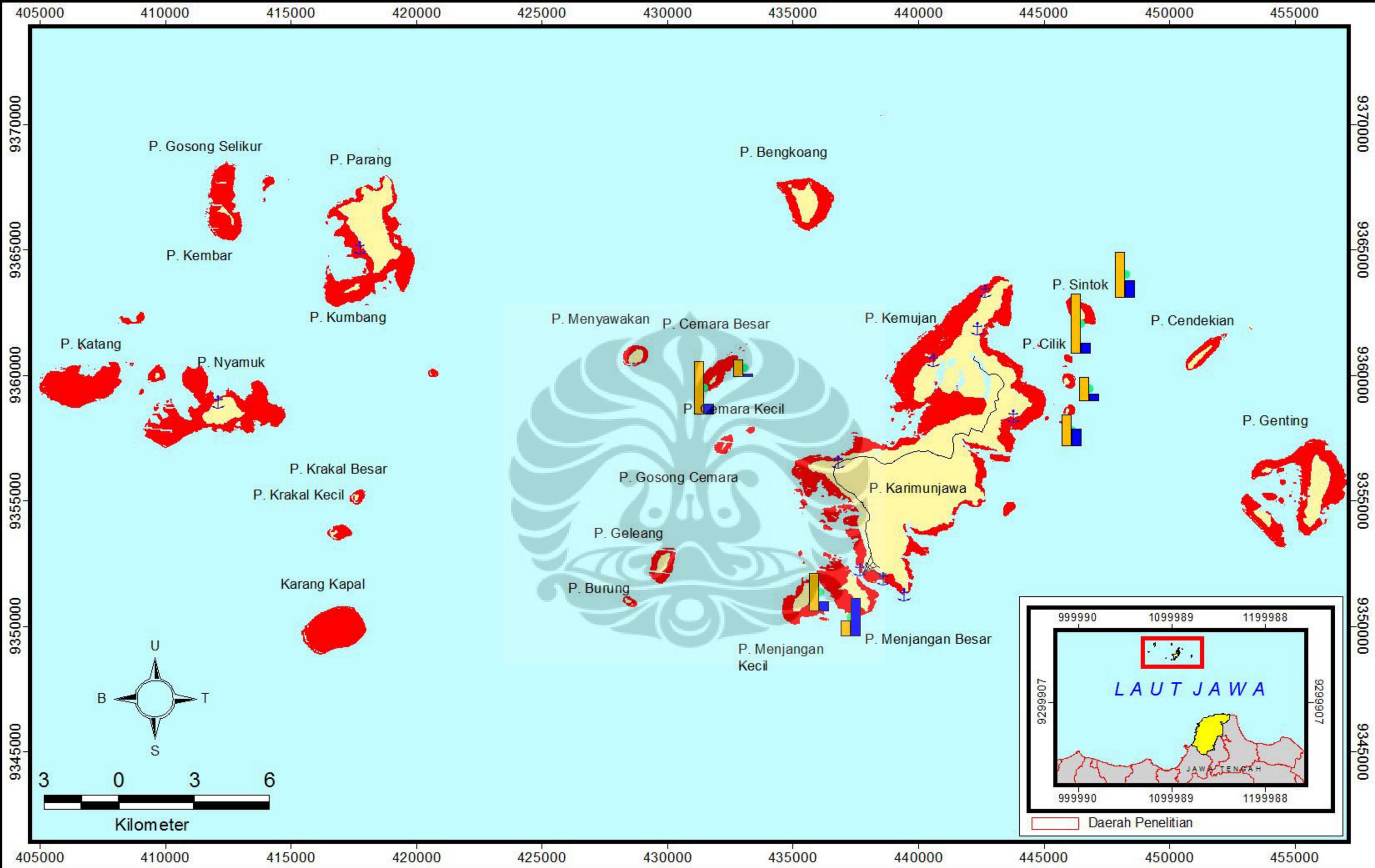


Peta 3
SEBARAN TERUMBU KARANG TAHUN 1997
BERDASARKAN CITRA LANDSAT 7 ETM+

Keterangan:

Dermaga	Darat	Pasir	3 meter
Jalan	Laut	Karang	10 meter
Titik Pengukuran	Lamun		

Sumber: Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1997 dan Data Persentase Karang Mati Balai TN. Karimun Jawa Tahun 1997



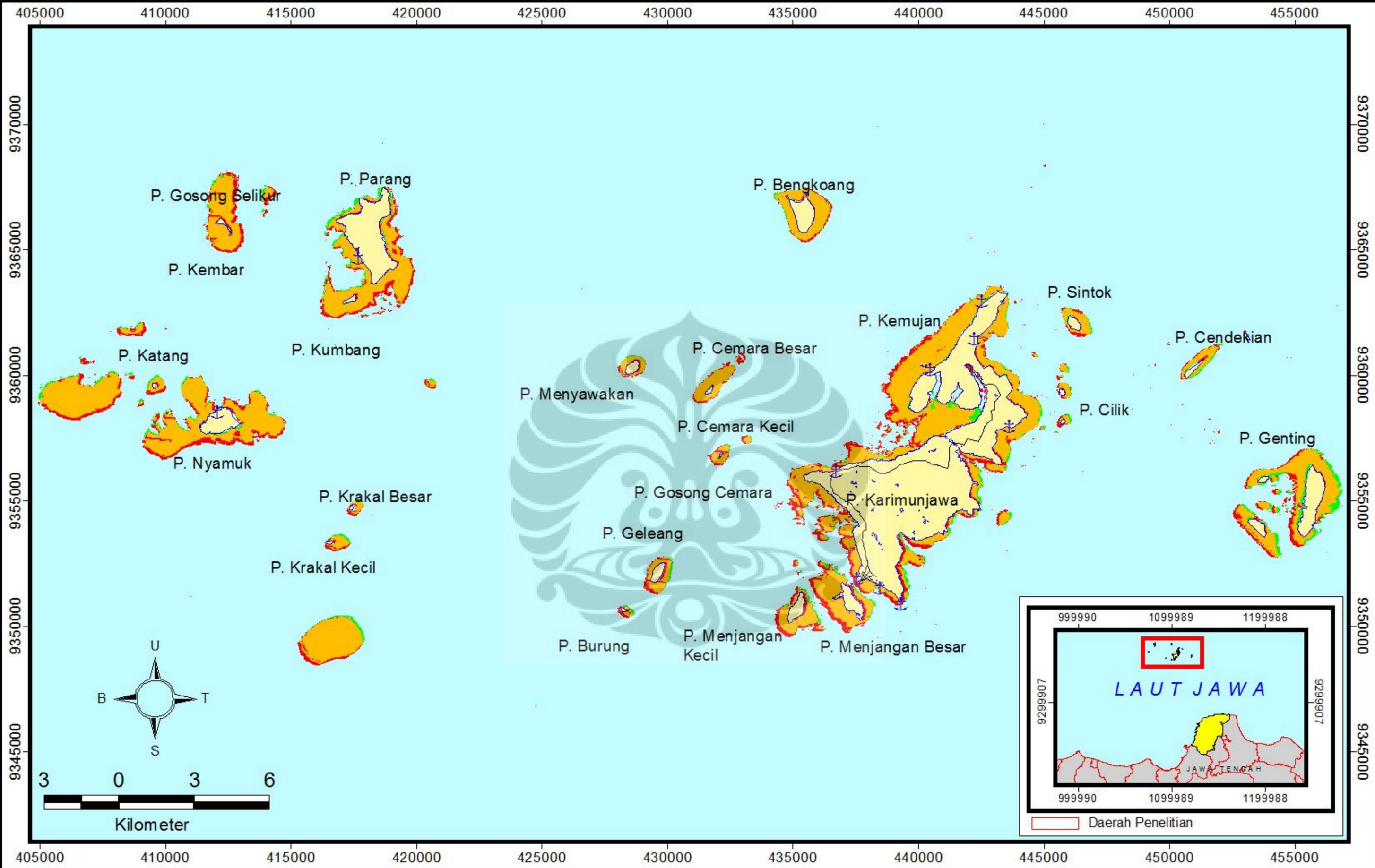
Peta 5
SEBARAN TERUMBU KARANG TAHUN 2009
BERDASARKAN CITRA LANDSAT 7 ETM+

Keterangan:

Dermaga	Darat	Karang	3 Meter
Jalan	Laut	Lamun	10 Meter

Kerusakan terumbu... Rival Hikmah, FMIPA UI, 2009

Sumber: Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2009 dan Pengolahan Data 2009



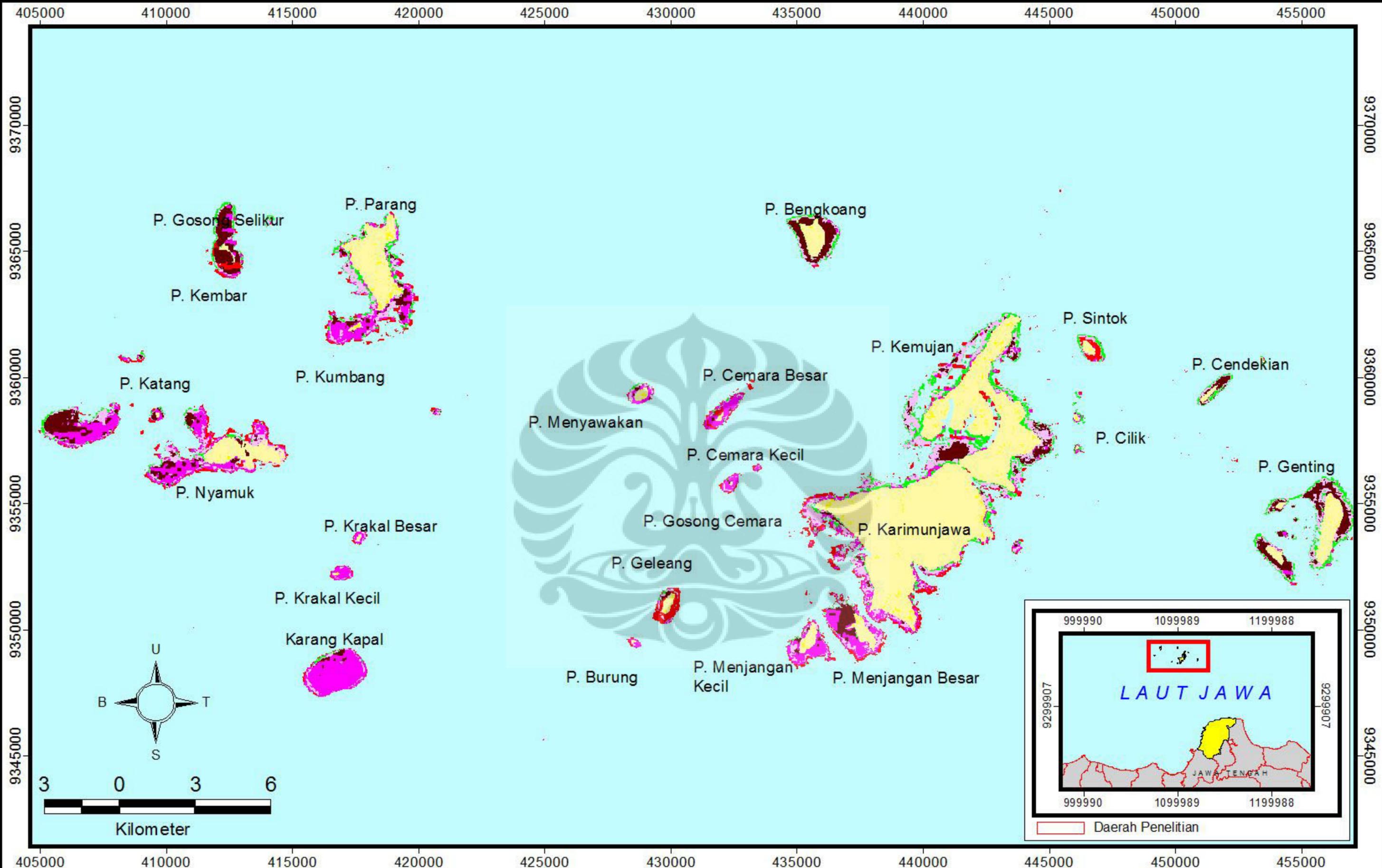
Peta 6
PERUBAHAN KARANG
TAHUN 1997, 2006 DAN 2009

Keterangan:

⚓ Dermaga	■ Darat	■ Karang Berkurang	■ Karang Tetap
— Jalan	■ Laut	■ Karang Bertambah	

Kerusakan terumbu... Rival HIKmah, FMIPA UI, 2009

Sumber: Pengolahan Citra Landsat 7 ETM+ tahun 1997, 2007 dan Citra Landsat 5 TM tahun 2006

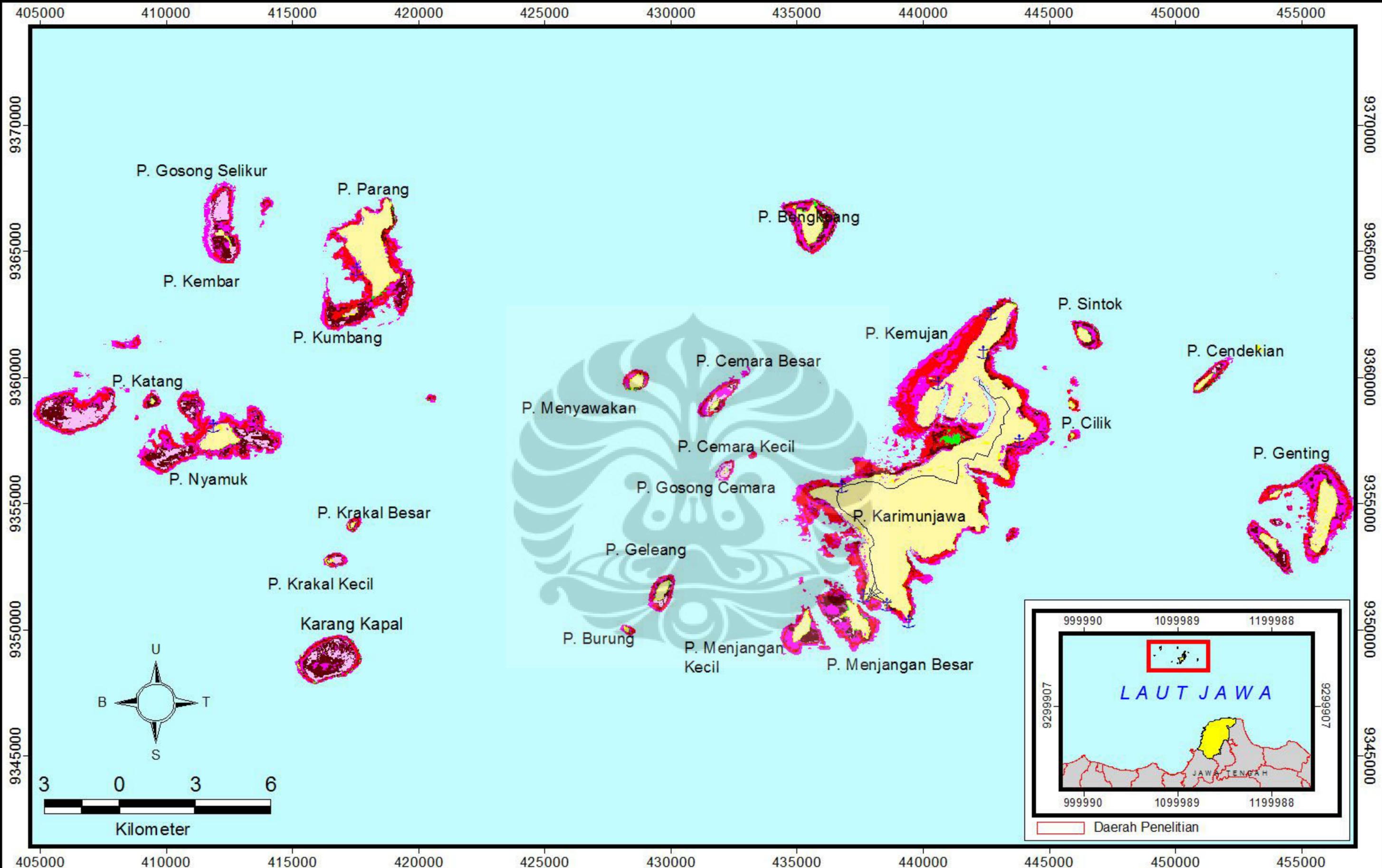


Peta 7
SEBARAN KERUSAKAN KARANG
TAHUN 1997

Keterangan:

⚓ Dermaga	□ Darat	□ Rusak Rendah (0 - 25 %)	□ Rusak (51 - 75 %)
— Jalan	□ Laut	□ Rusak Sedang (26 - 50 %)	□ Rusak Tinggi (> 76%)
□ Karang	□ Laut terumbu		

Sumber: Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1997 dan Data Persentase Karang Mati Balai TN. Karimunjawa Tahun 1997

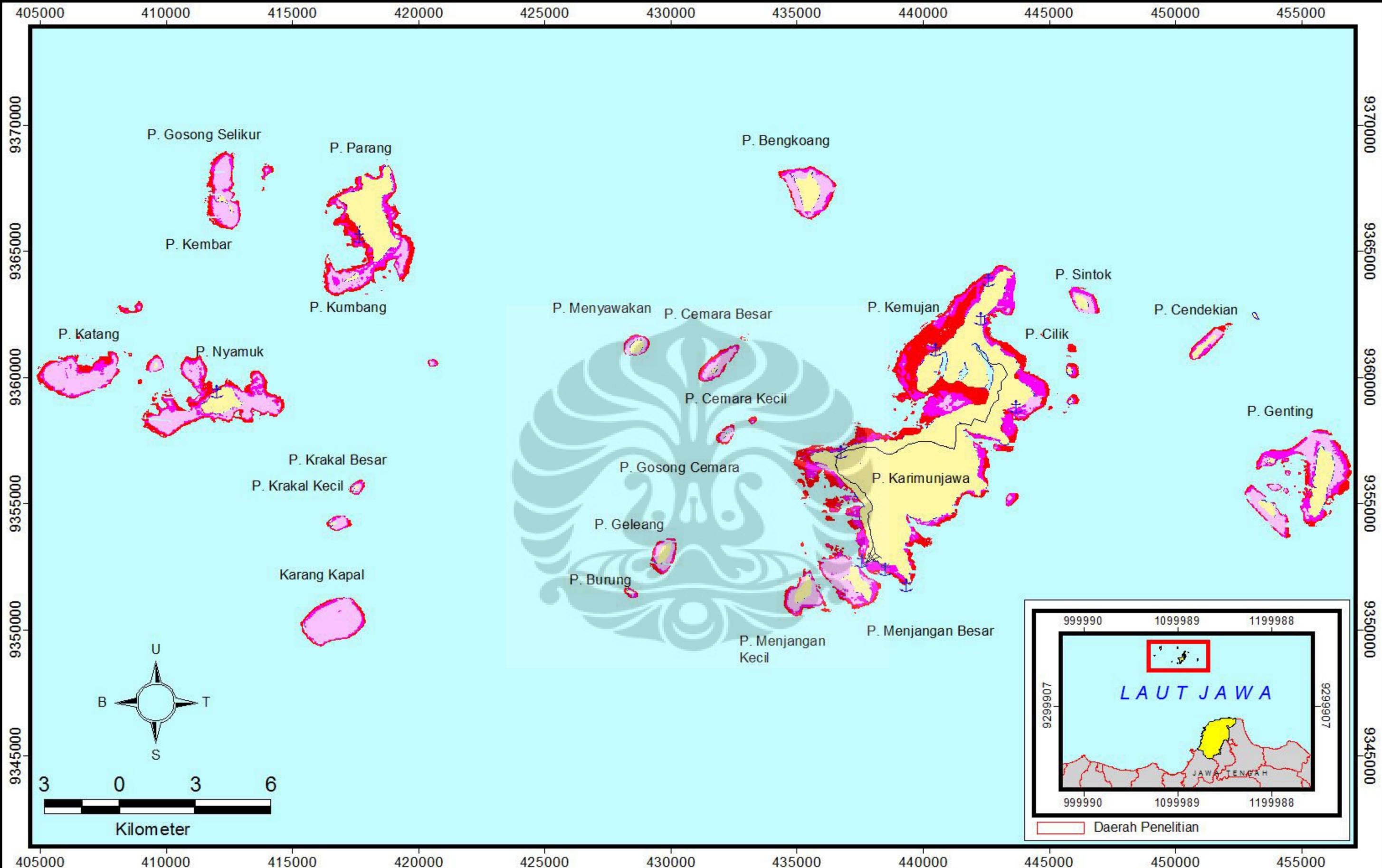


Peta 8
SEBARAN KERUSAKAN KARANG
TAHUN 2006

Keterangan:

⚓ Dermaga	■ Darat	■ Rusak Rendah (0 - 25 %)	■ Rusak (51 - 75 %)
— Jalan	■ Lamun	■ Rusak Sedang (26 - 50 %)	■ Rusak Tinggi (> 76 %)
	■ Pasir		


 Sumber: Citra Landsat 5 TM+ Tahun 2006 dan Data Persentase Karang Mati Balai TN. Karimunjawa Tahun 2006



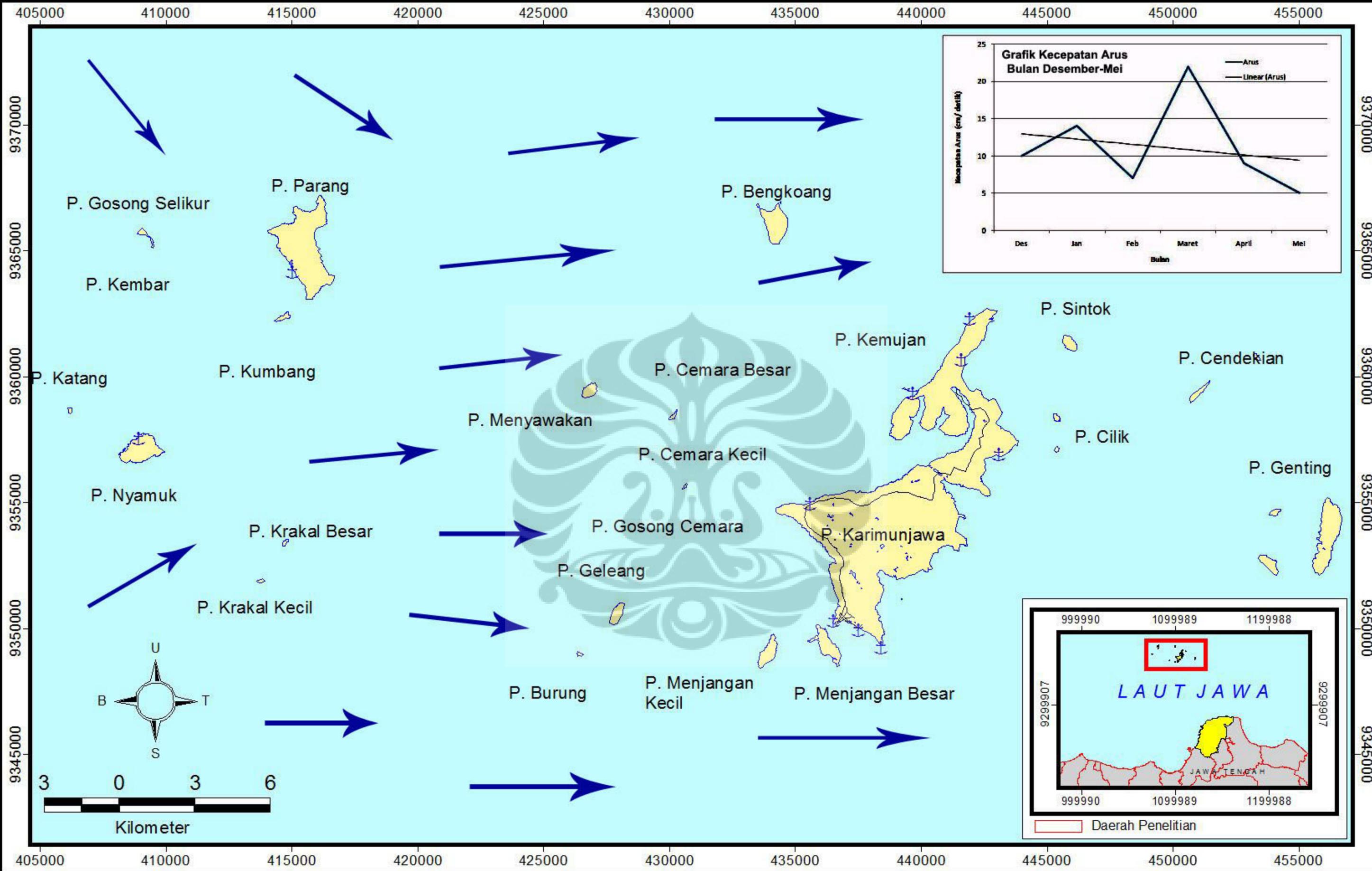
Peta 9
SEBARAN KERUSAKAN KARANG
TAHUN 2009

Keterangan:

⚓ Dermaga	🟡 Darat	🟠 Rusak Rendah (0 - 25 %)	🔴 Rusak (51 - 75 %)
— Jalan	🟢 Laut	🟡 Rusak Sedang (26 - 50 %)	
	🟢 Karangan terumbu...		

Riveral Hikmah, FMIPA UI, 2009


 Sumber: Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2009 dan Data Persentase Karang Mati Balai TN. Karimunjawa Tahun 2009

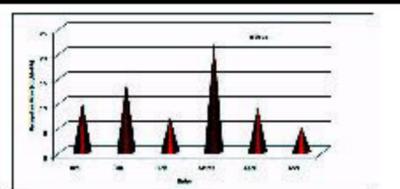


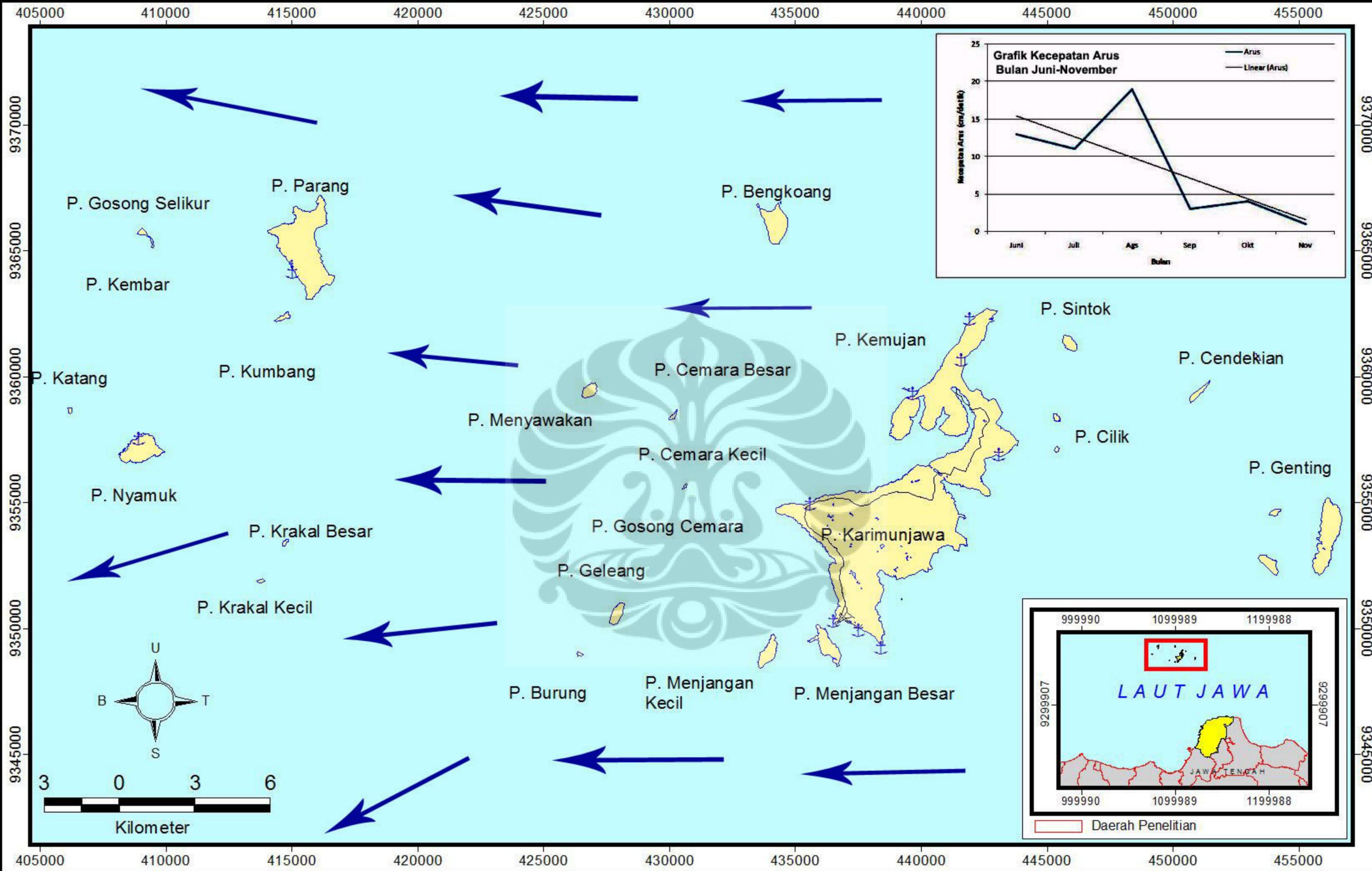
Peta 10
ARAH ARUS PERMUKAAN LAUT
MUSIM BARAT

Keterangan:

- Dermaga
- Jalan
- 7 - 22 cm/detik Arah Arus
- Darat
- Laut

Kerusakan terumbu....Rivalar Hikmah, FMIPA UI, 2009



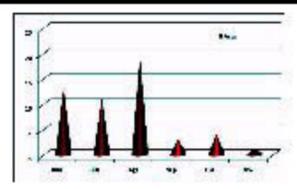


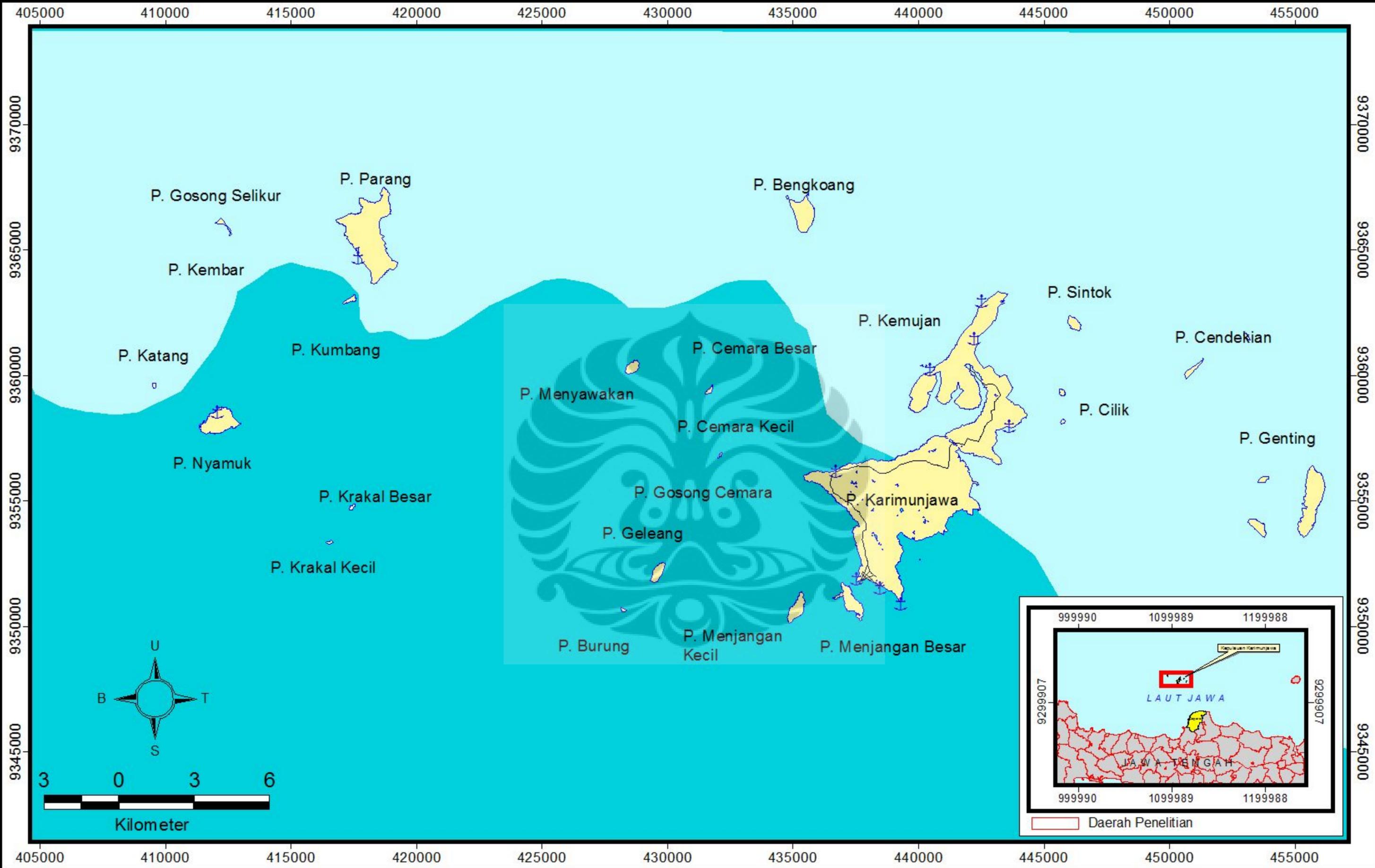
Peta 11
ARAH ARUS PERMUKAAN LAUT
MUSIM TIMUR

Keterangan:

- Dermaga
- Jalan
- 1 - 19 cm/detik Arah Arus
- Darat
- Laut

Kerusakan terumbu....Rival Hikhmah, FMIPA UI, 2009





Peta 12
SUHU PERMUKAAN LAUT
TAHUN 1997

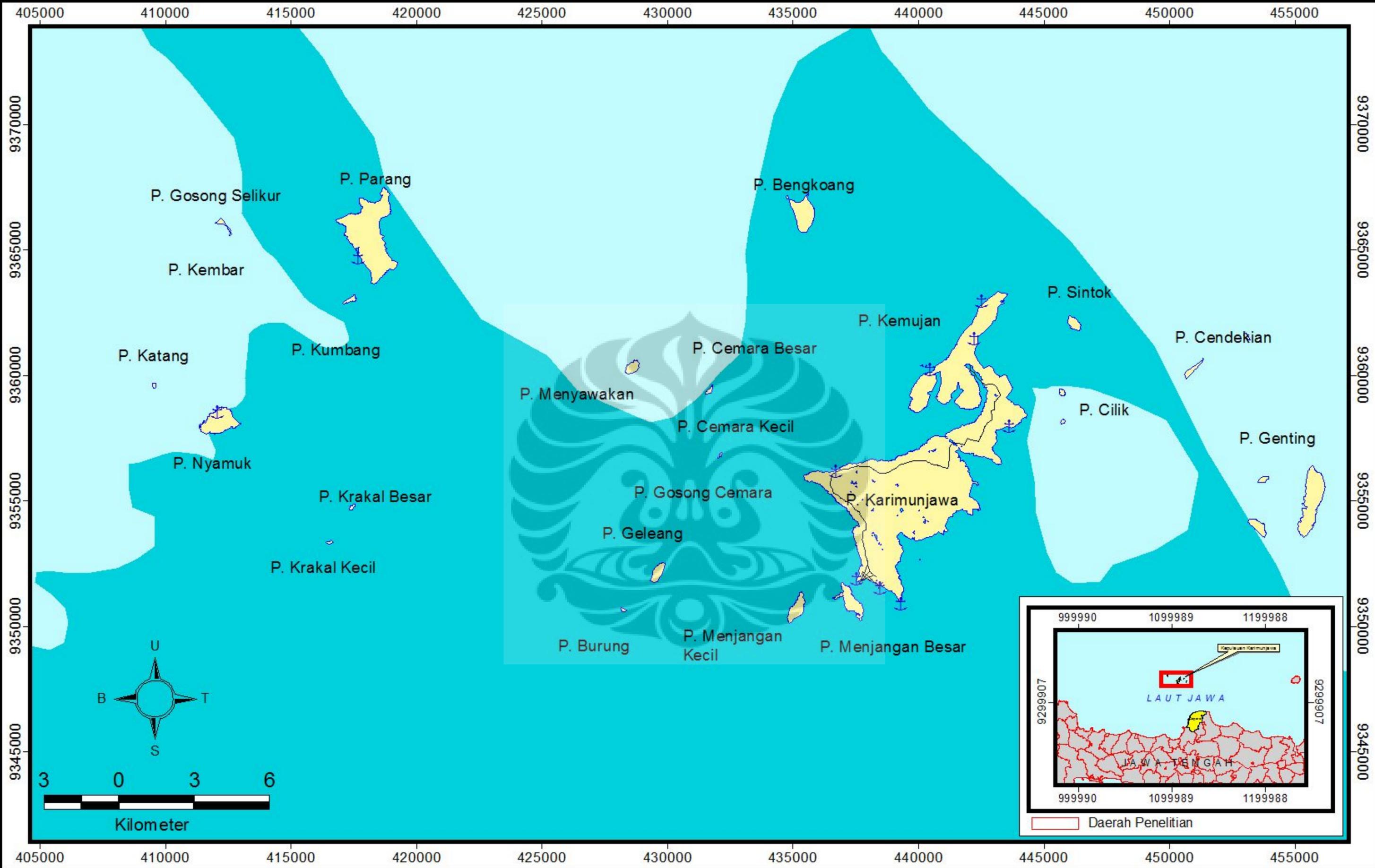
Keterangan:

- ⚓ Dermaga
- Jalan
- Darat
- 25 - 29° C
- > 29° C

Kerusakan terumbu....Rival Hikhmah, FMIPA UI, 2009



Sumber: Pengolahan Citra Landsat 7 ETM+ tahun 1997



Peta 13
SUHU PERMUKAAN LAUT
TAHUN 2006

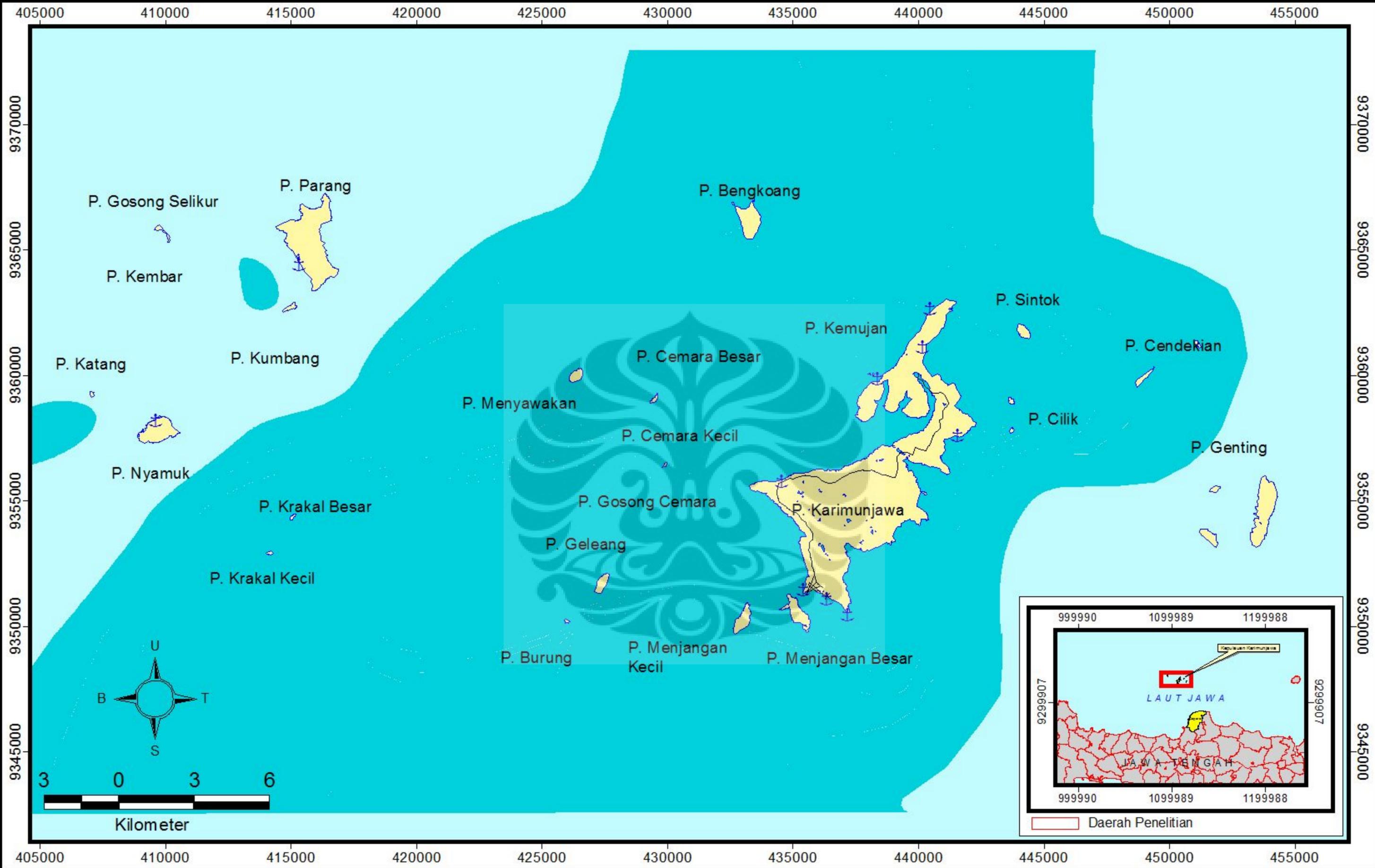
Keterangan:

- ⚓ Dermaga
- Jalan
- Darat
- 25 - 29° C
- > 29° C

Kerusakan terumbu....Rival Hikhmah, FMIPA UI, 2009



Sumber: Pengolahan Citra Landsat 5 TM tahun 2006



Peta 14
SUHU PERMUKAAN LAUT
TAHUN 2009

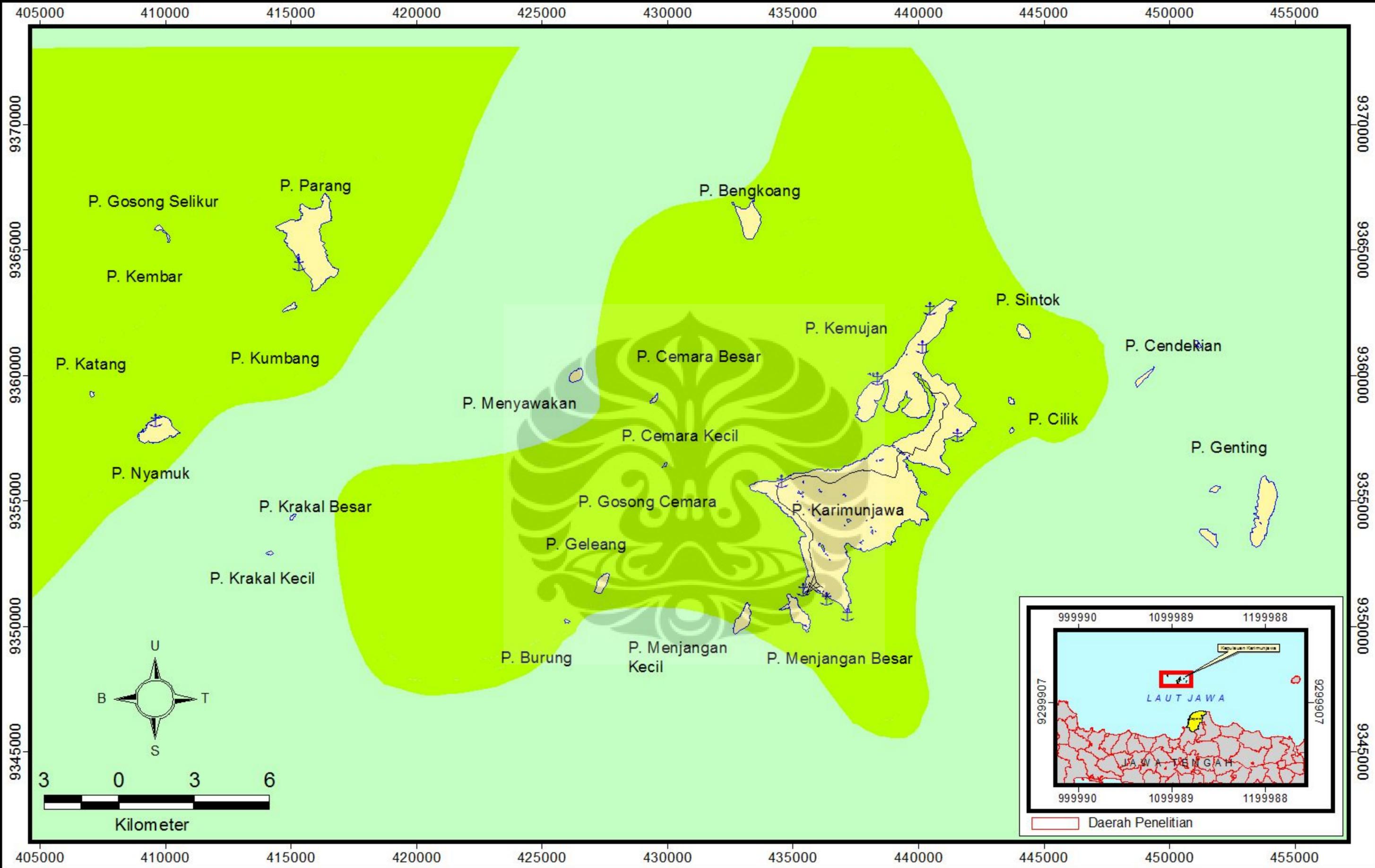
Keterangan:

- ⚓ Dermaga
- Jalan
- Darat
- 25 - 29° C
- > 29° C

Kerusakan terumbu....Rival Hikhmah, FMIPA UI, 2009



Sumber: Balai TN. Karimunjawa Tahun 2009



Peta 15
SALINITAS AIR
TAHUN 2009

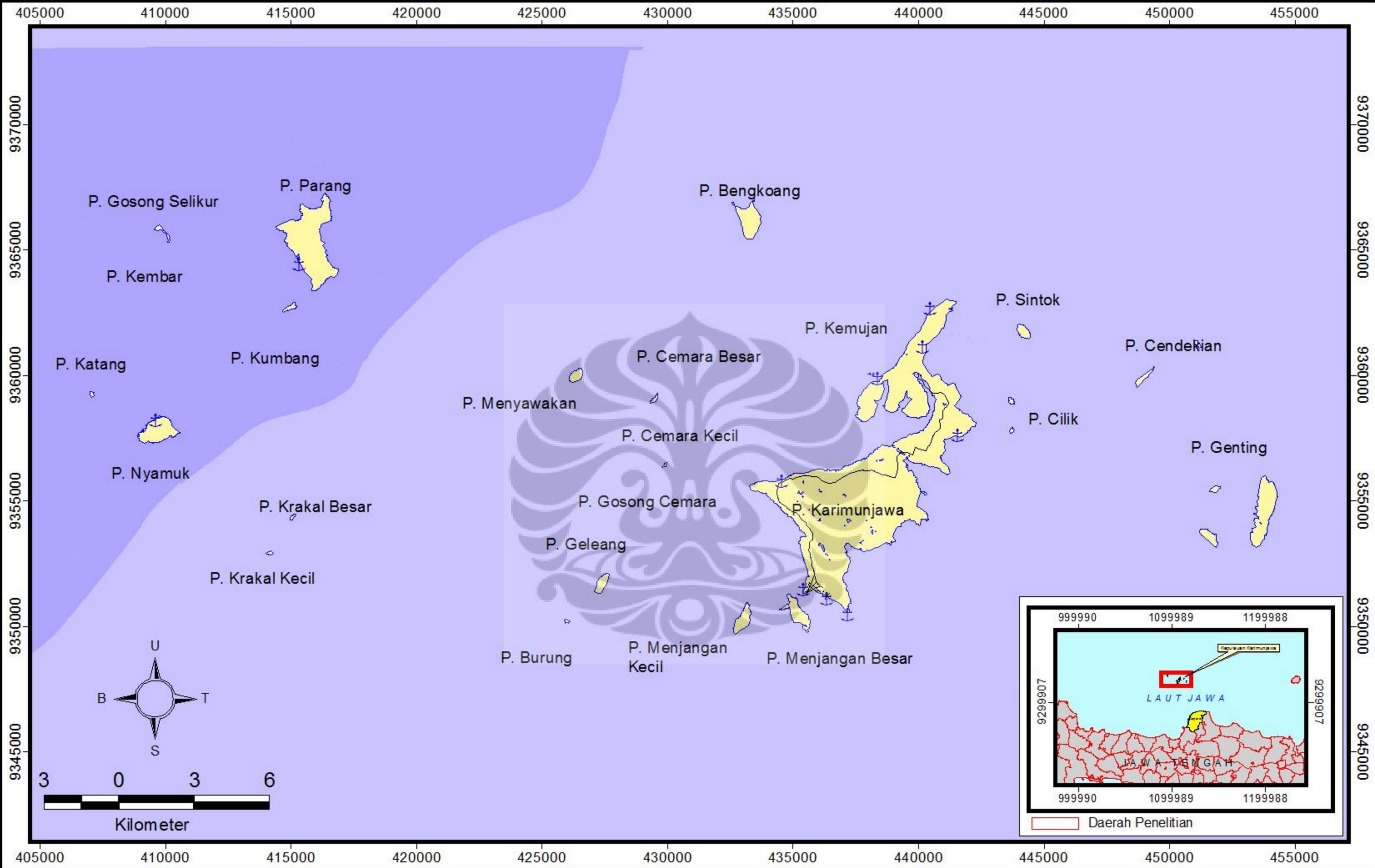
Keterangan:

- ⚓ Dermaga
- Jalan
- Darat
- 30 - 33 ppt
- > 34 ppt

Kerusakan terumbu....Rival Hikhmah, FMIPA UI, 2009



Sumber: Balai TN. Karimunjawa Tahun 2009



Peta 16
WILAYAH OPTIMAL TUMBUH KARANG
TAHUN 2009

Keterangan:
 ⚓ Dermaga — Jalan Darat Kurang Optimal Optimal

Kerusakan terumbu....Rival Hikhmah, FMIPA UI, 2009



Sumber: Pengolahan Data Tahun 2009

Lampiran Tabel 1
Tabel Data Titik Pengamatan Karang dan Fisik Lingkungan

No	Koordinat (UTM)	PULAU/ SPOT	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	Kecerahan (m)	1997		2003		2004		2005		2006		2009*	
						3	10	3	10	3	10	3	10	3	10	3	10
1	S 434877, E 9365589	Bengkoang 1	28	32	15	59.8	56.2	51.9	59	59	50	53.75	76	76.5	57	-	-
2	S 435217, E 9364706	Bengkoang 2	28	32	10	43.3	64.6	75.7	33.7	59.62	48.25	42.5	65.5	87	58	-	-
3	S 427061, E 9349278	Burung 1	25	33	12	83	76.5	75.2	32.1	41.75	82.85	83	74.25	56	33	-	-
*4	S 444742, E 9357070	Cilik 1	32	32	12	46.25	49.75	45.2	62.8	65.13	42.54	62	50	54	27	30	18
*5	S 444742, E 9356679	Cilik 2	32	32	15	85	75.5	-	-	55.88	50.08	-	-	47	58	35	25
6	S 428583, E 9351201	Geleang 1	27	30	9	72.2	46.5	77.2	34.6	48	27.75	80.5	70	37	22	-	-
7	S 410468, E 9365130	Gosong Selikur 1	25	32	9	29.2	44.2	59.9	53.8	48.25	38	65	39	85.5	77	-	-
8	S 410389, E 9364661	Gosong Selikur 2	30	34	11	82	84.5	57.2	45	12	31.75	55	51.25	83	65	-	-
9	S 410937, E 9364269	Kembar	29	32	11	62	51.5	39.8	41.9	67.17	85.63	57.25	58.5	26	18	-	-
10	S 410859, E 9365248	Gosong Selikur 3	25	32	10	43.75	42	-	-	73.51	61.63	44.5	51.25	13	10.5	-	-
11	S 410115, E 9365052	Gosong Selikur 4	29	34	10	57.5	28	49.9	55.5	30.8	58.16	73.75	35	22	17	-	-
12	S 415945, E 9362000	Kumbang 1	32	34	11	30.5	56.25	-	-	46.83	67.3	31	59	72	65.5	-	-
13	S 415515, E 9361883	Kumbang 2	26	32	10	46	45.5	-	-	47.7	44.02	58.25	41.75	32.5	28	-	-
14	S 408003, E 9358674	Karang Katang 1	31	34	10	78	76	46.1	44.4	73.06	60.4	77.25	77	57.5	45.5	-	-
15	S 407807, E 9358166	Karang Katang 2	31	34	10	20.5	23	-	-	75.75	53.75	28.5	29.5	77	65	-	-
16	S 415828, E 9361648	Kumbang 3	25	32	10	44.3	59.4	78.5	37.6	30.5	57.25	-	-	85	76.5	-	-
17	S 426470, E 9359339	Menyawakan	27	32	10	62.5	55.5	53.1	37.4	42.22	35.97	-	-	39	37.5	-	-

No	Koordinat (UTM)	PULAU/ SPOT	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	Kecerahan (m)	1997	2003	2004	2005	2006	2009*						
						3	3	3	3	3	3						
*19	S 445095, E 9360513	Sintok 2	30	33	10	27	49.25	-	-	83.25	69.5	38.6	49.75	33	31.5	55	20
20	S 423105, E 9361765	Taka Menyawakan	26	33	9	86	76	93.2	6.6	11.75	16	-	-	22	8	-	-
21	S 444742, E 9358283	Tengah 1	28	31	15	30.5	49.1	37.3	36.9	40.25	47.25	32.75	28.25	17.5	21.35	-	-
22	S 444625, E 9357931	Tengah 2	29	31	15	49.7	54.5	-	-	64	63	43.25	47.25	17	44.5	-	-
23	S 430344, E 9358518	Cemara Besar 3	29	34	14	71	60	-	-	35	50	52	60	47	27	-	-
24	S 436291, E 9348932	Menjangan Besar	28	34	10	49	80	-	-	12	35	60	52	40.3	33	-	-
25	S 433357, E 9348736	Menjangan Kecil	28	34	10	31	54	72.4	24.3	81.25	60.25	15	19	29.95	12	-	-
26	S 430070, E 9358400	Cemara Besar 1	32	30	10	51.5	44.5	31.7	56.92	43.5	11.5	59.75	62.25	16.7	8	-	-
*27	S 429913, E 9357931	Cemara Besar 2	32	30	9	72	43.25	75	44.8	47.25	37.5	56.75	48.75	45	37	50	20
28	S 430657, E 9355779	Cemara Kecil 1	30	31	11	47.75	36	71.8	14.9	64.5	59	54.25	44.25	11.7	35	-	-
29	S 430540, E 9355544	Cemara Kecil 2	30	31	10	51.75	51.25	-	-	-	-	53.75	76	21.67	21	-	-
30	S 427756, E 9350691	Geleang 2	27	30	9	62.5	46.5	73.6	13.7	83.96	71.23	49.25	45.75	40	28	-	-
*31	S 434563, E 9349688	Menjangan Kecil Barat	29	32	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	20
*32	S 434908, E 9349326	Menjangan Kecil Utara	29	33	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	40
*33	S 431502, E 9358728	Cemara Besar Timur	29	32	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	15

Sumber: Balai TN. Karimunjawa

Keterangan:

***31-33 : Titik Pengamatan Survei**

- : Tidak Ada Data

Lampiran Tabel 2
Tabel Frekuensi dan Persentase Kecepatan Rata-rata (knot) Angin
Berdasarkan Skala Beaufort
Tahun 2008

Musim Barat (Desember – Mei)

Arah	1-3	%	4-6	%	7-10	%	11-16	%
Utara	9	4.95	5	2.75	-	0	0	0
Timur Laut	24	13.19	20	10.99	-	0	0	0
Timur	3	1.65	2	1.10	-	0	0	0
Tenggara	1	0.55	4	2.20	-	0	0	0
Selatan	5	2.75	8	4.40	10	5.49	3	1.65
Barat Daya	15	8.24	20	10.99	6	3.30	5	2.75
Barat	16	8.79	22	12.09	-	0	0	0
Barat Laut	3	1.65	1	0.55	-	0	0	0
Jumlah	76	41.76	82	45.05	16	9	8	4

Musim Timur (Juni – November)

Arah	1-3	%	4-6	%	7-10	%	11-16	%
Utara	14	8	8	4.4	-	0	0	0
Timur Laut	58	31.9	39	21.4	-	0	0	0
Timur	3	2	0	0.0	-	0	0	0
Tenggara	1	1	0	0.0	-	0	0	0
Selatan	0	0	1	0.5	0	-	0	0
Barat Daya	10	5.5	9	4.9	0	-	0	0
Barat	26	14	13	7.1	-	0	0	0
Barat Laut	1	1	0	0.0	-	0	0	0
Jumlah	113	62	70	38	0	0	0	0

Sumber: BMKG Semarang, Tahun 2008

Keterangan:

1-3 : Kategori Angin Sepoi-sepoi (Light)

4-6 : Kategori Angin Lemah (Light)

7-10 : Kategori Angin Sedang (Moderate)

11-16: Kategori Angin Tegang (Moderate)

Lampiran Tabel 3

Tabel Nilai Rata-rata Hasil Training Area pada Band 1 dan Band 2

Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 1991

Clas	Band1	Band2	Clas	Band1	Band2
1	201.043	242.953	16	254.955	254.871
2	254.797	253.678	17	241.531	237.858
3	254.737	255	18	254.599	254.676
4	238.871	244.633	19	255	255
5	254.294	253.954	20	254.894	254.157
6	255	255	21	236.806	221.447
7	254.354	254.814	22	221.043	236.936
8	253.95	254.849	24	252.79	251.548
9	255	255	25	255	255
10	253.937	254.442	26	251.579	252.842
11	255	255	27	255	255
12	254.54	254.241	28	254.385	253.673
13	255	254.974	29	252.893	249.65
14	253.303	253.092	30	203.762	209.415
15	255	255	All	39.051	18.497

varian band 1	varian band 2	x	covarian	y	a	b	\sqrt{b}	b+a
		var 1- var 2		2*covar	x/y	(a*a)+1		
217.29003	117.4787	99.81134033	122.4863	244.9726	0.407439	1.166006	1.079818	1.487257

Tabel Nilai Rata-rata Hasil Training Area pada Band 1 dan Band 2

Citra Landsat 5 TM Tahun 2006

Clas	Band1	Band2	Clas	Band1	Band2
1	241.647	247.425	16	254.94	254.75
2	254.167	254.642	17	221.125	241.563
3	254.828	255	18	253.154	253.359
4	252.491	251.792	19	175.339	208.335
5	253.581	251.196	20	238.943	222.454
6	251.231	247.575	21	242.11	237.257
7	253.685	252.274	22	240.346	241.062
8	254.595	254.388	23	255	255
9	254.864	254.207	24	210	225.91
10	250.025	245.517	25	230.115	237.787
11	253.497	246.859	26	228.325	210.454
12	254.834	251.544	27	233.604	249.287
13	255	255	28	250.654	249.258
14	253.918	248.408	29	254.349	253.919
15	247.327	250.876	30	216.1	234.8

varian band 1	varian band 2	x	covarian	y	a	b	\sqrt{b}	b+a
		var 1- var 2		2*covar	x/y	(a*a)+1		
325.7669	163.4879	162.2789406	184.5575	369.1151	0.439643	1.193286	1.092376	1.53202

**Tabel Rata-rata Hasil Training Area pada Band 1 dan Band 2
Citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2009**

Clas	Band1	Band2	Clas	Band1	Band2
1	253.649	251.767	17	247.029	253.667
2	252.061	251.142	18	255	255
3	254.995	255	19	254.847	254.675
5	255	255	20	255	254.91
6	254.979	255	21	252.722	251.119
7	244.779	251.096	22	247.228	242.136
8	254.94	254.923	23	246.146	234.193
9	244.105	245.66	24	254.062	253.449
11	253.555	254.472	25	255	255
12	254.556	255	26	254.957	253.729
13	254.759	254.87	27	253.821	252.358
14	255	255	28	255	255
15	203.817	216.046	29	223	212.922
16	252.772	254.665	30	254.756	255

varian band 1	varian band 2	x	covarian	y	a	b	\sqrt{b}	b+a
		var 1- var 2		2*covar	x/y	(a*a)+1		
124.802	121.0632	3.738873	109.2348	218.4695	0.017114	1.000293	1.000146	1.01726

Lampiran Tabel 4
Analisa Pulau
Pulau Bagian Barat (4a)

No	Pulau	Bagian	Kerusakan Karang Dominan			Sumber Aliran Arus	
			1997	2006	2009	Musim Barat	Musim Timur
1	Gosong Selikur	Utara	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak Rendah	Barat Daya	Utara
		Timur	Rusak Sedang	Rusak	Rusak Rendah	Utara	Utara
		Selatan	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Barat Daya	Selatan
		Barat	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Rusak	Barat	Utara
2	Kembar	Utara	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Barat	Utara
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Barat	Utara
		Selatan	Rusak	Rusak	Rusak Rendah	Barat Daya	Selatan
		Barat	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak	Barat	Utara
3	Parang	Utara	Rusak Sedang	Rusak	Rusak	Barat	Timur
		Timur	Rusak Sedang	Rusak	Rusak Sedang	Utara	Timur
		Selatan	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Barat	Timur
		Barat	Rusak Rendah	Rusak	Rusak	Barat	Utara
4	Kumbang	Utara	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak Rendah	Barat	Timur
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Selatan	Timur
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Barat	Timur
		Barat	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Barat	Utara
5	Katang	Utara	Rusak Rendah	Rusak	Rusak	Barat	Timur
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Rusak Rendah	Selatan	Timur
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Rusak Rendah	Barat	Timur
		Barat	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Barat	Utara
6	Nyamuk	Utara	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak	Barat	Timur
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Selatan	Timur
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Barat	Timur
		Barat	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Barat	Utara
7	Kralak Besar	Utara	Rusak Sedang	Rusak	Rusak	Barat	Timur
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Selatan	Timur
		Selatan	Rusak	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Barat	Timur
		Barat	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Barat	Utara
8	Kralak Kecil	Utara	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Barat	Timur
		Timur	Rusak	Rusak	Rusak Rendah	Selatan	Timur
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak	Rusak Rendah	Barat	Timur
		Barat	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Barat	Utara

Sumber: Pengolahan Data, 2009

Pulau Bagian Tengah (4c)

No	Pulau	Bagian	Kerusakan Karang Dominan			Sumber Aliran Arus	
			1997	2006	2009	Musim Barat	Musim Timur
1	Bengkoang	Utara	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Barat Daya	Timur
		Timur	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Utara	Timur
		Selatan	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak Rendah	Barat Daya	Timur
		Barat	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Barat	Utara
2	Cemara Besar	Utara	Rusak Sedang	Rusak	Rusak	Utara	Utara
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Utara	Utara
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Utara	Selatan
		Barat	Rusak Sedang	Rusak	Rusak Rendah	Barat	Utara
3	Menyawakan	Utara	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak	Utara	Utara
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak	Utara	Utara
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Utara	Selatan
		Barat	Rusak Rendah	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Barat	Utara
4	Cemara Kecil	Utara	Rusak Sedang	Rusak	Rusak	Selatan	Utara
		Timur	Rusak Sedang	Rusak	Rusak Rendah	Selatan	Utara
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Rusak Rendah	Selatan	Selatan
		Barat	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Rusak	Barat	Utara
5	Geleang	Utara	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak Rendah	Utara	Selatan
		Timur	Rusak	Rusak	Rusak Rendah	Utara	Selatan
		Selatan	Rusak	Rusak	Rusak	Utara	Selatan
		Barat	Rusak	Rusak	Rusak	Barat	Selatan
6	Burung	Utara	Rusak Sedang	Rusak	Rusak	Utara	Selatan
		Timur	Rusak Sedang	Rusak	Rusak	Selatan	Selatan
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak	Selatan	Selatan
		Barat	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Barat	Selatan
7	Kemujan	Utara	Rusak	Rusak	Rusak	Utara	Timur
		Timur	Rusak Sedang	Rusak	Rusak Sedang	Utara	Timur
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak	Rusak Sedang	Barat	Timur
		Barat	Rusak	Rusak	Rusak	Barat	Utara
8	Karimunjawa	Utara	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak	Barat	Timur
		Timur	Rusak Rendah	Rusak	Rusak	Selatan	Timur
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak	Rusak Sedang	Selatan	Timur
		Barat	Rusak	Rusak	Rusak	Barat	Selatan
9	Menjangan Kecil	Utara	Rusak Sedang	Rusak	Rusak	Utara	Selatan
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Selatan	Selatan
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak	Selatan	Selatan
		Barat	Rusak Rendah	Rusak Sedang	Rusak	Barat	Selatan
10	Menjangan Besar	Utara	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak	Utara	Selatan
		Timur	Rusak Sedang	Rusak	Rusak	Selatan	Selatan
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak	Selatan	Selatan
		Barat	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak Rendah	Selatan	Selatan

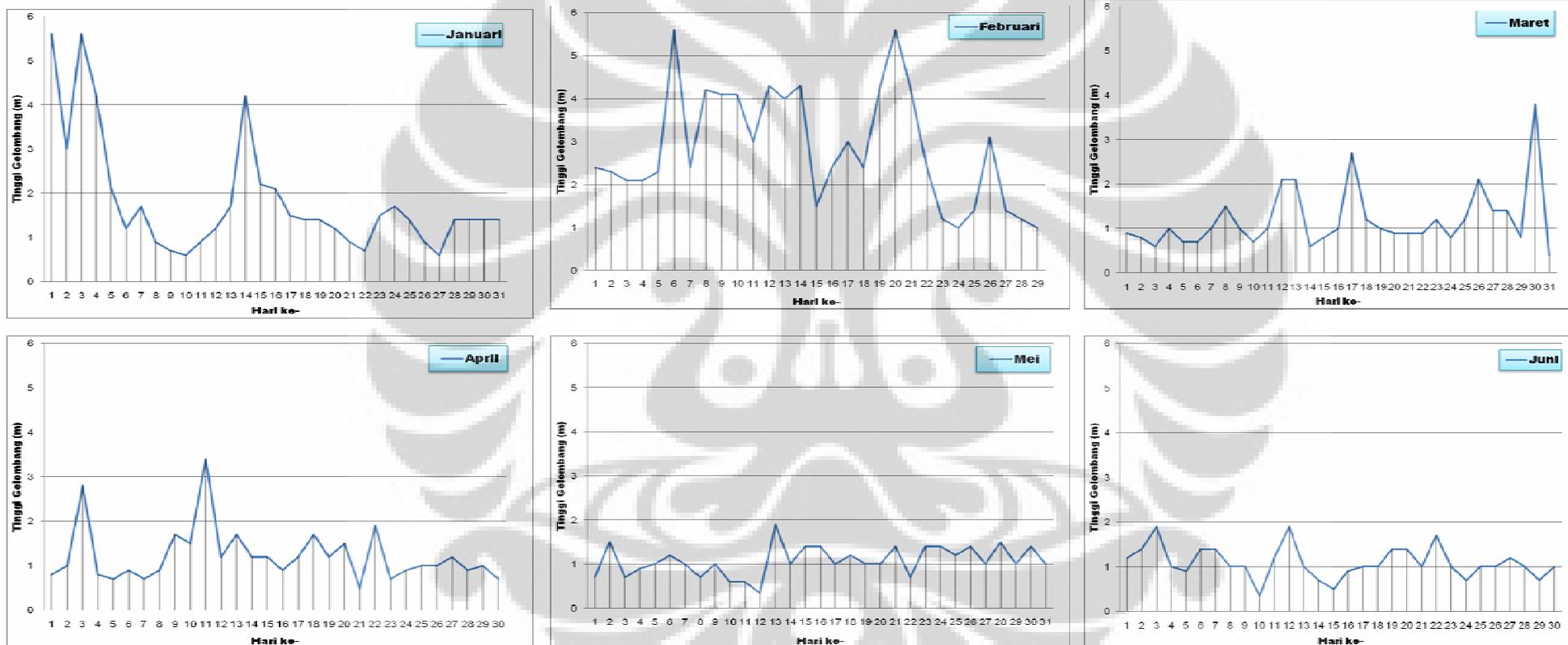
Sumber: Pengolahan Data, 2009

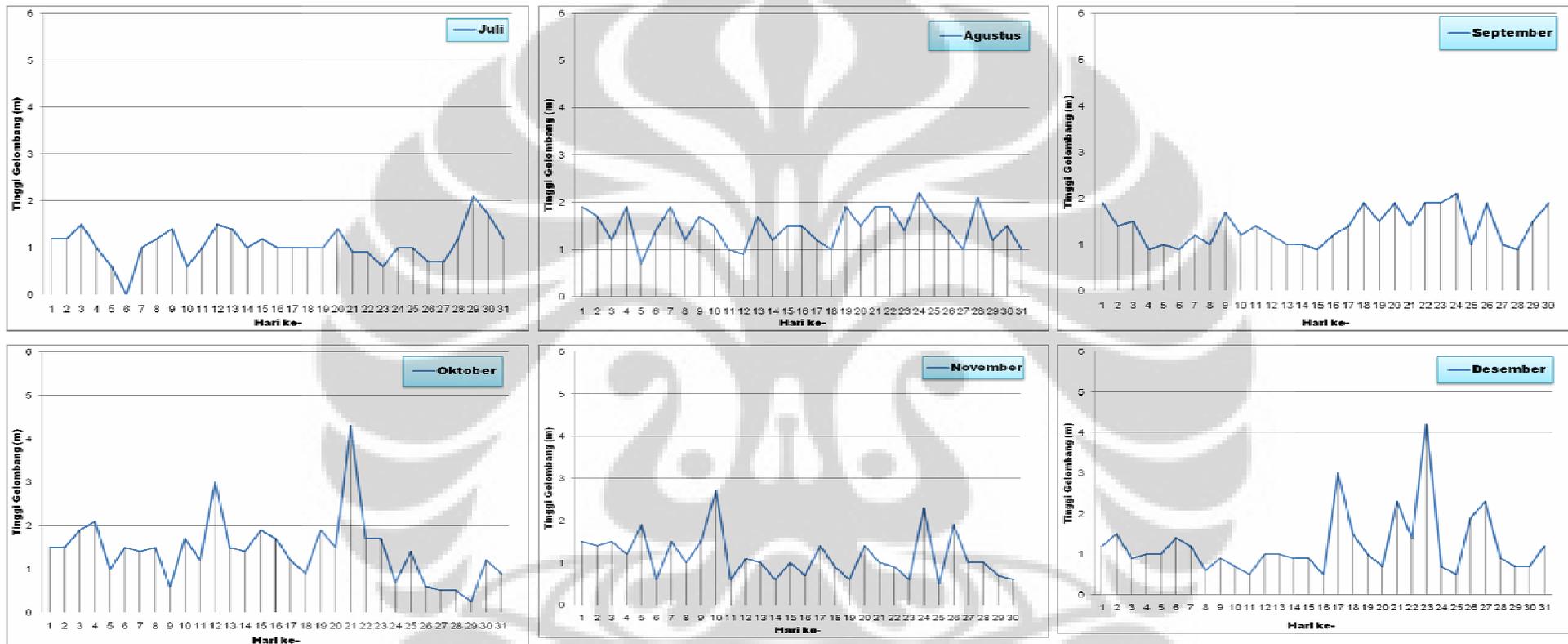
Pulau Bagian Timur (4b)

No	Pulau	Bagian	Kerusakan Karang Dominan			Sumber Aliran Arus	
			1997	2006	2009	Musim Barat	Musim Timur
1	Sintok	Utara	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Barat Daya	Timur
		Timur	Rusak	Rusak Sedang	Rusak Sedang		Timur
		Selatan	Rusak	Rusak Tinggi	Rusak Rendah	Barat Daya	Timur
		Barat	Rusak	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Barat	Utara
2	Cilik	Utara	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak	Utara	Timur
		Timur	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak	Selatan	Timur
		Selatan	Rusak Sedang	Rusak Sedang	Rusak	Selatan	Timur
		Barat	Rusak Sedang	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Selatan	Selatan
3	Cendekian	Utara	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak Sedang	Utara	Timur
		Timur	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak	Selatan	Timur
		Selatan	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak Sedang	Selatan	Timur
		Barat	Rusak Rendah	Rusak	Rusak Sedang	Selatan	Selatan
4	Genting	Utara	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak Sedang	Utara	Timur
		Timur	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Rusak	Utara	Timur
		Selatan	Rusak Tinggi	Rusak Tinggi	Rusak Sedang	Selatan	Timur
		Barat	Rusak Tinggi	Rusak	Rusak Rendah	Utara	Selatan

Sumber: Pengolahan Data, 2009

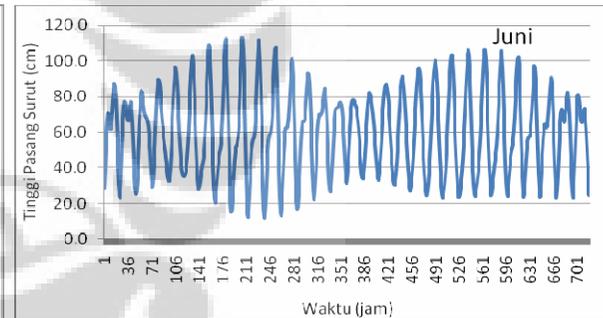
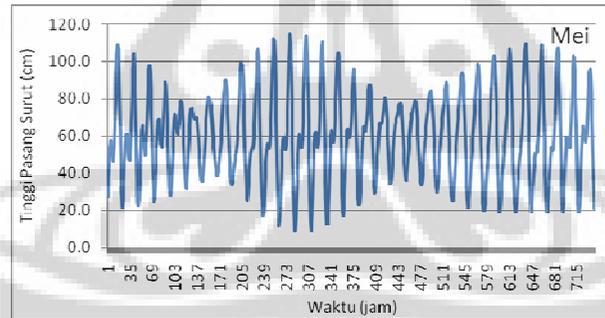
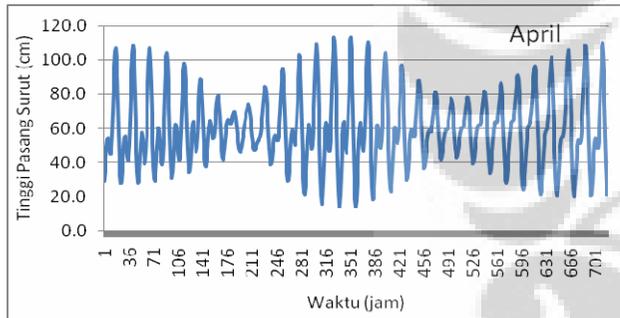
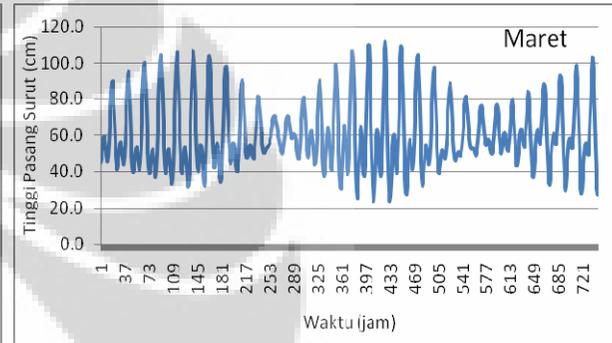
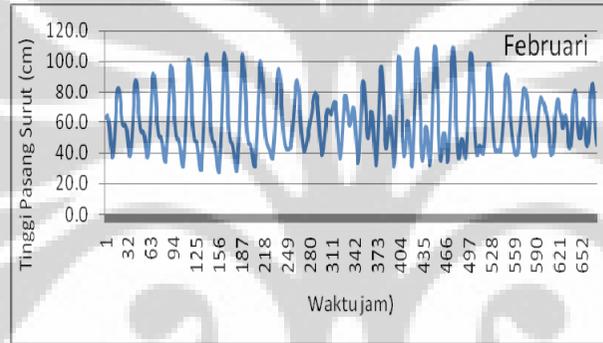
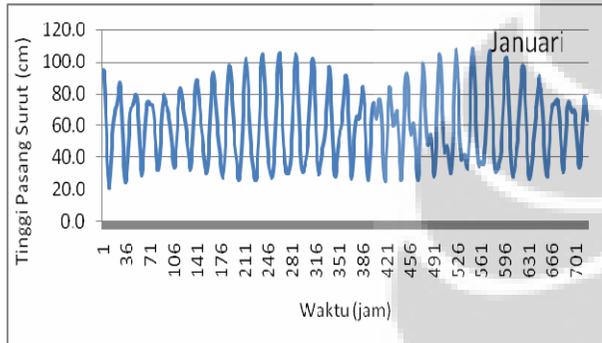
Lampiran Gambar 1
Grafik Tinggi Gelombang Kepulauan Karimunjawa Tahun 2008

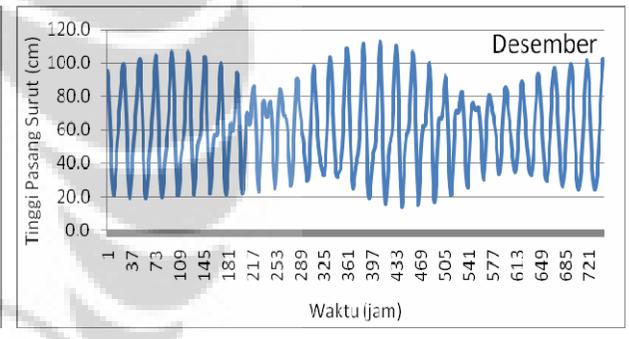
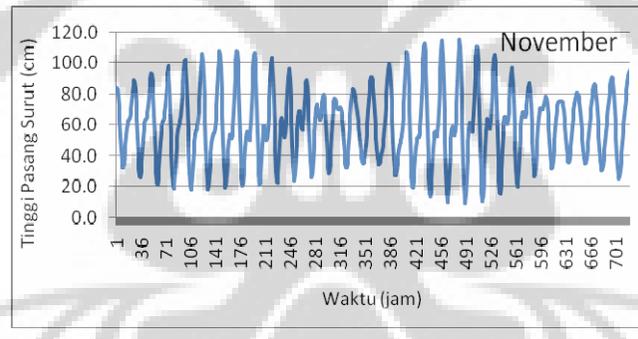
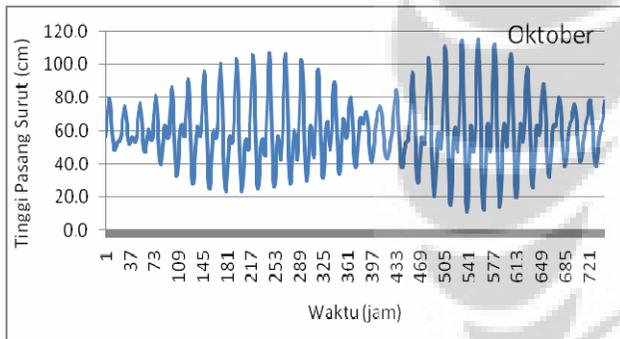
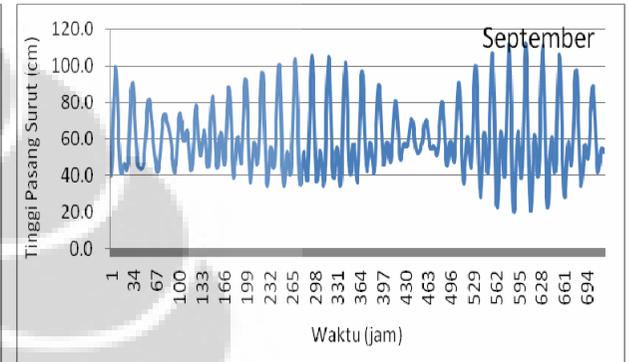
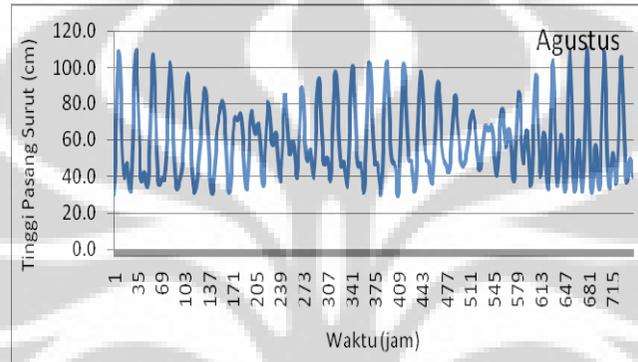
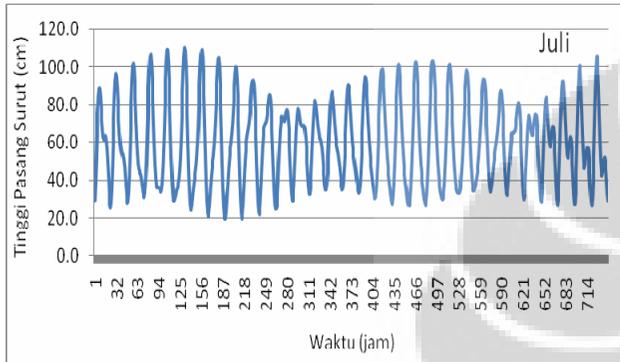




Sumber: BMKG Semarang, 2008

Lampiran Gambar 2
Grafik Pasang Surut Per Jam





Sumber: BMKG Semarang tahun 2008

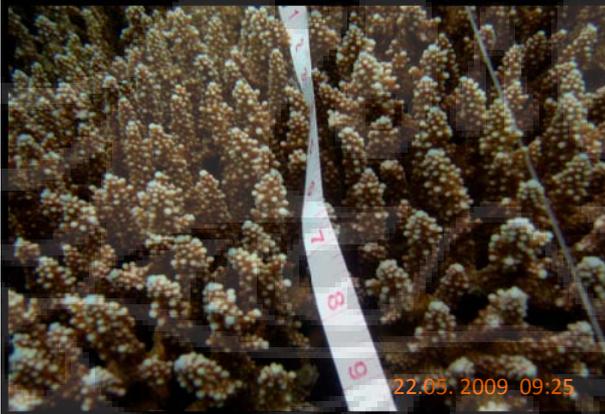
Foto	Keterangan
 <p>12.14.2008 12:48</p>	<p>Foto 1. Pulau Cemara Besar S 429913, E 9357931 Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>
	<p>Foto 2. Karang jenis <i>Acropora Brancing</i> di Pulau Cemara Besar S 430602, E 9358651 Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>
 <p>22.05.2009 09:25</p>	<p>Foto 3. Penghitungan Panjang Karang di Pulau Cemara Besar S 430602, E 9358651 Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>
 <p>22.05.2009 11:25</p>	<p>Foto 4. Karang jenis <i>Acropora Tabulate</i> di Pulau Cemara Kecil S 430844, E 9355753 Sumber: Dokumentasi Pribadi</p>



Foto 5. Pulau Karimunjawa
S 434225, E 9355367
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Foto 6. Dermaga Utama di
Pulau Karimunjawa
S 436446, E 9350488
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Foto 7. Tempat
Penangkaran Burung di
Pulau Menjangan Besar
S 435867, E 9349039
Sumber: Dokumentasi Pribadi



Foto 8. Kapal Nelayan
pengguna Muro ami
Sumber: Dokumentasi Pribadi