

**ABRASI PANTAI DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN KONSEP
PENANGGULANGANNYA**



Tesis

Ricky Shuhendry
L4K002053

**PROGRAM MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2004**

TESIS

**ABRASI PANTAI DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN KONSEP
PENANGGULANGANNYA**

Disusun oleh

Ricky Shuhendry
L4K002053

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 27 Mei 2004
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,

Pembimbing I



Prof. Dr. Sutrisno Anggoro, MS

Pembimbing II



Prof. Dr. Supriharyono, MS

Mengetahui,



Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan


Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES
NIP. 130 810 134

UPT-PUSTAK-UNDIP

No. Daft: 3209/IT/mil/04

Tgl. 30/12/04

Judul Tesis : Abrasi Pantai di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu :
Analisis Faktor Penyebab dan Konsep Penanggulangannya

Nama Mahasiswa : Ricky Shuhendry

NIM : L4K002053

Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan

Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada tanggal 27 Mei 2004
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui,

Pembimbing I



Prof. Dr. Sutrisno Anggoro, MS

Pembimbing II



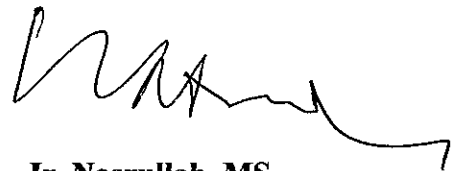
Prof. Dr. Supriharyono, MS

Penguji I

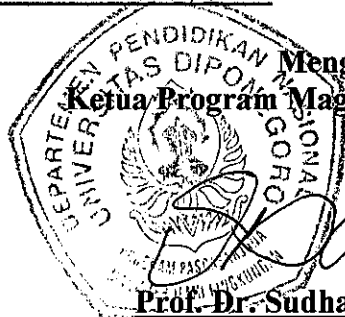


Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

Penguji II



Ir. Nasrullah, MS



Mengetahui,
Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan

Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES

NIP 130 810 134

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan sesungguhnya bahwa Tesis yang saya susun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Magister dari Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro Semarang seluruhnya merupakan hasil karya sendiri.

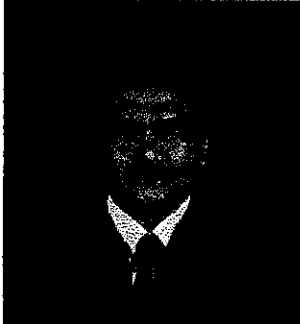
Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tesis yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah dan etika penulisan ilmiah dan sumber tertulis di dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian Tesis ini bukan hasil karya sendiri, saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya sandang dan sanksi-sanksi lainnya sesuai dengan peraturan perundangan yang berlaku.

Semarang, Mei 2004

Ricky Shuhendry
Nim. L4K002053

Riwayat Hidup Penulis



Ricky Shuhendry lahir pada 21 Pebruari 1967 di Aceh Timur, Nanggroe Aceh Darussalam. Pendidikan SD diselesaikan tahun 1980 dan SLTP diselesaikan tahun 1983 pada yayasan sekolah yang sama yaitu Yayasan Pendidikan Dharma Patra (YPDP) Pertamina Rantau Kecamatan Kuala Simpang, Aceh Timur.

Pendidikan SLTA diselesaikan pada tahun 1986 pada SMA Negeri 5 Medan, Sumatera Utara. Gelar Sarjana (Ir.) diperoleh dari Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Islam Sumatera Utara (UISU) di Medan pada tahun 1992. Setelah lulus, bekerja pada konsultan swasta yang bergerak di bidang pengawasan pembangunan jalan dan jembatan hingga tahun 1996, diantaranya PT. Diantama Rekanusa, PT. Wiranta Bhuana Raya dan PT. Nasuma Putra.

Dari tahun 1996 hingga 1997 bekerja pada Dinas Pekerjaan Umum Daerah di Kabupaten Bangkalan Madura, Propinsi Jawa Timur sebagai pegawai honorer. Pada tahun 1997 diangkat menjadi Pegawai Negeri Sipil (PNS) pada Departemen Pekerjaan Umum di Surabaya, Jawa Timur. Dari tahun 1997 hingga 1999 ditugaskan pada Kantor Wilayah Departemen Pekerjaan Umum Propinsi Jawa Timur. Pada Tahun 2000 hingga sekarang bertugas pada Dinas Kimpraswil propinsi Bengkulu subdin Bina Marga pada Proyek Perencanaan dan Pengawasan Jalan dan Jembatan (P3JJ). Jabatan terakhir sebagai asisten pengawasan pada Proyek Perencanaan dan Pengawasan Jalan dan Jembatan (P3JJ).

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan nikmatNYA yang dilimpahkan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “ Abrasi Pantai di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu : Analisis Faktor Penyebab dan Konsep Penanggulangannya “, guna melengkapi persyaratan yang harus dipenuhi untuk mencapai derajat Magister pada Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.

Sebagai mahasiswa yang dalam proses pembelajaran, penulis banyak mendapat bimbingan dan arahan dalam penulisan tesis ini dari Prof. Dr. Sutrisno Anggoro, MS dan Prof. Dr. Supriharyono, MS. Oleh karena itu, penulis menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih dengan tulus kepada keduanya.

Dalam kesempatan ini juga penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES, selaku Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro dan selaku Dosen Penguji I.
2. Ir. Agus Hadiyanto, MT, selaku Sekretaris Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
3. Dr. Ir. Purwanto, DEA, selaku Staf Ahli pada Program Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Diponegoro.
4. Ir. Nasrullah, MS, selaku Dosen Penguji II.
5. Segenap staf pengajar dan unsur pengelola Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.
6. Teman-teman seangkatan pada kelas kerja sama Kimpraswil dan juga teman-teman sesama mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak H. Achmad Darwin, ATP, MM, Kepala Dinas Kimpraswil Propinsi Bengkulu.
2. Bapak Ir. Ishadi Rusli, Kasubdin Prasarana Jalan dan Jembatan Dinas Kimpraswil Propinsi Bengkulu.
3. Bapak Ir. Kgs. Syaiful Anwar, MT, Pimpinan Proyek P3JJ Subdin Prasarana Jalan dan Jembatan Dinas Kimpraswil Propinsi Bengkulu.

Pada tempatnya pula penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah yang telah mengupayakan penulis mendapat beasiswa selama menempuh pendidikan di Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penulis secara khusus berterima kasih kepada istri tercinta Rini Tiasari Nst dan kedua anak tersayang, Akbar dan Aulia yang selalu berdo'a agar penulis dapat sukses dalam menjalani pendidikan dan harus terpisah di Kota Bengkulu selama penulis menempuh pendidikan pada Universitas Diponegoro Semarang, juga ucapan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta, abang dan adik-adik yang telah memberikan dukungan moral dan materi dalam rangka penulis menyelesaikan pendidikan di Universitas Diponegoro Semarang.

Akhirnya, penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna dikarenakan keterbatasan pengetahuan penulis, untuk itu kritik dan saran sangat penulis harapkan. Dan kepada Allah SWT jualah penulis berserah diri, semoga segala sesuatu yang telah diberikan oleh semua pihak dibalas dengan keharuman surga duniawi dan ukhrawi.

Semarang, Mei 2004

Ricky Shuhendry
Nim. L4K002053

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN	iv
RIWAYAT HIDUP PENULIS	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
ABSTRAK	xvii
<i>ABSTRACT</i>	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Kegunaan dan Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1. Landasan Teori	8
2.1.1. Pengertian Wilayah Pesisir dan Pantai	8
2.1.2. Proses Pantai	9
2.1.3. Faktor-faktor Penyebab Abrasi Pantai	13
2.1.3.1. Gelombang	13
2.1.3.2. Deformasi Gelombang	18
2.1.3.3. Fluktuasi Muka Air laut	22

2.1.3.4. Statistik dan Peramalan Gelombang.....	28
2.1.3.5 Arus Sepanjang Pantai (<i>Longshore Current</i>).....	31
2.1.3.6 Transpor Sedimen Pantai (<i>Sediment Transport</i>).....	33
2.2. Originalitas Penelitian.....	35
BAB III METODE PENELITIAN	36
3.1. Rancangan Penelitian/ Perspektif Pendekatan Penelitian.....	36
3.1.1. Pengumpulan Data.....	37
3.1.2. Analisis Data.....	41
3.2. Lokasi Penelitian.....	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1. Gambaran Wilayah Studi.....	45
4.1.1. Kondisi Fisiografi	45
4.1.1.1. Topografi dan Bathimetri.....	45
4.1.1.2. Kondisi Geologi.....	46
4.1.1.3. Kondisi Morfologi	49
4.1.2. Kondisi Meteorologi	50
4.1.3. Kondisi Hidrologi	52
4.1.4. Kondisi Tata Guna Lahan	53
4.1.5. Kependudukan (<i>Demografi</i>)	55
4.1.5.1. Sosial Ekonomi dan Budaya	55
4.1.5.2. Kondisi Prasarana dan Sarana Permukiman.....	62
4.1.6. Kondisi Ekosistem Kawasan Pesisir dan Kawasan Konservasi	65
4.1.6.1. Mangrove.....	65
4.1.6.2. Terumbu Karang.....	67

4.1.6.3.	Kawasan Konservasi.....	68
4.1.6.4.	Kondisi Kualitas Air di Perairan Pantai.....	69
4.1.6.5.	Kondisi Tanah Dasar	71
4.2.	Analisis Hasil Penelitian.....	74
4.2.1.	Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang.....	74
4.2.1.1.	Analisis Refraksi, pendangkalan (<i>Shoaling</i>) dan Gelombang Pecah	79
4.2.1.2.	Analisis Tinggi Gelombang Maksimum.....	83
4.2.2.	Fluktuasi Muka Air Laut.....	86
4.2.2.1.	Pasang Surut (pasut)	86
4.2.2.2.	Kenaikan Muka Air karena Gelombang (<i>Wave Set-up</i>).....	88
4.2.2.3.	Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global (<i>Sea Level Rise, SLR</i>).....	89
4.2.3.	Arus Sepanjang Pantai (<i>Longshore Current</i>).....	91
4.2.4.	Transpor Sedimen Sepanjang Pantai (<i>Longshore Transport</i>)...	93
4.2.5.	Kondisi Sosial-Psikologis Penduduk di Pantai Terabrasi.....	95
4.2.5.1.	Pengertian Kondisi Sosial-Psikologis.....	95
4.2.5.2.	Abrasi dan Dampaknya Terhadap Masyarakat.....	97
4.2.5.3.	Pembahasan Terhadap Perilaku Masyarakat	100
4.3.	Konsep Penanggulangan.....	102
4.3.1.	Bangunan Pelindung Pantai	102
4.3.1.1.	Dinding Pantai (<i>Revetment</i>).....	105
4.3.1.2.	<i>Groin</i> dan <i>Jetty</i>	109
4.3.1.3.	Pemecah Gelombang (<i>Breakwater</i>).....	114

4.3.2. Mangrove sebagai Pelindung Alami Pantai.....	118
4.3.2.1. Pengertian Mangrove.....	118
4.3.2.2. Produktivitas Mangrove.....	120
4.3.2.3. Zonasi Komunitas Mangrove.....	122
4.3.2.4. Pola Zonasi Hutan Mangrove	124
4.3.3. Pengelolaan Wilayah Pesisir.....	126
4.3.3.1. Model Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut Terpadu.....	126
4.3.3.2. Arah Prioritas Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu.....	130
4.3.4. Alternatif Pemilihan Bangunan Pelindung dan kajian lingkungan.....	133
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 141
5.1. Kesimpulan.....	141
5.2. Saran	142
 DAFTAR PUSTAKA	 145
 LAMPIRAN.....	 147
Lampiran I : Perkiraan Tinggi Gelombang Rerata dan maksimum.....	147
Lampiran II: Hasil Pemeriksaan Tanah.....	155
Lampiran III: Tabel Nilai d/L_0	161

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Data Kedalaman Dasar Laut di Wilayah Pesisir Kota Bengkulu	46
Tabel 4.2. Data Persentase Kejadian Angin di Kota Bengkulu Tahun 1989 – 2003	50
Tabel 4.3. Data Curah Hujan dan Hari Hujan di Kota Bengkulu Tahun 1992 – 2002	52
Tabel 4.4. Penggunaan Tata Guna Lahan Kota Bengkulu Hingga Tahun 2003	53
Tabel 4.5. Luas Kota Bengkulu Per Kecamatan Tahun 2001	55
Tabel 4.6. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Bengkulu Per Kelurahan Tahun 2001	57
Tabel 4.7. Jumlah Penduduk Berdasarkan Mata Pencaharian di Kota Bengkulu Pada Tahun 1997 dan 2001	59
Tabel 4.8. Panjang Jalan (km) di Kota Bengkulu Menurut Kondisi Jalan yang ada Pada Tahun 1996 – 2001	64
Tabel 4.9. Komposisi Jenis Hutan Mangrove di Pulau Baai	65
Tabel 4.10. Kategori Terumbu Karang dengan Kondisi Penutupannya	67
Tabel 4.11. Hasil Pengukuran Kualitas Air di Perairan Pantai Propinsi Bengkulu	69
Tabel 4.12. Kondisi Lapisan tanah	71
Tabel 4.13. Data Kekuatan Geser Tanah Dasar	72

Tabel 4.14. Perkiraan Tinggi Gelombang Maksimum	
Setiap Tahun	74
Tabel 4.15. Hitungan Gelombang dengan Periode Ulang	75
Tabel 4.16. Tinggi Gelombang dengan Peride Ulang Tertentu	77
Tabel 4.17. Analisis Gelombang di Laut Dalam.....	81
Tabel 4.18. Gelombang Maksimum pada Beberapa Kedalaman.....	84
Tabel 4.19. Elevasi Muka Air Laut Berdasarkan Data	
Pasang Surut Tahun 2003	88
Tabel 4.20. Perhitungan <i>Wave Set-up</i>	88
Tabel 4.21. Langkah-langkah Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu	127
Tabel 4.22. Upaya Pengelolaan Lingkungan	136
Tabel 4.23. Upaya Pemantauan Lingkungan	138

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1.	Kondisi Badan Jalan yang Rusak Akibat Abrasi.....	4
Gambar 2.1.	Batasan Pesisir dan Pantai	8
Gambar 2.2.	Proses Pembentukan Pantai	12
Gambar 2.3.	Karakteristik Gelombang di Daerah Pantai	15
Gambar 2.4.	Sket Definisi Gelombang.....	15
Gambar 2.5.	Penurunan Energi Gelombang.....	17
Gambar 2.6.	<i>Wave Set-up</i> dan <i>Set-down</i>	22
Gambar 2.7.	Distribusi Gaya Pembangkit Pasang Surut Sistem Bumi Bulan.....	24
Gambar 2.8.	Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global	27
Gambar 3.1.	Bagan Alir Rencana Penelitian.....	36
Gambar 4.1.	Peta Bathimetri	48
Gambar 4.2.	Mawar Angin.....	51
Gambar 4.3.	Peta Tata Guna Lahan Kota Bengkulu	54
Gambar 4.4.	Peta Wilayah Administrasi Kota Bengkulu.....	60
Gambar 4.5.	Peta Kepadatan Penduduk Kota di Kota Bengkulu	61
Gambar 4.6.	Panjang Jalan di Kota Bengkulu Menurut Kondisi Jalan yang ada Pada Tahun 1996 – 2001	64
Gambar 4.7.	Pola Zonasi Hutan Mangrove di Pulau Baai Kota Bengkulu	66
Gambar 4.8.	Peta Lokasi Mangrove, Terumbu Karang dan Hutan Wisata.....	70

Gambar 4.9.	Peta Lokasi Pengukuran Bathimetri dan Pengambilan Sampel Tanah.....	73
Gambar 4.10.	Penentuan Tinggi Gelombang Pecah.....	82
Gambar 4.11.	Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah	82
Gambar 4.12.	Tinggi Gelombang Pecah Maksimum pada Kaki Bangunan	85
Gambar 4.13.	Kondisi Pasang Surut untuk Kota Bengkulu pada Bulan Desember – Pebruari 2003.....	86
Gambar 4.14.	Kondisi Pasang Surut untuk Kota Bengkulu pada Bulan Maret – Mei 2003	87
Gambar 4.15.	Kondisi Pasang Surut untuk Kota Bengkulu pada Bulan Juni – Agustus 2003.....	87
Gambar 4.16.	Kondisi Pasang Surut untuk Kota Bengkulu pada Bulan September – Nopember 2003	87
Gambar 4.17.	Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global.....	89
Gambar 4.18.	Peta Lokasi Abrasi, Akresi (sedimentasi) dan Arah Arus.....	94
Gambar 4.19.	Kondisi Sosial-Psikologis Penduduk di Pantai Terabrasi.....	97
Gambar 4.20.	Bangunan Pantai Sisi Miring.....	103
Gambar 4.21.	Bangunan Pantai Sisi Tegak	103
Gambar 4.22.	Beberapa Tipe Bangunan Pelindung Pantai.....	104
Gambar 4.23.	Contoh Bangunan Pelindung Pantai	108
Gambar 4.24.	Contoh Bangunan Groin di Pantai	112
Gambar 4.25.	Contoh Bangunan Jetty di Muara	113

Gambar 4.26. Contoh Bangunan Pemecah Gelombang	117
Gambar 4.27. Tampang Memanjang Elevasi Puncak Gelombang.....	135
Gambar 4.28. Peta Letak Bangunan Pangaman Pantai (<i>Groin</i>)	140

ABSTRAK

ABRASI PANTAI DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU : ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN KONSEP PENANGGULANGANNYA

Wilayah pesisir Kota Bengkulu berada di bagian barat pulau Sumatera, yang berhadapan langsung dengan Samudera Indonesia. Keberadaan ini menyebabkan Pantai Kota Bengkulu banyak menerima limpasan-limpasan gelombang baik berupa gelombang karena angin, gelombang karena fluktuasi muka air laut dan arus yang menyusur pantai. Akibatnya terjadi abrasi pada pantai tersebut sehingga mengakibatkan adanya perubahan garis pantai.

Kerusakan lingkungan oleh proses abrasi telah berlangsung lama, sehingga mengganggu aktivitas nelayan yang merupakan kegiatan sehari-hari masyarakat di wilayah pesisir Kota Bengkulu. Selain itu juga abrasi mengancam keberadaan permukiman masyarakat yang berada di pantai tersebut, sehingga mengganggu perekonomian di Kota Bengkulu. Fenomena lain akibat dari proses abrasi adalah terjadinya proses sedimentasi, sehingga terjadinya pendangkalan pada daerah pelabuhan yang mengganggu proses bongkar muat di pelabuhan tersebut. Untuk mengatasi kejadian abrasi dan sedimentasi di atas perlu dilakukan pengamanan pantai dengan memberikan perlindungan pantai baik berupa fisik maupun alami serta adanya pengelolaan lingkungan wilayah pesisir yang terpadu.

Pengaruh dari proses abrasi di wilayah pesisir Kota Bengkulu yang umumnya terjadi dikarenakan oleh alam, begitu besar dan signifikan maka perlu dilakukan perlindungan terhadap pantai dengan penelitian yang berhubungan dengan gejala alam tersebut, seperti melakukan analisis terhadap gelombang, pasang surut, arus menyusur pantai dan proses transpor sedimen. Dari hasil analisis tersebut akan didapat bentuk bangunan pelindung pantai yang sesuai dengan kerusakan lingkungan di wilayah tersebut. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif yang berarti pemecahan masalah dengan menggambarkan objek penelitian dan data olahan dari beberapa faktor penyebab abrasi.

Hasil penelitian merupakan data yang objektif dan akurat dari proses gelombang laut, fluktuasi muka air laut dan transpor sedimen. Sehingga didapat suatu konsep penanggulangan berupa fisik (*Revetment, Groin, Jetty dan Breakwater*) dan secara alami (*Mangrove*) serta pengelolaan wilayah pesisir dan laut terpadu (*Integrated Coastal and Marine Resources Management*). Selain itu juga diketahui kondisi sosial – psikologis penduduk di pantai terabrasi yang merupakan dampak dari kerusakan lingkungan dimana mempengaruhi perilaku masyarakat.

Dari hasil penelitian akan memberikan suatu rekomendasi tentang penanggulangan yang terbaik terhadap pantai terabrasi dengan mewujudkan keterpaduan antara pemerintah dengan stakeholders serta keterlibatan masyarakat di pantai terabrasi dalam perencanaan dan kegiatan pengamanan pantai. Dengan harapan dalam penanggulangan abrasi nantinya tidak menimbulkan dampak lain yang akan memberikan yang masalah yang baru terhadap kerusakan lingkungan.

Kata Kunci : Wilayah Pesisir Kota Bengkulu, Abrasi pantai, Penanggulangan abrasi, Pengelolaan wilayah Pesisir.

ABSTRACT

COAST ABRASSION IN BENGKULU CITY COASTAL TERRITORY : ANALYSIS CAUSES FACTOR AND CONCEPT OF HANDLING

Bengkulu City's coastal territory is located on Western Sumatra Island, it faces directly with Indonesian Ocean. This existence causes Bengkulu City's coast get more wave struck caused by wind, sea surface fluctuation and coastal flowing wave. As a result, there will be a coastal abrasion so that make a coast line change.

Environmental damage caused by abrasion process have long been occurred, so that it disturbs fisherman's activity which is a daily activity of people living in Bengkulu City's coastal. Besides abrasion also threats people housing existence located in that coast, so that it disturbs Bengkulu City's economy. Other phenomena caused by abrasion process is sedimentation process, which will result in shoaling in port territory so that it disturbs that port's activity. In handling abrasion and sedimentation problem above, it is necessary to secure sea by giving protection to the sea both physical and natural protection, besides, it is important to do an integrated management of coastal environment.

The effect of abrasion in Bengkulu city's coastal territory, which is generally caused by nature, is so large and significant so that it necessary to give protection to the coast with research related to that natural symptom, by analyzing the wave, rise and fall wave, longshore current and sediment transport process. From the analysis result, we can get the shape of building of coastal protection suitable with environment damage in that territory. Research method of that research is descriptive method meaning that the problem solving is by describing research object and processed data from abrasion cause factors.

The research result is objective and accurate data derived from sea wave process, surface sea water fluctuation and sediment transport. So that it can make a physical (Revetment, Groin, Jetty and Breakwater), natural handling (mangrove) and integrated coastal and marine resources management. Besides, we will know the psycho-social condition of people living in abraded coast which the effect of environment damage which effect people manner.

Based on the research, there will be a recommendation for the best solving against coast abrasion by realizing an integration between government and stakeholders, and by involving people living in the abraded coast in shore protector building of planning and program. By doing abrasion solving, there will be no other impact which will give agama new problem to the environmental damage.

Keywords : Bengkulu city's coastal territory, Coast abrasion, Abrasion handling, Coastal management.

B A B I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Wilayah pesisir dan Lautan Indonesia yang kaya dan beragam sumber daya alamnya telah dimanfaatkan oleh bangsa Indonesia sebagai salah satu sumber bahan makanan utama, khususnya protein hewani, sejak berabad-abad lamanya. Selain menyediakan berbagai sumber daya tersebut, wilayah pesisir Indonesia memiliki berbagai fungsi lain, seperti transportasi dan pelabuhan, kawasan industri, agribisnis dan agroindustri, rekreasi dan pariwisata, serta kawasan pemukiman dan tempat pembuangan limbah.

Dalam kaitannya dengan pembangunan sumber daya laut (pesisir dan lautan), pemerintah Indonesia telah membuat suatu kebijakan yang *strategis dan antisipatif*. Arti strategis dan antisipatif ini dikarenakan lima alasan pokok, yaitu :

Pertama, bahwa fakta fisik Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia yang terdiri dari 17.508 pulau dengan garis pantai sepanjang 81.000 km dan luas laut sekitar 3,1 juta km² (0,3 juta km² perairan territorial dan 2,8 juta km² perairan nusantara). Berdasarkan UNCLOS 1982 (*United Nations Convention on the Law of the Sea 1982*), Indonesia diberi hak berdaulat (*soverign right*) memanfaatkan Zona Ekonomi Eksklusif seluas 2,7 juta km² yang menyangkut eksplorasi, eksploitasi dan pengelolaan sumber daya hayati dan non hayati.

Kedua, dengan semakin meningkatnya kegiatan pembangunan dan jumlah penduduk serta semakin menipisnya sumber daya alam di daratan, maka sumber daya kelautan akan menjadi tumpuan harapan bagi kesinambungan pembangunan ekonomi nasional di masa mendatang.

Ketiga, pergeseran konsentrasi kegiatan ekonomi global dari poros Eropa-Atlantik menjadi poros Asia-pasifik yang diikuti dengan perdagangan bebas dunia pada tahun 2020, sudah barang tentu akan menjadikan kekayaan sumber daya kelautan Indonesia sebagai aset nasional yang dengan keunggulan komperatif yang harus dimanfaatkan secara optimal.

Keempat, dalam menuju era industrialisasi, wilayah pesisir dan lautan termasuk prioritas utama untuk pusat pengembangan kegiatan industri, pariwisata, agribisnis, agroindustri, pemukiman, transportasi dan pelabuhan. Kondisi yang demikian menyebabkan banyak kota-kota yang terletak di wilayah pesisir terus dikembangkan dalam menyambut tata ekonomi baru dan kemajuan industrialisasi.

Kelima, dalam rangka pelaksanaan otonomi daerah sesuai Peraturan Pemerintah Nomor 25 Tahun 2000 tentang kewenangan Pemerintah dan kewenangan Propinsi sebagai daerah otonom, Undang-Undang nomor 22 Tahun 1999 tentang Pemerintahan Daerah dan Undang-Undang nomor 25 Tahun 1999 tentang Perimbangan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Daerah, maka daerah propinsi dengan otonomi terbatas serta bersifat lintas kabupaten dan kabupaten dengan otonomi penuh mempunyai peluang yang besar untuk memanfaatkan, mengelola dan melindungi wilayah pesisir dan laut.

Dalam rangka menunjang pembangunan ekonomi nasional tersebut, diperlukan sarana transportasi sebagai akses menuju wilayah pesisir. Dengan keberadaan sarana transportasi, salah satunya pembangunan badan jalan, akan mempermudah untuk mengangkut hasil-hasil sumber daya alam di wilayah pesisir. Keberadaan badan-badan jalan tersebut saat ini terancam rusak oleh akibat abrasi pantai. Ini diakibatkan oleh perubahan konfigurasi pantai di wilayah pesisir.

Perubahan konfigurasi pantai dapat disebabkan oleh kegiatan atau proses-proses alami dan non-alami (kegiatan manusia), baik yang berasal dari darat maupun dari laut. Proses-proses alami dapat berupa proses hidro-oseanografi, dari laut misalnya akibat hempasan

gelombang, perubahan pola arus dan fenomena pasang surut yang kesemuanya dapat menyebabkan abrasi pantai serta dapat juga diperkuat dengan pengaruh perubahan iklim. Sedangkan dari darat antara lain akibat erosi, sedimentasi akibat arus pasang, akibat banjir dan perubahan arus aliran sungai.

Proses-proses non-alami atau akibat kegiatan manusia (*antropogenik*) yang berpotensi menimbulkan perubahan garis pantai antara lain :

- a. Penambangan pasir di perairan pantai, yang dapat mengakibatkan perubahan kedalaman sehingga merubah pola arus dan gelombang pecah.
- b. Pengambilan pelindung pantai alami, yaitu penebangan hutan mangrove dan pengambilan terumbu karang.
- c. Pembuatan bangunan yang menjorok ke laut, sehingga mengganggu keseimbangan transport sedimen di sepanjang pantai.
- d. Pembukaan tambak-tambak yang tidak memperhatikan kondisi dan lokasi (terutama yang dekat dengan garis pantai).

Perubahan garis pantai yang disebabkan abrasi pantai akan semakin diperburuk akibat kegiatan manusia yang tanpa kendali dalam mengelola sumber daya alam pada wilayah pesisir. Akibatnya sarana transportasi yang dibangun untuk mempermudah akses menuju wilayah pesisir terancam rusak.

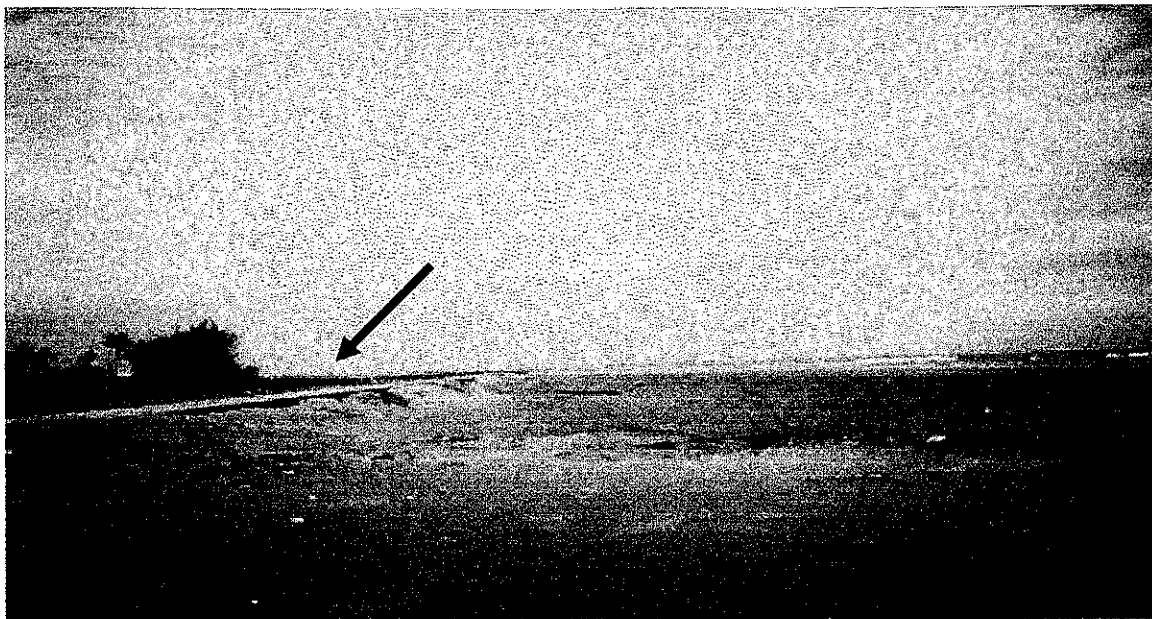
Kota Bengkulu yang wilayahnya terbentang di sepanjang pantai barat pulau Sumatera, sehingga keberadaan daerah ini yang sebagian besar wilayahnya berada di daerah pesisir pantai memiliki peranan penting terhadap pengelolaan sumber daya alam wilayah pesisir. Perekonomian daerah Kota Bengkulu salah satunya ditunjang oleh hasil dari sumber daya wilayah pesisir dan lautan tersebut.

Pembangunan jalan nasional yang menghubungkan Kota Bengkulu dengan Kota-kota lain di wilayah Propinsi Sumatera Barat dan Propinsi Lampung, turut menunjang kelancaran

sarana transportasi dalam rangka membawa hasil-hasil dari kegiatan sehari-hari masyarakat Kota Bengkulu. Kondisi ruas jalan tersebut berhadapan dengan berbagai kondisi alam antara lain pemotongan daerah perbukitan, penimbunan daerah jurang, badan jalan pada galian batuan yang besar dan badan jalan pada tepian pesisir pantai yang menghadapi terjangan gelombang air laut.

Kondisi badan jalan yang berada pada tepian pesisir pantai, saat kondisinya banyak yang kritis. Proses terjadinya abrasi pantai telah menyebabkan banyak badan jalan yang mengalami kelongsoran. Bahkan terpaksa dilakukan pengamanan yang sifatnya sementara untuk keamanan pemakai jalan.

Dalam banyak hal abrasi sangat sulit di atasi, karena sebagian besar disebabkan oleh alam. Oleh sebab itu untuk menyelesaikan permasalahan tersebut perlu adanya pengertian tentang fenomena alam pada wilayah pesisir dan kelautan, terutama penyebab utama abrasi antara lain pengaruh gelombang laut. Dalam Penelitian ini akan dibahas tentang terjadinya abrasi pantai di wilayah pesisir khususnya di Kota Bengkulu.



Gambar 1.1, Kondisi Badan Jalan yang Rusak Akibat Abrasi

1.2. Identifikasi dan Perumusan Masalah

Kondisi pantai pada wilayah pesisir Kota Bengkulu merupakan pantai yang landai, saat ini mengalami kerusakan yang mengancam lingkungan sekitarnya seperti badan jalan yang ada di sepanjang pantai dan sebagian rumah penduduk di pantai. Dampak yang ditimbulkannya adalah menghambat kelancaran proses perekonomian di Kota Bengkulu dan menimbulkan kondisi sosial-psikologis pada masyarakat (ketakutan, kekhawatiran, cemas) pada saat gelombang datang, sehingga masyarakat di pantai yang mengalami kerusakan pantai tersebut mengalami stres.

Kondisi kerusakan pantai yang terjadi adalah adanya keruntuhan (*failure*) dan gelincir (*sliding*) pada pinggiran pantai di beberapa wilayah pesisir Kota Bengkulu. Fenomena dari kejadian ini disebut dengan *proses abrasi* atau terjadinya kelongsoran pada bagian tepi pantai oleh karena pengikisan air laut. Penyebab abrasi pantai di wilayah pesisir Kota Bengkulu diidentifikasi disebabkan proses alami (gelombang laut, pasang surut, arus sepanjang pantai), ini dapat diketahui dari survei ke lapangan, pembicaraan dengan masyarakat sekitar dan kunjungan ke instansi terkait. Dan hasilnya adalah kecil sekali kemungkinannya abrasi disebabkan oleh perilaku manusia, karena umumnya mata pencaharian penduduk sekitar sebagai nelayan tradisional.

Untuk itu perlu adanya kajian tentang analisis penyebab terjadinya abrasi pantai pada wilayah pesisir Kota Bengkulu yang disebabkan oleh proses alami, dalam rangka untuk dapat diketahui seberapa besar pengaruh abrasi tersebut terhadap kerusakan yang dihasilkannya sehingga dapat ditetapkan alternatif penanggulangannya.

1.3. Tujuan Penelitian

Banyak penyebab terjadinya abrasi pantai, diantaranya adalah gelombang laut, rusaknya pelindung alami pantai, penambangan material pantai dan transportasi sedimen. Peneliti dalam hal ini memfokuskan penelitian kerusakan pantai yang disebabkan oleh abrasi

pantai, dimana peninjauannya terhadap gelombang laut, pasang surut (pasut) dan arus sepanjang pantai.

Tujuan dari penelitian adalah :

- 1). Menganalisis penyebab terjadinya abrasi pantai pada wilayah pesisir Kota Bengkulu untuk mengetahui bagaimana faktor alam telah mempengaruhi kerusakan pantai wilayah pesisir tersebut.
- 2). Mendapatkan data yang akurat dan objektif dalam rangka menambah informasi tentang kerusakan yang diakibatkan proses abrasi pantai tersebut, sehingga menambah wawasan bagi instansi terkait dalam pelaksanaan program perencanaan tata ruang
- 3). Memberikan suatu konsep tentang penanganan yang tepat untuk penanggulangan abrasi pantai yang terjadi.

1.4. Kegunaan dan Manfaat Penelitian

Kegunaan dari hasil penelitian adalah :

- 1). Bagi peneliti, agar lebih memacu dan meningkatkan kemampuan serta pengetahuan dalam melakukan penelitian pada daerah penelitian terhadap kerusakan wilayah pesisir.
- 2). Bagi ilmu pengetahuan, adanya hasil penelitian yang sangat berguna bagi pengembangan kegiatan penelitian lebih lanjut oleh berbagai pihak yang berkepentingan.
- 3). Merupakan masukan atau informasi bagi instansi di wilayah Kota Bengkulu serta daerah-daerah lainnya untuk pengambilan kebijakan dalam menanggulangi kerusakan wilayah pesisir pantai akibat abrasi.

Manfaat dari hasil penelitian adalah :

- 1). Dengan hasil penelitian ini dapat memberikan sumbangan pemikiran untuk memecahkan masalah abrasi pantai di wilayah pesisir Kota Bengkulu sehingga membantu pemerintah daerah dalam pengambilan keputusan dalam penanganan dan pengelolaan wilayah pesisir.
- 2). Memberikan suatu alternatif penanggulangan yang tepat dan prioritas utama dalam pelaksanaan pengamanan pantai akibat abrasi di wilayah pesisir.
- 3). Melibatkan masyarakat di wilayah pantai terabrasi, sehingga dalam pelaksanaan pengamanan dan pengelolaan wilayah pesisir masyarakat akan diikut sertakan dalam perencanaan.
- 4). Memberikan persepsi pada masyarakat tentang proses abrasi yang terjadi, sehingga dapat mencegah terjadinya proses abrasi yang disebabkan oleh manusia.

B A B II

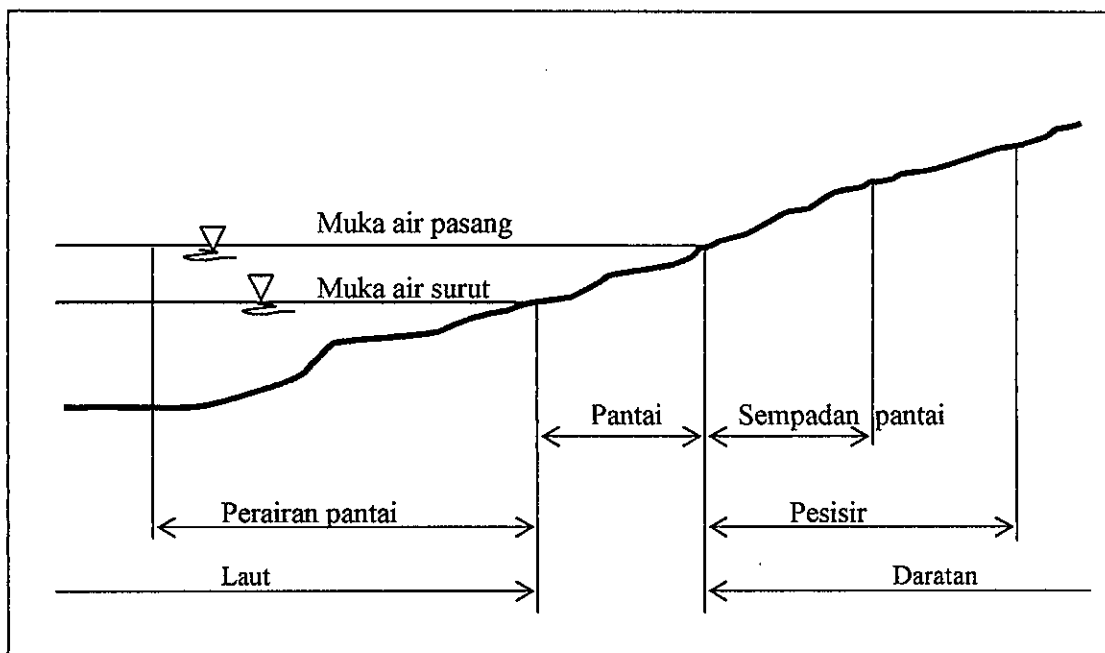
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Pengertian Wilayah Pesisir dan Pantai

Pengertian wilayah pesisir (*Coast*) dapat dibedakan dengan pantai (*Shore*). Menurut Bambang Triatmodjo (1999), pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan surut terendah, sedangkan pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut.

Lebih luas lagi penjelasan mengenai definisi tentang pesisir dan pantai dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 2.1. Batasan pesisir dan Pantai (Triatmodjo, 1999)

Pada gambar 2.1 di atas juga dijelaskan, daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi dan daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut dimulai dari sisi laut pada garis surut terendah termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Sedangkan garis

pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai.

Batasan tentang wilayah pesisir (*Coastal Zone*) sesuai dengan kesepakatan umum di dunia, bahwa wilayah pesisir adalah suatu wilayah peralihan antara daratan dan lautan. Bila ditinjau dari garis pantai (*Coastline*), maka suatu wilayah pesisir memiliki dua macam batas (*Boundaries*), yaitu : batas yang sejajar garis pantai (*Longshore*) dan batas yang tegak lurus terhadap garis pantai (*Cross-Shore*).

Menurut Soegiarto (1976), batas wilayah pesisir yang digunakan di Indonesia adalah daerah pertemuan antara darat dan laut, dimana ke arah darat wilayah pesisir meliputi bagian daratan, baik kering maupun yang terendam air dan yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut serta perembesan air asin. Sedangkan ke arah laut wilayah pesisir mencakup bagian laut yang masih dipengaruhi oleh proses-proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar, maupun yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti pengundulan hutan dan pencemaran.

Suatu batasan wilayah pesisir bila ditinjau dari pengelolaan untuk pengendalian abrasi pantai, maka batas ke arah darat cukup hanya sampai pada lahan pantai yang diperkirakan terkena abrasi. Sedangkan batasan ke arah laut adalah daerah yang terkena pengaruh distribusi sedimen akibat proses abrasi, yang biasanya terdapat pada daerah pemecah gelombang (*Breakwater Zone*) yang paling dekat dengan garis pantai.

2.1.2. Proses Pantai

Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian rupa sehingga mampu menghancurkan energi gelombang yang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan

tanggapan dinamis alami pantai terhadap pergerakan air laut. Ada dua tipe tanggapan pantai dinamis terhadap gerak gelombang, yaitu :

- 1). Tanggapan terhadap kondisi gelombang normal.

Kondisi normal ini terjadi dalam waktu yang lebih lama, dan energi yang dihasilkan dengan mudah dapat dihancurkan oleh mekanisme pertahanan alami pantai.

- 2). Tanggapan terhadap kondisi gelombang saat badai.

Pada saat badai terjadi akan timbul energi yang besar sering pertahanan alami pantai tidak mampu menahannya, sehingga pantai dapat tererosi. Setelah badai reda, pantai akan kembali ke bentuk semula oleh pengaruh gelombang normal. Tapi ada kalanya pantai yang tererosi tersebut tidak kembali ke bentuk semula karena material pembentuk pantai terbawa arus ke tempat lain dan tidak kembali ke lokasi semula, keadaan ini yang disebut dengan Abrasi pantai.

Proses dinamis pantai sangat dipengaruhi oleh *Littoral Transport*, yang didefinisikan sebagai gerak sedimen di daerah dekat pantai (*Nearshore Zone*). *Littoral Transport* dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu transpor sepanjang pantai (*Longshore Transport*) dan transpor tegak lurus pantai (*Onshore-Offshore Transport*) dan material yang ditranspor disebut dengan *Littoral Drift*.

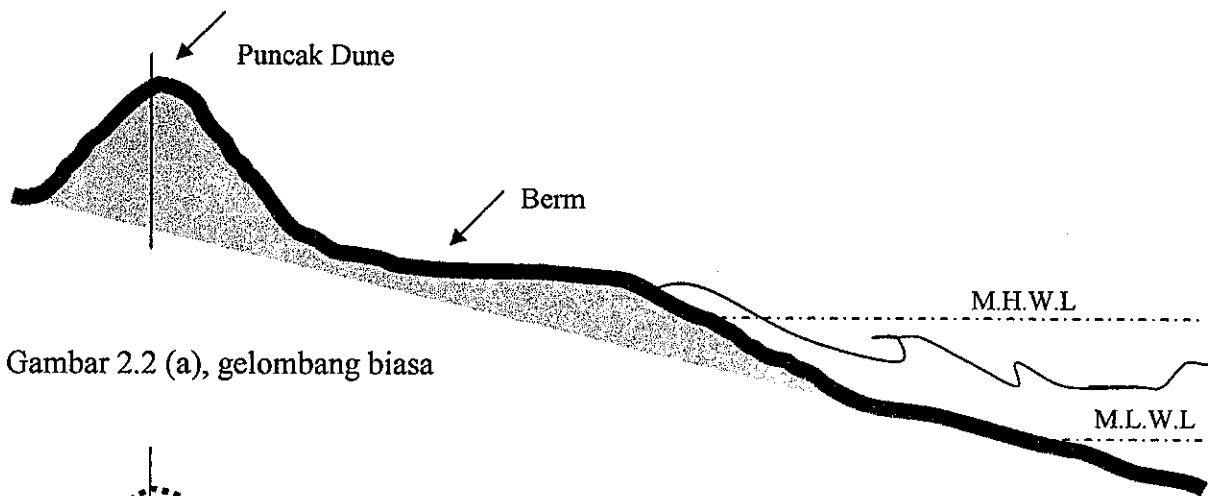
Suatu pantai mengalami erosi, akresi (sedimentasi) atau tetap stabil tergantung pada sedimen yang masuk dan yang meninggalkan pantai tersebut. Sebagian besar permasalahan pantai adalah erosi yang berlebihan. Erosi pantai (abrasi) terjadi apabila di suatu pantai yang ditinjau mengalami kehilangan/ pengurangan sedimen, artinya sedimen yang terangkut lebih besar dari yang terangkat.

Pantai bisa terbentuk dari material dasar yang berupa Lumpur, pasir atau kerikil (*Gravel*). Kemiringan dasar pantai tergantung pada bentuk dan ukuran material dasar. Pantai lumpur mempunyai kemiringan sangat kecil sampai mencapai 1 : 5000, kemiringan pantai

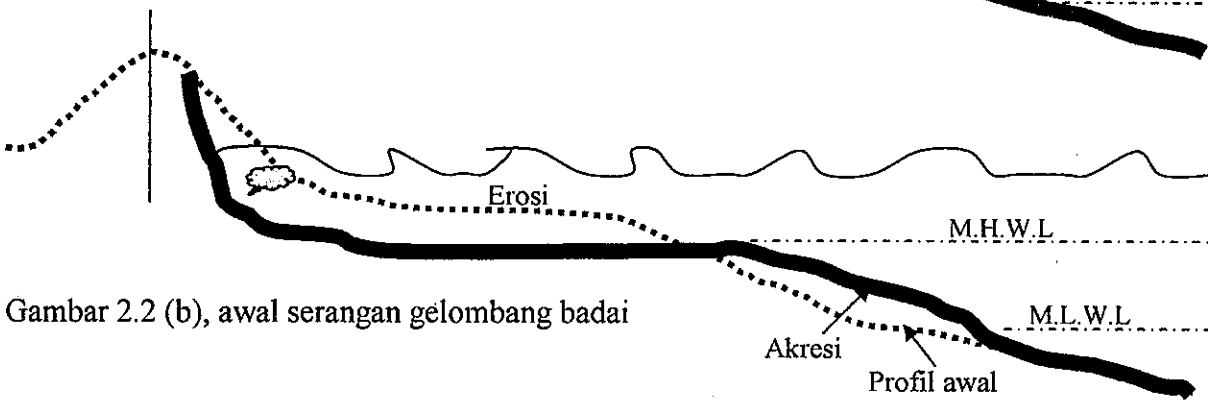
pasir lebih besar yang berkisar antara 1 : 20 dan 1 : 50. Sedangkan kemiringan pantai berkerikil bisa mencapai 1 : 4. Pantai berlumpur banyak dijumpai di daerah pantai dimana banyak sungai yang mengangkut sedimen suspensi bermuara di daerah tersebut dan gelombang relatif kecil. Pantai utara Jawa dan timur Sumatera sebagian besar merupakan pantai berlumpur, sedangkan sebagian besar pantai yang menghadap ke Samudera Indonesia, seperti pantai selatan Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan pantai barat Sumatera, adalah pantai berpasir.

Pada saat badai, dimana terjadi gelombang besar dan elevasi muka air diam lebih tinggi karena adanya *Set-up* gelombang dan angin, pantai dapat mengalami erosi. Pada gambar 2.2, menunjukkan proses terjadinya erosi pantai oleh gelombang badai. Gambar 2.2 (a) adalah profil pantai dengan gelombang normal yang terjadi sehari-hari. Pada saat terjadi badai yang bersamaan dengan muka air tinggi, gelombang mulai menggerus bukit pasir (*Sand Dunes*), dan membawa material ke arah laut dan kemudian mengendap (gambar 2.2 (b)). Gelombang badai yang berlangsung cukup lama semakin banyak menggerus bukit pasir tersebut, seperti terlihat pada gambar 2.2 (c). Setelah badai reda gelombang normal kembali.

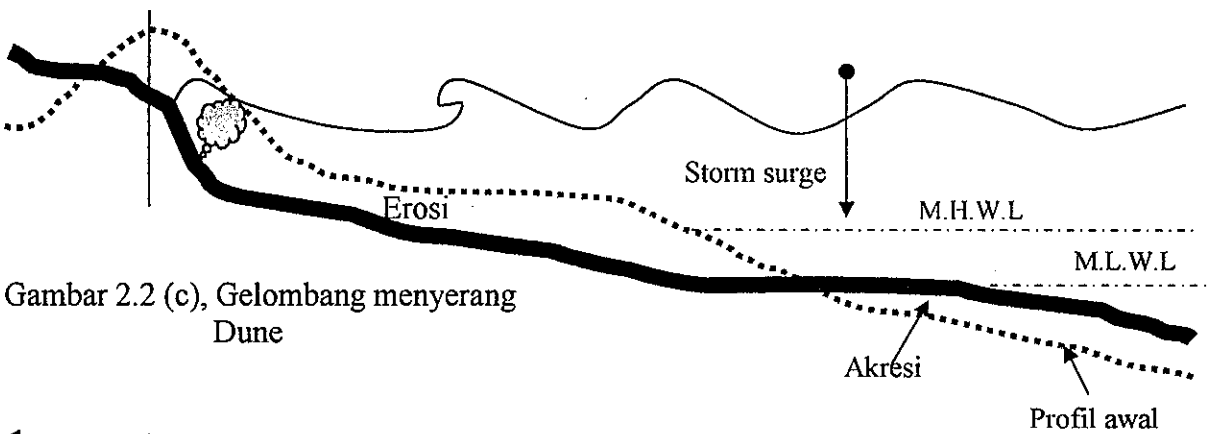
Dengan membandingkan profil pantai sebelum dan sesudah badai, dapat diketahui volume sedimen yang ter-erosi dan mundurnya garis pantai. Setelah badai berlalu, kondisi gelombang normal kembali dan akan mengangkut sedimen yang telah diendapkan di perairan dalam selama badai kembali ke pantai. Dalam waktu panjang akan membentuk pantai kembali ke profil semula.



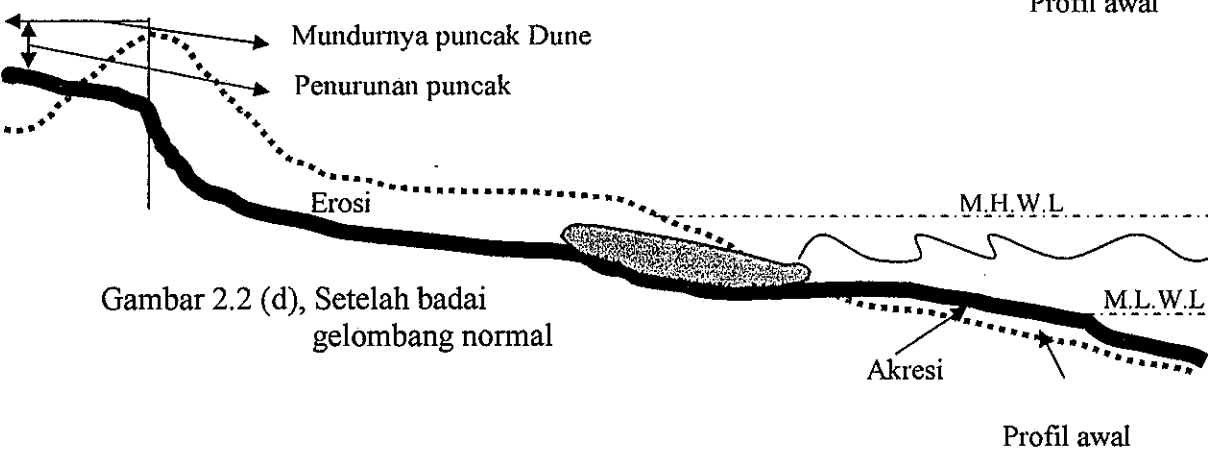
Gambar 2.2 (a), gelombang biasa



Gambar 2.2 (b), awal serangan gelombang badai



Gambar 2.2 (c), Gelombang menyerang Dune



Gambar 2.2 (d), Setelah badai gelombang normal

Gambar 2.2. Proses Pembentukan Pantai (Triatmodjo, 1999)

2.1.3. Faktor-faktor Penyebab Abrasi Pantai

Abrasi pantai dapat ditinjau dari tiga jenis komponen yang memberikan pengaruh langsung terhadap kejadian-kejadian dari abrasi pantai tersebut. Ketiga komponen tersebut adalah, gelombang yang disebabkan oleh tiupan angin, pasang surut yang diakibatkan oleh adanya gaya tarik benda-benda angkasa, dan pola arus laut akibat pengaruh pola sirkulasi arah dan kecepatan angin.

2.1.3.1 Gelombang

Gelombang angin di laut umumnya disebabkan oleh tiupan angin pada permukaan laut. Gelombang yang terbentuk pada permukaan perairan merupakan perambatan energi dalam bentuk osilasi dan undulasi. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai.

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode berbeda). Beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam. Beberapa teori yang menggambarkan derajat kekompleksan dan ketelitian tentang gelombang di alam diantaranya, *teori Airy, Stokes, Gerstner, Mich,* dan *teori Knoidal.*

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan semakin berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang (perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang) mencapai batas maksimum, gelombang akan pecah. Karakteristik gelombang setelah pecah berbeda dengan sebelum pecah. Gelombang yang telah pecah tersebut

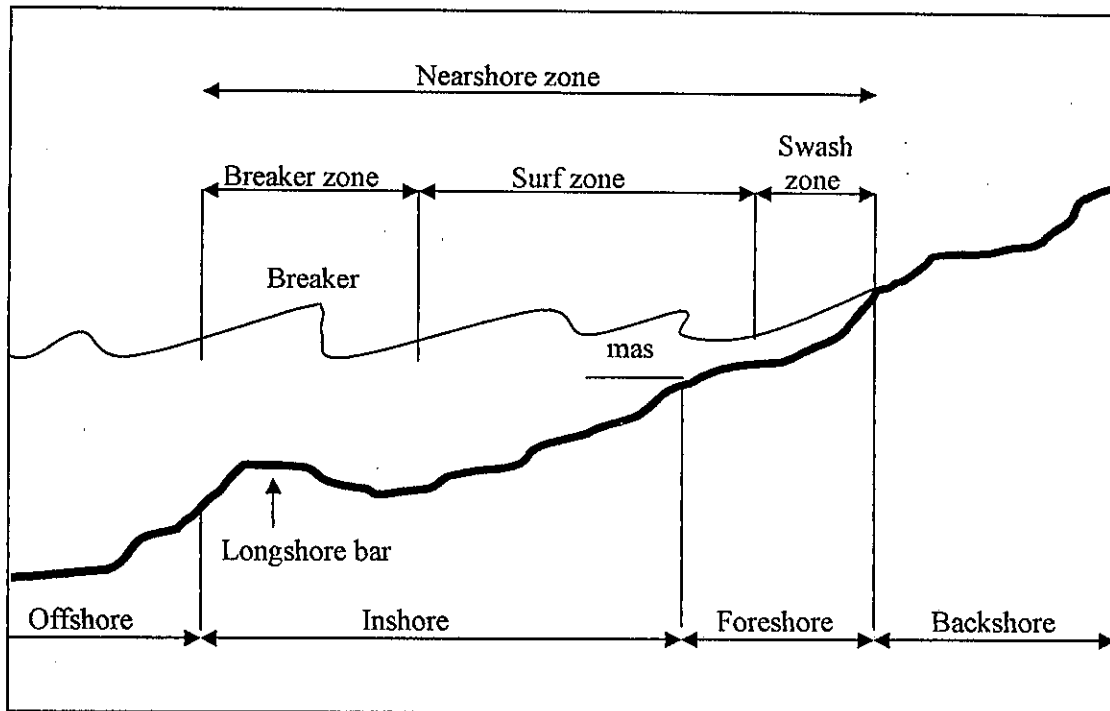
merambat terus ke arah pantai sampai akhirnya gelombang bergerak naik dan turun pada permukaan pantai (*Uprush* dan *Downrush*).

Garis gelombang pecah merupakan batas perubahan perilaku gelombang dan juga transpor sedimen pantai. Daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut disebut dengan *Offshore*, sedang daerah yang terbentang ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibedakan menjadi tiga daerah yaitu, *Breaker Zone*, *Surf Zone* dan *Swash Zone*.

- 1). *Breaker Zone* (daerah gelombang pecah) adalah daerah dimana gelombang yang datang dari laut (lepas pantai) mencapai ketidak stabilan dan pecah.
- 2). *Surf Zone* adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik turunnya gelombang di pantai. Pantai yang landai mempunyai *Surf Zone* yang lebar.
- 3). *Swash Zone* adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.

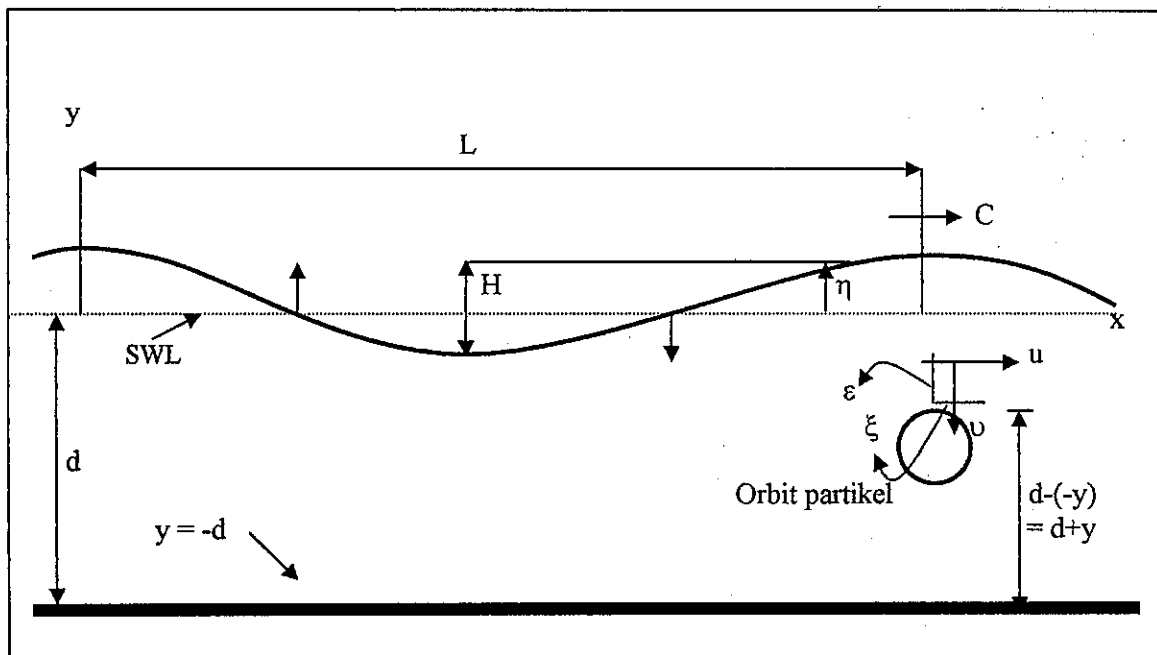
Ditinjau dari profil pantai, daerah kearah pantai dari garis gelombang pecah di bagi menjadi tiga daerah yaitu *Inshore*, *Foreshore* dan *Backshore*. Perbatasan antara *Inshore* dan *Foreshore* adalah batas antara air laut pada saat muka air rendah dan permukaan pantai.

- 1). *Inshore* adalah daerah dimana terjadinya proses mulai gelombang pecah, dan sering menyebabkan terbentuknya *Longshore Bar* (gembuk pasir yang memanjang dan kira-kira sejajar dengan garis pantai).
- 2). *Foreshore* adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat muka air rendah sampai batas atas dari *Uprush* pada saat air pasang tinggi. Profil pantai di daerah ini mempunyai kemiringan yang lebih curam dari pada profil di daerah *Inshore* dan *Backshore*.
- 3). *Backshore* adalah daerah yang dibatas oleh *Foreshore* dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tinggi.



Gambar 2.3. Karakteristik Gelombang di Daerah Pantai (Triatmodjo, 1999)

Beberapa definisi gelombang menunjukkan bahwa suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat $x - y$, dimana gelombang menjalar pada arah sumbu x .



SWL : Still Water Level (muka air diam)

Gambar 2.4. Sket Definisi Gelombang (Sorensen, 1978)

Teori gelombang amplitudo kecil dapat diturunkan dari persamaan kontinuitas untuk aliran tak rotasi (persamaan *Laplace*) yaitu :

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0, \quad \text{dimana : } u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \quad \text{dan} \quad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} \quad (2.1)$$

Kondisi batas persamaan tersebut adalah :

- Batas di dasar laut dengan kecepatan vertikal nol :

$$v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0, \quad \text{di- } y = -d \quad (2.2)$$

- Batas pada permukaan diperoleh dari persamaan *Bernaulli* dengan anggapan bahwa gelombang adalah kecil terhadap kedalaman :

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{y=0} \quad (2.3)$$

Maka penyelesaian persamaan di atas menjadi :

$$\varphi = \frac{ag \cosh k(d+y)}{\sigma \cosh kd} \sin(kx - \sigma.t) \quad (2.4)$$

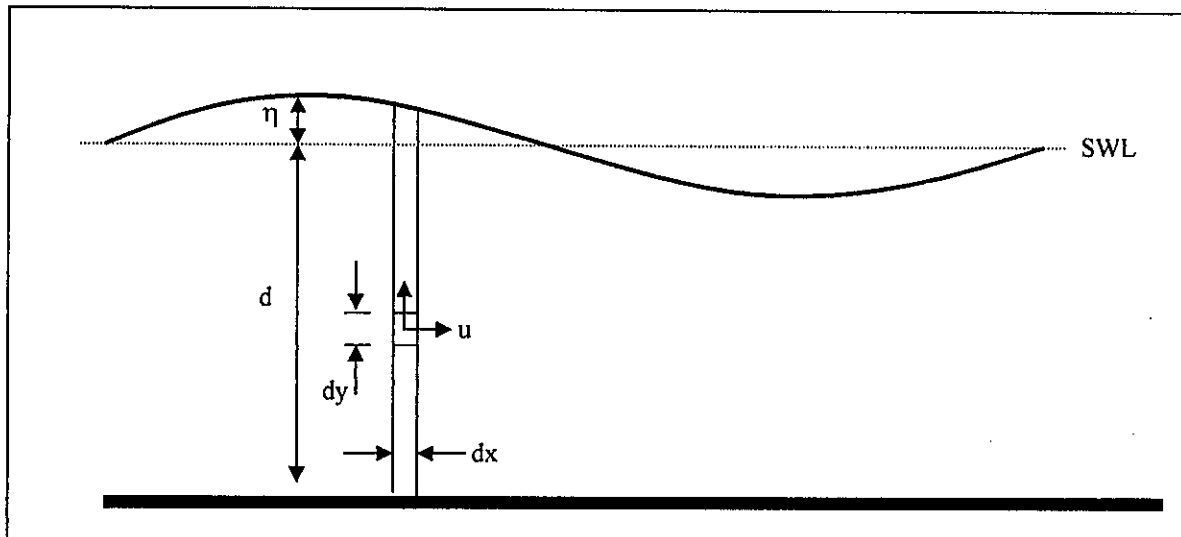
dimana :

- φ : Potensial kecepatan
- g : Kecepatan gravitasi
- σ : Frekuensi gelombang
- k : Angka gelombang
- d : Kedalaman laut
- y : Jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam
- x : Jarak horizontal
- t : Waktu

Energi total gelombang adalah jumlah dari energi kinetik dan energi potensial gelombang. Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena

adanya gerak gelombang. Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang.

Untuk teori gelombang *Airy*, jika energi potensial ditetapkan relatif terhadap muka air diam dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama, maka komponen energi potensial dan kinetik adalah sama. Untuk menurunkan persamaan energi gelombang, dipandang suatu elemen berukuran dx , dy seperti terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.5. Penurunan Energi Gelombang

Dari gambar di atas, didapat persamaan energi kinetik dan potensial adalah sama, yaitu :

$$E_k = E_p = \frac{\rho g H^2 L}{16} \quad (2.5)$$

Untuk energi total tiap satuan lebar adalah :

$$E = E_k + E_p = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (2.6)$$

Energi gelombang adalah berubah dari satu titik ke titik yang lain sepanjang satu panjang gelombang, dan energi rerata satu satuan luas adalah :

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{\rho g H^2}{8} \quad (2.7)$$

Dimana :

- ρ : Rapat massa zat cair (kg/m^3)
 g : Percepatan gravitasi (m/s^2)
 H : Tinggi gelombang ($2a$) (m)
 a : Amplitudo gelombang
 L : Panjang gelombang (m)

Tenaga (daya) gelombang adalah energi gelombang tiap satu satuan waktu yang menjalar dalam arah penjaralan gelombang. Tenaga gelombang dapat ditulis sebagai hasil kali dari gaya yang bekerja pada bidang vertikal yang tegak lurus penjaralan gelombang dengan kecepatan partikel melintasi bidang tersebut.

Untuk satu satuan lebar, tenaga gelombang rerata adalah :

$$P = \frac{nE}{T} = \frac{n\bar{E}L}{T} \quad (2.8)$$

Dimana :

- P : Daya gelombang
 T : Periode gelombang
 $n = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$

2.1.3.2 Deformasi Gelombang

Apabila suatu deretan gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses *Refraksi* dan pendangkalan gelombang (*Shoaling*), *Difraksi*, *Refleksi*, dan gelombang pecah. Kesemuanya akan menentukan tinggi gelombang dan bentuk garis puncak gelombang di suatu tempat di daerahpantai.

Refraksi terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah dimana kedalaman air lebih besar dari setengah panjang gelombang (laut dalam), gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Apabila cepat rambat gelombang berkurang dengan kedalaman, panjang gelombang juga akan berkurang secara linier. Variasi cepat rambat gelombang terjadi sepanjang garis puncak gelombang yang bergerak dengan membentuk suatu sudut terhadap garis kedalaman laut, karena bagian dari gelombang di laut dalam bergerak lebih cepat dari pada bagian di laut yang lebih dangkal. Variasi tersebut menyebabkan puncak gelombang membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut.

Persamaan cepat rambat gelombang karena pengaruh refraksi (di laut transisi) adalah :

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (2.9)$$

Di laut dalam, di mana cepat rambat gelombang tidak tergantung pada kedalaman, jadi di laut dalam gelombang tidak mengalami *Refraksi*, persamaan menjadi :

$$C_0^2 = \frac{gL}{2\pi} \quad (2.10)$$

Di laut dangkal cepat rambat gelombang adalah :

$$C = \sqrt{gd} \quad (2.11)$$

Untuk perhitungan tinggi gelombang yang dipengaruhi pendangkalan (*Shoaling*) dan *Refraksi* digunakan persamaan :

$$H = K_s K_r H_0 \quad \longrightarrow \quad K_s = \frac{H}{H_0} \quad (2.12)$$

Maka :

$$H = \frac{H}{H_0} K_r H_0 \quad \longrightarrow \quad H_0 = K_r H_0 \quad (2.13)$$

K_s : koefisien pendangkalan

K_r : koefisien *Refraksi*

Difraksi terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar dari pada titik di dekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil. *Defraksi* terjadi apabila suatu deretan gelombang tehalang oleh rintangan seperti pemecah gelombang atau suatu pulau, akibatnya gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya.

Dalam *Difraksi* gelombang ini terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Transfer energi ke arah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut, garis puncak gelombang di belakang rintangan membelok dan mempunyai bentuk busur lingkaran dengan pusatnya pada ujung rintangan.

Persamaan *Difraksi* gelombang adalah :

$$H_A = K' H_P \quad (2.14)$$

dengan,

$$K' = f(\theta, \beta, r/L)$$

Dimana :

H_A : Tinggi gelombang pada titik A (titik yang ditinjau di belakang rintangan)

K' : Koefisien *Difraksi*

H_P : Tinggi gelombang pada titik P (pada ujung pemecah gelombang)

θ : Sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan

β : Sudut antara rintangan dengan garis yang menghubungkan titik dan ujung rintangan

Nilai K' untuk θ , β dan r/L tertentu terdapat pada tabel yang didasarkan pada penyelesaian matematis untuk *Difraksi* cahaya (*Panny and Price*, 1952; dalam *Sorensen*, 1978).

Refleksi gelombang adalah gelombang datang yang mengenai/ membentur suatu rintangan (pantai atau bangunan pantai), akan dipantulkan kembali sebagian atau seluruhnya. Besar kecilnya gelombang yang dipantulkan tergantung pada bentuk dan jenis rintangan. Suatu bangunan tegak dan *impermeable* akan memantulkan gelombang lebih besar dari pada bangunan miring dan *permeabel*.

Besar kemampuan suatu rintangan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien *Refleksi*, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang *Refleksi* dan tinggi gelombang datang.

$$X = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.15)$$

Dimana :

X : Koefisien *Refleksi*

H_r : Tinggi gelombang *Refleksi*

H_i : Tinggi gelombang datang

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang, gelombang dari laut dalam yang bergerak menuju pantai akan bertambah kemiringannya sampai akhirnya tidak stabil dan pecah pada kedalaman tertentu. Jadi gelombang pecah dipengaruhi oleh kemiringannya yaitu perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang. Kedalaman gelombang pecah diberi notasi d_b sedangkan tinggi gelombang pecah diberi notasi H_b .

Untuk mengetahui besarnya H_b dan d_b digunakan grafik penentuan tinggi gelombang pecah dan grafik penentuan gelombang pecah, dengan faktor kemiringan m . Selanjutnya dicari hubungan antara :

$$\frac{H_0'}{gT^2} \longrightarrow \frac{H_b}{H_0'} \quad ; \text{ untuk tinggi gelombang pecah} \quad (2.16)$$

$$\frac{H_b}{gT^2} \rightarrow \frac{d_b}{H_b} \quad ; \text{ untuk kedalaman gelombang pecah} \quad (2.17)$$

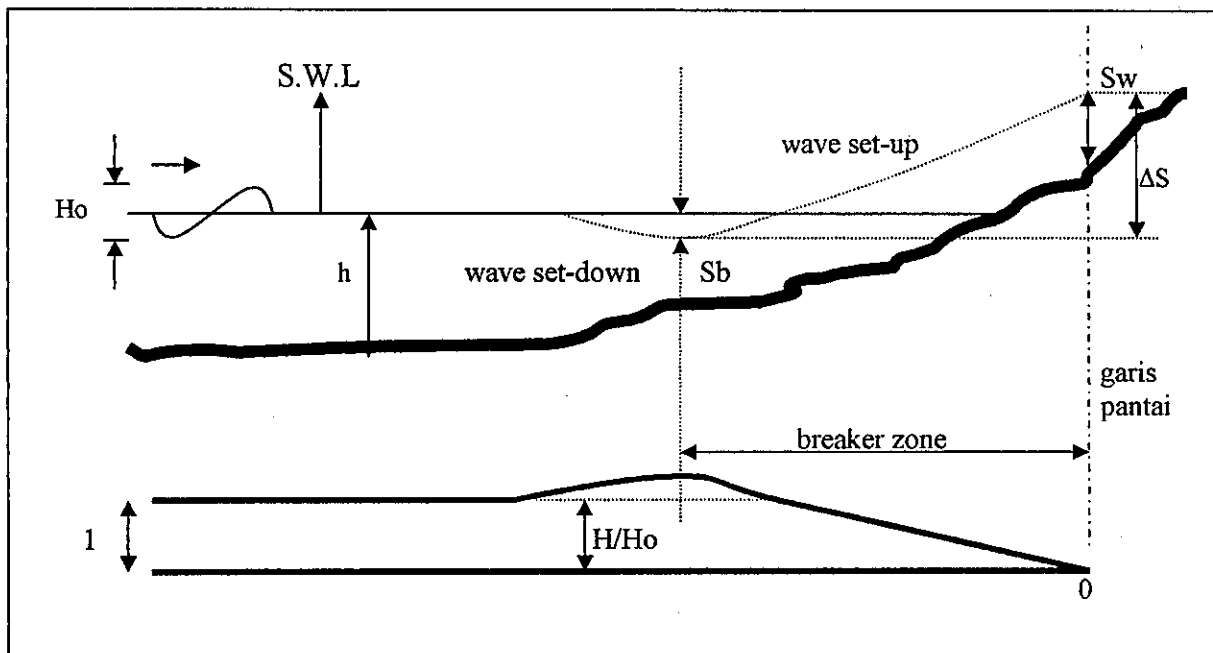
Dimana :

- H_0 : tinggi gelombang di laut dalam apabila tidak mengalami Refraksi
- g : 9,81 m/det
- T : periode gelombang (det)

2.1.3.3 Fluktuasi Muka Air laut

Wave Set-up dan Wave Set-down

Gelombang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Pada waktu gelombang pecah akan terjadi penurunan elevasi muka air rerata terhadap elevasi muka air diam di sekitar lokasi gelombang pecah. Kemudian dari titik dimana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai. Turunnya muka air tersebut dikenal dengan *Wave Set-down*, sedang naiknya muka air disebut *Wave Set-up*.



Gambar 2.6. Wave Set-up dan Set-down

Kedalaman air minimum di lokasi gelombang pecah pada saat *Wave Set-down* adalah d_b . Perbedaan elevasi muka air rerata dan muka air diam di titik tersebut adalah S_b . Setelah itu muka air naik dan memotong garis pantai, perbedaan elevasi muka air antara kedua titik adalah *Wave Set-up* antara daerah gelombang pecah dan pantai yang diberi notasi ΔS . *Wave Set-up* terhadap muka air diam S_w adalah perbedaan antara ΔS dan S_b .

Wave Set-up di pantai dapat dihitung dengan menggunakan teori *Longuet-Higgins* dan *Stewart* (1963, dalam *CERC*, 1984). Besar *Wave Set-down* di daerah gelombang pecah adalah:

$$S_b = -\frac{0,536H_b^{2/3}}{g^{1/2}T} \quad (2.18)$$

Wave Set-up di pantai diberikan dalam bentuk :

$$S_w = \Delta S - S_b \quad (2.19)$$

Longuet-Higgins dan *Stewart* melakukan analisa data hasil percobaan yang dilakukan oleh *Saville* (1961, dalam *SPM*, 1984) dan hasilnya adalah :

$$\Delta S = 0,15d_b, \text{ dengan menganggap bahwa } d_b = 1,28H_b$$

Maka besarnya *Wave Set-up* adalah :

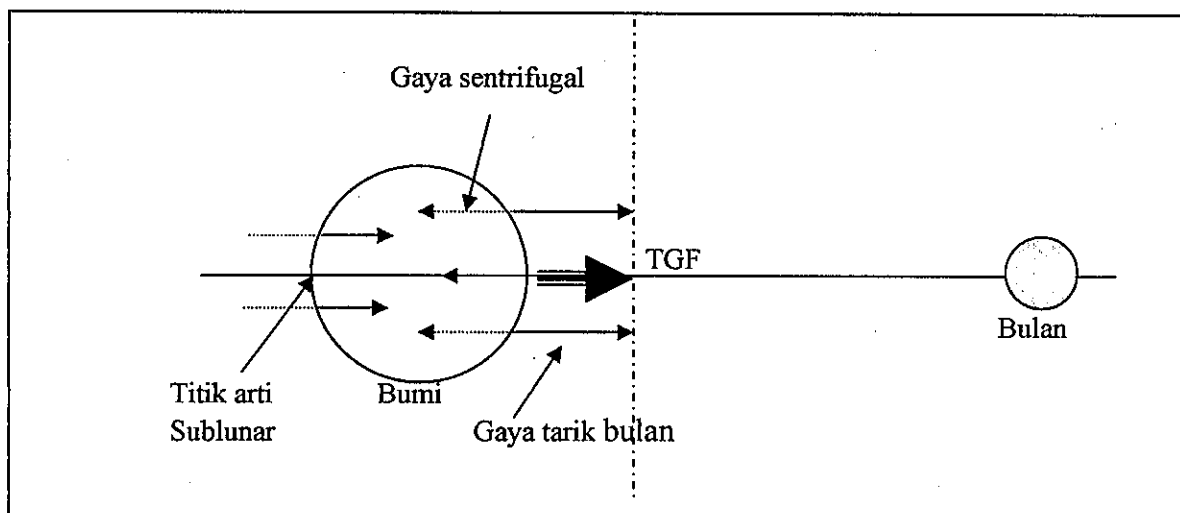
$$S_w = 0,19 \left(1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right) H_b \quad (2.20)$$

Dimana :

- S_b : *Set-down* di daerah gelombang pecah
- T : Periode gelombang
- H_0' : Tinggi gelombang laut dalam ekivalen
- d_b : Kedalaman gelombang pecah
- g : Percepatan gravitasi

Pasang Surut (pasut)

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya gaya tarik benda-benda dilangit, terutama matahari dan bulan terhadap massa air laut di bumi. Meskipun massa bulan jauh lebih kecil dari massa matahari, tetapi karena jaraknya terhadap bumi jauh lebih dekat maka pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar dari pada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar dari pada gaya tarik matahari.



Gambar 2.7. Distribusi Gaya Pembangkit Pasang Surut Sistem Bumi Bulan

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit, yang tergantung pada tipe pasang surut.

Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut, yang mengangkut massa air dalam jumlah sangat besar. Arus pasang terjadi pada waktu periode pasang dan arus surut terjadi pada periode air surut. Titik balik (*slack*) adalah saat dimana arus berbalik antara arus pasang dan arus surut. Titik balik ini bisa terjadi pada saat muka air tertinggi dan muka air terendah, pada saat tersebut kecepatan arus adalah nol.

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama, di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu :

- 1). Pasang surut harian ganda (*Semidiurnal Tide*), dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.
- 2). Pasang surut harian tunggal (*Diurnal Tide*), dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.
- 3). Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*Mixed Tide Prevailing Semidiurnal*), dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut tetapi tinggi dan periodenya berbeda.
- 4). Pasang surut campuran condong ke harian tunggal (*Mixed Tide Prevailing Diurnal*), dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Jenis lainnya yaitu pasang surut purnama dan perbani, proses kejadian ini terjadi karena gaya tarik bulan dan matahari yang semula berbentuk bola berubah menjadi ellips. Karena peredaran bumi dan bulan pada orbitnya, maka posisi bumi, bulan dan matahari selalu berubah setiap saat. Revolusi bulan terhadap bumi ditempuh dalam waktu 29,5 hari, pada setiap sekitar tanggal 1 dan 15 (bulan purnama) posisi bumi, bulan dan matahari kira-kira berada pada satu garis lurus sehingga gaya tarik bulan matahari terhadap bumi saling memperkuat. Dalam keadaan ini terjadi pasang surut purnama (pasang besar, *Spring Tide*).

Pada sekitar tanggal 7 dan 21 (seperempat dan tiga perempat revolusi bulan terhadap bumi dimana bulan dan matahari membentuk sudut siku-siku terhadap bumi, maka gaya tarik

bulan terhadap bumi saling mengurangi. Dalam keadaan ini terjadi pasang surut perbani (pasang kecil, *Neap Tide*), dimana tinggi pasang surut kecil dibandingkan dengan hari-hari yang lain.

Pemanasan Global

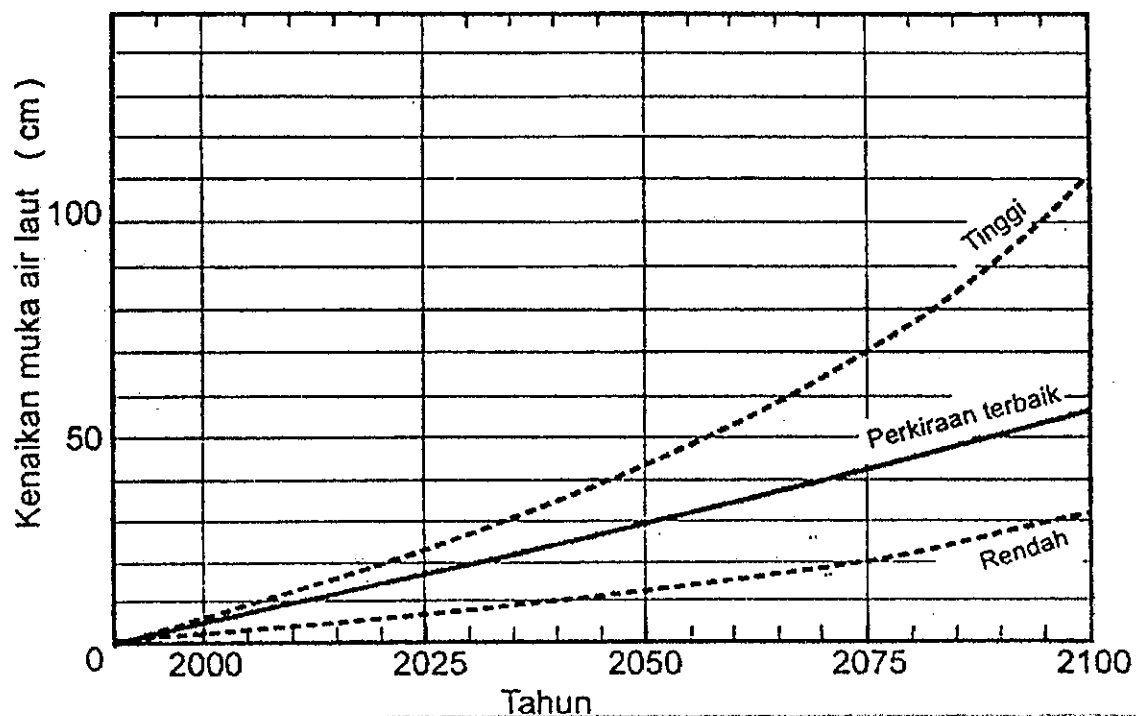
Pemanasan global disebabkan karena efek rumah kaca (*Green House Effect*) yang menyebabkan bumi panas. Disebut efek rumah kaca karena kemiripannya dengan apa yang terjadi dalam sebuah laboratorium rumah kaca ketika matahari bersinar, sinar matahari yang masuk melalui atap dan dinding kaca menghangatkan ruangan di dalam sehingga suhu menjadi lebih tinggi dari pada di luar. Hal ini disebabkan kaca menghambat sebagian panas untuk keluar dengan kata lain rumah kaca berfungsi sebagai perangkap panas.

Di bumi, efek rumah kaca dihasilkan gas-gas tertentu (uap air dan karbon dioksida) dalam jumlah kecil yang ada di atmosfer. Gas-gas tersebut di sebut gas rumah kaca. Titik air dan es dalam awan serta partikel-partikel kecil lain di atmosfer ini menangkap panas, sehingga efek rumah kaca alami ini memberi bumi sebuah iklim dimana tumbuhan, hewan dan manusia dapat hidup. Namun belakangan jumlah gas rumah kaca dalam atmosfer meningkat secara berangsur-angsur akibat dari kegiatan manusia.

Kegiatan manusia yang meningkatkan jumlah gas rumah kaca di atmosfer dapat mengakibatkan naiknya suhu bumi. Peningkatan suhu bumi tersebut dapat menimbulkan dampak bagi kehidupan. Suhu yang lebih tinggi dan penguapan lebih besar mengakibatkan curah hujan cenderung meningkat sehingga dapat mengakibatkan banjir. Dampak lainnya adalah peningkatan tinggi permukaan laut yang disebabkan oleh pemuaiannya air laut dan mencairnya gunung-gunung es di kutub. Kenaikan air laut tersebut menyebabkan mundurnya garis pantai sehingga menggusur daerah pemukiman dan mengancam daerah perkotaan yang rendah, membanjiri lahan produktif dan mencemari persediaan air tawar.

Untuk menanggulangi akibat dari pemanasan global idealnya adalah dengan mengurangi ancaman pemanasan global secara menyeluruh dengan mengurangi konsentrasi gas-gas rumah kaca.

Di dalam perencanaan fluktuasi permukaan air laut akibat pemanasan global dapat dihitung berdasarkan grafik perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai 2100, yang disertai perkiraan batas atas dan bawah seperti pada gambar 2.8 sebagai berikut :



Gambar 2.8. Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global

Elevasi Muka Air laut Rencana

Elevasi muka air rencana dapat ditetapkan berdasarkan elevasi dari : data pasang surut, *Wave Set-up*, pemanasan global dengan berdasarkan beberapa istilah untuk masing-masing keperluan data sebagai berikut :

- 1) Muka air tinggi (*High Water Level, HWL*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.

- 2) Muka air rendah (*Low Water Level, LWL*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
- 3) Muka air tinggi rerata (*Mean High Water Level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi.
- 4) Muka air rendah rerata (*Mean Low Water Level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah.
- 5) Muka air laut rerata (*Mean Sea Level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
- 6) Muka air tinggi tertinggi (*Highest Higt Water Level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- 7) Air rendah terendah (*Lowest Low Water Level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

Maka berdasarkan faktor elevasi di atas elevasi muka air rencana ditetapkan :

- Berdasar *MHWL*

$$DWL = MHWL + S_w + SLR$$

- Berdasar *MLWL*

$$DWL = LWL + S_w$$

2.1.3.4 Statistik dan Peramalan Gelombang

Statistik dan peramalan gelombang dimaksudkan mentransformasikan data angin yang biasanya diambil selama 15 sampai 20 tahun pencatatan menjadi data gelombang. Ini dikarenakan pencatatan gelombang di Indonesia belum banyak dilakukan karena peralatan yang kurang mendukung. Mengingat kurangnya data gelombang yang diperlukan maka untuk keperluan data gelombang dilakukan peramalan gelombang berdasarkan data angin, karena pencatatan angin lebih mudah dan murah.

Di dalam memprediksi gelombang berdasarkan data angin digunakan prediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu dengan metode distribusi *Gumbel* (*Fisher-Tippett type I*) dengan bentuk sebagai berikut :

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,44}{N_T + 0,12} \quad (2.21)$$

Dimana :

$P(H_s \leq H_{sm})$: probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m

m : nomor urut tinggi gelombang signifikan

N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Selanjutnya hitungan didasarkan pada analisis regresi linier dengan parameter A dan B, yaitu :

$$H_m = \hat{A}y_m + \hat{B} \quad (2.22)$$

Dimana :

$$y_m = -\ln[-\ln F(H_s \leq H_{sm})] \quad (2.23)$$

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} \quad (2.24)$$

$$\hat{B} = \overline{H_{sm}} - \hat{A} \overline{y_m} \quad (2.25)$$

Dari regresi linear di atas tentukan tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dengan persamaan sebagai berikut :

$$H_{sr} = \hat{A}y_r + \hat{B} \quad (2.26)$$

Dimana :

$$y_r = -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{LT_r} \right) \right] \quad (2.27)$$

H_{sr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : periode ulang (tahun)

L : rerata jumlah kejadian per tahun

$$L = \frac{N_T}{K}, \quad \text{dimana : } K \text{ adalah panjang data (tahun)}$$

Dengan interval keyakinan :

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[1 + \alpha (y_r - c + \varepsilon \ln v)^2 \right]^{1/2} \quad (2.28)$$

Dimana :

σ_{nr} : standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

N : jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1,3} + k \sqrt{-\ln v}} \quad (2.29)$$

$\alpha_1, \alpha_2, c, \varepsilon, k$ adalah koefisien empiris

$$v = \frac{N}{N_T}$$

Besaran absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{Hs} \quad (2.30)$$

Dimana :

σ_r : kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

σ_{Hs} : deviasi standar dari data tinggi gelombang signifikan

$$\sigma_{Hs} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \overline{H_{sm}})^2 \right]^{1/2} \quad (2.31)$$

2.1.3.5 Arus Sepanjang Pantai (*Longshore Current*)

Gelombang yang menjalar menuju pantai membawa massa air dan momentum dalam arah penjalaran gelombang. Transpor massa dan momentum tersebut menimbulkan arus di daerah dekat pantai. Di beberapa daerah yang dilintasinya, perilaku gelombang dan arus yang ditimbulkannya berbeda. Daerah yang dilintasi gelombang tersebut adalah *Offshore Zone*, *Surf Zone* dan *Swash Zone*. Di daerah lepas pantai (*Offshore Zone*) yaitu daerah yang terbentang dari lokasi gelombang pecah ke arah laut, gelombang menimbulkan gerak orbit partikel air. Orbit lintasan partikel tidak tertutup sehingga menimbulkan transpor massa air, yang dapat disertai dengan terangkutnya sedimen dasar dalam arah menuju pantai (*Onshore*) dan meninggalkan pantai (*Offshore*). Di *Surf Zone*, yaitu daerah antara gelombang pecah dan garis pantai ditandai dengan gelombang pecah dan penjalaran gelombang setelah pecah ke arah pantai.

Gelombang pecah menimbulkan arus dan turbulensi yang sangat besar yang dapat menggerakkan sedimen dasar. Di *Swash Zone*, gelombang yang sampai di garis pantai menyebabkan massa air bergerak ke atas dan kemudian turun kembali pada permukaan pantai. Gerak massa air tersebut disertai dengan terangkutnya sedimen.

Karakteristik gelombang di *Surf Zone* dan *Swash Zone* adalah yang paling penting di dalam analisis proses pantai. Arus yang terjadi di daerah tersebut sangat tergantung pada arah datang gelombang. Apabila garis puncak gelombang sejajar dengan garis pantai, maka akan terjadi arus dominan di pantai berupa sirkulasi sel dengan *Rip Current* yang menuju ke laut. Kejadian ekstrim lainnya terjadi apabila gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap

garis pantai yang menimbulkan arus sejajar pantai di sepanjang pantai, sedang yang biasanya terjadi adalah kombinasi dari kedua kondisi tersebut.

Sirkulasi sel dengan *Rip Current* karena adanya variasi sepanjang pantai dari tinggi gelombang pecah. Gelombang pecah pada pantai yang miring akan menyebabkan terjadinya kenaikan gelombang (*Wave Set-up*) di pantai, yang menaikkan elevasi muka air di atas elevasi muka air diam. Kenaikan gelombang yang tidak sama menyebabkan kemiringan muka air di sepanjang pantai, yang dapat menimbulkan aliran air sepanjang pantai menuju ke tempat dengan muka air yang lebih rendah. Tempat ini merupakan pertemuan arus sepanjang pantai yang berasal dari sebelah kiri dan kanannya. Massa air yang menuju ke tempat tersebut dibelokkan kembali ke arah laut yang membentuk arus yang dikenal dengan *Rip Current*.

Arus sepanjang pantai (*Longshore Current*) dapat juga ditimbulkan oleh gelombang yang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai. Arus ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Parameter terpenting di dalam menentukan kecepatan arus sepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah.

Arus sepanjang pantai yang ditimbulkan oleh gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai dibangkitkan oleh momentum yang dibawa oleh gelombang. *Longuet-Higgins* (dalam *Komar*, 1985) menurunkan rumus untuk menghitung arus sepanjang pantai sebagai berikut :

$$V = 1,17(gH_b)^{1/2} \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (2.32)$$

Dimana :

- V : Kecepatan arus sejajar pantai
- g : Percepatan gravitasi
- H_b : Tinggi gelombang pecah
- α_b : Sudut datang gelombang pecah

2.1.3.6 Transpor Sedimen Pantai (*Sediment Transport*)

Fenomena yang terjadi dari proses abrasi adalah adanya transpor sedimen pantai. Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya, terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Transpor sedimen pantai dapat diklasifikasikan menjadi transpor menuju dan meninggalkan pantai (*Onshore-Offshore Transport*) dan transpor sepanjang pantai (*Longshore Transport*). Transpor menuju dan meninggalkan pantai mempunyai arah rata-rata tegak lurus garis pantai, sedang transpor sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai.

Untuk angkutan sedimen menuju-meninggalkan pantai, *Watanabe dkk* (1980, dalam *watanabe*, 1983) merumuskan persamaan laju transpor netto ke arah pantai maupun ke arah laut dalam satu periode gelombang, adalah :

$$\Phi = 7(\Psi_m - \Psi_{mc})\Psi_m^{1/2} \quad (2.33)$$

Dimana :

Φ : Laju transpor netto

Ψ_{mc} : Parameter *Shields* kritis untuk gerak aktif sedimen ($\Psi_{mc} = 0,11$)

$$\Psi_m = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho)gD}$$

Ψ_m : Parameter *Shields*

τ_b : Tegangan geser dasar

ρ_s : Rapat massa partikel

ρ : Rapat massa air

g : Percepatan gravitasi

D : Diameter partikel

Transpor sedimen sepanjang pantai terdiri dari dua komponen utama, yaitu komponen pertama adalah transpor sedimen dalam bentuk gergaji di garis pantai dan transpor sepanjang pantai di *Surf zone*. Pada waktu gelombang menuju pantai dengan membentuk sudut terhadap garis pantai maka gelombang tersebut akan naik ke pantai (*Uprush*) yang juga membentuk sudut. Massa air yang naik tersebut kemudian turun lagi dalam arah tegak lurus pantai seperti gergaji. Komponen kedua adalah transpor sedimen yang ditimbulkan oleh arus sepanjang pantai yang dibangkitkan oleh gelombang pecah. Transpor sedimen ini terjadi di *Surf zone*.

Transpor sedimen sepanjang pantai banyak menyebabkan permasalahan seperti pendangkalan di pelabuhan, erosi pantai dan sebagainya. Oleh karena itu prediksi transpor sepanjang pantai adalah sangat penting. Beberapa cara yang biasanya digunakan untuk memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai adalah sebagai berikut :

- 1). Cara terbaik untuk memperkirakan transpor sedimen sejajar pantai pada suatu tempat adalah mengukur debit sedimen di lokasi yang ditinjau.
- 2). Peta atau pengukuran yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam suatu periode tertentu dapat memberikan petunjuk tentang angkutan sedimen.
- 3). Rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau.

Cara memprediksi transpor sedimen sepanjang pantai dengan menggunakan rumus empiris yaitu rumus yang dikembangkan berdasar data pengukuran model prototip pada pantai berpasir. Sebagian rumus-rumus tersebut merupakan hubungan yang sederhana antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai, yaitu :

$$Q_s = KP_1^n \quad (2.34)$$

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \quad (2.35)$$

Dimana :

Q_s : Angkutan sedimen sepanjang pantai ($m^3/hari$)

- P_1 : Komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai pada saat pecah (Nm/d/m)
 ρ : Rapat massa air laut (kg/m^3)
 H_b : Tinggi gelombang pecah (m)
 C_b : Cepat rambat gelombang pecah ($\text{m/d} = \sqrt{gd_b}$)
 α_b : Sudut datang gelombang pecah
 K, n : Konstanta

2.2. Originalitas Penelitian

Kerusakan wilayah pesisir dan pantai di Propinsi Bengkulu sebagaimana hasil pengamatan dari *Sulistyo dkk* (1994), menunjukkan bahwa laju abrasi rata-rata sejauh 3,82 m/tahun pada bagian pantai tertentu dan penambahan luas pantai di bagian lainnya oleh akibat sedimentasi.

Penyebab utama dari permasalahan tersebut dikarenakan wilayah pesisir di Propinsi Bengkulu yang merupakan bagian dari Samudera India, dan terbuka terhadap lautan bebas dengan lereng dasar perairan yang relatif dangkal. Sehingga pengaruh abrasi pantai begitu dominan dalam menyumbangkan kerusakan pada wilayah pesisir dan pantai di Propinsi Bengkulu, terutama pengaruh gelombang laut yang diakibatkan angin, kejadian pasang surut (pasut) serta pergerakan arus atau pola arus air laut.

Penanganan-penanganan yang dilakukan Pemerintah Propinsi Bengkulu telah banyak dilaksanakan dengan membangun bangunan-bangunan pengaman pantai serta studi-studi tentang wilayah pesisir di Propinsi Bengkulu. Untuk itu dalam rangka menambah informasi tentang penelitian kerusakan wilayah pesisir dan pantai di Propinsi Bengkulu, terutama yang disebabkan oleh abrasi pantai, perlu adanya analisis tentang kejadian abrasi pantai tersebut. Sehingga akan menambah wawasan tentang kejadian abrasi pantai yang menyebabkan kerusakan wilayah pesisir dan pantai serta dapat secara akurat ditentukan alternatif penanggulangannya.

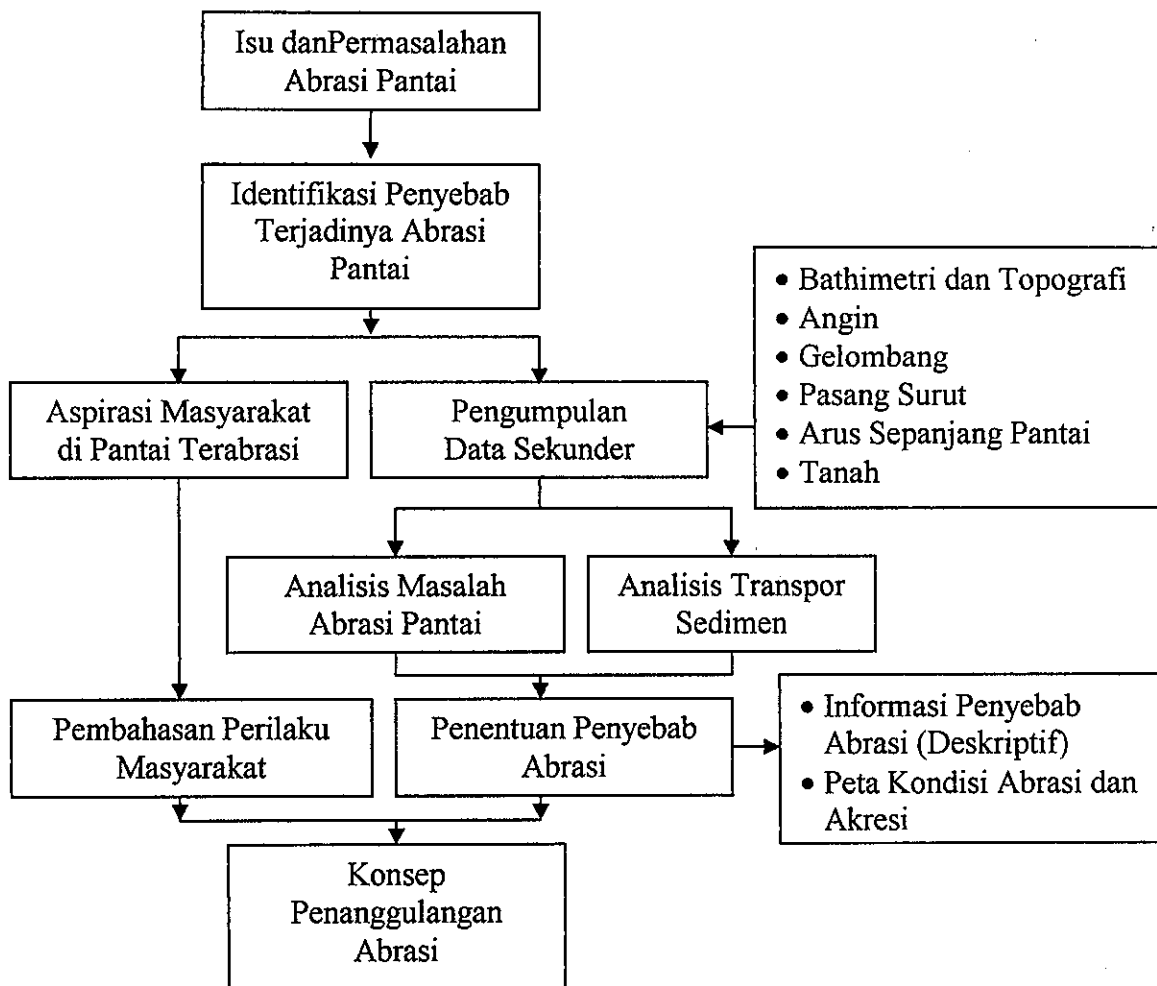
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Rancangan Penelitian/ Perspektif Pendekatan Penelitian

Penelitian tentang analisis penyebab terjadinya abrasi pantai ini, bertujuan melakukan penelitian terhadap proses abrasi pantai yang terjadi pada wilayah pesisir Kota Bengkulu. Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu pengumpulan data, analisis data dan penentuan penyebab abrasi sebagai hasil penelitian.

Untuk mendapatkan hasil yang baik dan terarah maka dibuat bagan alir rencana penelitian yang dilakukan, sebagai berikut :



Gambar 3.1. Bagan Alir Rencana Penelitian

3.1.1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data sekunder, baik yang berkaitan langsung dengan penelitian maupun sebagai data penunjang dalam menyelesaikan penelitian yang dilakukan.

Data yang diperoleh melalui kegiatan survei dalam bentuk pengamatan, pengukuran, penyelidikan atau pengujian sampel yang meliputi pengukuran bathimetri dan topografi, pasang surut, arus dan tanah. Data sekunder pada dasarnya merupakan data yang ada, baik berupa laporan maupun peta-peta dari hasil studi atau pengamatan terdahulu, yang meliputi data angin, gelombang dan pengukuran-pengukuran lain yang diperlukan. Data sekunder juga dikumpulkan melalui studi pustaka dan penelaahan laporan-laporan yang diperoleh dari instansi-instansi atau lembaga-lembaga terkait.

Bathimetri dan Topografi

Peta bathimetri diperlukan untuk mengetahui keadaan kedalaman laut di sekitar lokasi penelitian. Peta ini digunakan untuk mengetahui kondisi gelombang di lokasi penelitian. Data bathimetri diperoleh dengan :

- a). Penggunaan data sekunder yang diperoleh dari peta laut yang diterbitkan oleh Dinas Hidrooseanografi TNI-AL atau Bakosurtanal.
- b). Pengukuran kedalaman dasar laut yang menggunakan echo sounder, kecuali untuk pengukuran daerah yang dangkal dekat pantai dimana kedalamannya kurang dari 15 meter dapat digunakan tongkat sounding atau bandul sounding. Penggunaan perahu motor dapat membantu pengukuran kedalaman dasar laut dengan bandul sounding. Posisi perahu motor dideteksi dengan theodolit. Elevasi muka air laut saat sounding diukur, menggunakan titik referensi BM pada patok yang telah ditetapkan.

Angin

Data angin diperlukan untuk peramalan tinggi dan periode gelombang. Data angin diperoleh dari beberapa instansi terkait yaitu Lapangan Terbang Fatmawati Soekarno Bengkulu dan Badan Meteorologi dan Geofisika Pulau Baii Bengkulu.

Arah dan kecepatan angin tergantung pada musim, data angin jam-jaman akan dapat diketahui kecepatan angin tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian. Kecepatan angin biasanya dicatat untuk harga-harga ekstrim saja. Kecepatan angin ekstrim hanya terjadi dalam periode waktu yang pendek dan biasanya kurang dari dua menit. Oleh karena itu, pengukuran kecepatan angin ekstrim yang hanya terjadi pada waktu singkat tersebut tidak digunakan sebagai kecepatan angin di dalam pembangkitan gelombang. Data kecepatan angin tersebut harus dimodifikasi menjadi kecepatan rata-rata dalam 10, 25, dan 50 menit atau sesuai keperluan.

Gelombang

Gelombang merupakan salah satu komponen oseanografi yang sangat penting dalam proses abrasi maupun akresi di pantai. Informasi tentang gelombang diperlukan untuk mengetahui arah dan besar energi yang dihempaskan ke pantai. Data tentang gelombang dapat diperoleh melalui proses :

- a). Data gelombang dan karakteristiknya diperoleh dari data primer sejauh berbagai kendala dalam pengumpulan data dapat diatasi. Pengumpulan data gelombang secara primer meliputi, tinggi atau periode gelombang saat pecah (H_b) diukur dengan papan berskala, secara visual tanda saat puncak dan lembah gelombang lewat pada papan berskala akan dicatat sebagai tinggi gelombang. Periode gelombang (T) dicatat dengan menggunakan *stop watch* yaitu waktu yang diperlukan oleh dua puncak gelombang berurutan. Arah atau sudut gelombang saat pecah dengan garis pantai diukur dengan suatu kotak pandang (*view box*) dari

suatu ketinggian. Garis muka gelombang digambarkan relatif terhadap garis pantai adalah sudut gelombang pecah (α_b).

- b). Jika pengumpulan data primer mengalami kendala atau kurang lengkap, maka data gelombang diperoleh dari data sekunder. Data tersebut didapat dari instansi terkait, seperti Dishidros-AL dan Badan Meteorologi dan Geofisika Pulau Baii Bengkulu. Selanjutnya data tersebut dianalisis untuk mendapatkan periode, panjang dan arah gelombang.
- c). Jika data sekunder tersebut tidak diperoleh, dilakukan proses transformasi dari data angin (kecepatan angin, lamanya angin bertiup, dan luas daerah dimana angin bertiup) menjadi data gelombang (arah, tinggi, dan periode gelombang).

Pasang Surut (pasut)

Pasang surut mempengaruhi arus dan sirkulasi perairan, terutama di perairan semi tertutup seperti selat atau teluk. Pengetahuan tentang tipe pasang surut (pasut) diperlukan untuk kegiatan pengembangan pantai maupun pengelolaan lingkungan serta diperlukan untuk menentukan elevasi muka air rencana.

Prosedur pengukuran dan perolehan data pasang surut adalah sebagai berikut :

- a). Data pasang surut diperoleh dari instansi yang melakukan pengukuran pasang surut (berupa data sekunder). Instansi yang melakukan pengukuran pasang surut seperti Dishidros-AL, Bakosurtanal dan Syahbandar.
- b). Jika data sekunder tidak diperoleh, pengukuran pasang surut dilakukan dengan mengukur perubahan permukaan laut secara berkala (satu jam sekali) dengan menggunakan alat pengukur pasang surut seperti *tide gauge* atau palem pasut (*tide pole*). Alat *tide gauge* bekerja secara otomatis, sedangkan palem pasut dilakukan secara tradisional dengan melakukan pengamatan tiap jam selama jangka waktu tertentu. Data pengukuran tinggi muka air setiap jam selama satu bulan akan

diplotkan dalam grafik pasang surut atau menggunakan program *excel for windows*. Fluktuasi pasang surut ini akan menggambarkan tipe pasang surut dan selisih pasang tertinggi dan surut terendah akan menghasilkan nilai *tidal range* (tunggang pasang) pada lokasi pengamatan.

Arus

Arus laut erat kaitannya dengan sirkulasi massa air di suatu kawasan perairan. Pengetahuan tentang sirkulasi massa air di perairan yang diamati sangat berguna dalam memperkirakan arah, lama dan sebaran dari materi yang terbawa oleh massa air tersebut.

Proses perolehan data adalah dengan melalui cara-cara sebagai berikut :

- a). Arus laut (arah dan kecepatan) diukur menggunakan alat pengukur arus (current meter). Alat pengukur arus ini diletakkan di dalam suatu tempat (titik) yang tetap, bila memiliki waktu yang cukup alat pengukur arus ini diletakkan di dalam air pada kedalaman tertentu untuk waktu tertentu. Kecepatan dan arah arus akan terekam secara otomatis oleh alat pengukurnya.
- b). Kecepatan arus menyusur pantai diukur dengan metode *lagrangian* dengan menggunakan *floating drogue* dan *stop watch*.
- c). Data sekunder tentang arus laut juga dikumpulkan dari berbagai sumber.

Tanah

Penyelidikan tanah diperlukan untuk mengetahui geologi kondisi tanah, guna memberikan keterangan tentang keadaan tanah atau batuan pada daerah penelitian. Sebagai penyelidikan pendahuluan dilakukan survey lapangan, dan kemudian diperiksa di laboratorium.

Pemeriksaan laboratorium dimaksudkan untuk mendapatkan data sifat-sifat tanah dari contoh tanah yang diambil dari pengeboran saat penyelidikan lapangan. Sifat-sifat mekanika

tanah tersebut diperlukan untuk perhitungan kuat geser tanah, tekanan tanah daya dukung tanah stabilitas tanah dan penurunannya. Sehingga dapat diketahui kekuatan dari lapisan tanah tersebut dalam rangka menahan laju abrasi dan laju transpor dari proses sedimentasi.

Metode penyelidikan tanah menggunakan metode undrained test (percobaan tertutup), consolidated undrained test (percobaan tertutup dan dikonsolidasikan) dan drained test (percobaan terbuka). Dari hasil percobaan consolidated undrained test dan percobaan drained test didapat nilai kohesi tanah efektif (c') dan sudut geser efektif, sedangkan nilai tegangan total pada bidang geser dapat diketahui dari tiga percobaan tersebut di atas.

Aspirasi Masyarakat

Masyarakat wilayah pesisir terutama yang berada di pantai terabrasi mendapatkan dampak langsung dari terjadinya proses abrasi, sehingga aspirasi dari masyarakat tersebut akan sangat membantu di dalam perencanaan penanggulangan wilayah pesisir secara terpadu.

Metode yang dilakukan dalam mendapatkan masukan dari masyarakat di pantai terabrasi adalah dengan melakukan wawancara langsung terhadap masyarakat yang keberadaannya dekat dengan pantai terabrasi, sehingga akan mendapatkan gambaran yang lebih akurat tentang kerusakan lingkungan yang telah terjadi dan persepsi masyarakat tentang kejadian tersebut.

3.1.2. Analisis Data

Analisis data dimaksudkan adalah untuk menyederhanakan ke dalam bentuk yang mudah dimengerti dan dipahami oleh orang banyak. Dari data yang diperoleh baik data primer maupun sekunder selanjutnya dianalisis dengan menggunakan program SPSS, yang pada akhirnya akan menghasilkan data tentang terjadinya proses abrasi pantai dan proses sedimentasi.

Bathimetri dan Topografi

Proses pengolahan (analisis) terhadap data bathimetri dan topografi, yaitu :

- a). Data yang diperoleh diplotkan untuk memperoleh profil kedalaman dari kawasan perairan yang diamati.
- b). Profil yang diperoleh dianalisis secara deskriptif untuk memperoleh gambaran tentang kondisi dasar laut dari kawasan yang diamati.

Kecepatan Angin

Data angin yang digunakan dalam peramalan gelombang adalah data di permukaan laut pada lokasi pembangkitan. Data tersebut dapat diperoleh dari pengukuran langsung di atas permukaan laut atau pengukuran di darat yang dikonversi menjadi data angin laut. Kecepatan angin diukur dengan anemometer, dan biasanya dinyatakan dalam knot. 1 knot = 0,5 m/det.

Data angin yang diperoleh dalam beberapa tahun pengamatan adalah sangat besar, maka untuk itu data tersebut disajikan dalam bentuk tabel ringkasan atau diagram yang disebut dengan mawar angin.

Kecepatan angin dapat dianalisis dengan menggunakan rumus :

$$U_{10} = U_y \left(\frac{10}{y} \right)^{1/7}, \text{ untuk } y < 20 \text{ m}$$

Dimana :

U_{10} : Kecepatan angin yang diukur pada $y = 10$ m

y : Elevasi terhadap permukaan air

Gelombang

Berdasarkan data gelombang yang diperoleh, dideskripsikan iklim gelombang (*wave climate*) di kawasan perairan tersebut. Dimana menggambarkan arah, tinggi, periode dan persentase terjadinya gelombang yang signifikan. Informasi karakter umum gelombang ini

akan dianalisis dari data angin. Data gelombang hasil pengukuran di beberapa stasiun akan menggambarkan periode dan tinggi gelombang saat pecah di sekitar pantai. Selain itu akan disajikan juga sudut yang dibentuk oleh gelombang saat pecah dengan garis pantai.

Hubungan tinggi gelombang dengan dan kecepatan angin di atas permukaan laut dapat dilihat melalui persamaan sebagai berikut :

$$S_p = 0,0206(U_A)^{1,545} \longrightarrow S_{\max} = 1,42S_p$$

Dimana :

S_p : perkiraan tinggi gelombang rata-rata

S_{\max} : perkiraan tinggi gelombang maximum

U_A : kecepatan angin 10 m di atas permukaan laut

Pasang Surut (pasut)

Pengolahan data pasang surut meliputi penentuan tipe pasang surut berdasarkan analisis harmonik yang dilakukan Dehidros TNI-AL. Kemudian data pasang surut hasil peramalan di beberapa lokasi sepanjang pantai Bengkulu akan disajikan dalam bentuk grafik sehingga akan terlihat tipe dan kisaran pasang surut di lokasi penelitian tersebut.

Arus

Data hasil pengukuran karakter gelombang dan lereng pantai akan digunakan untuk perhitungan kecepatan arus menyusur pantai, dan sebagai pembandingan terhadap pengukuran langsung dan untuk menghitung transpor sedimen sepanjang pantai.

Arah dan kecepatan arus permukaan di perairan wilayah pesisir akan disajikan dalam bentuk diagram vektor arus yang menunjukkan arah dan kecepatan arus setiap bulan yang diambil dari peta arus perairan Indonesia yang dipublikasikan Dehidros TNI-AL.

Tanah

Penyelidikan tanah pada lokasi diharapkan untuk mengetahui lapisan tanah dan parameter-parameter tanah sebagai dasar analisa tanah. Kuat geser diperlukan untuk menganalisa masalah stabilitas tanah terhadap penahan dinding dan untuk mengukur kemampuan tanah menahan tekanan agar tidak terjadi keruntuhan.

Dari hasil uji laboratorium didapat nilai kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ) dan tegangan normal efektif (σ) sehingga didapat hitungan kekuatan geser dengan menggunakan rumus *Coulomb Hvorslev*, yaitu :

$$s = c + \sigma \tan \phi$$

3.2. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada wilayah pesisir Kota Bengkulu yang masuk dalam wilayah Kotamadya Bengkulu.

Pengambilan lokasi pada wilayah pesisir Kota Bengkulu berdasarkan karena kondisi wilayah pesisir daerah tersebut dilalui oleh badan jalan yang saat ini terancam runtuh oleh pengikisan air laut dan jarak antara badan jalan dan garis pantai saat pasang naik tinggi sudah sedemikian dekatnya, bahkan saat-saat tertentu air laut sampai ke badan jalan.. Sehingga perlu adanya penelitian tentang penyebab terjadinya abrasi pantai untuk mendapatkan informasi yang akurat dalam rangka penanganan yang tepat dan akurat.

Pengambilan titik-titik penelitian secara tersebar di wilayah pesisir Kota Bengkulu, sehingga permasalahan abrasi dan akresi dapat diketahui secara menyeluruh pada daerah penelitian tersebut. Dimana pengambilan titik-titik penelitian merupakan titik-titik proses terjadinya abrasi yang telah mengancam badan jalan kearah keruntuhan (*failure*) dan gelincir (*sliding*).

B A B IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Gambaran Wilayah Studi

4.1.1 Kondisi Fisiografi

4.1.1.1 Topografi dan Bathimetri

Kota Bengkulu secara geografis terletak pada koordinat $3^{\circ}45' - 3^{\circ}59'$ Lintang Selatan dan $102^{\circ}14' - 102^{\circ}22'$ Bujur Timur dengan luas wilayah sekitar $144,52 \text{ km}^2$ serta terbagi dalam 4 wilayah kecamatan yang kesemuanya merupakan kecamatan pesisir dengan 57 kelurahan (kelurahan pantainya berjumlah 24 kelurahan). Kondisi topografi wilayahnya memiliki relief tanah bergelombang terdiri dari daratan pantai, bukit-bukit kecil dan sebagian rawa serta cekungan-cekungan yang membentuk alur-alur kecil.

Batas-batas administrasi Kota Bengkulu yaitu antara lain :

Sebelah Utara	: Berbatasan dengan Kabupaten Bengkulu Utara
Sebelah Selatan	: Berbatasan dengan Kabupaten Bengkulu Selatan
Sebelah Timur	: Berbatasan dengan Kabupaten Bengkulu Utara
Sebelah Barat	: Berbatasan dengan Samudera Hindia

Tipe dataran pantai di kawasan pesisir Kota Bengkulu merupakan litologi dari endapan undak sungai dan batuan sedimen, morfologi agak terjal relief tinggi, karakteristik pantai berteluk, bertanjung dan terdapat bangunan dinding pantai (*Sea Wall*) dari beton silinder dengan tembok tinggi 1 m dan tumpukan batuan selebar 2 m didepannya.

Kedalaman dasar laut di wilayah pesisir Kota Bengkulu antara 3 hingga 24 meter dengan pola kontur batimetri sejajar garis pantai (*Kristanto dkk, 1998*). Kontur di depan pantai lebih rapat dibandingkan dengan daerah lepas pantai, hal ini menunjukkan morfologi sekitar pantai relatif landai. Di lepas pantai pola kontur renggang dan di beberapa tempat

dijumpai tonjolan-tonjolan tidak begitu tinggi mencerminkan morfologi landai dan bergelombang. Pola kontur dan lokasi tonjolan-tonjolan memperlihatkan kesejajaran dan kelurusan, deretan tonjolan ini merupakan zona pecah gelombang (*Breaker Zone*) yang menyebabkan gelombang di zona ini lebih besar dari sekitarnya.

Satuan dataran pantai dicirikan memiliki kemiringan lereng medan antara 2 – 5 % ($3^{\circ} - 5^{\circ}$), dataran ini termasuk juga pematang pantai, teras/undak pantai dan terumbu karang. Satuan ini umumnya terbentuk oleh pasir halus hingga pasir kerikilan dan bersifat lepas, dengan lebar pantai 50 – 100 m. Dengan panjang garis pantai 9 km.

Tabel 4.1, Data kedalaman dasar laut di wilayah pesisir Kota Bengkulu :

No.	Posisi	Kedalaman (cm)				
		Jarak 5 m dari pantai	Jarak 50 m dari pantai	Jarak 100 m dari pantai	Jarak 150 m dari pantai	Jarak 200 m dari pantai
1.	Sta. I	20	150	220	320	370
2.	Sta. II	30	100	150	250	350
3.	Sta. III	30	70	220	250	320
4.	Sta. IV	20	230	250	310	350
5.	Sta. V	20	130	250	320	330
6.	Sta. VI	20	130	250	320	300
7.	Sta. VII	30	260	270	230	300
8.	Sta. VIII	30	360	330	230	300
9.	Sta. IX	30	370	330	250	320
10	Sta. X	20	190	380	350	320
11	Sta. XI	30	290	330	380	300
12	Sta. XII	20	250	310	330	380

Sumber : Konsultan PT. Yodya Karya, 2003

4.1.1.2 Kondisi Geologi

Pantai Kota Bengkulu terletak dibelahan barat pulau Sumatera dan menghadap ke arah Samudera Hindia. Kawasan Pantai umumnya dicirikan oleh bentuk-bentuk pantai berteluk yang terbuka lebar dengan morfologi landai dan relief rendah.

Berdasarkan penelitian terdahulu antara lain Kusnama (1992), Gafoer (1992), Amin (1993) dan Darsoatmojo (1994), maka kondisi batuan dan tanah di daerah pesisir Kota Bengkulu tersusun atas :

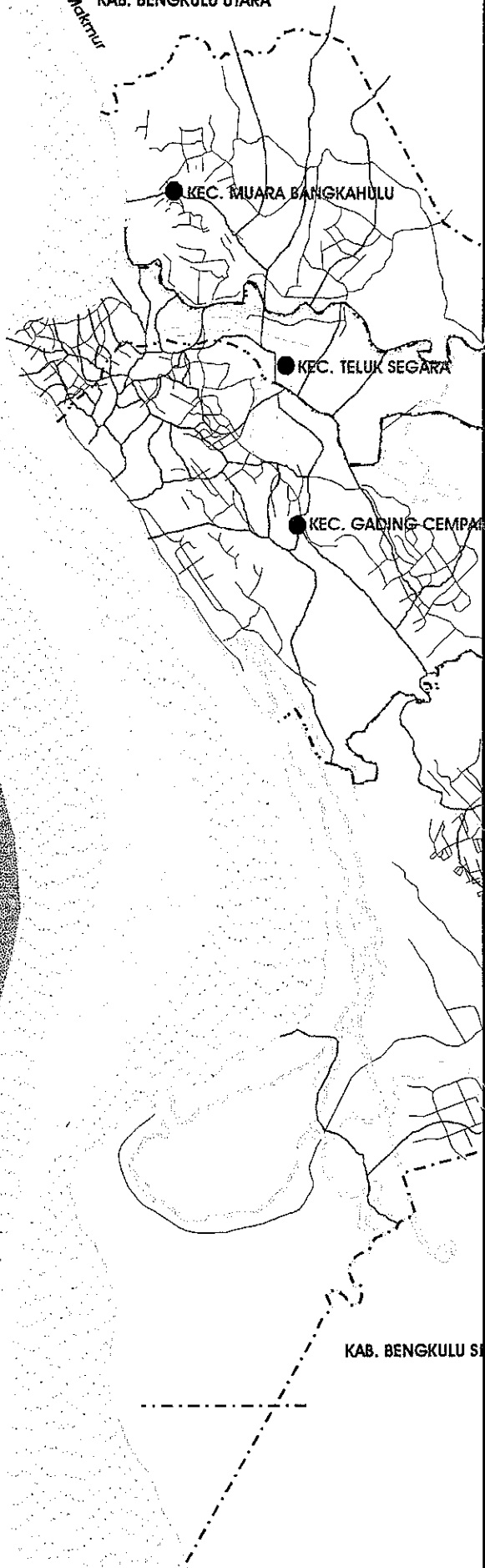
Aluvium yaitu berupa bongkah, kerikil, pasir, lanau, Lumpur dan lempung yang umumnya bersifat lepas dan kurang terkonsolidasi. Penyebaran umumnya mengisi alur-alur sungai hingga muara sungai dan di sepanjang garis pantai.

Batu gamping yaitu berupa batu gamping terumbu dengan warna putih kekuningan, kompak dan kuat, berlobang, kerangka koral, CaCO_3 dan kalsit. Penyebarannya di sepanjang pantai pesisir Kota Bengkulu.

Endapan Rawa yaitu berupa Pasir, lanau, Lumpur, lempung berwarna abu-abu kehijauan dan mengandung sisa tumbuhan. Tanah pelapukan berupa lanau, berwarna coklat kehitaman, berukuran halus-sedang, plastisitas tinggi dengan berat isi asli $1,57 \text{ ton/m}^3$, kohesi $2,5 \text{ ton/m}^3$, sudut geser dalam $9,8^\circ$ dan ketebalan bervariasi 2 - 4 m.

Kab. Agca Makmur

KAB. BENGKULU UTARA



KAB. BENGKULU SELATAN




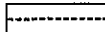
MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
 PROGRAM PASCASARJANA
 UNIVERSITAS DIPONEGORO






TESIS


ABRASI PANTAI
 DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
 ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN
 KONSEP PENANGGULANGANNYA

**PETA
 BATHIMETRI**

LEGENDA :

-  Batas Kota
-  Batas Kecamatan
-  Batas Kelurahan
-  Jalan
-  Sungai

-  0,5 - 1 m
-  1 - 2 m
-  2 - 4 m
-  4 - 6 m
-  6 - 10 m

	SKALA:	No. Gambar:
	1 : 150.000	4.1
		Halaman:
48		

SUMBER :
 KONSULTAN PT. YODYA KARYA

4.1.1.3 Kondisi Morfologi

Interaksi yang kuat antara pengaruh darat dan laut menyebabkan wilayah pesisir menjadi sangat labil. Bentuk-bentuk morfologi yang kecilpun sangat penting di dalam memodifikasi berbagai faktor penyebab perubahan garis pantai di wilayah pesisir Kota Bengkulu. Profil-profil alami seperti tanjung dan teluk akan dapat merubah pola gelombang dan arus.

Di wilayah pesisir Kota Bengkulu bermuara dua sungai besar yaitu :

1. Sungai Air Bengkulu
2. Sungai Air Jenggalu

Sungai Air Bengkulu merupakan salah satu sungai besar yang ada di Kota Bengkulu, sungai ini bersumber dari Bukit Barisan dan mengalir ke Barat melewati bagian Utara Kota Bengkulu dan bermuara di Pasar Bengkulu di wilayah pesisir Kota Bengkulu. Secara administratif daerah tangkapan sungai Air Bengkulu meliputi empat kecamatan yaitu Kecamatan Taba Penanjung, Kecamatan Pondok Kelapa, Kecamatan Talang Empat yang berada di Kabupaten Bengkulu Utara, dan Kecamatan Teluk Segara yang berada di Kota Bengkulu. Sungai Air Bengkulu ini memiliki debit yang cukup tinggi sehingga memberikan akses yang cukup penting akan terjadinya proses sedimentasi di wilayah pesisir.

Sungai Air Bengkulu memiliki panjang sekitar 49 km dengan luas daerah tangkapan air (*Catchment Area*) sekitar 500,65 km² dan debit tahunan rata-rata 38,51 m³/det, sehingga sungai ini memiliki potensi sumber air yang sangat besar yang dapat dimanfaatkan oleh penduduk Kota Bengkulu. Pada awalnya sungai Air Bengkulu dimanfaatkan sebagai sumber bahan baku utama air minum oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM) Kota Bengkulu, namun dengan menurunnya debit air sungai tersebut saat ini sumber bahan baku air minum tersebut diambil ke sungai lain sebagai tambahan. Penurunan debit sungai Air Bengkulu ini karena adanya kerusakan di daerah tangkapan airnya terutama dibagian hulu sungai akibat

aktivitas manusia yaitu perambahan hutan, perladangan dan penambangan bahan galian golongan C.

Sungai Air Jenggalu secara morfologi merupakan perpanjangan sungai Air Nelas, yang merupakan salah satu sumber air minum bagi masyarakat Kota Bengkulu. Dengan berkurangnya debit air sungai Air Bengkulu maka PDAM Kota Bengkulu mengambil sumber bahan baku air minum di sungai Air Nelas tersebut sebagai tambahan pemenuhan kebutuhan. Hulu sungai Air Nelas terletak di daerah hutan lindung pada kawasan Bukit Barisan, dan bermuara di Samudera Hindia di sebelah Selatan Kota Bengkulu.

Luas daerah tangkapan air (*Catchment Area*) yaitu sekitar 142,32 km² dan debit tahunan rata-rata 8,67 m³/det. Karakteristik penggunaan lahan daerah sungai Air Nelas ini dikelompokkan dalam tiga bagian yaitu hutan lindung pada bagian hulu sungai, perkebunan rakyat (kopi dan Karet) dan perkebunan karet milik PTPN VII. Di bagian tengah daerah tangkapan air dibangun intake untuk pengambilan bahan baku air minum oleh PDAM.

4.1.2 Kondisi Meteorologi

Wilayah pesisir Kota Bengkulu termasuk iklim tropis dengan suhu rata-rata 27,37 °C, tekanan udara rata-rata 1.008,5 mb dan kelembaban udara rata-rata 80 %. Angin yang meliputi arah dan kecepatan sebagaimana diperoleh dari data angin di Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Bengkulu dari tahun 1989 – 2003 disajikan pada table 4.2.

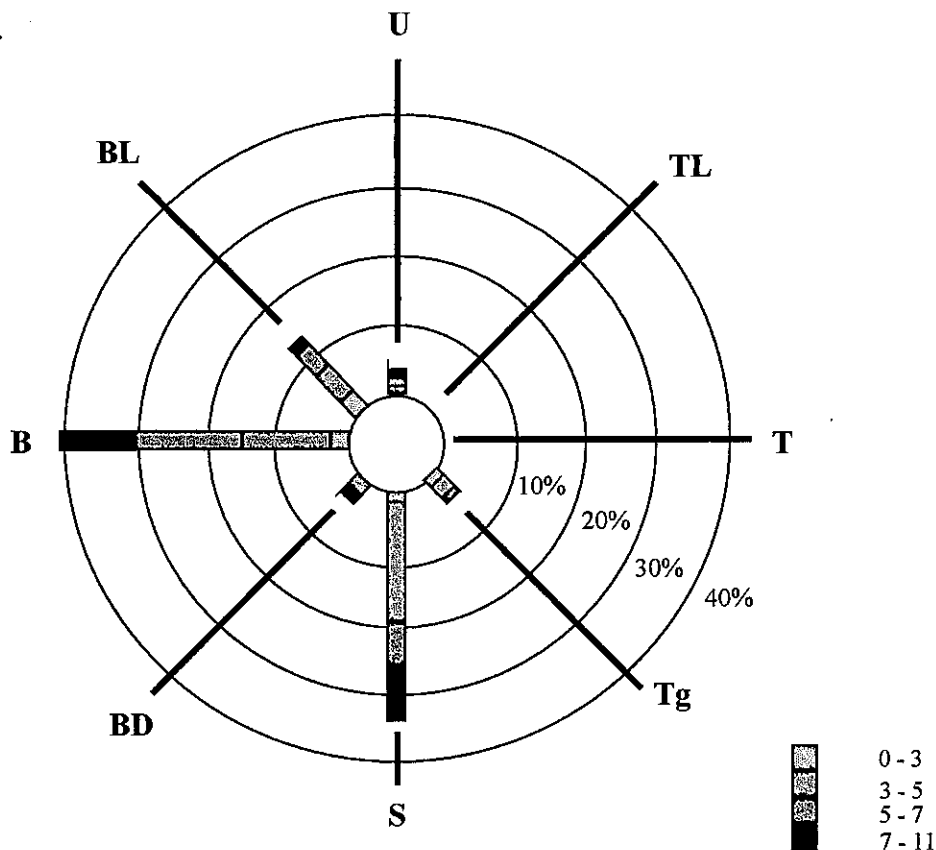
Tabel 4.2, Data persentase kejadian angin di Kota Bengkulu tahun 1989 – 2003.

Kecepatan (knot)	Arah Angin (%)							
	U	TL	T	Tg	S	BD	B	BL
0 - 3	0,76	-	-	1,52	1,52	-	2,27	3,03
3 - 5	0,76	-	-	3,79	17,42	2,27	14,39	4,55
5 - 7	-	-	-	0,76	7,58	-	12,88	3,79
7 - 11	1,52	-	-	-	6,06	2,27	10,61	2,27

Sumber : Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Bengkulu, 2003

Jumlah data angin seperti yang ditunjukkan dalam tabel tersebut untuk beberapa tahun pengamatan adalah sangat besar, untuk itu data tersebut disajikan dalam bentuk diagram yang disebut mawar angin. Penyajian mawar angin tersebut disajikan dalam bentuk bulanan, sehingga karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat.

Dari tabel tersebut persentase kejadian angin dengan kecepatan 0 – 3 knot (1 knot = 1,825 km/jam) adalah 0,76% dari arah Utara, 1,52% dari arah Tenggara, 1,52% dari arah Selatan, 2,27% dari arah Barat dan 3,03% dari arah Barat Laut. Persentase kejadian angin dengan kecepatan 3 – 5 knot adalah 0,76% dari arah Utara, 3,79% dari arah Tenggara, 17,42% dari arah Selatan, 2,27% dari arah Barat Daya, 14,39% dari arah Barat dan 4,55% dari arah Barat Laut. Persentase kejadian angin dengan kecepatan 5 – 7 knot adalah 0,76% dari arah Tenggara, 7,58% dari arah Selatan, 12,88% dari arah Barat dan 3,79% dari arah Barat Laut. Dan persentase kejadian angin dengan kecepatan 7 – 11 knot adalah 1,52% dari arah Utara, 6,06% dari arah Selatan, 2,27% dari arah Barat Daya, 10,61% dari arah Barat dan 2,27% dari arah Barat Laut.



Gambar 4.2, Mawar Angin

4.1.3 Kondisi Hidrologi

Curah hujan rerata pada wilayah pesisir Kota Bengkulu yang diperoleh dari data curah hujan pada Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Bengkulu dari tahun 1992 – 2002 disajikan dalam tabel 4.3 adalah 3.298,91 mm/tahun dengan jumlah hari hujan 243,37 hari dalam setahun, dan intensitas hujan rata-rata 13,29 mm/hari.

Keadaan musim di wilayah pesisir Kota Bengkulu pada bulan Juni – Agustus berlaku Musim Timur dimana angin bertiup dari arah Tenggara – Selatan sehingga terjadinya musim kemarau. Pada bulan September – Nopember terjadi musim peralihan dari Musim Timur ke Musim Barat dimana arah angin yang bertiup dari arah Tenggara – Selatan diimbangi dengan angin yang bertiup dari arah Barat Laut, Utara dan Barat.

Pada bulan Desember – Pebruari berlaku Musim Barat dimana angin bertiup dari arah Barat – Barat Laut sehingga terjadi musim hujan. Pada bulan Maret – Mei terjadi musim peralihan dari Musim Barat ke Musim Timur dimana arah angin yang bertiup dari arah Barat – Barat Laut diimbangi dengan angin yang bertiup dari arah Selatan, Timur dan Tenggara.

Tabel 4.3, Data curah hujan dan hari hujan rerata di Kota Bengkulu tahun 1992 – 2002

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan (hh)	Intensitas Hujan (mm/hari)
Januari	376,73	23,90	15,76
Pebruari	263,82	21,64	12,19
Maret	337,00	24,00	14,04
April	268,36	22,64	11,85
Mei	228,91	17,27	13,25
Juni	124,18	14,73	8,43
Juli	198,18	16,09	12,32
Agustus	196,73	15,27	12,88
September	212,82	15,73	13,53
Oktober	289,36	21,64	13,37
Nopember	403,00	24,55	16,42
Desember	399,82	25,91	15,43
Jumlah/ Rerata	3.298,91	243,37	13,29

Sumber : Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Bengkulu, 2002

4.1.4 Kondisi Tata Guna Lahan

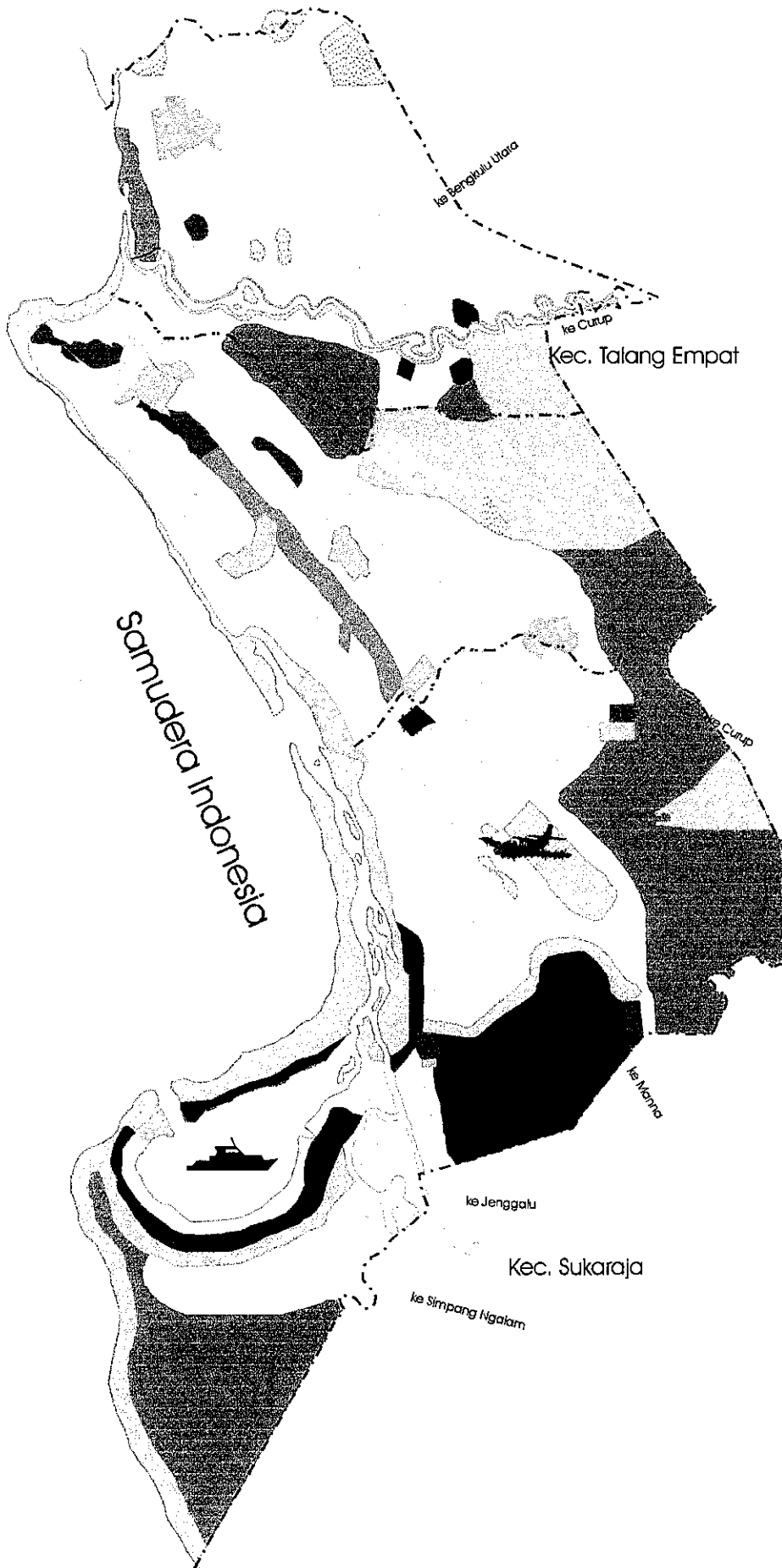
Penggunaan lahan di Kota Bengkulu adalah daerah peruntukan dengan fungsi kawasan seperti pemanfaatan permukiman masyarakat, gedung-gedung perkantoran untuk pelayanan jasa pemerintahan dan pelayanan sosial serta kegiatan ekonomi, pertanian dan lain-lain sebagaimana tertera pada tabel 4.4. Pemanfaatan lahan terbesar adalah untuk permukiman seluas 4.056,25 Ha (28,07%), selanjutnya berupa lahan semak belukar seluas 3.456,83 Ha (23,92%) dan hutan rawa seluas 1.471,66 Ha (10,18%) serta ruang terbuka seluas 1.326,24 Ha (9,18%).

Tabel 4.4, Penggunaan tata guna lahan Kota Bengkulu hingga tahun 2003

No.	Jenis Pemanfaatan	Luas (Ha)	Persentase (%)
1.	Permukiman	4.056,25	28,07
2.	Perkantoran	87,75	0,61
3.	Universitas Bengkulu	65,76	0,46
4.	Rekreasi/ Hotel	5,75	0,04
5.	Militer	12,59	0,09
6.	Perdagangan	32,00	0,22
7.	Pergudangan	45,14	0,31
8.	Dermaga Pertamina	7,16	0,05
9.	Dermaga Barang/ Orang	8,25	0,06
10.	Dermaga Batu Bara	5,21	0,04
11.	Lapangan Udara	57,73	0,40
12.	Terminal	13,46	0,09
13.	Taman Remaja	8,68	0,06
14.	TPA	4,36	0,03
15.	Rekreasi Danau	5,64	0,04
16.	Cagar Alam	577,00	3,99
17.	Sawah	681,06	4,71
18.	Kebun	943,83	6,53
19.	Ruang Terbuka	1.326,24	9,18
20.	Hutan Rawa	1.471,66	10,18
21.	Semak Belukar	3.456,83	23,92
22.	Hutan Belukar	300,60	2,08
23.	Kawasan Hutan Lindung	930,60	6,44
24.	Tambak Ikan	133,61	0,92
25.	Catchment Area	215,38	1,49
	Jumlah	14.452,00	100,00

Sumber : Dinas Tata Kota dan Pengawasan Bangunan Kota Bengkulu

Kec. Pondok Kelapa



MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO

TESIS

ABRASI PANTAI
DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN
KONSEP PENANGGULANGANNYA

GAMBAR

PETA
TATA GUNA LAHAN KOTA BENGKULU

KETERANGAN :

- Batas Kabupaten / Kota
- Batas Kecamatan
- Batas Kelurahan
- Sungai
- Batas Pantai
- Jalan Nasional
- Jalan Propinsi
- Jalan Kotamadya
- Bandar Udara
- Pelabuhan
- Perumahan dan Perkantoran
- Permukiman
- Pemerintahan
- Kawasan Pendidikan Tinggi
- Perdagangan (Pasar + Toko)
- Kawasan Lindung (Wisata)
- Terminal
- Rawa
- Kuburan
- Pertanian / Sawah / Tegalan
- Pelabuhan Laut
- Industri / Pergudangan
- Kawasan Wisata / Olah Raga
- Kawasan Militer
- Kesehatan
- Komersial non Toko
- Jasa Keuangan
- Danau Dendam Tak Sudah

	SKALA:	No. Gambar:
	1 : 150.000	43
		Halaman:
		54

SUMBER :
DINAS TATA KOTA DAN PENGAWASAN
BANGUNAN
KOTA BENGKULU

4.1.5 Kependudukan (Demografi)

4.1.5.1 Sosial Ekonomi dan Budaya

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 46 Tahun 1986, luas Kota Bengkulu adalah 14,452 Ha. Secara administratif terdiri dari empat wilayah kecamatan dan berdasarkan Peraturan Daerah Nomor 04 Tahun 2001 tentang perubahan desa menjadi kelurahan, maka saat ini terdapat 57 kelurahan.

Luas Kota Bengkulu per kecamatan dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.5, Luas Kota Bengkulu Per Kecamatan Tahun 2001

No.	Nama Kecamatan/ Kelurahan	Luas (Ha)	Jumlah Kelurahan
I.	Kec. Selebar	7.533,00	6
1.	Kel. Kandang	3.931,83	
2.	Kel. Padang Serai	246,58	
3.	Kel. Betungan	1.216,67	
4.	Kel. Pekan Sabtu	1.200,00	
5.	Kel. Sukarame	191,67	
6.	Kel. Pagar Dewa	746,25	
II.	Kec. Muara Bangkahulu	2.396,00	5
1.	Kel. Beringin Jaya	362,50	
2.	Kel. Rawa Makmur	499,33	
3.	Kel. Kandang Limun	305,00	
4.	Kel. Pematang Gubernur	450,56	
5.	Kel. Bentiring	778,61	
III.	Kec. Gading Cempaka	2.855,00	23
1.	Kel. Sidomulyo	900,00	
2.	Kel. Dusun Besar	733,00	
3.	Kel. Panorama	219,00	
4.	Kel. Lingkar Timur	-	
5.	Kel. Jalan Gedang	149,00	
6.	Kel. Padang Harapan	149,00	
7.	Kel. Jembatan Kecil	65,00	
8.	Kel. Kebun Tebeng	70,00	
9.	Kel. Tanah Patah	79,00	
10.	Kel. Nusa Indah	35,00	
11.	Kel. Kebun Beler	26,00	
12.	Kel. Kebun Kenanga	46,00	
13.	Kel. Padang Jati	35,00	
14.	Kel. Sawah Lebar	182,00	
15.	Kel. Sawah Lebar Baru	-	
16.	Kel. Belakang Pondok	31,00	
17.	Kel. Penurunan	36,00	

Tabel 4.5, lanjutan.....

No.	Nama Kecamatan/ Kelurahan	Luas (Ha)	Jumlah Kelurahan
18.	Kel. Anggut Bawah	16,00	
19.	Kel. Anggut Atas	23,00	
20.	Kel. Anggut Dalam	16,00	
21.	Kel. Kebun Geran	17,00	
22.	Kel. Kebun Dahri	15,00	
23.	Kel. Pengantungan	13,00	
IV.	Kec. Teluk Segara	1.668,00	23
1.	Kel. Kebun Keling	14,70	
2.	Kel. Kampung Cina	153,32	
3.	Kel. Pasar Pantai	5,20	
4.	Kel. Malabro	15,75	
5.	Kel. Sumur Meleleh	9,40	
6.	Kel. Pasar Berkas	33,60	
7.	Kel. Pasar Baru	15,75	
8.	Kel. Pasar Jitra	9,40	
9.	Kel. Pasar Melintang	18,90	
10.	Kel. Pasar Teratai	27,30	
11.	Kel. Pondok Besi	9,40	
12.	Kel. Kebun Ros	89,58	
13.	Kel. Pintu Batu	15,70	
14.	Kel. Tengah Padang	78,76	
15.	Kel. Pasar Bajak	37,75	
16.	Kel. Kampung Bali	19,32	
17.	Kel. Pasar Bengkulu	44,10	
18.	Kel. Kampung Kelawi	40,95	
19.	Kel. Suka Merindu	186,92	
20.	Kel. Tanjung Agung	196,37	
21.	Kel. Tanjung Jaya	236,28	
22.	Kel. Semarang	52,51	
23.	Kel. Surabaya	357,04	
	Jumlah	14.452,00	57

Sumber : BPS, Kota Bengkulu Dalam Angka 2002

Kota Bengkulu sebagai ibukota Propinsi Bengkulu jumlah penduduknya terus mengalami peningkatan, berdasarkan sensus penduduk tahun 1995 Kota Bengkulu berpenduduk 222.194 jiwa dan pada tahun 2001 jumlahnya sudah mencapai 263,969 jiwa. Dengan demikian selama 5 tahun terakhir jumlah penduduk Kota Bengkulu meningkat dengan laju pertumbuhan rata-rata 3,15% pertahun, sedangkan kepadatan mencapai 9.877 jiwa/ km².

Jumlah kepadatan dan sebaran penduduk di Kota Bengkulu dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.6, Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Bengkulu Per Kelurahan Tahun 2001

No.	Nama Kecamatan/ Kelurahan	Luas (km ²)	Rumah Tangga (kk)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan (jiwa/km ²)
I.	Kec. Selebar	75,33	9.479	38.782	515
1.	Kel. Kandang	39,32		13.489	
2.	Kel. Padang Serai	2,46		1.749	
3.	Kel. Betungan	12,17		1.853	
4.	Kel. Pekan Sabtu	12,00		2.856	
5.	Kel. Sukarame	1,92		5.660	
6.	Kel. Pagar Dewa	7,46		13.175	
II.	Kec. Muara Bangkahulu	23,96	6.308	23.125	965
1.	Kel. Beringin Jaya	3,62		1.777	
2.	Kel. Rawa Makmur	4,99		7.453	
3.	Kel. Kandang Limun	3,05		4.254	
4.	Kel. Pematang Gubernur	4,51		4.807	
5.	Kel. Bentiring	7,79		4.834	
III.	Kec. Gading Cempaka	28,55	31.643	149.144	5.224
1.	Kel. Sidomulyo	9,00		11.569	
2.	Kel. Dusun Besar	7,33		11.790	
3.	Kel. Panorama	2,19		11.436	
4.	Kel. Lingkar Timur	-		6.228	
5.	Kel. Jalan Gedang	1,49		13.095	
6.	Kel. Padang Harapan	1,49		10.915	
7.	Kel. Jembatan Kecil	0,65		4.748	
8.	Kel. Kebun Tebeng	0,70		4.997	
9.	Kel. Tanah Patah	0,79		8.734	
10.	Kel. Nusa Indah	0,35		4.707	
11.	Kel. Kebun Beler	0,26		3.880	
12.	Kel. Kebun Kenanga	0,46		8.742	
13.	Kel. Padang Jati	0,35		4.436	
14.	Kel. Sawah Lebar	1,82		8.179	
15.	Kel. Sawah Lebar Baru	-		8.531	
16.	Kel. Belakang Pondok	0,31		3.458	
17.	Kel. Penurunan	0,36		7.011	
18.	Kel. Anggut Bawah	0,16		880	
19.	Kel. Anggut Atas	0,23		3.311	
20.	Kel. Anggut Dalam	0,16		2.931	
21.	Kel. Kebun Geran	0,17		2.635	
22.	Kel. Kebun Dahri	0,15		3.161	
23.	Kel. Pengantungan	0,13		3.770	

Tabel 4.6, lanjutan.....

No.	Nama Kecamatan/ Kelurahan	Luas (km ²)	Rumah Tangga (kk)	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan (jiwa/km ²)
IV.	Kec. Teluk Segara	16,68	10.674	52.918	3.173
1.	Kel. Kebun Keling	0,15		2.331	
2.	Kel. Kampung Cina	1,53		1.425	
3.	Kel. Pasar Pantai	0,05		865	
4.	Kel. Malabro	0,16		1.438	
5.	Kel. Sumur Meleleh	0,09		1.349	
6.	Kel. Pasar Berkas	0,34		1.788	
7.	Kel. Pasar Baru	0,17		1.646	
8.	Kel. Pasar Jitra	0,09		1.654	
9.	Kel. Pasar Melintang	0,19		2.323	
10.	Kel. Pasar Teratai	0,27		1.743	
11.	Kel. Pondok Besi	0,09		1.841	
12.	Kel. Kebun Ros	0,89		1.793	
13.	Kel. Pintu Batu	0,16		1.819	
14.	Kel. Tengah Padang	0,79		5.374	
15.	Kel. Pasar Bajak	0,38		3.156	
16.	Kel. Kampung Bali	0,19		2.585	
17.	Kel. Pasar Bengkulu	0,44		1.777	
18.	Kel. Kampung Kelawi	0,41		2.896	
19.	Kel. Suka Merindu	1,87		8.452	
20.	Kel. Tanjung Agung	1,96		1.302	
21.	Kel. Tanjung Jaya	2,36		1.312	
22.	Kel. Semarang	0,53		1.896	
23.	Kel. Surabaya	3,57		2.053	
	Jumlah	144,52	58.104	263.969	9.877

Sumber : BPS, Kota Bengkulu Dalam Angka 2002

Masyarakat Kota Bengkulu pada tahun 1997 dengan jumlah penduduknya 32.059 jiwa, sebagian besar bermata pencaharian di sektor perdagangan dan jasa (36, 95%), yang disusul dengan sektor pertanian dan perikanan (19,47%) dan industri (2,05%). Pada tahun 2001 masyarakat Kota Bengkulu mengalami pergeseran komposisi pada masing-masing sektor. Dengan jumlah penduduk yang meningkat menjadi 59.880 jiwa, sektor perdagangan dan jasa menjadi 45,28%, sektor pertanian dan perikanan 27,85% dan sektor industri 3,12%. Peningkatan komposisi yang bervariasi umumnya karena pengaruh faktor kebutuhan masyarakat yang meningkat.

Jumlah penduduk berdasarkan mata pencaharian dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.7, Jumlah Penduduk Berdasarkan Mata Pencaharian di Kota Bengkulu pada Tahun 1997 dan 2001

No.	Jenis Mata Pencaharian	1997	%	2001	%
1.	Pertanian	3.262	10,17	4.076	6,81
2.	Berladang/ Berkebun	505	1,58	2.284	3,81
3.	Peternak	194	0,61	835	1,40
4.	Nelayan	2.280	7,11	9.478	15,83
5.	Industri	657	2,05	1.940	3,24
6.	Pegawai Negeri	7.844	24,47	10.131	16,92
7.	Pegawai Swasta	306	0,95	1.578	2,64
8.	TNI	1.836	5,73	1.871	3,12
9.	Dokter	18	0,06	97	0,16
10.	Bidan	47	0,15	200	0,33
11.	Perawat	60	0,19	275	0,46
12.	Pedagang	11.373	35,48	19.964	33,34
13.	Pertukangan/ Jasa	3.677	11,47	7.150	11,94
	Jumlah	32.059	100,00	59.880	100,00

Sumber : Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) 2002



MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO

TESIS

ABRASI PANTAI
DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN
KONSEP PENANGGULANGANNYA

PETA

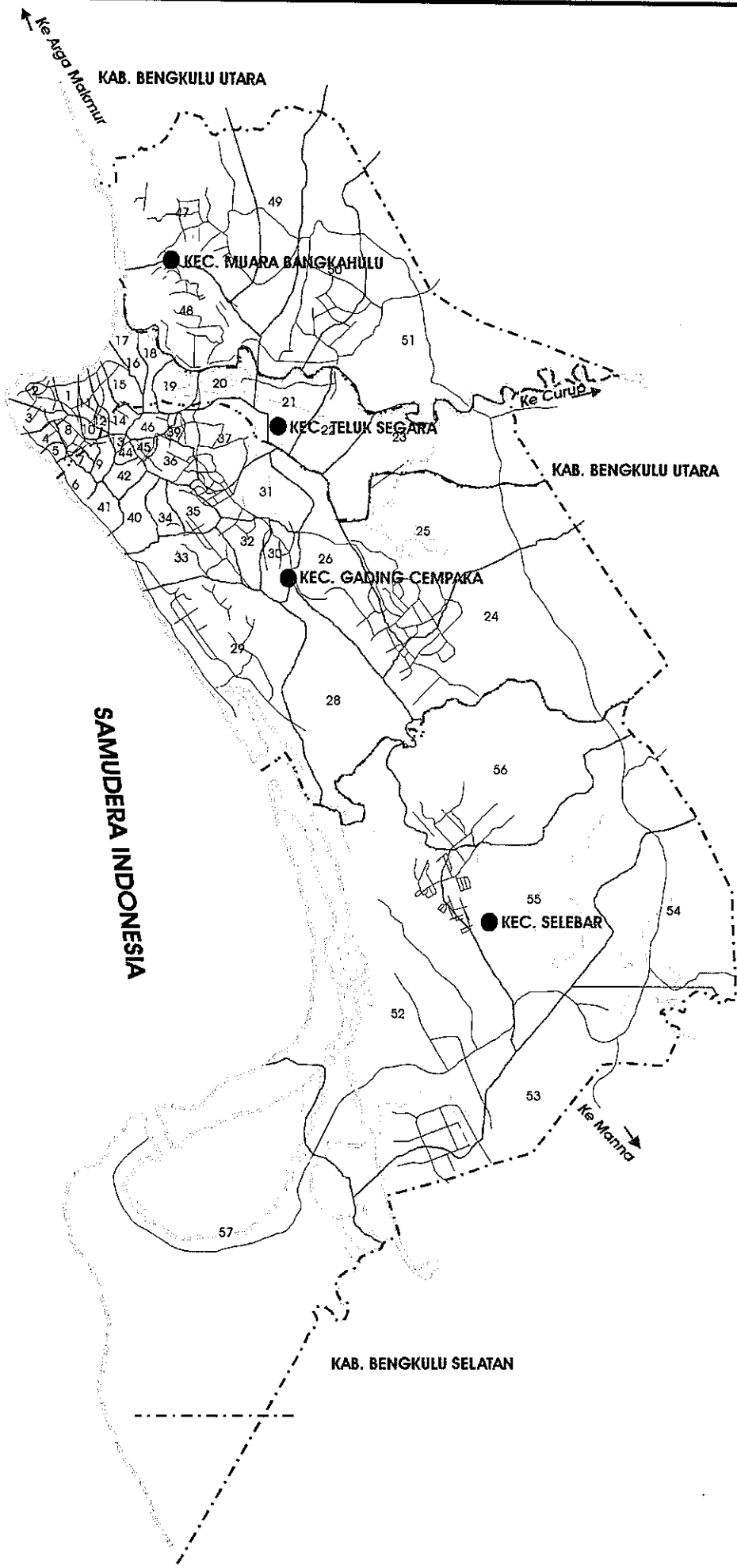
WILAYAH ADMINISTRASI
KOTA BENGKULU

LEGENDA :

	Batas Kota
	Batas Kecamatan
	Batas Kelurahan
	Jalan
	Sungai

NAMA KELURAHAN/DESA :

- | | |
|--------------------|----------------------|
| 1. Kebun Keling | 31. Kebun Tebeng |
| 2. Kampung Cina | 32. Tanah Patah |
| 3. Pasar Pantai | 33. Nusa Indah |
| 4. Malabro | 34. Kebun Beler |
| 5. Sumur Meleleh | 35. Kebun Kenanga |
| 6. Pasar Berkas | 36. Padang Jati |
| 7. Pasar Baru | 37. Sawah Lebar |
| 8. Pasar Jitra | 38. Sawah Lebar Baru |
| 9. Pasar Melintang | 39. Belakang Pondok |
| 10. Pasar Teratai | 40. Penurunan |
| 11. Pondok Besi | 41. Anggut Bawah |
| 12. Kebun Ros | 42. Anggut Atas |
| 13. Pintu Batu | 43. Anggut Dalam |
| 14. Tengah Padang | 44. Kebun Gerah |
| 15. Pasa Bajak | 45. Kebun Dahri |
| 16. Kampung Bali | 46. Pengantungan |
| 17. Pasar Bengkulu | 47. Beringin Jaya |
| 18. Kampung Kelawi | 48. Rawa Makmur |
| 19. Suka Merindu | 49. Kandang Limun |
| 20. Tanjung Agung | 50. Pmtg. Gubernur |
| 21. Tanjung Jaya | 51. Bentiring |
| 22. Semarang | 52. Kandang |
| 23. Surabaya | 53. Padang Serai |
| 24. Sidomulyo | 54. Betungan |
| 25. Dusun Besar | 55. Pekan Sabtu |
| 26. Panorama | 56. Sukarame |
| 27. Lingkar Timur | 57. Pagar Dewa |
| 28. Jalan Gedang | |
| 29. Padang Harapan | |
| 30. Jembatan Kecil | |



SKALA :

1 : 150.000

No. Gambar :

4.4

Halaman :

60

SUMBER :

DINAS TATA KOTA DAN PENGAWASAN
BANGUNAN KOTA BENGKULU



MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO

TESIS

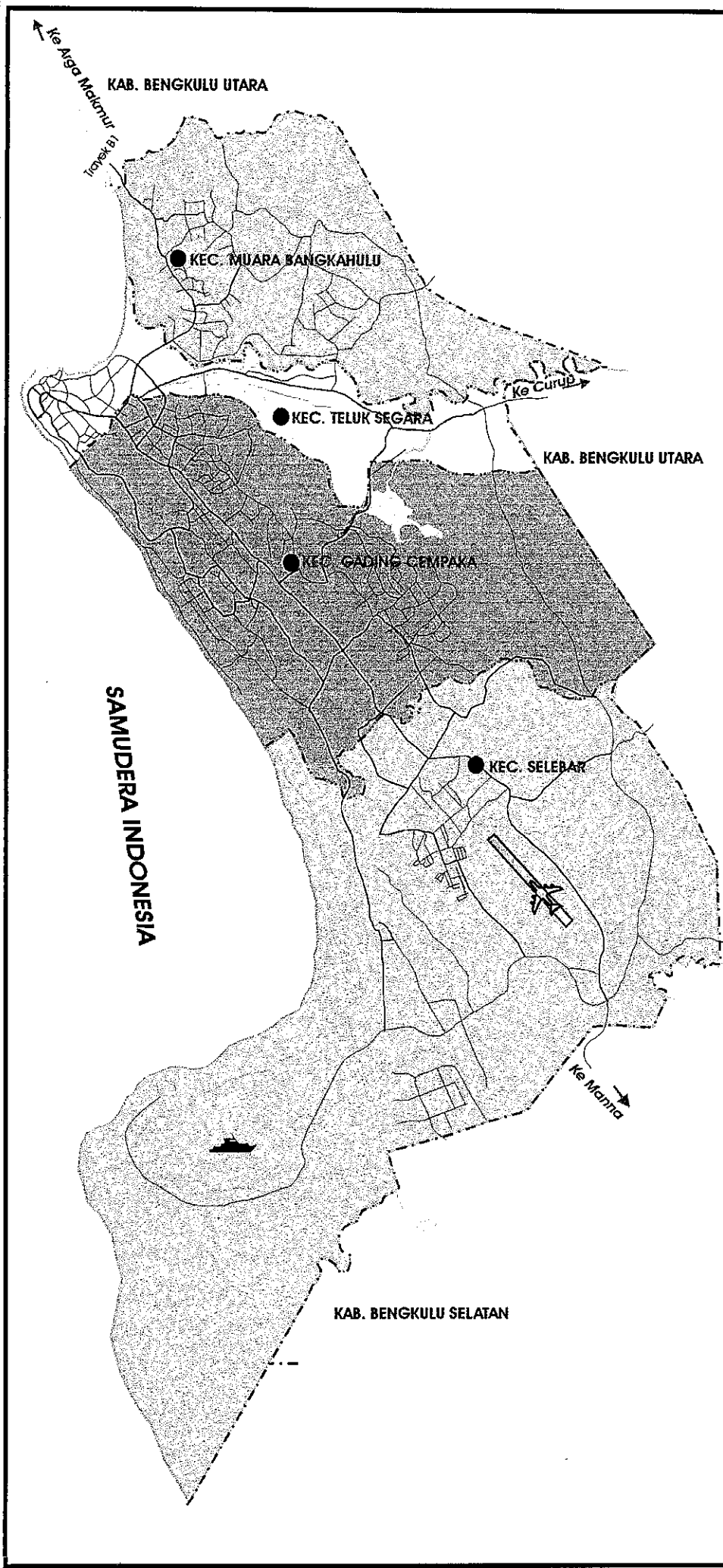
ABRASI PANTAI
DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN
KONSEP PENANGGULANGANNYA


PETA
KEPADATAN PENDUDUK KOTA
DI KOTA BENGKULU

LEGENDA :

-  Batas Kota
-  Batas Kecamatan
-  Batas Kelurahan
-  Jalan
-  Sungai

-  Kepadatan Rendah
-  Kepadatan Sedang
-  Kepadatan Tinggi



	SKALA:	No. Gambar:
	1 : 150.000	45
		Halaman:
		61

SUMBER :
DINAS TATA KOTA DAN PENGAWASAN
BANGUNAN KOTA BENGKULU

Menurut anthropolog C. Kluckhohn (1953) dalam Soekanto (1997) ada tujuh unsur kebudayaan yang dianggap sebagai *Cultural Universals*, yaitu :

- a. Peralatan dan perlengkapan hidup manusia (pakaian, perumahan, alat-alat rumah tangga, alat-alat produksi, alat-alat transportasi dan sebagainya).
- b. Mata pencaharian hidup dan sistem-sistem ekonomi (pertanian, perdagangan, sistem produksi, sistem pengolahan hasil, sistem distribusi dan sebagainya).
- c. Sistem kemasyarakatan (sistem kekerabatan, sistem hukum, sistem perkawinan, organisasi politik).
- d. Bahasa (tulisan dan lisan).
- e. Kesenian (seni rupa, seni suara, seni tari dan sebagainya).
- f. Sistem pengetahuan.
- g. Religi (agama dan sistem kepercayaan).

Berdasarkan definisi kebudayaan tersebut di atas, maka dapat dikatakan bahwa budaya masyarakat Kota Bengkulu termasuk budaya masyarakat kawasan pesisir yang sangat heterogen seperti halnya heterogenitas penduduknya.

4.1.5.2 Kondisi Prasarana dan Sarana Permukiman

Arahan pemanfaatan wilayah di Kota Bengkulu secara umum dibagi atas wilayah budidaya dan non budidaya. Pemanfaatan wilayah budidaya umumnya digunakan untuk pemukiman, fasilitas umum seperti perkantoran, perdagangan, industri dan lain-lain. Sedangkan wilayah non budidaya yaitu berupa cagar alam, kawasan lindung serta sempadan pantai dan sungai.

Sesuai dengan skala pelayanan dan jenis perdagangan maka kegiatan perdagangan dibagi dalam tiga kelompok yaitu, perdagangan regional dengan maksud tidak hanya pemenuhan kebutuhan penduduk setempat tapi mempunyai akses ke berbagai daerah di luar maupun di dalam kota. Perdagangan lokal dimaksudkan mengutamakan pemenuhan

kebutuhan penduduk Kota Bengkulu dan yang terakhir perdagangan souvenir yang menyediakan kebutuhan souvenir (oleh-oleh) bagi para wisatawan dari dalam negeri maupun luar negeri.

Kegiatan jasa yang berkembang saat ini berupa jasa perkantoran swasta, jasa perdagangan, perhotelan, perbankan dan sebagainya, yang didukung dengan fasilitas-fasilitas seperti perkantoran, perumahan dan lain-lain. Untuk fasilitas perkantoran, sesuai dengan fungsi Kota Bengkulu sebagai ibu kota Propinsi Bengkulu maka kegiatan perkantoran terdiri dari perkantoran tingkat I, tingkat II dan tingkat kecamatan. Sedangkan fasilitas perumahan, belakangan ini maju dengan pesat dengan banyaknya pelayanan perumahan yang dikembangkan oleh para pengembang perumahan baik swasta maupun perusahaan BUMN.

Kebijakan tata ruang Kota Bengkulu merupakan pengelompokan kegiatan dalam suatu kawasan bagian wilayah kota yang bertujuan untuk mempermudah dalam pengarahannya kegiatan dan pembangunan. Dari potensi yang ada dan berdasarkan homogenitas kegiatan serta mengikuti batas administrasi, maka Kota Bengkulu dibagi atas lima bagian wilayah kota:

- Bagian wilayah kota A, mempunyai fungsi utama sebagai pusat kegiatan primer yang secara fisik hampir seluruhnya merupakan kawasan potensial pengembangan perkotaan.
- Bagian wilayah kota B, mempunyai fungsi utama sebagai cagar alam dan cathment area.
- Bagian wilayah kota C, mempunyai area terbatas untuk kegiatan perkotaan berupa sempadan sungai dan pantai.
- Bagian wilayah kota D, mempunyai potensial area untuk pengembangan kegiatan perkotaan dengan posisinya yang relatif strategis bagi pengembangan perumahan.
- Bagian wilayah kota E, mempunyai ketersediaan kawasan bagi pengembangan kegiatan industri.

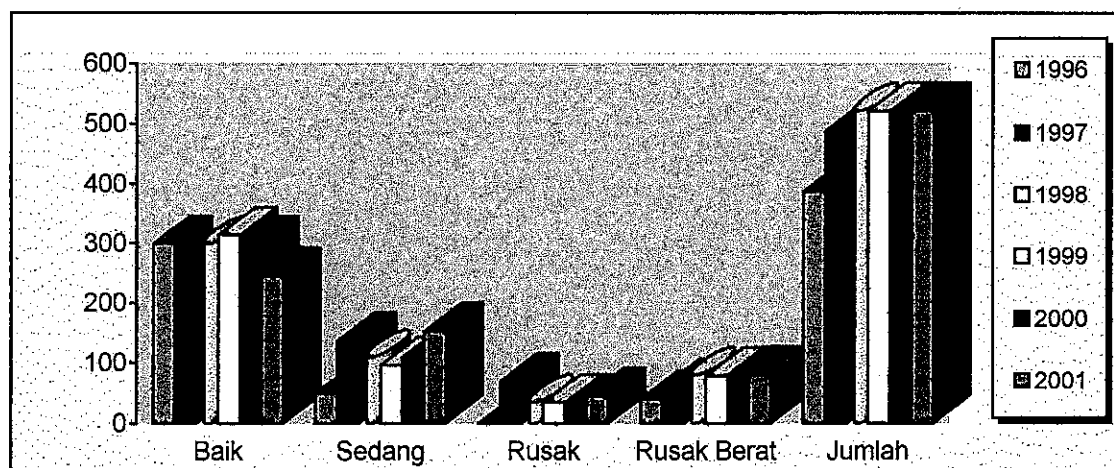
Transportasi darat merupakan transportasi utama dan merupakan urat nadi perekonomian di Kota Bengkulu, dimana komponen transportasi darat meliputi prasarana jaringan jalan, terminal dan kendaraan. Pada tahun 2001 keseluruhan jalan yang ada di Kota Bengkulu panjangnya 522 km dengan kondisi permukaan beraspal 355 km, kerikil/ koral 58 km, tanah 35 km dan lain-lain 74 km.

Kondisi jalan secara lebih terinci dapat dilihat dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.8, Panjang Jalan (km) di Kota Bengkulu Menurut Kondisi Jalan yang Ada Pada Tahun 1996 – 2001

Kondisi Jalan Tahun	Baik	Sedang	Rusak	Rusak Berat	Tidak dirinci	Jumlah
1996	299	49	0	26	14	388
1997	223	137	69	60	0	489
1998	299	109	34	80	0	522
1999	314	96	34	78	0	522
2000	299	109	34	80	0	522
2001	245	153	44	80	0	522

Sumber : BPS, Kota Bengkulu Dalam Angka 2001



Gambar 4.6, Panjang Jalan di Kota Bengkulu Menurut Kondisi Jalan yang Ada Pada Tahun 1996 – 2001

4.1.6 Kondisi Ekosistem Kawasan Pesisir dan Kawasan Konservasi

4.1.6.1 Mangrove

Hutan mangrove di Kota Bengkulu terdapat di daerah Pulau Baai, sebelah selatan Kota Bengkulu. Kawasan hutan mangrove Pulau Baai terletak di daerah teluk dan sepanjang sungai Jenggalu. Ekosistem mangrove di daerah ini disusun atas 9 jenis tumbuhan mangrove, sebagaimana terlihat pada tabel seagai berikut :

Tabel 4.9, Komposisi Jenis Hutan Mangrove di Pulau Baai

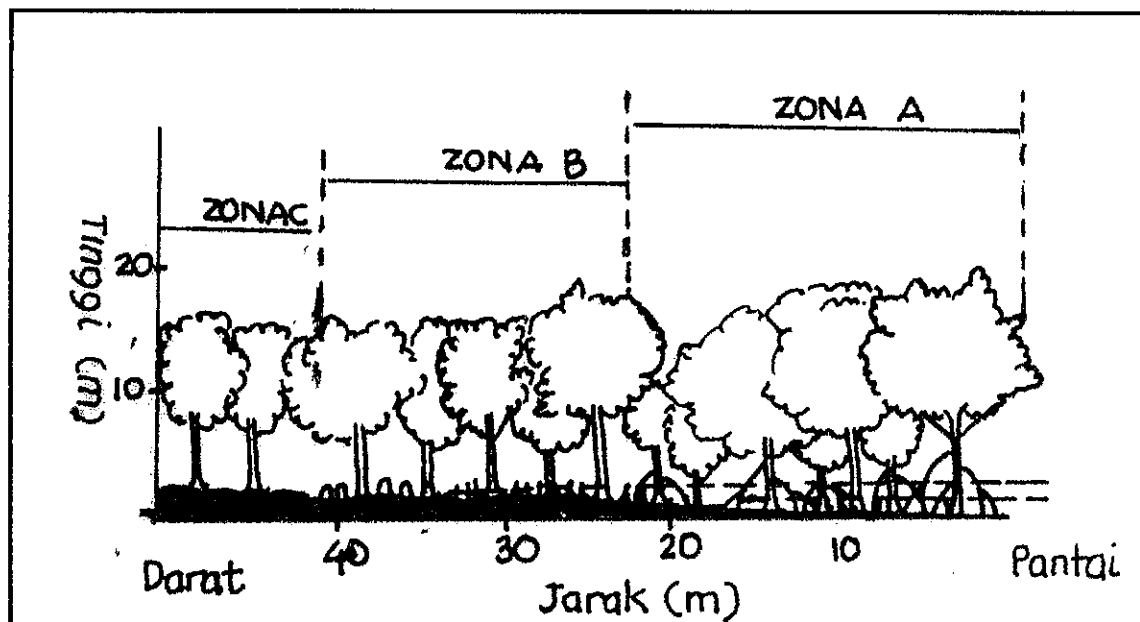
No.	Jenis	Suku	Nama Lokal
1.	<i>Sonneratia alba</i>	<i>Sonneratiaceae</i>	Pidada
2.	<i>Rhizophora apiculata</i>	<i>Rhizophoraceae</i>	Bakau
3.	<i>Avicennia marina</i>	<i>Avicenniaceae</i>	Api-api
4.	<i>Ceriops tagal</i>	<i>Rhizophoraceae</i>	Bakau
5.	<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	<i>Rhizophoraceae</i>	Tanjang
6.	<i>Cerbera manghas</i>	<i>Apocynaceae</i>	Macang Laut
7.	<i>Lumintzera litorea</i>	<i>Combretaceae</i>	Terentang
8.	<i>Hibiscus tiliaceus</i>	<i>Malvaceae</i>	Waru laut
9.	<i>Xylocarpus granatum</i>	<i>Meliaceae</i>	Nyireh

Sumber : Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Propinsi Bengkulu, 2003

Sonneratia alba dan *Avicennia marina* umumnya menempati daerah pinggir sungai atau bagian depan dari komposisi hutan mangrove, selanjutnya diikuti oleh *Rhizophora apiculata* dan *Bruguiera gymnorrhiza* sedangkan *Lumintzera litorea* menempati areal lebih ke darat. Pada vegetasi tingkat pohon didominasi oleh *Rhizophora apiculata* dengan indeks nilai penting (INP) 119%, selanjutnya diikuti *Sonneratia alba* dengan INP 95% dan *Avicennia marina* dengan INP 20%.

Pola zonasi hutan mangrove di Pulau Baai dibagi atas tiga zona yaitu :

- Zona A (depan), disusun dominant oleh *Rhizophora apiculata* dan juga ditemukan *Sonneratia alba* serta terdapat juga *Ceriops tagal* dan *Lumintzera litorea*. Tipe substrat pada zona ini berlumpur dangkal dengan panjang zona berkisar 10 – 20 meter.
- Zona B (tengah), disusun oleh jenis *Avicennia marina* juga terdapat satu-satu *Bruguiera gymnorrhiza*. Tipe substrat pada zona ini sedikit berpasir dan relatif kering dengan panjang zona berkisar 10 – 20 meter.
- Zona C (belakang), merupakan zona transisi dimana disusun oleh jenis *Hibiscus tiliaceus*, *Cerbera manghas*, *Xylocarpus granatum*. Tipe substrat pada zona ini berpasir dan tidak dipengaruhi oleh pasang surut (pasut) dengan panjang zona berkisar 10 – 15 meter.



Sumber : Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir dan laut Propinsi Bengkulu, 2003

Gambar 4.7, Pola Zonasi Hutan Mangrove di Pulau Baai Kota Bengkulu

4.1.6.2 Terumbu Karang

Berdasarkan Buku Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir dan laut Propinsi Bengkulu, penyebaran terumbu karang di Kota Bengkulu terdapat pada kawasan pesisir daerah Kampung Cina dengan luas 315 Ha, Pulau Tikus 277 Ha, Pulau Baai 127 ha dan Teluk Sepang 170 Ha. Sehingga pada kawasan pesisir Kota Bengkulu terdapat kawasan terumbu karang seluas 889 Ha, dibandingkan dengan kawasan pesisir Propinsi Bengkulu hanya 11% dari luas keseluruhan (8076 Ha).

Jenis terumbu karang termasuk terumbu karang tepi (*Fringing Reef*), dengan kondisi terumbu karang pada transek sampling di kedalaman 3 meter dapat dikategorikan dengan penutupan karang batu 76,67 %. Pada tabel berikut disajikan kategori terumbu karang berdasarkan persen penutupannya sebagai berikut :

Tabel 4.10, Kategori Terumbu Karang dengan Kondisi Penutupannya

Kategori	Penutupan (%)
Coral	
Dead Coral	14,00
Acropora	
Branching	3,63
Submassive	0,67
Tabulate	0,00
Non-Acropora	
Branching	7,83
Massive	25,87
Encrusting	3,67
Foliose	1,00
Submassive	34,33
Heliopora sp	1,67
Other Life Form	
Sponges	0,33
Other Benthic Life Form	
Coralline Algae	2,33
Alga Assemblage	2,33
Substrata	
Ruble	2,33

Sumber : Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Prropinsi Bengkulu, 2003

Dengan persen penutupan sebagaimana tabel diatas maka terumbu karang masuk dalam criteria umumnya memuaskan/ cukup kuat. Bentuk pertumbuhan karang yang umumnya kecil-kecil dan pendek-pendek menandakan bahwa daerah tersebut merupakan daerah dengan arus dan gelombang yang cukup kuat.

4.1.6.3 Kawasan Konservasi

Berdasarkan Buku Informasi Kawasan Konservasi Propinsi Bengkulu yang diterbitkan oleh Sub Balai KSDA Propinsi Bengkulu (1999), terdapat 2 kawasan konservasi dalam kewenangan Kota Bengkulu yaitu Hutan Wisata Pantai Panjang dan Pulau Baai serta Taman Wisata Alam Pulau Tikus. Berdasarkan lokasinya kawasan tersebut berada di kawasan pesisir karena sebagian kawasannya berbatasan dengan pantai.

Hutan Wisata Pantai Panjang dan Pulau Baai, berada tepat disebelah selatan pusat Kota Bengkulu, ditetapkan berdasarkan SK TGHG Menteri Kehutanan No. 383/Kpts-II/1985 tanggal 27 Desember 1985. Secara administrasi Kawasan Hutan Wisata Pantai Panjang terletak di Kecamatan Gading Cempaka, dan Hutan Wisata Pulau Baai terletak di Kecamatan Slebar. Sedangkan secara geografis kedua kawasan hutan wisata ini terletak pada $102^{\circ}15'14''$ – $102^{\circ}19'48''$ BT dan $03^{\circ}47'00''$ – $03^{\circ}57'30''$ LS.

Taman Wisata Alam Pulau Tikus, merupakan pulau terdekat di wilayah Kota Bengkulu. Secara administrasi Pulau Tikus terletak dalam wilayah Kecamatan Teluk segara dengan luas total 300 Ha, dengan luas daratan 2 Ha dan sisanya berupa kawasan laut yaitu berupa terumbu karang. Secara geografis kawasan ini terletak pada $102^{\circ}09'30''$ – $102^{\circ}10'57''$ BT dan $03^{\circ}47'30''$ – $03^{\circ}51'00''$ LS. Di Kawasan Taman Wisata Alam Pulau Tikus, pengunjung dapat melakukan aktivitas wisata bahari untuk menikmati keindahan ekosistem terumbu karang, memancing, atau berlayar.

4.1.6.4 Kondisi Kualitas Air di Perairan Pantai

Tabel 4.11, Hasil Pengukuran Kualitas Air di Perairan Pantai Propinsi Bengkulu

No.	Nomor Sampel	Parameter		
		Temperatur	Salinitas	Kekeruhan
		(°C)	(‰)	(NTU)
1.	I	31	32	4,64
2.	II	28	31	2,17
3.	III	29	32	4,58
4.	IV	30	33	5,43
5.	V	30	33	14,2
6.	VI	27,5	32	1,07
7.	VII	28	33	1,36
8.	VIII	30	28	4,94
9.	IX	32	27	1,93
10.	X	30	31	2,05
11.	XI	29	28	1,83
12.	XII	29	28	1,24
	Baku Mutu	Max. 30		< 3

Sumber : Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Propinsi Bengkulu, 2003



MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO


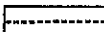
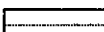
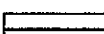

TESIS

ABRASI PANTAI
DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN
KONSEP PENANGGULANGANNYA

PETA

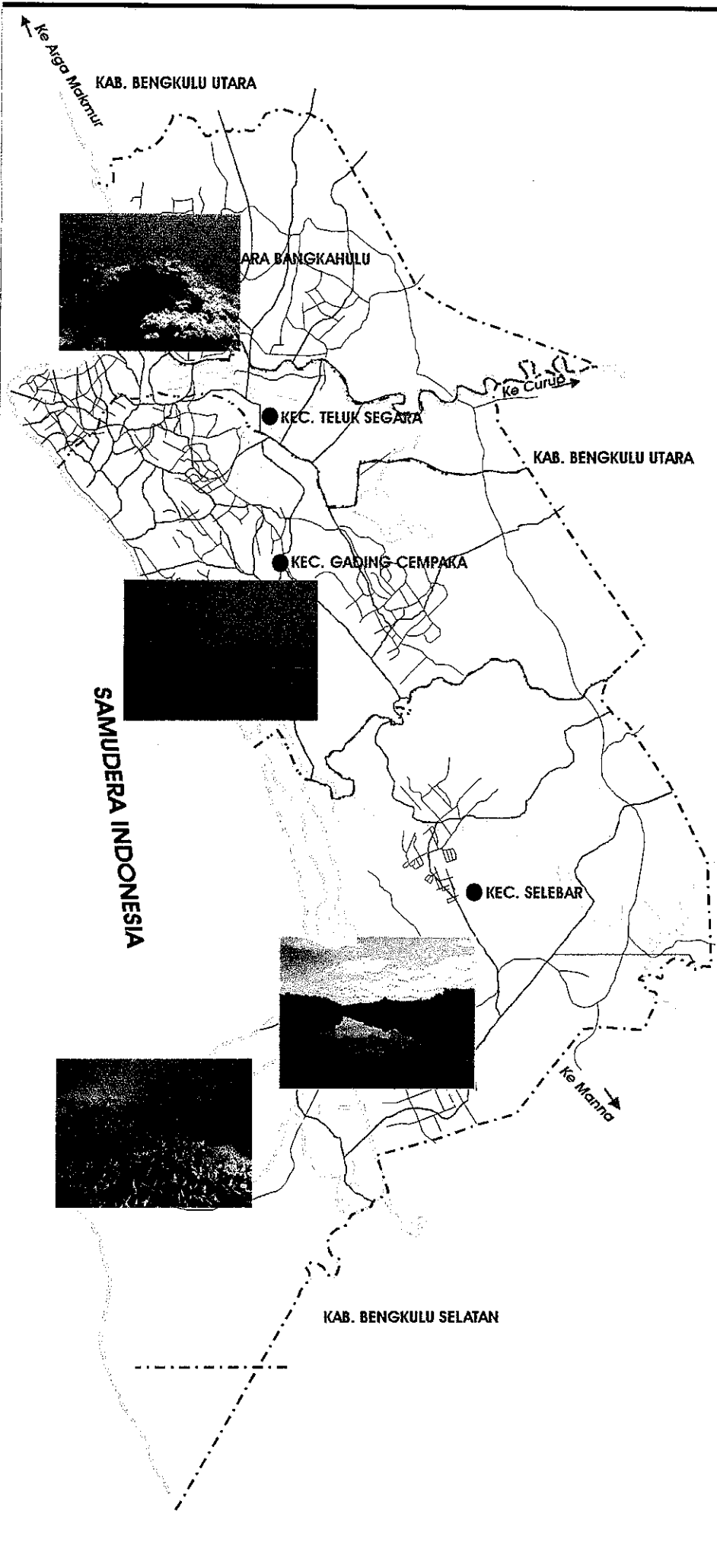
Lokasi Mangrove, Terumbu Karang
dan Hutan Wisata


LEGENDA :

-  Batas Kota
-  Batas Kecamatan
-  Batas Kelurahan
-  Jalan
-  Sungai

Lokasi :

1. Kampung Cina
2. Hutan Wisata Pantai Panjang
3. Pulau Bai



	SKALA:	No. Gambar:
	1 : 150.000	4.8
		Halaman :
		70

SUMBER :
ATLAS SUBERDAYA WILAYAH PESISIR
DAN LAUT PROPINSI BENGKULU

4.1.6.5 Kondisi Tanah dasar

Kondisi tanah dasar mencakup jenis lapisan tanah dan kekuatan geser tanah yang diperlukan untuk menganalisa stabilitas tanah terutama terhadap perencanaan dinding pelindung pantai nantinya.

Dari hasil uji laboratorium dengan uji geser langsung (*Direct Shear*) akan didapat nilai kohesi (c), sudut geser dalam (ϕ) dan tegangan normal efektif (σ) sehingga dapat dihitung kekuatan geser dengan menggunakan rumus *Coulomb Hvorslev* yaitu :

$$s = c + \sigma \tan \phi$$

Kondisi tanah dasar dapat dilihat pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.12, Kondisi Lapisan Tanah

No.	Lokasi	Lapisan I	Lapisan II	Lapisan III
1.	Sta. I	Lempung berwarna kemerahan dan sangat kasar, kedalaman 1,5 meter.	Lempung berwarna abu-abu keputihan, kedalaman 2,5 meter.	Napal keras berwarna putih keabu-abuan.
2.	Sta. II	Lempung berwarna kemerah-merahan, kedalaman 2,5 meter.	Pasir halus.	-
3.	Sta. III	Lempung berwarna kemerahan dan sangat kasar, kedalaman 2,5 meter.	Lempung berwarna abu-abu, kedalaman 2 meter.	Napal keras berwarna putih keabu-abuan.
4.	Sta. IV	Tanah berwarna kehitaman, kedalaman 3,5 meter.	Lempung berwarna kemerah-merahan, kedalaman 2 meter.	Napal keras.
5.	Sta. V	Lempung berwarna kemerahan, kedalaman 3 meter.	Pasir sangat kasar dan sedikit kerikil.	-
6.	Sta. VI	Lanau, kedalaman 2,5 meter.	Pasir padat.	-
7.	Sta. VII	Lempung berwarna kemerahan dan sangat kasar, kedalaman 3 meter.	Lempung berwarna abu-abu keputihan, kedalaman 2 meter.	Napal keras berwarna putih keabu-abuan.
8.	Sta. VIII	Lempung, kedalaman 2 meter.	Napal keras berwarna putih keabu-abuan.	-

Tabel 4.12, lanjutan....

No.	Lokasi	Lapisan I	Lapisan II	Lapisan III
9.	Sta. IX	Lempung berwarna kemerahan, kedalaman 1,5 meter.	Lempung berwarna abu-abu keputihan, kedalaman 2 meter.	Pasir halus.
10.	Sta. X	Lempung berwarna kemerahan, kedalaman 1,5 meter.	Lempung berwarna abu-abu keputihan, kedalaman 2 meter.	Pasir dan kerikil.
11.	Sta. XI	Lempung berwarna kemerahan, kedalaman 2,5 meter.	Lempung lunak berwarna abu-abu, kedalaman 1,5 meter.	Napal keras.
12.	Sta. XII	Lempung berwarna abu-abu, kedalaman 2 meter.	Pasir padat.	-

Sumber : PT. Yodya Karya Konsultant, 2003

Tabel 4.13, Data Kekuatan Geser Tanah Dasar

No.	Lokasi	C (kg/cm ²)	ϕ (^o)	σ (kg/cm ²)	S (kg/cm ²)
1.	Sta. I	0,05	32,22	5,30	3,39
2.	Sta. II	0,07	29,90	7,30	4,27
3.	Sta. III	0,30	12,50	31,63	7,31
4.	Sta. IV	0,14	22,54	10,75	4,60
5.	Sta. V	0,09	28,70	6,37	3,57
6.	Sta. VI	0,01	35,12	8,60	6,06
7.	Sta. VII	0,11	28,44	9,77	5,40
8.	Sta. VIII	0,80	7,70	4,03	1,34
9.	Sta. IX	0,50	10,00	8,20	1,95
10.	Sta. X	0,10	28,31	20,40	11,09
11.	Sta. XI	0,28	17,70	7,00	2,51
12.	Sta. XII	0,04	35,12	8,43	5,97



MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO


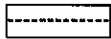
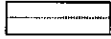
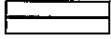
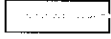
TESIS

ABRASI PANTAI
DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN
KONSEP PENANGGULANGANNYA

PETA

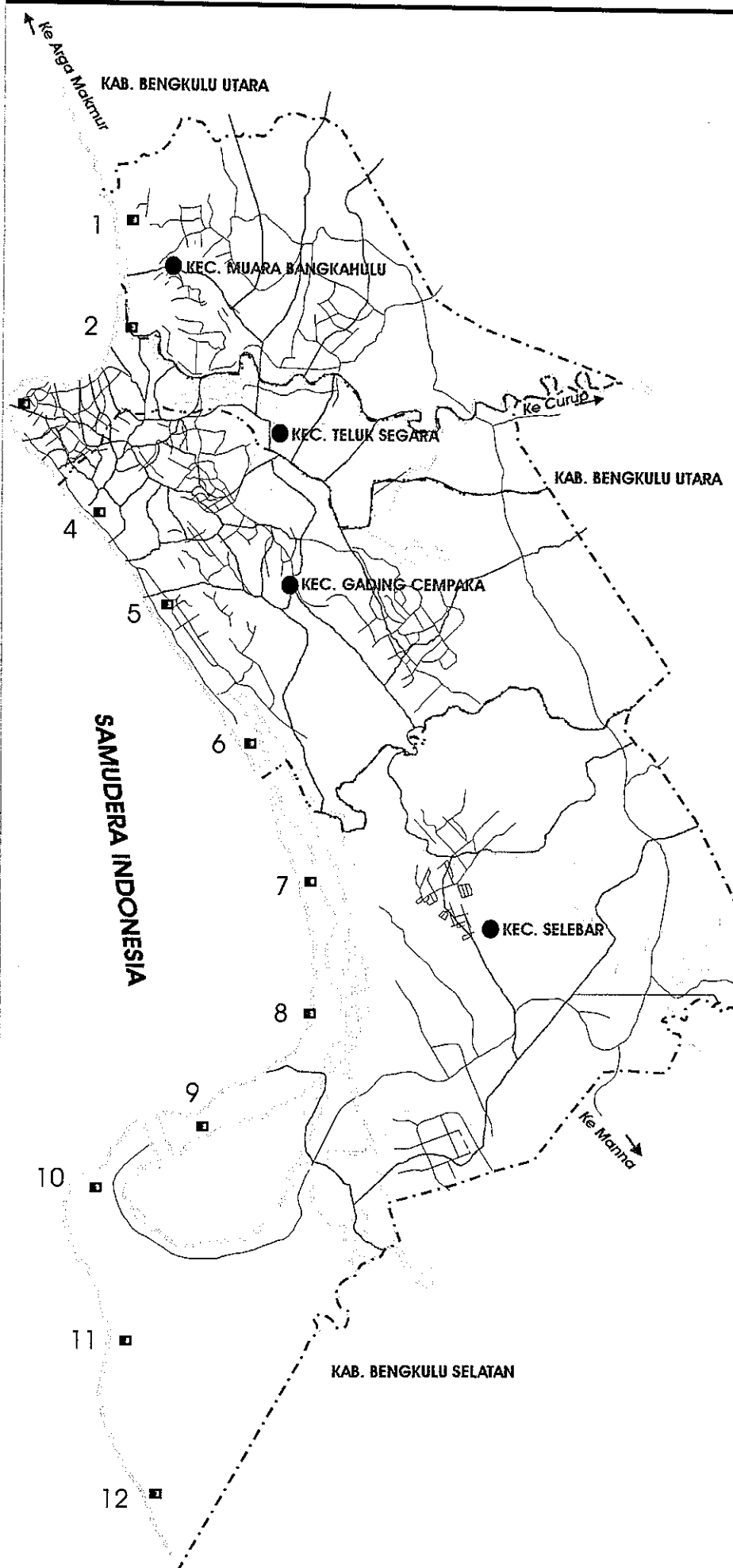
Lokasi Pengukuran Bathimetri dan
Pengambilan Sampel Tanah

LEGENDA :

-  Batas Kota
-  Batas Kecamatan
-  Batas Kelurahan
-  Jalan
-  Sungai

Lokasi :

1. Desa Beringin Jaya
2. Desa Pasar Bengkulu
3. Desa Kampung Cina
4. Desa Nusa Indah
5. Desa Padang Harapan
6. Desa Padang Harapan
7. Desa Kandang
8. Desa Kandang
9. Desa Pagar Dewa
10. Desa Pagar Dewa
11. Desa Pagar Dewa
12. Desa Pagar Dewa



SKALA:

1 : 150.000

No. Gambar:

4.9

Halaman:

73

SUMBER :
ATLAS SUBERDAYA WILAYAH PESISIR
DAN LAUT PROPINSI BENGKULU

4.2 Analisis Hasil Penelitian

4.2.1 Perkiraan Gelombang dengan Periode Ulang

Untuk menentukan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran yang cukup panjang (beberapa tahun), data tersebut berupa data gelombang hasil prediksi (peramalan) berdasarkan data angin.

Data angin yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Fatmawati Soekarno Bengkulu berupa data angin hasil pengukuran selama 15 tahun (1989 – 2003), data ini dipergunakan untuk peramalan gelombang. Data angin selama 15 tahun dipakai untuk menghitung perkiraan tinggi gelombang rata-rata dan perkiraan tinggi gelombang maksimum (*lampiran 1*).

Hasil perkiraan tinggi gelombang tersebut dipilih tinggi gelombang signifikan maksimum tiap tahunnya. Pemilihan tinggi gelombang signifikan maksimum dimaksudkan untuk keperluan perencanaan bangunan pelindung pantai, agar bangunan yang direncanakan tidak akan dilewati oleh gelombang. Perkiraan tinggi gelombang signifikan maksimum diberikan dalam tabel 4.14, sebagai berikut :

Tabel 4.14, Perkiraan Tinggi Gelombang Maksimum Setiap Tahun

No	Tahun	Perkiraan Tinggi Gelombang Maksimum H (m)
1.	1989	0,249
2.	1990	0,352
3.	1991	0,466
4.	1992	0,727
5.	1993	1,026
6.	1994	0,466
7.	1995	0,727
8.	1996	0,727
9.	1997	0,727
10.	1998	0,727
11.	1999	1,189
12.	2000	0,727
13.	2001	1,026
14.	2002	0,727
15.	2003	0,249

Untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu digunakan Metode Distribusi Gumbel (*Fisher – Tippett Type I*). Perhitungan pada tabel 4.15, sebagai berikut :

Tabel 4.15, Hitungan Gelombang dengan Periode Ulang

No. Urut m	H_{sm}	P	y_m	$H_{sm}y_m$	y_m^2	$(H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2$	\hat{H}_{sm}	$H_{sm} - \hat{H}_{sm}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	1,189	0,9630	3,2780	3,8975	10,7453	0,2651	1,2674	-0,0784
2.	1,026	0,8968	2,2171	2,2747	4,9155	0,1238	1,0365	-0,0105
3.	1,026	0,8307	1,6848	1,7286	2,8386	0,1238	0,9207	0,1053
4.	0,727	0,7646	1,3153	0,9562	1,7300	0,0028	0,8403	-0,1133
5.	0,727	0,6984	1,0245	0,7448	1,0496	0,0028	0,7770	-0,0500
6.	0,727	0,6323	0,7800	0,5671	0,6084	0,0028	0,7238	0,0032
7.	0,727	0,5661	0,5639	0,4100	0,3180	0,0028	0,6768	0,0502
8.	0,727	0,5000	0,3665	0,2664	0,1343	0,0028	0,6339	0,0931
9.	0,727	0,4339	0,1804	0,1312	0,0325	0,0028	0,5934	0,1336
10.	0,727	0,3677	0,0005	0,0004	0,0000	0,0028	0,5542	0,1728
11.	0,466	0,3016	-0,1812	-0,0844	0,0328	0,0433	0,5147	-0,0487
12.	0,466	0,2354	-0,3691	-0,1720	0,1362	0,0433	0,4738	-0,0078
13.	0,352	0,1693	-0,5744	-0,2022	0,3299	0,1037	0,4291	-0,0771
14.	0,249	0,1032	-0,8203	-0,2043	0,6730	0,1807	0,3756	-0,1266
15.	0,249	0,0370	-1,1930	-0,2971	1,4232	0,1807	0,2945	-0,0455
Jlh :	10,112	7,5000	8,2730	10,0169	24,9673	1,0840		
Rata-rata	0,6741	0,5000	0,5515	0,6678	1,6645	0,0723		

Keterangan dari masing-masing kolom adalah sebagai berikut :

- Kolom 1, nomor urut tinggi gelombang maksimum ($m = 1, 2, \dots, 15$).
- Kolom 2, data gelombang yang diurut dari besar ke kecil sesuai dengan nomor urut m.
- Kolom 3, merupakan nilai probabilitas $P(H_s \leq H_{sm})$, nilai tersebut dihitung dengan menggunakan distribusi *Fisher-Tippett Type I* yaitu :



$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,44}{N_T + 0,12}$$

Dimana :

$P(H_s \leq H_{sm})$: Nilai Propabilitas dari tinggi gelombang ke m

H_s : Tinggi gelombang signifikan

H_{sm} : Tinggi gelombang urutan ke m

m : Nomorurut tinggi gelombang

N_T : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

- Kolom 4, merupakan nilai y_m pada analisis regresi linear dihitung dengan rumus:

$$y_m = -\ln\{-\ln F(H_s \leq H_{sm})\}$$

Dimana :

$$F(H_s \leq H_{sm}) = P(H_s \leq H_{sm})$$

- Kolom 5 dan kolom 6, merupakan nilai-nilai yang digunakan untuk analisis regresi linear guna menghitung parameter \hat{A} dan \hat{B} yaitu :

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} = \frac{15(10,0169) - (10,112 \times 8,2730)}{15(24,9673) - (8,2730)^2} = 0,2176$$

$$\hat{B} = \bar{H}_{sm} - \hat{A} \cdot \bar{y}_m = 0,6741 - (0,2176 \times 0,5515) = 0,5541$$

- Kolom 7, merupakan nilai untuk menghitung deviasi standar gelombang signifikan (σ_{H_s}) yaitu :

$$\sigma_{H_s} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{1/2} = 0,2782$$

- Kolom 8, merupakan perkiraan tinggi gelombang yang dihitung dengan persamaan regresi linier yang dihasilkan yaitu :

$$\hat{H}_{sm} = \hat{A}.y_m + \hat{B}$$

Sehingga Persamaan regresi yang diperoleh yaitu :

$$\hat{H}_{sm} = 0,2176y_m + 0,5541$$

Selanjutnya hitung tinggi gelombang signifikan dengan beberapa periode ulang tertentu yaitu, 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 25 tahun, 50 tahun dan 100 tahun. Perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.16, sebagai berikut :

Tabel 4.16, Tinggi Gelombang Dengan Periode Ulang Tertentu

No.	Periode Ulang (tahun)	y_r (tahun)	H_{sr} (m)	σ_{nr}	σ_r	$H_{sr} - 1,28\sigma_r$ (m)	$H_{sr} + 1,28\sigma_r$ (m)
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	2	0,3665	0,6339	0,2723	0,0758	0,5369	0,7309
2.	5	1,4999	0,8805	0,4381	0,1219	0,7245	1,0365
3.	10	2,2504	1,0438	0,5905	0,1643	0,8335	1,2541
4.	25	3,1985	1,2501	0,7977	0,2219	0,9661	1,5341
5.	50	3,9019	1,4032	0,9563	0,2660	1,0627	1,7437
6.	100	4,6001	1,5551	1,1158	0,3104	1,1578	1,9524

Keterangan dari masing-masing kolom adalah sebagai berikut :

- Kolom 1, adalah nomor urut periode ulang.
- Kolom 2, adalah periode ulang yang dihitung.

- Kolom 3, adalah nilai y_r pada fungsi distribusi probabilitas dihitung dengan rumus :

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{LT_r} \right) \right\}, \text{ dimana :}$$

L : Rerata jumlah kejadian per-tahun $\left(\frac{N_T}{K} \right)$

K : Panjang data (tahun)

T_r : Periode ulang (tahun)

- Kolom 4, adalah tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus :

$$H_{sr} = \hat{A} \cdot y_r + \hat{B}$$

- Kolom 5, adalah deviasi standar yang dinormalkan (σ_{nr}) dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[1 + \alpha (y_r - c + \varepsilon \ln v)^2 \right]^{1/2}$$

Dimana :

N : Jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$v = \frac{N}{N_T}$$

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-13} + K \sqrt{-\ln v}}$$

$\alpha_1, \alpha_2, c, \varepsilon, K$: Koefisien empiris dengan nilai sebagai berikut :

Distribusi	α_1	α_2	ε	K	c
FT-1	0,64	9,0	1,33	0,93	0,0

- Kolom 6, adalah kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r , dihitung dengan rumus :

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \cdot \sigma_{Hs}$$

- Kolom 7 dan kolom 8, adalah batas interval terendah dan batas interval tertinggi dengan probabilitas batas terlampaui sebesar 10%.

Selanjutnya dalam perhitungan akan digunakan tinggi gelombang laut H_0 dengan periode ulang 25 tahun yaitu $H_0 = 1,25.m$.

Pembahasan

Dari hasil perhitungan perkiraan tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu diketahui besarnya tinggi gelombang dengan masing-masing periode ulang. Sebagai contoh dengan periode ulang 25 tahunan tinggi gelombang 1,25 meter, ini berarti bahwa gelombang tersebut diharapkan disamai atau dilampaui rata-rata sekali dalam 25 tahun.

Penentuan tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu erat kaitannya dengan perencanaan bangunan pelindung pantai, dimana kegunaannya untuk menentukan jenis dan umur bangunan, sehingga dapat diketahui perencanaan bangunan yang ekonomis.

4.2.1.1 Analisis Refraksi, Shoaling (Pendangkalan) dan Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Refraksi dan pendangkalan gelombang (*Wave Shoaling*) akan dapat menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. *Refraksi* mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai.

Analisis *Refraksi*, pendangkalan dan gelombang pecah berdasar kepada karakteristik gelombang di laut dalam., untuk itu perlu diketahui batas terjadinya gelombang pecah. Garis

pantai yang relatif lurus, sehingga peta bathimetrinya juga relatif lurus dan sejajar. Oleh sebab itu di dalam perhitungan analisis *Refraksi*, koefisien *Refraksi* maksimum $K_r = 1$.

Dengan demikian hitungan gelombang didasarkan atas data sebagai berikut, yaitu kemiringan dasar laut $m = 0,02$, tinggi gelombang laut $H_0 = 1,25$ m dan periode gelombang $T = 7,8$ detik (Atlas sumberdaya wilayah pesisir dan laut Propinsi Bengkulu).

Penentuan tinggi dan kedalaman gelombang pecah :

Diketahui bahwa tinggi gelombang didalam perjalanan menuju pantai mengalami perubahan bentuk dikarenakan adanya refraksi dan pendangkalan, sehingga dipengaruhi oleh koefisien refraksi K_r dan koefisien pendangkalan K_s dalam persamaan ditulis :

$$H = K_r K_s H_0$$

Dimana :

- H : Tinggi gelombang
- H_0 : Tinggi gelombang datang
- K_r : Koefisien refraksi
- K_s : Koefisien pendangkalan

Diketahui bahwa $K_s = \frac{H}{H_0}$, H_0' adalah tinggi gelombang laut dalam, maka persamaan menjadi :

$$H_0' = K_r H_0$$

$$H_0' = 1 \times 1,25 = 1,25 \text{ meter}$$

Selanjutnya dicari tinggi gelombang pecah dengan persamaan :

$$\frac{H_0'}{gT^2} = \frac{1,25}{9,81 \times 7,8^2} = 0,00209$$

Dengan menggunakan gambar 4.10, yaitu hubungan antara $\frac{H_0'}{gT^2}$ dengan $\frac{H_b}{H_0'}$ dan

nilai $m = 0,02$, maka diperoleh :

$$\frac{H_b}{H_0} = 1,35 \longrightarrow H_b = 1,35 \times 1,25 = 1,69 \text{ meter}$$

Kemudian dicari kedalaman gelombang pecah dengan persamaan :

$$\frac{H_b}{gT^2} = \frac{1,69}{9,81 \times 7,8^2} = 0,00283$$

Dengan menggunakan gambar 4.11, yaitu hubungan antara $\frac{H_b}{gT^2}$ dengan $\frac{d_b}{H_b}$ dan nilai $m = 0,02$, maka diperoleh :

$$\frac{d_b}{H_b} = 1,13 \longrightarrow d_b = 1,13 \times 1,69 = 1,91 \text{ meter}$$

Jadi tinggi dan kedalaman gelombang pecah adalah $H_b = 1,69$ dan $d_b = 1,91$

Dengan perhitungan yang sama akan dilakukan analisis gelombang dari laut dalam untuk perkiraan tinggi gelombang laut dalam yang lain dan elevasi dasar laut dimana gelombang pecah.

Hasil perhitungan dapat terlihat pada tabel 4.17, sebagai berikut :

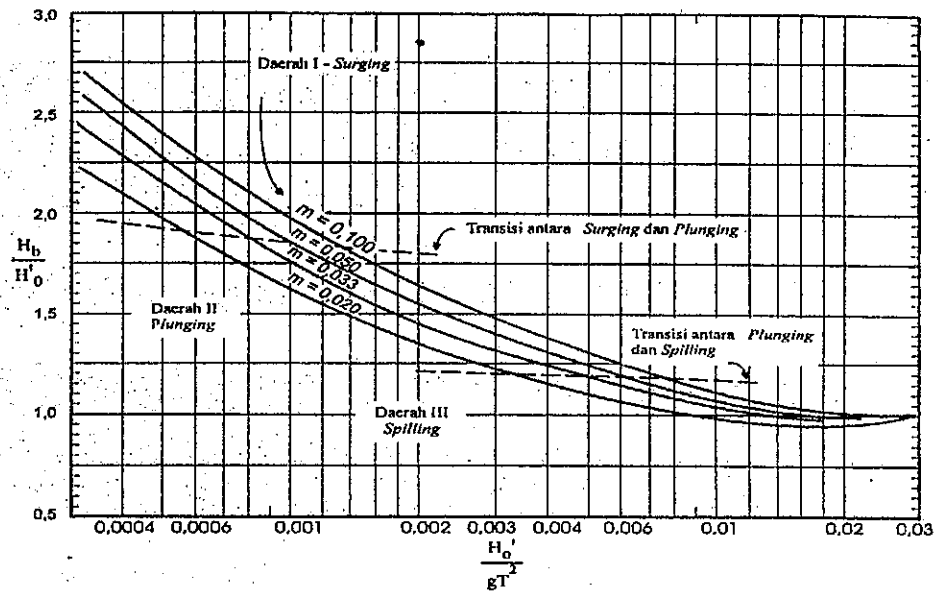
Tabel 4.17, Analisis Gelombang di Laut Dalam

No.	H_0	H_b	d_b	Elevasi Dasar Gel. Pecah	
	(m)	(m)	(m)	HWL (m)	LWL (m)
1	2	3	4	5	6
1.	0,50	0,85	0,94	0,69	-0,60
2.	1,00	1,45	1,62	0,11	-1,18
3.	1,25	1,69	1,91	-0,15	-1,44
4.	1,50	1,91	2,18	-0,38	-1,67
5.	2,00	2,44	2,83	-0,96	-2,25
6.	2,50	2,83	3,34	-1,42	-2,71
7.	3,00	3,30	3,93	-1,94	-2,23

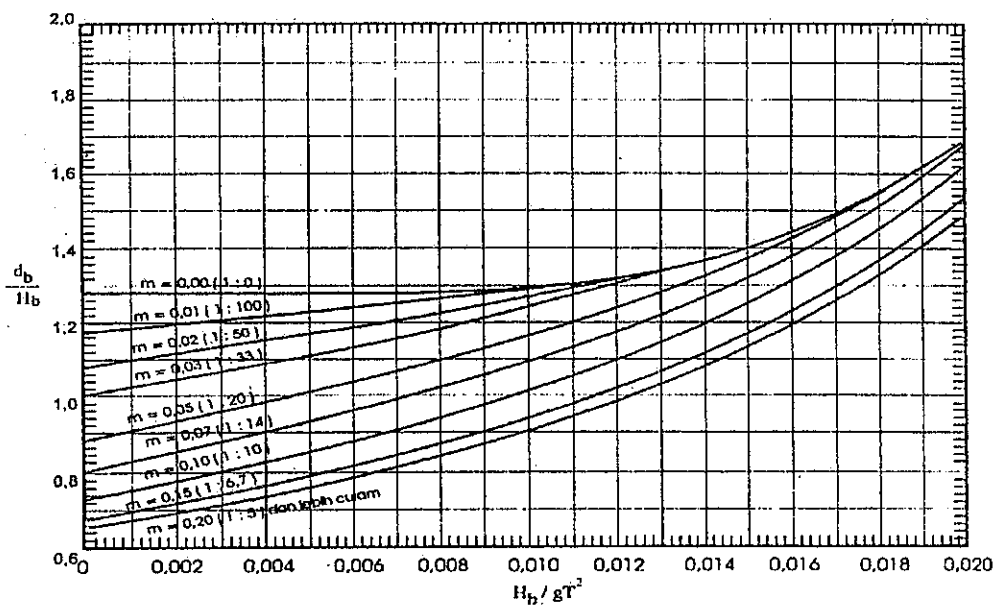
Keterangan dari masing-masing kolom adalah sebagai berikut :

- Kolom 1, adalah nomor urut gelombang dari laut dalam.
- Kolom 2, adalah perkiraan tinggi gelombang di laut dalam.

- Kolom 3, adalah tinggi gelombang pecah.
- Kolom 4, adalah kedalaman gelombang pecah.
- Kolom 5 dan 6, adalah elevasi dasar laut dimana gelombang pecah yang dihitung berdasarkan muka air rencana pada kondisi *MHWL* dan *MLWL*. Perhitungan dilihat pada tinggi muka air rencana, yang kemudian hasil dari perhitungan elevasi muka air rencana dikurangi dengan kedalaman gelombang pecah d_b .



Gambar 4.10, Penentuan Tinggi Gelombang Pecah



Gambar 4.11, Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah

Pembahasan

Hasil analisis tentang *Refleksi*, *Shoaling* dan gelombang pecah, memberikan besaran tinggi dan kedalaman gelombang pecah pada beberapa kedalaman gelombang datang. Ini berarti bahwa proses *Refleksi*, *Shoaling* dan gelombang pecah menentukan pada kedalaman dan tinggi gelombang saat gelombang pecah. Contoh untuk gelombang datang dengan ketinggian 1,25 meter karena pengaruh *Refleksi* dan pendangkalan pada saat tinggi gelombang mencapai 1,69 meter akan pecah dan kedalaman gelombang pecah 1,91 meter.

Analisis tersebut di atas akan membantu dalam menentukan perencanaan bangunan pelindung pantai yang berada pada kedalaman yang cukup besar, sehingga dapat diketahui kondisi gelombang pecah atau tidak pecah serta batas terjadinya gelombang pecah dengan kaitannya terhadap kedalaman lokasi bangunan pelindung pantai.

4.2.1.2 Analisis Tinggi Gelombang Maksimum

Analisis berdasarkan tinggi gelombang maksimum dipakai apabila kondisi elevasi dasar lautan lebih dangkal atau kedalamannya lebih kecil, sehingga gelombang yang menjalar dari laut dalam telah pecah sebelum mencapai tepian pantai. Tinggi gelombang maksimum dalam hal ini merupakan fungsi kedalaman air.

Hitungan dilakukan dengan menggunakan gambar 4.12, dan dilakukan terhadap beberapa kedalaman air. Kedalaman air ditentukan berdasarkan elevasi dasar laut dan elevasi muka air rencana. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.18, sebagai berikut :

Tabel 4.18, Gelombang Maksimum Pada Beberapa Kedalaman

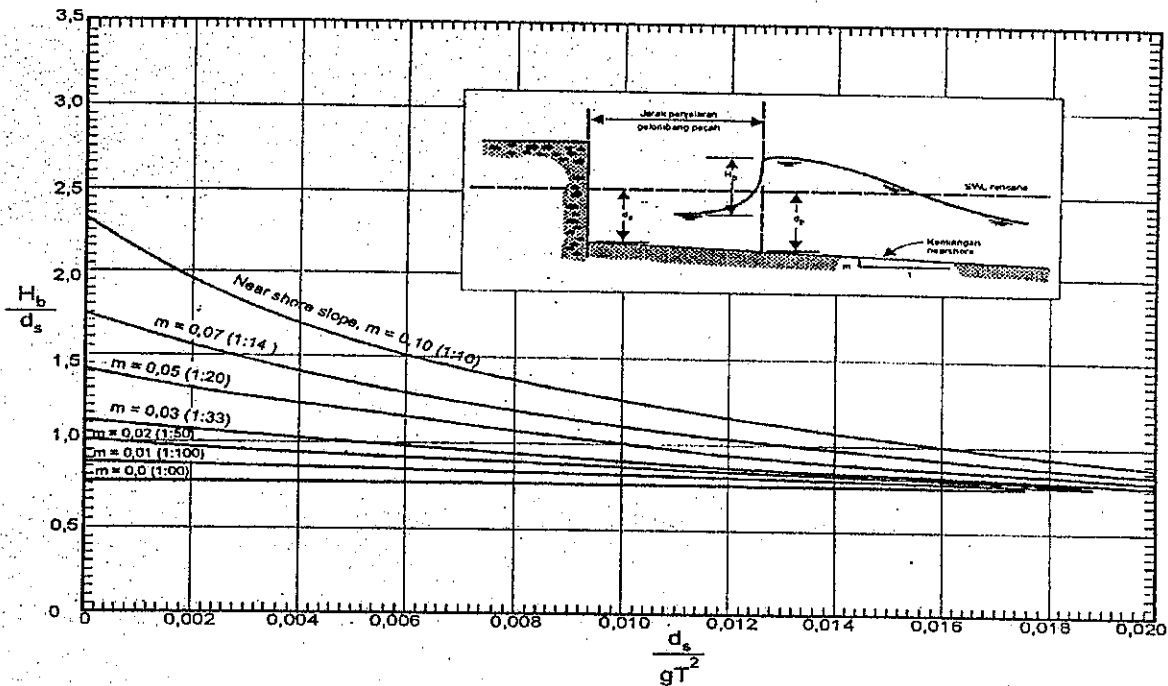
No.	Elev. Dasar (m)	d_s (m)	$\frac{d_s}{gT^2}$	$\frac{H_b}{d_s}$	H_b (m)
1	2	3	4	5	6
1.	-1,50	3,26	0,0055	0,925	3,02
2.	-1,00	2,76	0,0046	0,930	2,57
3.	-0,50	2,26	0,0038	0,950	2,15
4.	0,00	1,76	0,0029	0,955	1,68
5.	0,50	1,26	0,0021	0,975	1,23
6.	1,00	0,76	0,0013	0,980	0,74
7.	1,50	0,26	0,0004	0,995	0,26

Keterangan dari masing-masing kolom adalah sebagai berikut :

- Kolom 1, adalah nomor urut dari gelombang maksimum pada beberapa kedalaman.
- Kolom 2, adalah perkiraan elevasi dasar antara elevasi -1,50 hingga +1,50.
- Kolom 3, adalah kedalaman air di kaki bangunan rencana yang dihitung berdasarkan elevasi 0,00 dengan $H_0 = 1,25.meter$ yaitu :

$$d_b - HWL = 1,91 - 0,15 = 1,76.meter .$$

- Kolom 4, adalah nilai $\frac{d_s}{gT^2}$ untuk mencari besaran $\frac{H_b}{d_s}$.
- Kolom 5, adalah nilai $\frac{H_b}{d_s}$ dilihat pada gambar 4.12.
- Kolom 6, adalah tinggi gelombang pecah rencana dihitung dengan persamaan yaitu : $H_b = d_s \times kolom(5)$.



Gambar 4.12, Tinggi Gelombang Pecah Maksimum Pada Kaki bangunan

Kontribusi penyebab abrasi oleh gelombang laut karena angin dapat diketahui dengan menghitung tenaga gelombang yang dihasilkannya, dengan periode $T = 7,8$ detik dan tinggi gelombang pecah $H'_0 = 1,25$ meter maka :

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho g (H'_0)^2}{8} \right) C_0, \quad \rho : \text{rapat massa air laut (kg/m}^3\text{)}$$

$$L_0 = 1,56.T^2 = 1,56 \times (7,8)^2 = 95.m$$

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{95}{7,8} = 12,18.m/\text{det}, \quad \text{dengan } \rho = 1000.kg/m^3$$

Maka :

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \left(\frac{1000 \times 9,81 \times (1,25)^2}{8} \right) 12,18 = 11.669.Nm/\text{det}$$

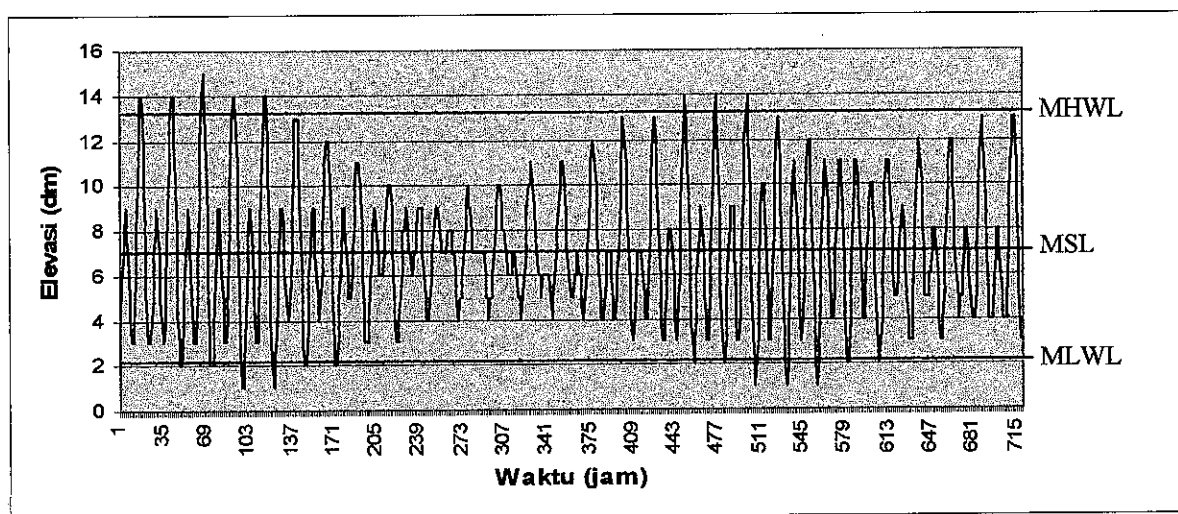
Jadi besarnya tenaga gelombang yang dihempaskan ke daratan akibat gelombang angin adalah sebesar 11.669 Nm/det tiap meter panjang puncak gelombang.

4.2.2 Fluktuasi Muka Air Laut

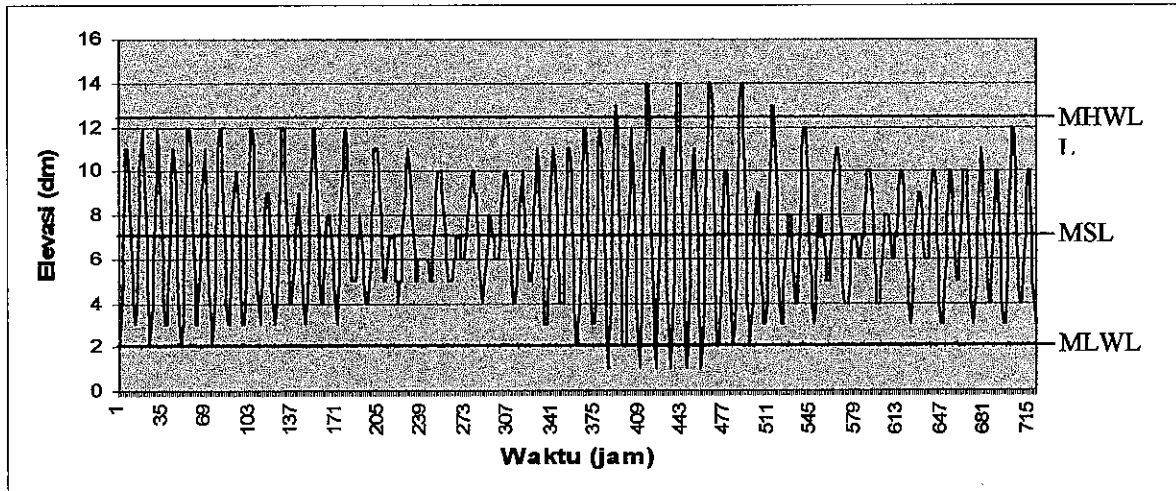
Elevasi muka air tergantung pada parameter pasang surut (pasut), *Wave Set-up*, *Wind Set-up*, tsunami dan pemanasan global. Tidak semua parameter tersebut dapat digunakan, mengingat bahwa kemungkinan terjadinya semua parameter secara bersamaan sangat kecil. Sehingga di dalam perhitungan tinggi muka air rencana hanya didasarkan pada pasang surut, *Wave Set-up* dan pemanasan global, sedangkan *Wind Set-up* (gelombang badai) dan tsunami tidak dapat diprediksi kapan waktu terjadinya.

4.2.2.1 Pasang Surut (Pasut)

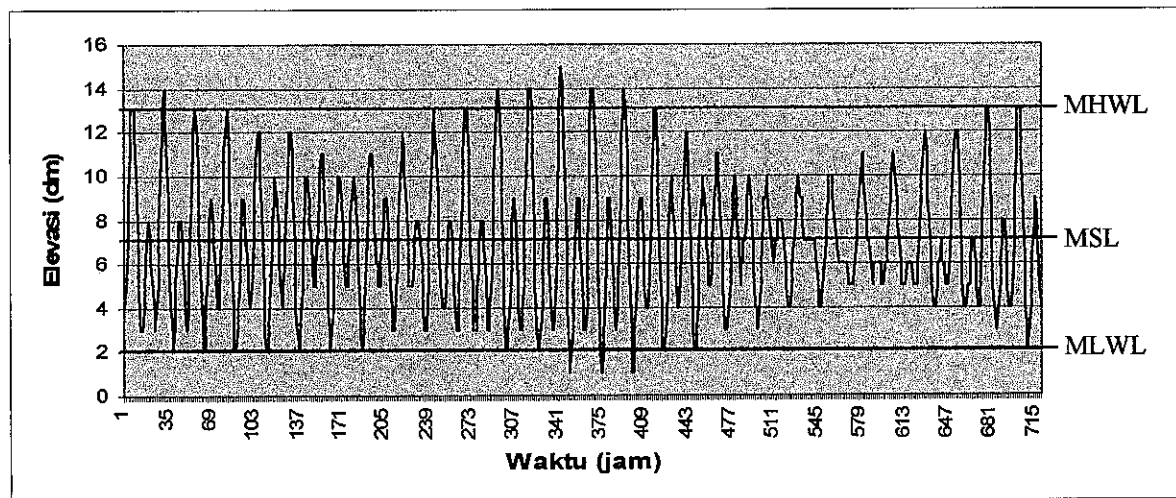
Data pasang surut salah satu parameter yang diperlukan untuk menentukan elevasi muka air rencana, dan didalam mendimensi bangunan pantai. Pasang surut akan mempengaruhi gelombang yang terjadi di sekitar lokasi bangunan. Data pasang surut yang diperoleh dari Dinas Hidro-Oseanografi di Jakarta untuk kawasan wilayah pesisir Kota Bengkulu pada tahun 2003 dapat dilihat dalam grafik pada gambar-gambar sebagai berikut :



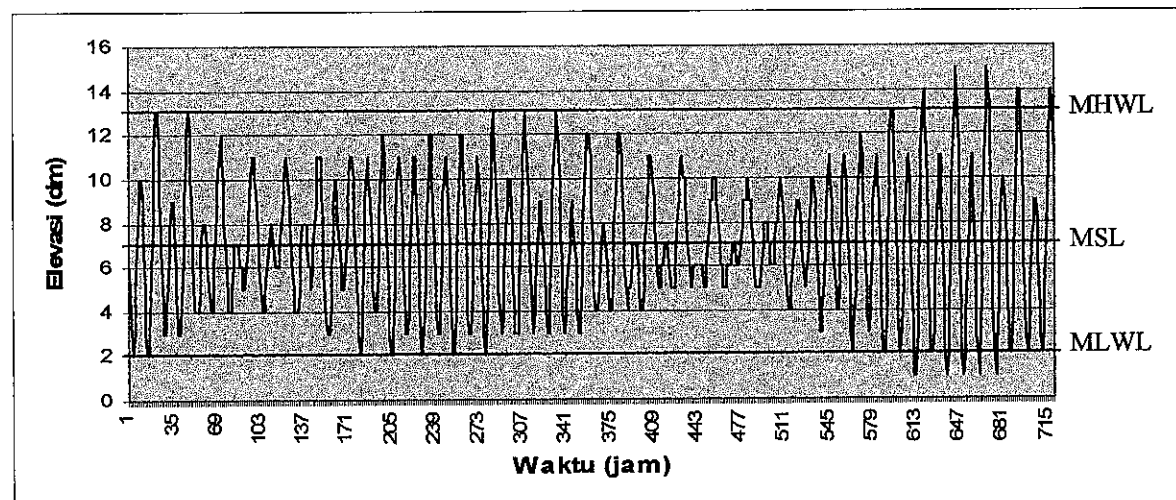
Gambar 4.13, Kondisi Pasang Surut untuk Kota Bengkulu
Pada Bulan Desember – Pebruari 2003



Gambar 4.14, Kondisi Pasang Surut untuk Kota Bengkulu Pada Bulan Maret – Mei 2003



Gambar 4.15, Kondisi Pasang Surut untuk Kota Bengkulu Pada Bulan Juni – Agustus 2003



Gambar 4.16, Kondisi Pasang Surut untuk Kota Bengkulu Pada Bulan September – Nopember 2003

Data pasang surut (pasut) rerata terlihat dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.19, Elevasi Muka Air Laut Berdasarkan Data Pasang Surut Tahun 2003

No.	Jenis Elevasi Muka Air	Elevasi (m)
1.	Muka Air Tinggi Rerata (<i>Mean High Water Level, MHWL</i>)	1,31
2.	Muka Air Laut Rerata (<i>Mean Sea Level, MSL</i>)	0,69
3.	Muka Air Rendah Rerata (<i>Mean Low Water Level</i>)	0,20

4.2.2.2 Kenaikan Muka Air Karena Gelombang (*Wave Set-up*)

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam. Perhitungan *Wave Set-up* adalah sebagai berikut :

Tabel 4.20, Perhitungan *Wave Set-up*

No.	H_b (m)	S_w (m)
1	2	3
1.	0,85	0,14
2.	1,45	0,24
3.	1,69	0,27
4.	1,91	0,31
5.	2,44	0,38
6.	2,83	0,43
7.	3,30	0,50

Keterangan dari masing-masing kolom adalah sebagai berikut :

- Kolom 1, adalah nomor urut *Wave Set-up*.
- Kolom 2, adalah tinggi gelombang pecah H_b , hasil dari perhitungan pada tabel analisis gelombang di laut dalam.

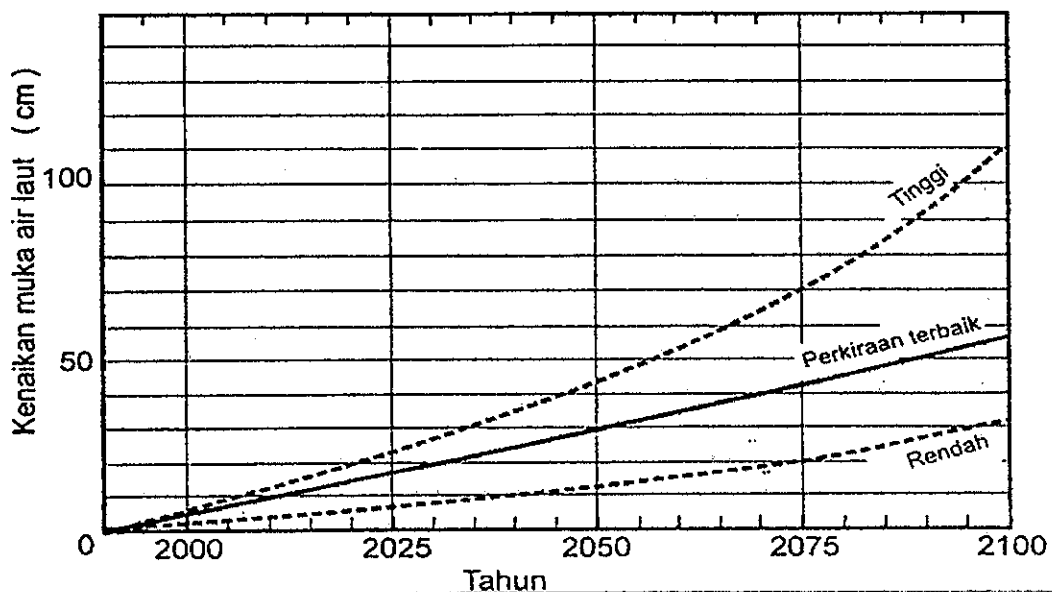
- Kolom 3, adalah *Wave Set-up* terhadap muka air diam S_w , dihitung dengan

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b$$

4.2.2.3 Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global (*Sea Level Rise, SLR*)

Belakangan ini pemanasan global menjadi perhatian yang serius dilingkungan kehidupan manusia, banyak kegiatan manusia yang menyebabkan terjadinya pemanasan global melalui pemakaian produk-produk yang terutama mengandung karbon. Karbon dapat meningkatkan jumlah gas rumah kaca di atmosfer, yang mengakibatkan naiknya suhu bumi. Peningkatan suhu bumi tersebut menyebabkan pemuaiian air laut dan juga mengakibatkan mencairnya gunung-gunung es di kutub, sehingga terjadinya peningkatan tinggi permukaan air laut.

Sehingga pemanasan global dapat salah satu faktor didalam menghitung tinggi muka air laut rencana. Perkiraan kenaikan muka air laut karena pemanasan global dapat dilihat pada gambar 4.17, sehingga untuk memprediksi besarnya kenaikan muka air laut diperkirakan hingga tahun 2025 *Sea Level Rise (SLR)* sebesar 0,18 meter.



Gambar 4.17, Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global

Maka elevasi muka air rencana *DWL* (*Design Water Level*) dapat ditentukan berdasarkan parameter di atas yaitu sebagai berikut :

- a. Berdasarkan *MHWL* (*Mean High Water Level*) :

$$DWL = MHWL + S_w + SLR$$

$$DWL = 1,31 + 0,27 + 0,18 = 1,76$$

- b. Berdasarkan *MLWL* (*Mean Low Water Level*) :

$$DWL = MLWL + S_w$$

$$DWL = 0,20 + 0,27 = 0,47$$

Pembahasan

Analisis tinggi muka air laut rencana yang merupakan analisis terhadap kondisi pasang surut, *Wave Set-up* dan akibat pemansan global memberikan suatu elevasi rata-rata muka air laut, dengan elevasi muka air rencana *DWL* (*Design Water Level*) berdasarkan batas atas *MHWL* (*Mean High Water Level*) dan berdasarkan batas bawah *MLWL* (*Mean Low Water Level*).

Analisis tinggi muka air laut rencana tersebut penting untuk perencanaan bangunan pelindung pantai, karena akan memberikan gambaran tentang kondisi muka air laut dalam kaitannya untuk menentukan tinggi bangunan dan dasar pondasi bangunan. Tinggi limpasan dari fluktuasi muka air laut yang dapat menyebabkan abrasi dapat diantisipasi dengan memberikan bangunan pelindung yang tinggi permukaannya melebihi tinggi fluktuasi muka air laut tersebut.

Dari hasil analisis diketahui bahwa fluktuasi muka air laut rencana tertinggi 1,76 meter, ini berarti bahwa puncak bangunan pelindung pantai harus lebih tinggi dari muka air laut rencana tersebut.

Kontribusi penyebab abrasi oleh gelombang laut karena proses fluktuasi muka air laut dapat diketahui dengan menghitung tenaga gelombang yang dihasilkannya, dengan periode $T = 7,8$ detik dan tinggi gelombang pecah $H'_0 = 1,76$ meter maka :

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho g (H'_0)^2}{8} \right) C_0$$

$$L_0 = 1,56.T^2 = 1,56 \times (7,8)^2 = 95.m$$

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{95}{7,8} = 12,18.m/det$$

Maka :

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \left(\frac{1000 \times 9,81 \times (1,76)^2}{8} \right) 12,18 = 23.132.Nm/det$$

Jadi besarnya tenaga gelombang yang dihempaskan ke daratan akibat gelombang karena proses fluktuasi muka air laut adalah sebesar 23.132 Nm/det tiap meter panjang puncak gelombang.

4.2.3 Arus Sepanjang Pantai (*Longshore Current*)

Arus sepanjang pantai ditimbulkan oleh gelombang yang dengan membentuk sudut terhadap garis pantai, yang terjadi diantara daerah gelombang pecah dan garis pantai. Parameter yang terpenting di dalam menentukan kecepatan arus sepanjang pantai adalah tinggi dan sudut datang gelombang pecah.

Diketahui bahwa arah gelombang dari barat laut ($\alpha_0 = 45^\circ$) dengan periode $T = 7,8$ detik (Atlas sumberdaya wilayah pesisir dan laut Propinsi Bengkulu) dan dari hasil perhitungan sebelumnya untuk tinggi gelombang laut $H_0 = 1,25$ m, kedalaman gelombang pecahnya $d_b = 1,91$ m dan tinggi gelombang pecah $H_b = 1,69$ m. Maka kecepatan arus sepanjang pantai (V) dapat dihitung dengan rumus :

$V = 1,17(gH_b)^{1/2} \sin \alpha_b \cos \alpha_b$ dimana α_b dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sin \alpha_b = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0$$

Maka :

$$L_0 = 1,56T^2 = 1,56(7,8)^2 = 94,91.m \longrightarrow C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{94,91}{7,8} = 12,17.m/det$$

$$\frac{d_b}{L_0} = \frac{1,91}{94,91} = 0,020$$

Untuk nilai $\frac{d_b}{L_0}$ di atas, dengan tabel L-1 (*lampiran 3*) didapat :

$$\frac{d_b}{L} = 0,05763 \longrightarrow L = \frac{1,91}{0,05763} = 33,14.m$$

$$C = \frac{L}{T} = \frac{33,14}{7,8} = 4,25.m/det$$

Sehingga arah datang gelombang pada kedalaman gelombang pecah $d_b = 1,91.m$ adalah :

$$\sin \alpha_b = \left(\frac{C}{C_0} \right) \sin \alpha_0 = \left(\frac{4,25}{12,17} \right) \sin 45^\circ = 0,2469 \longrightarrow \alpha_b = 14,29^\circ$$

Maka kecepatan arus sepanjang pantai adalah :

$$V = 1,17(9,81 \times 1,69)^{1/2} \sin 14,29 \cos 14,29 = 1,14.m/det$$

Kontribusi penyebab abrasi oleh gelombang laut karena arus laut dapat diketahui dengan menghitung tenaga gelombang yang dihasilkannya, dengan periode $T = 7,8$ detik dan tinggi gelombang pecah $H'_0 = 0,69$ meter maka :

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \left(\frac{\rho g (H'_0)^2}{8} \right) C_0$$

$$L_0 = 1,56.T^2 = 1,56 \times (7,8)^2 = 95.m$$

$$C_0 = \frac{L_0}{T} = \frac{95}{7,8} = 12,18. \text{ m/det}$$

Maka :

$$\bar{P} = \frac{1}{2} \left(\frac{1000 \times 9,81 \times (0,69)^2}{8} \right) \cdot 12,18 = 3.555. \text{ Nm/det}$$

Jadi besarnya tenaga gelombang yang dihempaskan ke daratan akibat gelombang karena arus laut adalah sebesar 3.555 Nm/det tiap meter panjang puncak gelombang.

4.2.4 Transpor Sedimen Sepanjang pantai (*Longshore Transport*)

Transpor sedimen pantai adalah gerakan sedimen di daerah pantai yang disebabkan oleh gelombang dan arus yang dibangkitkannya, ini terjadi di daerah antara gelombang pecah dan garis pantai. Transpor sedimen sepanjang pantai mempunyai arah rata-rata sejajar pantai.

Dalam perhitungan transpor sedimen menggunakan rumus *CERC* (1984) yaitu :

$$Q_s = 0,401 \cdot P_1, \quad \text{dimana:} \quad P_1 = \frac{\gamma}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b$$

Maka :

$$P_1 = \frac{1,03}{8} (1,69)^2 \sqrt{(9,81 \times 1,91)} \cdot \sin 14,29 \cdot \cos 14,29 \longrightarrow \gamma \text{ air laut} = 1,03 \text{ t/m}^3$$

$$C_b = \sqrt{g \cdot d_b}$$

$$P_1 = 0,3814. \text{ tm / hari / m}$$

Sehingga :

$$Q_s = 0,401 \times 0,3814 = 0,1529. \text{ m}^3 / \text{hari}$$

Jadi debit dari transport sediment sepanjang pantai adalah : 0,1529 m³ / hari.



MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO

TESIS

ABRASI PANTAI
DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN
KONSEP PENANGGULANGANNYA

PETA


Lokasi Abrasi, Akresi (sedimentasi)
dan Arah Arus

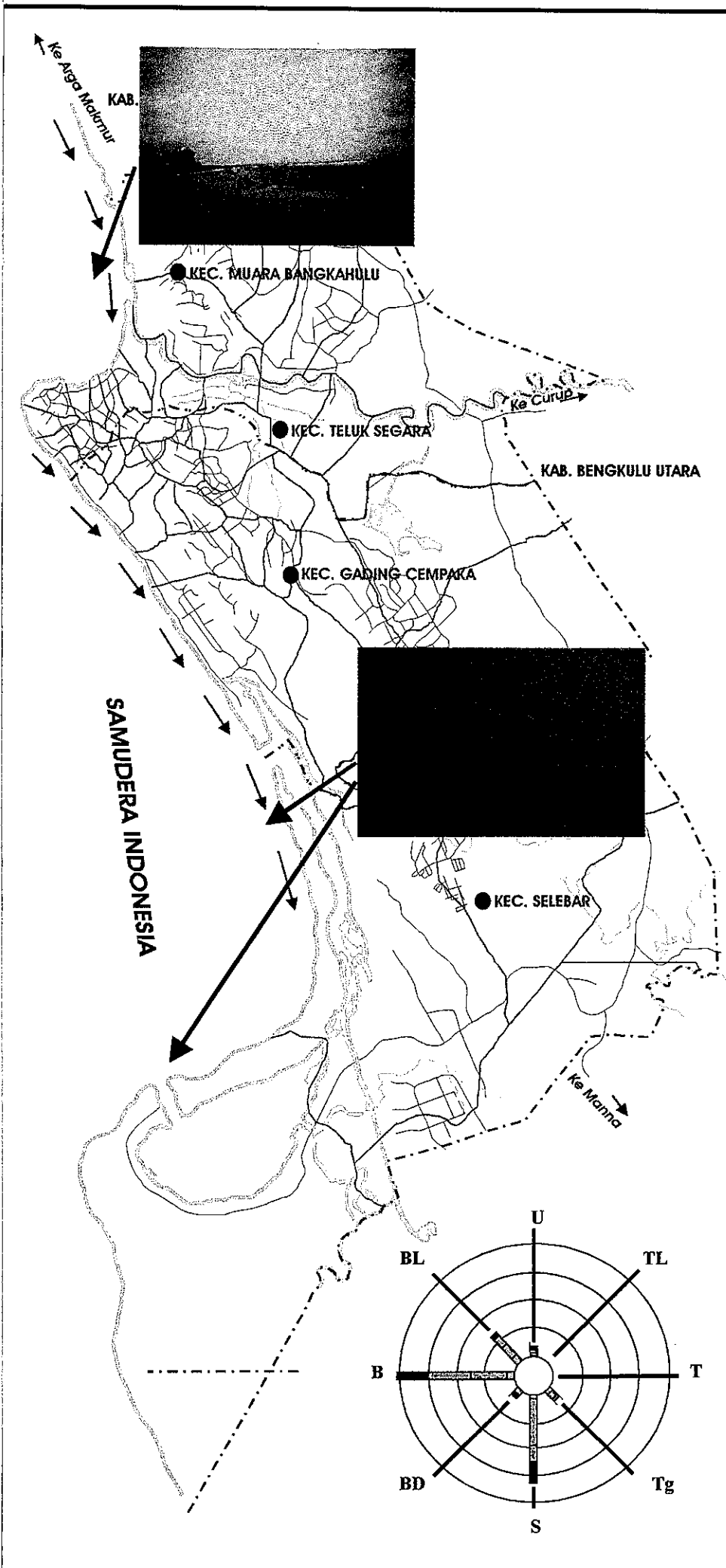
LEGENDA :


-  Batas Kota
-  Batas Kecamatan
-  Batas Kelurahan
-  Jalan
-  Sungai

Lokasi :

1. Muara Bangkahulu
2. Hutan Wisata Pantai Panjang
3. Pulau Babi

 Arah Arus



	SKALA:	No. Gambar:
	1 : 150.000	4. 18
		Halaman :
		94

SUMBER :
ATLAS SUBERDAYA WILAYAH PESISIR
DAN LAUT PROPINSI BENGKULU

4.2.5 Kondisi Sosial – Psikologis Penduduk di Pantai Terabrasi

4.2.5.1 Pengertian Kondisi Sosial - Psikologis

Dalam suatu ekosistem selalu terdapat unsur organisme, lingkungan dan pola hubungan diantara keduanya. Manusia (penduduk) sebagai salah satu anggota komunitas organisme yang ada dalam ekosistem tersebut dengan sendirinya akan berinteraksi dengan lingkungannya, dalam kaitan ini manusia dan lingkungannya dapat saling mempengaruhi.

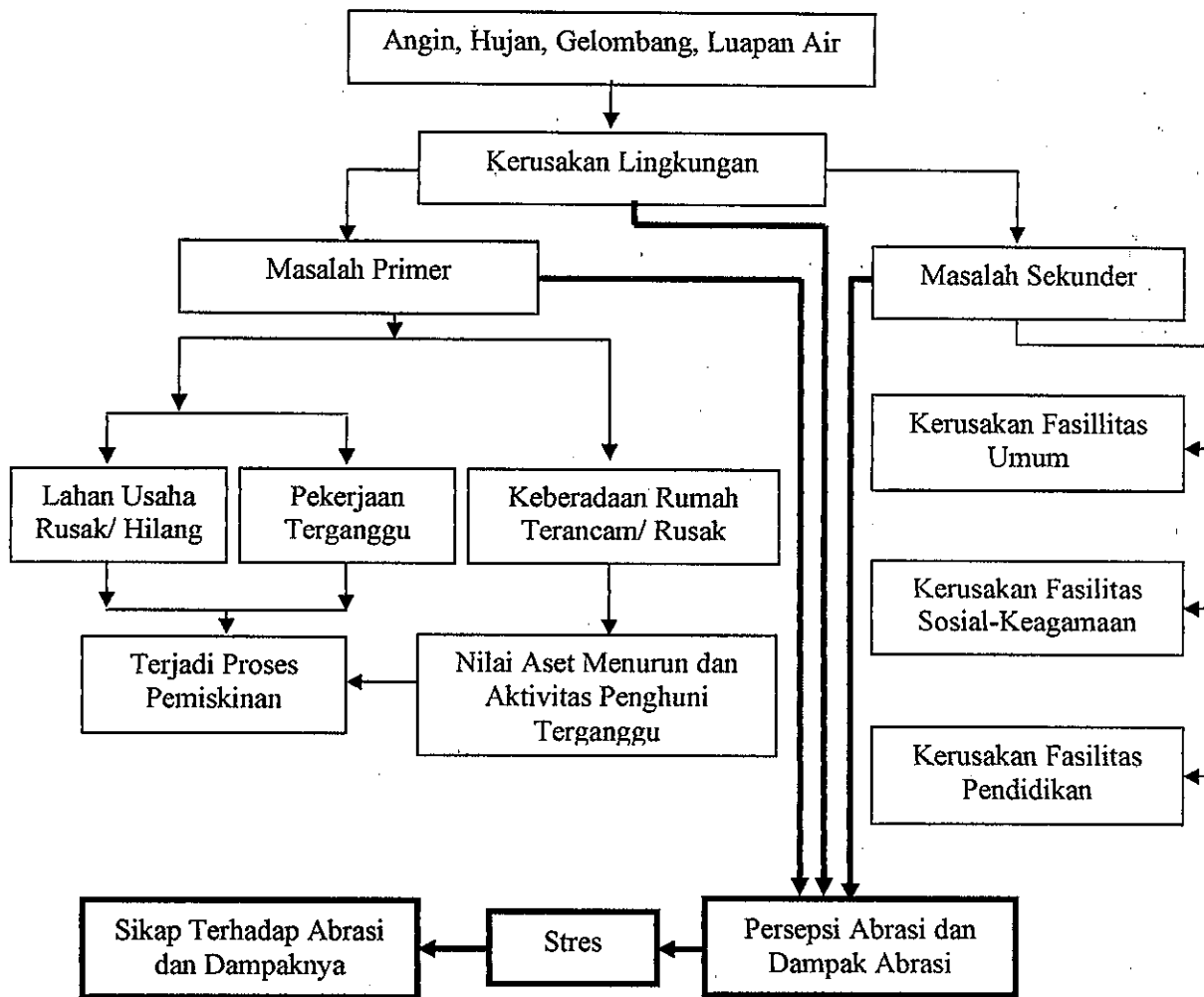
Karakteristik lingkungan pada kondisi tertentu dapat merusak kesehatan mental dan sosial, seperti pengaruh kebisingan dan perancangan bangunan terhadap struktur masyarakat yang dapat memberikan suatu problema lingkungan dan berakibat memicu timbulnya stres dan gangguan psikis manusia di sekitarnya. Hal ini sangat tergantung kepada persepsi lingkungan, dalam arti bahwa akan muncul stres jika berbagai kerusakan lingkungan diprediksi sudah berada di luar kemampuan manusia untuk menerimanya. Persepsi dimaksudkan kemampuan manusia untuk melihat, mencium, merasakan, meraba dan mengembangkan respon sesuai dengan karakteristik lingkungan yang diamatinya. Yang paling dominan pada manusia adalah persepsi visualnya yaitu penggunaan penglihatannya dalam mendapatkan berbagai informasi dari kejadian lingkungannya (seperti melalui fotografi, televisi, surat kabar, buku, majalah dan lain-lain).

Problema kerusakan lingkungan sangat mempengaruhi perilaku manusia, ini dikarenakan perilaku manusia bersumber pada empat hal yaitu : *pertama*, faktor biologis, yang merupakan warisan geneti seseorang; *kedua*, faktor psikologis, yang merupakan akibat dari perkembangan persepsi, kognisi dan emosi seseorang; *ketiga*, faktor struktur sosial, berupa kehidupan keluarga, institusi keagamaan, sekolah dan sistem ekonomi yang keberadaannya digunakan untuk mengorganisir dan mempolakan interaksi sosial; *keempat*, kultur atau budaya, pengetahuan dan teknologi yang dipelajari manusia agar dapat diterima secara tepat dan sesuai dengan keinginannya.

Persoalan-persoalan sosial – psikologis yang dialami manusia terutama penduduk di wilayah pesisir pada lingkungan yang kurang kondusif dimungkinkan oleh sifat sensitivitas yang dimiliki manusia. Sensitivitas menjadikan manusia dapat menjadi sensitif terhadap perasaan orang lain, terhadap perangsang-perangsang sosial yang terdapat pada tingkat cultural dan terhadap kekuatan yang ditimbulkan oleh permasalahan lingkungan sekitar yang melampaui batas kemampuan manusia untuk menerimanya terutama lingkungan fisik sangat berpengaruh juga pada kesehatan manusia pada umumnya. Jadi dari sisi manusia maupun lingkungannya sama-sama memungkinkan terjadinya dampak terhadap kehidupan sosial – psikologis penduduk, dengan kata lain interaksi manusia dan lingkungan inilah yang menimbulkan berbagai dampak.

Berdasarkan hal-hal di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi lingkungan yang tidak kondusif, antara lain berupa terjadinya abrasi di daerah pantai dapat memunculkan kondisi psikologis tertentu, misalnya berdampak terhadap kesehatan mental dan fisik, stres, kecemasan, kekhawatiran, putus asa, depresi, gangguan fisik dan psikis, perilaku yang menyimpang dan keprihatinan. Hal tersebut bermuara kepada aspek-aspek kognitif, afektif dan psikomotorik yang masing-masing merujuk kepada sifat rasionalitas, emosionalitas dan gerakan fisik yang berlaku. Di samping itu, secara sosial juga akan muncul persoalan-persoalan yang berhubungan dengan kehidupan berkeluarga dan sosial, kehilangan sumber daya pangan dan energi. Dan secara umum persoalan sosial tersebut terutama menyangkut aspek-aspek ekonomi, sosial budaya dan hukum.

Secara skematik dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar 4.19, Kondisi Sosial – Psikologis Penduduk di Pantai Terabrasi

4.2.5.2 Abrasi dan Dampaknya Terhadap Masyarakat

Abrasi pantai di wilayah pesisir Kota Bengkulu ternyata bukan hanya berdampak secara ekologis, yang selamanya cukup banyak mendapat perhatian, tetapi yang juga amat memprihatinkan adalah dampak terhadap masyarakat sekitarnya. Abrasi ternyata telah menimbulkan persoalan serius di bidang ekonomi, khususnya berupa proses pemiskinan secara signifikan.

Dari penuturan beberapa orang penduduk, pantai di wilayah pesisir Kota Bengkulu pada saat belum tersentuh abrasi merupakan tanah yang subur dengan hasil kebun yang dapat

memakmurkan penduduk sekitarnya dan hasil komoditas lainnya. Berikut beberapa hasil penuturan dari penduduk di sekitar pantai yang terabrasi, yaitu:

Pada sekitar tahun 1960-an tanah di sini subur dengan kebun kelapa, tiap bulannya bisa menghasilkan 50 ton keatas. Soalnya kelapa laut ini berbuah luar biasa. Tanahnya berbentuk tinggi rendah yang orang di sini menyebutnya tanah pematang. Di bawah pohon kelapa, pada bagian yang rendah ditanami padi. Padihnya pun subur, jadi orang-orang kalau menanam padi tidak perlu jauh-jauh cukup di situ saja.

Disamping berkebun kelapa penduduk juga memiliki lahan perladangan, namun dengan adanya abrasi lahan perladangan hilang dengan bergesernya garis pantai.

Kebun dulu banyak, sekarang sudah tenggelam di laut. Tidak ada penggantinya, sehingga hilang penghasilan kami. Tanah ladang pun habis padahal dulunya banyak, jadi habislah semua kebun dan lading. Rumah saya tidak pernah pindah-pindah masih tetap di sini (maksudnya walau terjadi abrasi tetap bertahan).

Sekarang ini berkebun terganggu oleh air laut, pernah tingginya sampai 50 – 60 cm. Dengan sendirinya kita tidak bisa berkebun karena airnya asin. Untuk itu kami sekarang jadi nelayan kecil-kecilan, habis kalau bertanam pun tanamannya jadi kering-kering dan mati.

Dengan beralihnya mata pencaharian penduduk dari berkebun menjadi nelayan, namun penghasilan sebagai nelayan tidak cukup besar karena pada umumnya penduduk sebagai nelayan kecil dengan sarana melaut yang sederhana. Akibatnya penduduk tidak dapat menangkap ikan terlalu jauh untuk menjaring ikan yang lebih besar dan harganya lebih mahal. Ini tentunya berakibat pendapatan penduduk jauh menurun.

Melaut yang saya lakukan di dekat-dekat pantai saja, dan saat air laut tenang karena alat menangkap ikan saya cuma jaring kecil. Jadi dari subuh sampai siang saja, kalau

siang hari angin sudah mulai kencang saya tidak kuat. Sehingga hasilnya hanya cukup untuk makan sehari-hari dan kalau ada lebih bias dijual tapi sedikit sekali.

Secara fisik, kondisi ekonomi dan kesejahteraan penduduk menjadi menurun akibat abrasi, ini dapat terlihat pada keadaan rumah penduduk dan perabotan milik penduduk yang sangat sederhana. Masalah utama yang dirasakan penduduk adalah masalah gangguan keluarga seperti keberadaan rumah penduduk yang bergoyang saat angin kencang, kerusakan rumah.

Pengalaman saya tinggal di daerah abrasi mengerikan, rumah bergoyang saat angin badai, pasang naik juga menjangkau sampai kekolong rumah. Atap rumah yang dari daun nipah sering kali terbang terbawa angin. Mau pindah rumah kami tidak punya tempat lain, mungkin dari pemerintah ada kebijaksanaan untuk memberikan kami tempat yang lain.

Hidup di pantai berabrasi memang kurang tenang terutama saat angin datang, cuaca gelap dan mendung membuat kekhawatiran sehingga membuat tidur tidak nyenyak. Akibatnya mengganggu pekerjaan kami besok hari. Meskipun begitu pantai belum juga diberi pengaman.

Permasalahan lain yang cukup penting adalah terjadinya kerusakan/ kehilangan berbagai fasilitas kehidupan sekunder, misalnya fasilitas umum seperti jalan, jembatan dan jaringan listrik dan fasilitas sosial seperti mesjid, surau, tempat pemakaman.

Jalan pernah dipindah dari lokasi semula dekat pantai ke daerah lain dan ini sudah berlangsung dua kali dan jalan yang diganti sudah tenggelam ke laut. Juga tiang listrik yang ada, masih di daerah abrasi hingga kini belum dipindahkan. Mesjid habis termakan abrasi, juga kuburan yang runtuh sebagian dapat dipindahkan sebagian tenggelam ke laut.

Kerusakan ekologis pantai karena abrasi dan munculnya berbagai masalah sebagai dampak dari kondisi pantai yang terabrasi menimbulkan persepsi di kalangan penduduk bahwa abrasi adalah suatu fenomena alam yang mengganggu dan berpengaruh terhadap kehidupan mereka. Ungkapan-ungkapan ngeri, dahsyat, bahaya, parah, dan sebagainya merupakan penilaian penduduk tentang fenomena abrasi tersebut. Kondisi demikian mengakibatkan penduduk mengalami stres, dari taraf ringan sampai taraf relatif berat. Misalnya seperti tidak tenang, tidur tidak bisa nyenyak, khawatir, cemas, susah, sedih, takut, hingga timbul rasa trauma.

4.2.5.3 Pembahasan Terhadap Perilaku Masyarakat

Berdasarkan beberapa penuturan dari penduduk yang berada pada pantai terabrasi, maka ada beberapa teori substantif yang dapat ditemukan yaitu : Pertama, pemiskinan natural atau disebut juga pemiskinan ekologis adalah penurunan derajat kesejahteraan yang memunculkan kondisi kemiskinan akibat degradasi lingkungan, seperti abrasi, kehancuran *Biodiversity*, dan *Deforestrasy*. Kedua, stres sebagai reaksi fisiologis dan psikologis dapat diidentifikasi melalui gejala-gejala perasaan tidak tenang, tidak enak, tidak bisa tidur nyenyak, khawatir, cemas, bingung, perasaan rawan, ngeri, susah, sedih, takut dan trauma. Ketiga, stres akan menimbulkan dua sikap yang secara umum terpolarisasi antara sikap yang moderat (toleran) dan sikap menolak kondisi yang dihadapi. Empat, stresor lingkungan atau pemicu stres yang berasal dari lingkungan di pantai terabrasi terbagi menjadi stresor lingkungan yang langsung berdampak pada kehidupan manusia dan stresor tidak langsung, dalam arti stresor yang memunculkan kondisi tertentu dan kemudian berdampak kepada penduduk di pantai terabrasi yang meliputi hujan, angin, gelombang dan luapan air.

Degradasi lingkungan (berupa abrasi pantai) berdampak terhadap kesejahteraan penduduk (penduduk menjadi lebih miskin), atau dengan perkataan lain abrasi pantai telah menyebabkan terjadi pemiskinan secara natural. Fenomena kerusakan lingkungan ini

dampaknya pada kehidupan sosial ekonomi dan kehilangan pekerjaan yang menjadi perhatian besar bagi pengelola lingkungan.

Sehubungan dengan kuatnya keterkaitan antara degradasi lingkungan dan kondisi sosial ekonomi penduduk maka terjadi pemiskinan natural yang berkombinasi dengan persoalan sosial lainnya seperti kelangkaan atau ketiadaan fasilitas umum, fasilitas sosial-keagamaan dan fasilitas pendidikan serta dampak langsung dari abrasi menimbulkan kondisi psikologis tertentu yaitu berupa stres.

Kondisi stres penduduk berbeda dalam menanggapi kejadian abrasi, adakalanya abrasi disikapi dengan tanpa beban seperti tidak peduli, bertahan dan pasrah. Dan ada pula yang berupaya mengambil hikmah dari fenomena ini untuk bersikap lebih arif dan bijaksana terhadap alam.

4.3 Konsep Penanggulangan

4.3.1 Bangunan Pelindung Pantai

Bangunan pelindung pantai digunakan untuk melindungi pantai terhadap kerusakan karena serangan gelombang dan arus. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk melindungi pantai, yaitu :

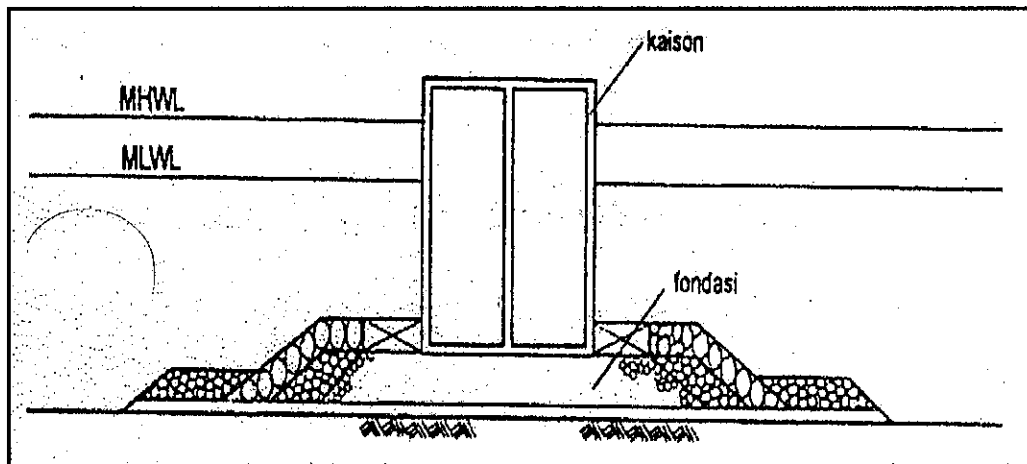
- a. Memperkuat/ melindungi pantai agar mampu menahan serangan gelombang.
- b. Mengubah laju transpor sedimen sepanjang pantai.
- c. Mengurangi energi gelombang yang sampai ke pantai.
- d. Reklamasi dengan menambah suplai sedimen ke pantai.

Sesuai dengan fungsinya seperti tersebut di atas, bangunan pantai dapat diklasifikasikan dalam tiga kelompok :

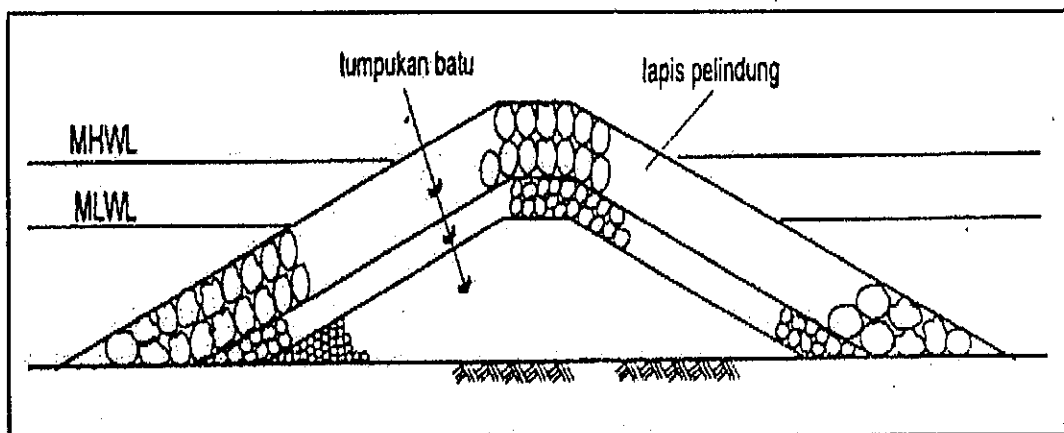
- a. Konstruksi yang dibangun di pantai dan sejajar dengan garis pantai yaitu, dinding pantai atau *Revetment* yang dibangun pada garis pantai atau di daratan yang digunakan untuk melindungi pantai langsung dari serangan gelombang.
- b. Konstruksi yang dibangun kira-kira tegak lurus pantai dan sambung ke pantai yaitu, *Groin* dan *Jetty*. *Groin* adalah bangunan yang menjorok dari pantai kearah laut, yang digunakan untuk menangkap atau menahan gerak sedimen sepanjang pantai sehingga transpor sedimen sepanjang pantai berkurang atau berhenti. *Jetty* adalah bangunan tegak lurus garis pantai yang ditempatkan di kedua sisi muara sungai yang berguna untuk menahan sedimen atau pasir yang bergerak sepanjang pantai, masuk dan mengendap di muara sungai.
- c. Konstruksi yang dibangun di lepas pantai dan kira-kira sejajar dengan garis pantai yaitu, pemecah gelombang (*Breakwater*). Pemecah gelombang ini dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai. Konstruksi jenis pertama banyak digunakan sebagai

pelindung pantai terhadap erosi, dengan menghancurkan energi gelombang sebelum mencapai pantai. Konstruksi jenis kedua digunakan untuk melindungi daerah perairan pelabuhan dari gangguan gelombang sehingga kapal-kapal merapat ke dermaga untuk melakukan aktivitas di pelabuhan.

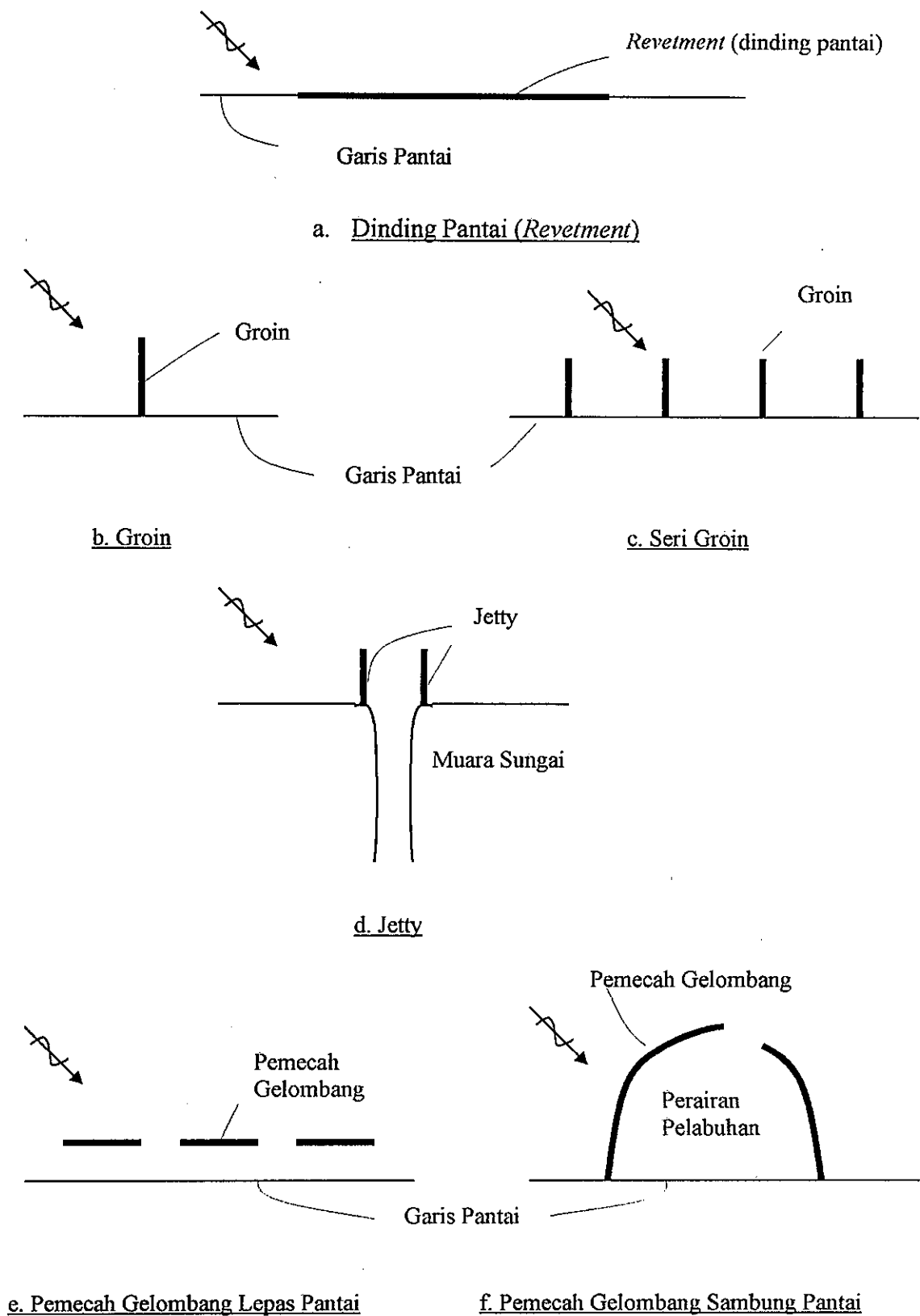
Menurut bentuknya bangunan pelindung pantai dapat dibedakan menjadi bangunan sisi miring dan sisi tegak. Bangunan sisi miring berupa tumpukan batu yang bagian luarnya diberi lapis pelindung berupa blok beton. Sedangkan bangunan sisi tegak adalah bangunan yang terbuat dari pasangan batu, kaisan beton, tumpukan buis beton dan dinding turap.



Gambar 4.20, Bangunan Pantai Sisi Miring



Gambar 4.21, Bangunan Pantai Sisi Tegak



Gambar 4.22, Beberapa Tipe Bangunan Pelindung Pantai

Tipe bangunan pelindung pantai biasanya ditentukan oleh ketersediaan material di lokasi atau dekat lokasi pembangunan konstruksi, kondisi dasar laut, kedalaman air laut, dan ketersediaan peralatan untuk pelaksanaan pekerjaan. Material untuk konstruksi bangunan pelindung pantai sebagian besar adalah berupa batu, mengingat bahwa jumlah yang diperlukan sangat banyak maka ketersediaan batu di sekitar lokasi pekerjaan harus menjadi perhatian.

Faktor penting lainnya adalah karakteristik dasar laut yang mendukung bangunan tersebut di bawah pengaruh gelombang. Tanah dasar sebagai pondasi bangunan harus mempunyai daya dukung yang cukup sehingga stabilitas bangunan dapat terjamin. Pada pantai dengan tanah dasar lunak dimana daya dukungnya kecil, maka konstruksi harus dibuat ringan dengan memperkecil dimensi atau memperlebar dasar sehingga bangunan berbentuk trapesium (sisi miring). Hal lain yang dapat dilakukan dengan perbaikan tanah dasar yaitu mengeruk tanah lunak tersebut dan menggantinya dengan pasir, atau dengan memancang terucuk bambo yang akan berfungsi sebagai pondasi.

4.3.1.1 Dinding Pantai (*Revetment*)

Dinding pantai (*Revetment*) adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap abrasi dan limpasan gelombang ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan, dengan permukaan bangunan menghadap ke arah datangnya gelombang yang dapat berupa sisi miring atau tegak. Jenis bangunan ini ditempatkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton dan tumbukan buis beton.

Fungsi utama dari dinding pantai adalah menahan terjadinya limpasan gelombang, air yang melimpas di belakang bangunan akan terinfiltrasi melalui permukaan tanah dan mengalir kembali ke laut. Apabila perbedaan elevasi muka air di belakang dan di depan bangunan cukup besar maka dapat menimbulkan kecepatan aliran cukup besar yang dapat menarik

butiran tanah di belakang bangunan dan pada pondasi bangunan. Keadaan ini akan dapat mengakibatkan rusak atau runtuhnya bangunan, sehingga perlu adanya penanggulangan dari keadaan tersebut yaitu dengan :

- a. Membuat elevasi puncak bangunan cukup tinggi sehingga tidak terjadi limpasan.
- b. Di belakang bangunan dilindungi dengan lantai beton dan dilengkapi dengan saluran drainase.
- c. Dengan membuat konstruksi yang dapat menahan terangkutnya butiran tanah atau pasir, misalnya dengan menggunakan geotekstil yang berfungsi sebagai saringan.

Konsep Desain

Pada konstruksi dinding pantai konsep desain memperhatikan beberapa hal yaitu :

- a. Tinggi muka air rencana.

Tinggi maksimum muka air diperlukan untuk memprediksi tinggi gelombang pecah pada struktur bangunan, tinggi gelombang yang merambat pada struktur dan tinggi bangunan struktur. Sedangkan tinggi muka air minimum diperlukan untuk mencegah terjadinya penggerusan kaki bangunan yang mungkin terjadi, dan juga untuk menentukan panjang lapisan pelindung kearah bawah.

- b. Tinggi gelombang rencana.

Tinggi dan periode gelombang rencana dipilih sesuai dengan kombinasi gaya-gaya kritis yang akan terjadi pada struktur dengan pertimbangan ekonomi, kekuatan struktur dan kemungkinan bahaya yang terjadi. Karakteristik gelombang dapat ditentukan dari data sekunder yaitu berupa data angin. Karakteristik gelombang dapat diketahui dengan metode *refraksi*, *shoaling* dan gelombang pecah.

c. Gelombang pecah.

Tinggi gelombang pecah merupakan tinggi gelombang yang tertinggi. Tinggi gelombang pecah merupakan fungsi dari kedalaman, kemiringan pantai dekat bangunan dan periode gelombang.

Prosedur Desain

Di dalam menentukan perencanaan dinding pantai harus memperhatikan beberapa hal yaitu :

a. Kriteria gelombang pecah.

Untuk menentukan kriteria gelombang pecah, maka harus dihitung :

$$\frac{d_s}{gT^2} \longrightarrow \frac{H_b}{d_s}, \text{ sehingga diketahui } H \text{ untuk perencanaan.}$$

b. Penentuan ukuran *Revetment*.

Parameter yang digunakan untuk penentuan ukuran *Revetment* adalah :

- Berat *Revetment*.

- Tebal lapisan *Revetment*.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_u} - 1 \right) \cot \theta}$$

$$r = nk_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

- Jumlah lapisan pelindung.

$$N_r = Ank_{\Delta} \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

c. Estimasi *Run-up* gelombang.

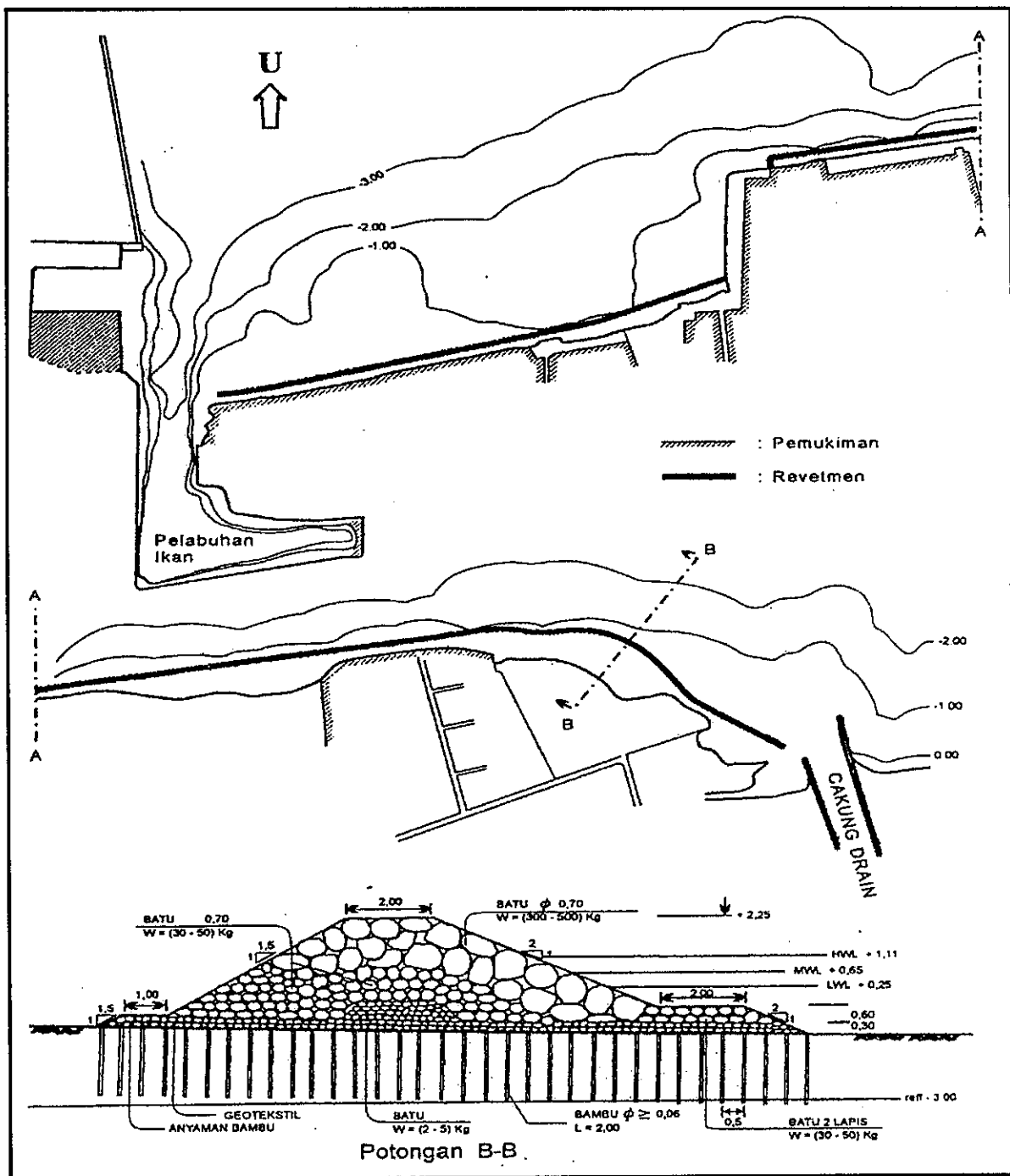
Estimasi *Run-up* gelombang adalah untuk menentukan elevasi puncak *Revetment*.

$$\frac{H_s}{H_{mo}} = e^{\left[C_0 \left(\frac{d}{gT_p^2} \right)^{-C_1} \right]} \longrightarrow H = H_s, \quad C_0 = 0,00089, \quad C_1 = 0,834$$

Lalu dihitung :

$$\xi = \frac{tg\theta}{\left(\frac{2\pi H_{mo}}{gT_p^2}\right)^{1/2}} \longrightarrow \frac{R_{max}}{H_{mo}} = \frac{a\xi}{1+b\xi} \quad : a = 1,022; b = 0,247$$

Maka elevasi puncak adalah : $HWL + R_{max}$



Gambar 4.23, Contoh Bangunan Pelindung Pantai

4.3.1.2 *Groin* dan *Jetty*

Groin dan *Jetty* adalah bangunan pelindung pantai yang dibuat tegak lurus garis pantai yang berfungsi untuk menahan transpor sedimen sepanjang pantai, sehingga bisa mengurangi atau menghentikan erosi yang terjadi. Bangunan ini biasanya terbuat dari tumpukan batu, beton, tumpukan buis beton dan turap.

Groin yang ditempatkan di sepanjang pantai akan menahan gerak sedimen sehingga sedimen mengendap di sisi sebelah hulu, sedangkan di sebelah hilir angkutan sedimen tetap terjadi. Suplai dari sebelah hulu terhalang oleh bangunan, akibatnya daerah di hilir *groin* mengalami defisit sedimen sehingga pantai mengalami erosi. Keadaan tersebut menyebabkan terjadinya perubahan garis pantai yang akan terus berlangsung sampai tercapainya suatu keseimbangan baru. Keseimbangan baru tersebut tercapai pada saat sudut yang dibentuk oleh gelombang pecah terhadap garis pantai baru adalah nol ($\alpha_b = 0$) dimana tidak terjadi angkutan sedimen sepanjang pantai.

Jetty adalah bangunan yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai. *Jetty* dipasang memanjang sampai ujungnya berada diluar gelombang pecah, sehingga transpor sedimen sepanjang pantai dapat tertahan dan pada alur pelayaran kondisi gelombang tidak pecah. Selain untuk pelayaran *Jetty* juga digunakan untuk mencegah pendangkalan di muara dalam kaitannya untuk pengendalian banjir. Sungai-sungai yang bermuara pada pantai berpasir dengan gelombang cukup besar sering mengalami penyumbatan muara oleh endapan pasir.

Konsep Desain

Konsep desain mengikuti beberapa aturan yang berkaitan dengan desain fungsi dan struktur yaitu :

- a. Bangunan hanya dapat digunakan untuk memotong jalur transpor sedimen di pantai, tidak efektif untuk mencegah hilangnya pasir di lautan dan berfungsi menangkap sedimen pasir hingga mengendap membentuk garis pantai baru.
- b. Pantai yang terbentuk di dekat bangunan tergantung dari besar dan arahnya transpor sedimen di pantai, dan membentuk garis pantai yang baru dengan mendekati paralel dengan garis pantai.
- c. Persentase transpor pasir melalui bangunan di pantai dipengaruhi oleh dimensi bangunan, ketinggian muka air dan ketinggian gelombang.
- d. Jarak antara bangunan adalah dua sampai tiga kali panjang bangunan, bila tidak ada studi maupun analisis tentang keadaan pantai.

Prosedur Desain

Prosedur perencanaan bangunan di pantai mengikuti langkah-langkah sebagai berikut :

- a. Penentuan pola arus dan pergerakan sedimen.
- b. Penempatan posisi bangunan, adalah dengan menempatkan bangunan pada posisi yang diinginkan karena posisi akan menentukan hasil yang akan dicapai. Jarak antara bangunan dapat ditentukan dengan rumus :

$$S_1 = \left(\frac{R}{1 + \frac{R}{2} \tan 6^\circ} \right) Ln$$

R : rasio jarak antara bangunan terhadap panjang bangunan

Ln : panjang bangunan

- c. Dimensi bangunan, untuk menghitung dimensi bangunan perlu diketahui kondisi pantai terutama elevasi muka air dan dasar serta kemiringan pantai, kemudian dihitung :

$$\frac{d_s}{gT^2} \text{ dan } \frac{H_b}{d_s}, \text{ kemudian :}$$

- Berat bangunan :

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_w} - 1 \right)^3 \cot \theta}$$

- Ketebalan lapisan bangunan :

$$r = nK_D \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{1/3}$$

- Jumlah lapisan pelindung :

$$N = AnK_D \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma_r}{W} \right)^{2/3}$$

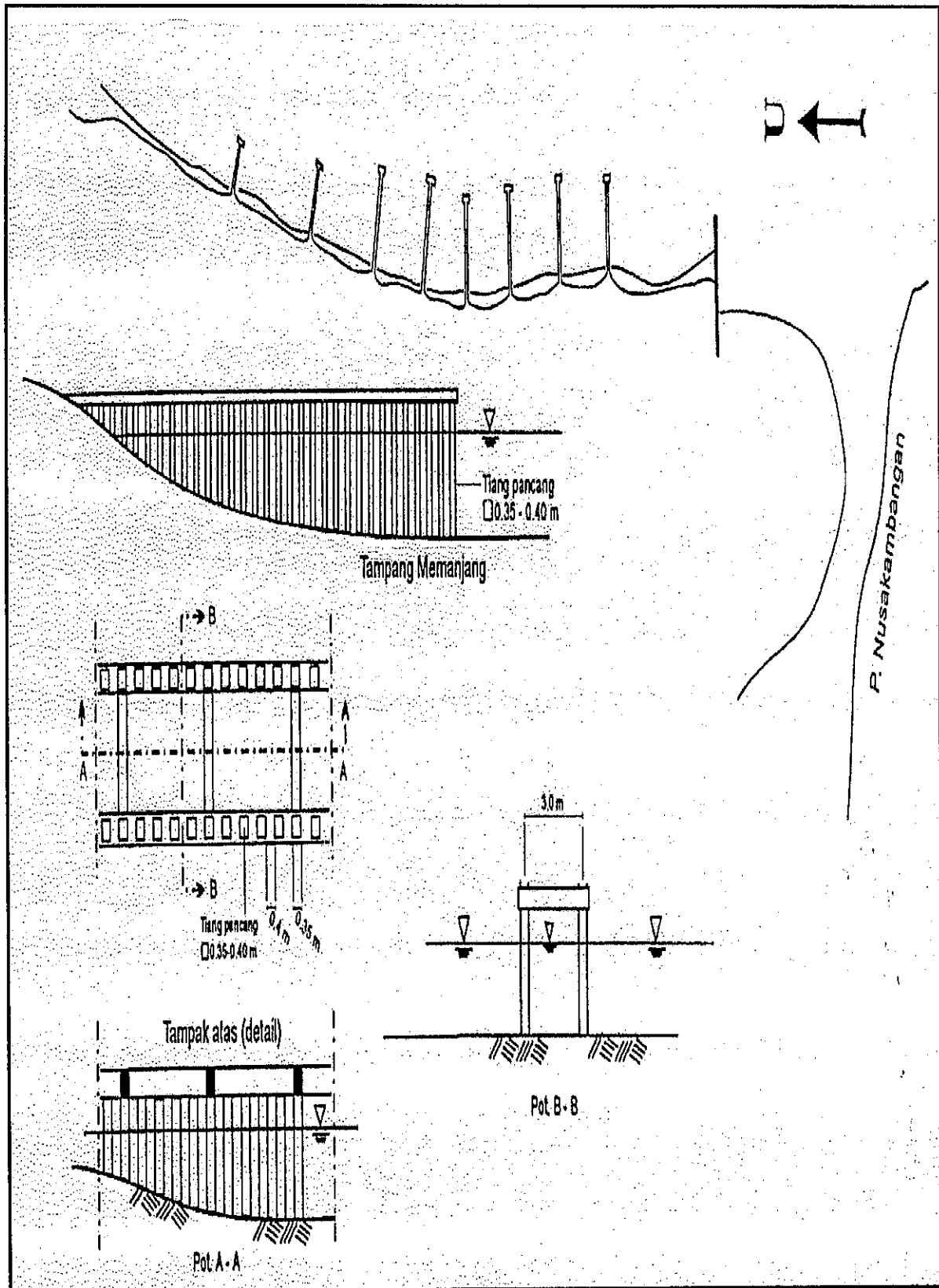
d. Perhitungan *Run-up* gelombang :

$$\frac{H_s}{H_{mo}} = e^{\left[C_0 \left(\frac{d}{gT_p^2} \right)^{-C_1} \right]} \longrightarrow H = H_s, \quad C_0 = 0,00089, \quad C_1 = 0,834$$

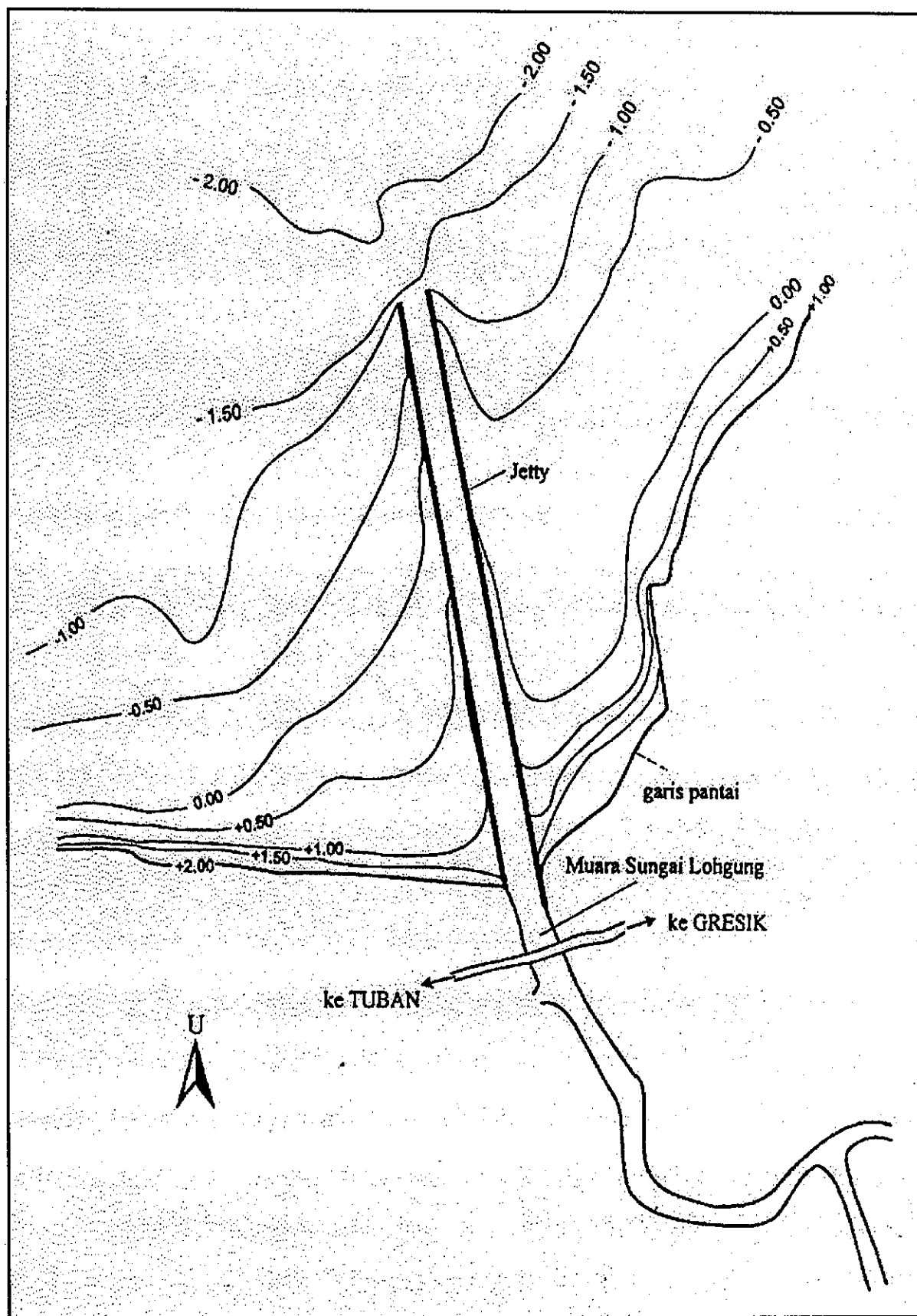
Lalu dihitung :

$$\xi = \frac{tg \theta}{\left(\frac{2\pi H_{mo}}{gT_p^2} \right)^{1/2}} \longrightarrow \frac{R_{max}}{H_{mo}} = \frac{a\xi}{1 + b\xi} \quad : a = 1,022; b = 0,247$$

Maka elevasi puncak adalah : $HWL + R_{max}$



Gambar 4.24, Contoh Bangunan Groin di Pantai



Gambar 4.25, Contoh Bangunan Jetty di Muara

4.3.1.3 Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Pemecah gelombang (*Breakwater*), sebagaimana dijelaskan diawal terbagi dua jenis yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan pemecah gelombang lepas pantai. Umumnya pemecah gelombang sambung pantai digunakan untuk perlindungan perairan pelabuhan, sehingga untuk pembahasan pemecah gelombang lebih banyak di arahkan pada pemecah gelombang lepas pantai yang fungsinya sebagai perlindungan pantai terhadap abrasi.

Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang. Tergantung dari panjang pantai yang dilindungi, pemecah gelombang lepas pantai dapat dibuat dari satu pemecah gelombang atau suatu seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah.

Perlindungan oleh pemecahan gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan. Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung akan mengurangi transpor sedimen di daerah tersebut. Transpor sedimen sepanjang pantai yang berasal dari daerah sekitarnya akan diendapkan di belakang bangunan. Pengendapan tersebut menyebabkan terbentuknya *Cuspate* (tonjolan daratan dari garis pantai ke arah laut) dan apabila bangunan cukup panjang terhadap jaraknya dari garis pantai maka akan terbentuk *Tombolo* (tonjolan yang lebih panjang).

Seperti halnya dengan *Groin*, pemecah gelombang lepas pantai dapat juga dibuat dari tumpukan batu, beton, tumpukan buis beton dan turap.

Konsep Desain

Hal yang paling utama dari konsep desain pemecah gelombang adalah pengaruh parameter desain dan efek struktur, yaitu :

- a. Panjang pantai yang dilindungi oleh *Breakwater* tergantung dari *Tombolo* (pasir yang mengumpul di belakang *Breakwater*). Secara umum, *Breakwater* dalam jumlah banyak yang membentuk sistem akan diperlukan untuk melindungi pantai yang panjang dan masih dapat mempertahankan perpindahan sedimen untuk meminimumkan abrasi sepanjang pantai.
- b. Tipe konstruksi, mulai dari batuan hingga beton dan *Sheet Pile* baja. Masing-masing mempunyai pengaruh dan fungsi terhadap kegunaan bangunan.
- c. Elevasi puncak juga menentukan banyaknya energi gelombang yang melewati puncak bangunan, elevasi puncak yang rendah akan memindahkan energi gelombang banyak.
- d. Efek pada transportasi sedimen pantai, *Breakwater* akan mengurangi transpor sedimen pantai dengan melindungi pantai dari gelombang yang datang. Pengurangan kapasitas transpor sedimen ditentukan oleh pengurangan pada tinggi gelombang dan pengarahan gelombang pada puncak dengan difraksi di sekitar *Breakwater*.

Prosedur Desain

Langkah desain *Breakwater* dapat dijabarkan sebagai berikut :

- a. Gelombang rencana yang digunakan pada prosedur perencanaan adalah kedalaman rata-rata dari tinggi gelombang pada keadaan tidak terjadi badai dan periode gelombang.
- b. Jarak bangunan dari pantai dapat diperkirakan dengan menggunakan persamaan :

$$y' = \frac{d'}{\tan \beta}$$

Dimana :

y' : jarak bangunan terhadap pinggir pantai

d' : kedalaman gelombang pecah

$\tan \beta$: kemiringan dasar laut.

c. Stabilitas *Breakwater* dapat ditentukan sebagai berikut :

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_u} - 1 \right) \cot \theta}$$

Dimana :

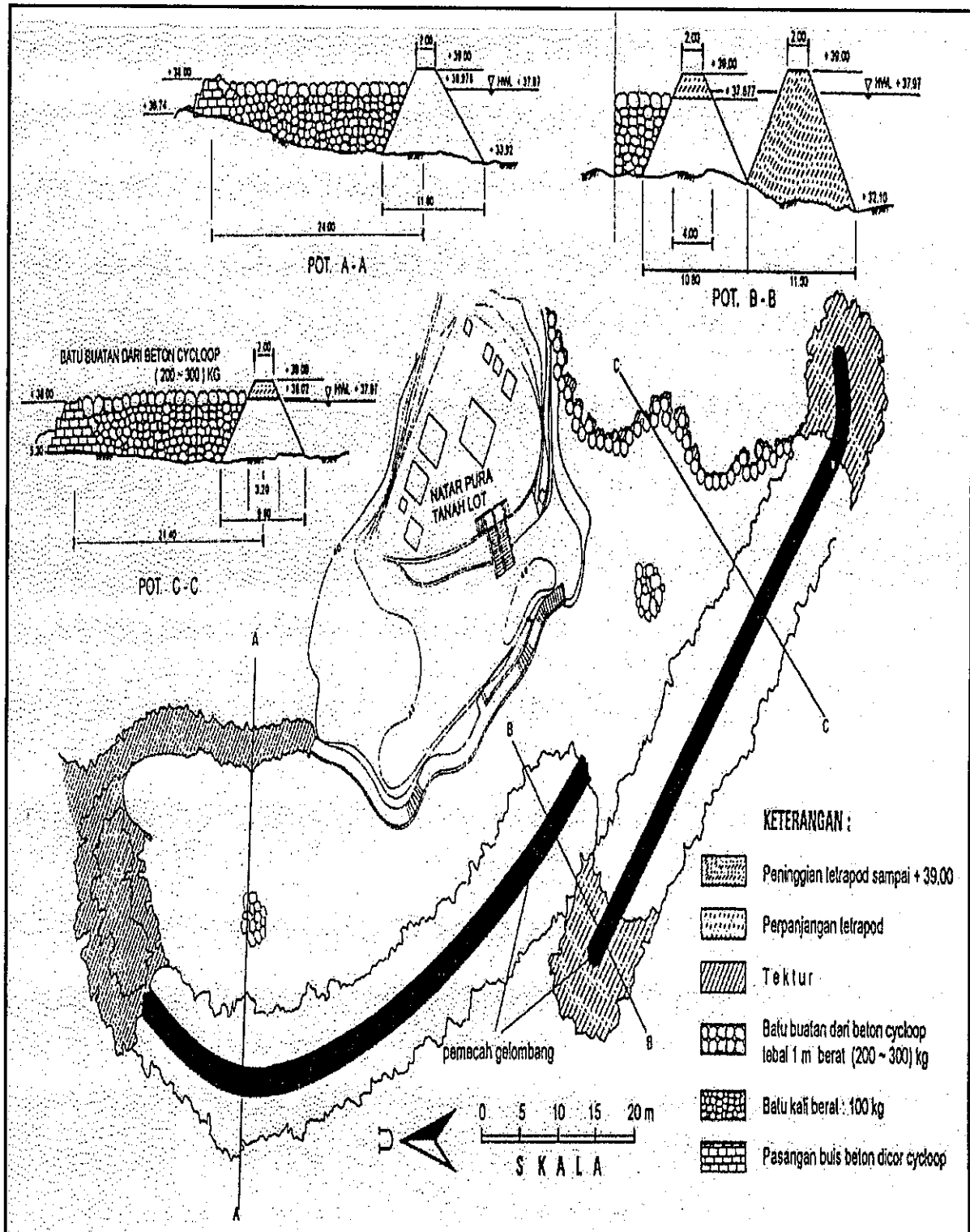
- W : berat lapisan bangunan (ton)
 γ_r : berat jenis lapisan (t/m^3)
 H : tinggi gelombang
 K_D : koefisien stabilitas
 γ_u : berat jenis air laut (t/m^3)
 θ : kemiringan bangunan pengaman

d. Untuk lebar *Breakwater* dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\beta = 3k_\Delta \left(\frac{W_B}{\gamma_B} \right)^{1/3}$$

Dimana :

- β : lebar puncak (m)
 k_Δ : koefisien ketebalan lapisan
 W_B : berat lapisan (ton)
 γ_B : berat jenis lapisan (t/m^3)



Gambar 4.26, Contoh Bangunan Pemecah Gelombang

4.3.2 Mangrove Sebagai Pelindung Alami Pantai

4.3.2.1 Pengertian Mangrove

Mangrove merupakan tumbuhan tropik dan komunitas tumbuhnya di daerah pasang surut sepanjang garis pantai seperti tepi pantai, muara, laguna (danau di pinggir laut) dan tepi sungai yang mana pertumbuhannya dipengaruhi oleh kondisi pasang surut. Menurut FAO (1952) definisi mangrove adalah pohon dan semak-semak yang tumbuh di bawah ketinggian air pasang tertinggi. Masyarakat Indonesia sering menyebut mangrove sebagai hutan bakau, padahal sebenarnya tumbuhan bakau merupakan salah satu jenis dari tumbuh-tumbuhan yang hidup di daerah pasang surut tersebut.

Sebagian besar mangrove dijumpai di sepanjang pantai terlindung yang berlumpur, bebas dari angin yang kencang dan arus. Mangrove juga bisa tumbuh di atas pantai berpasir dan berkarang, terumbu karang dan di pulau-pulau kecil. Sementara itu air payau bukanlah hal yang pokok untuk pertumbuhan mangrove, mereka juga dapat tumbuh dengan subur jika terdapat persediaan endapan yang baik.

Hutan mangrove dapat tersebar luas dan tumbuh rapat di mulut sungai besar di daerah tropik, tetapi di daerah pesisir pantai pegunungan hutan mangrove tumbuh di sepanjang garis pantai yang terbatas dan sempit. Perluasan hutan mangrove banyak dipengaruhi oleh topografi daerah pedalaman. Penyebaran mangrove di permukaan bumi terdapat di sekitar ekuator, semakin jauh dari ekuator maka spesies mangrove semakin sedikit dan pohonnya semakin kecil.

Mangrove termasuk varietas yang besar dari famili tumbuhan yang beradaptasi pada lingkungan tertentu. Tomlinson (1986) mengklasifikasikan jenis mangrove menjadi tiga kelompok yaitu :

1. Kelompok mayor.

Komponen ini memperlihatkan karakteristik morfologi seperti sistem perakaran udara dan mekanisme fisiologis khususnya untuk mengeluarkan garam agar dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan sekitar. Komponennya adalah pemisahan taksonomi dari hubungan tumbuhan daratan dan hanya terjadi di hutan mangrove serta membentuk tegakan murni tetapi tidak pernah meluas sampai ke dalam komunitas daratan.

2. Kelompok minor (tumbuhan pantai).

Dalam komponen ini tidak termasuk elemen yang menyolok dari tumbuhan-tumbuhan yang mungkin terdapat di sekeliling habitatnya.

3. Asosiasi mangrove.

Dalam komponen ini jarang ditemukan spesies yang tumbuh di dalam komunitas mangrove yang sebenarnya dan kebanyakan sering ditemukan dalam tumbuhan-tumbuhan darat.

Komponen mayor dan minor spesies mangrove tumbuh dengan baik tanpa dipengaruhi oleh kadar garam, namun jika air terlalu asin maka pohon mangrove tidak dapat tumbuh terlalu tinggi. Hal yang harus diperhatikan bahwa spesies mangrove dapat tumbuh lebih cepat pada air tawar dari pada di air yang mengandung garam.

Melalui kelenjar garamnya beberapa spesies mangrove menghasilkan sistem yang memungkinkan mangrove untuk tumbuh pada kondisi berkadar garam tinggi. *Avicennia*, *Aegiceras*, *Acanthus* dan *Aegialitis* dapat mengontrol keseimbangan dengan mengeluarkan garam dari kelenjar tersebut. Sebagian besar kelenjar garam terdapat di permukaan daun yang nampak berkristal dan mudah diamati. Spesies lain seperti *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Sonneratia* dan *Lumnitzera* dapat mengontrol keseimbangan garam dengan cara menggugurkan daun tua yang mengandung garam terakumulasi.

Karakteristik morfologi yang menarik dari spesies mangrove terlihat pada sistem perakaran dan buahnya, secara terperinci seperti di bawah ini :

- Sistem akar.

Tanah pada habitat mangrove adalah anaerobik (hampa udara) bila berada di bawah air. Beberapa spesies memiliki sistem perakaran khusus yang disebut akar udara yang cocok untuk kondisi tanah yang anaerobik. Ada beberapa tipe perakaran udara yaitu, akar tunjang, akar napas, akar lutut dan akar papan. Akar udara membantu fungsi pertukaran gas dan menyimpan udara untuk pernapasan selama penggenangan.

- Buah atau bibit.

Semua spesies mangrove memproduksi buah yang biasanya disebarkan melalui air.

Benih *Vivipari*, umumnya terdapat pada famili *Rhizophoraceae* (*Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops* dan *Kandelia*) buahnya berbentuk silinder yang disebut dengan bibit *Viviparous*.

Benih *Cryplovivipari*, terdapat pada *Avecennia* (seperti buah kacang), *Aegeceras* (seperti silinder) dan *Nypa*. Buahnya berbentuk *Cryploviviparous* dimana bibitnya berkecambah tetapi diliputi oleh selaput buah (kulit buah).

Benih normal, ditemukan pada spesies *Sonneratia* dan *Xylocarpus*, buahnya berbentuk bulat seperti bola. Buahnya mengalami proses dimana memecah diri dan menyebarkan benihnya pada saat mencapai air.

4.3.2.2 Produktivitas Mangrove

Hutan mangrove yang merupakan ekosistem pesisir, mempunyai produktivitas hayati yang tinggi. Menurut *Lugo* dan *Snedaker* (1974) produktivitas primer hutan mangrove dapat

mencapai 5.000 gr C/m²/thn. Tinggi rendahnya produktivitas tersebut menurut *Carter* (1973) dipengaruhi oleh tujuh faktor penting yang dibagi dalam dua kelompok penting yaitu :

- a. Kelompok pertama (fluktuasi pasang) terdiri dari :
 - (1). Transpor oksigen sistem perakaran.
 - (2). Air tanah dan jumlah pertukaran air yang digunakan untuk menghalau zat racun sulfit.
 - (3). Arus pasang surut dan pengaruhnya terhadap deposisi dan erosi substrat dasar.
 - (4). Fluktuasi air yang berkaitan dengan keberadaan unsur hara di daerah hutan mangrove.
- b. Kelompok kedua (kimia air) terdiri dari :
 - (1). Kandungan garam (salinitas) pada substrat dasar dan kemampuan daun- daun bertahan.
 - (2). Kandungan unsur hara makro (*Macronutrients*) dalam tanah.
 - (3). Jumlah aliran permukaan (*Surface Run Off*) yang membawa unsur hara makro dari tanah.

Walaupun produktivitas mangrove tinggi, namun menurut *Heald* (1969) dari total produksi daun hanya sekitar 5% yang dikonsumsi langsung oleh hewan-hewan *Terrestrial* pemakannya sedangkan sisanya (95%) masuk ke lingkungan perairan sebagai gugur daun. Karena itulah hutan mangrove mempunyai kandungan bahan organik yang sangat tinggi.

Ada beberapa manfaat penting hutan mangrove, diantaranya yaitu :

- a. Kayunya dapat dipakai sebagai kayu bakar (arang) dan sebagai bangunan.
- b. Kulit kayu merupakan sumber *tannin* yang biasanya digunakan sebagai penyamak kulit.
- c. Daunnya dapat digunakan sebagai makanan hewan ternak dan obat-obatan.

- d. Bunga-bunganya sebagai sumber madu.
- e. Akar-akarnya efektif untuk perangkap sediment.
- f. Tempat mencari makan dan berlindung serta tempat pemijahan bagi berbagai jenis ikan dan hewan air lainnya.
- g. Hutan mangrove merupakan suatu penyangga antara komunitas daratan dan pesisir laut (misalnya antara terumbu karang dan lamun).

4.3.2.3 Zonasi Komunitas Mangrove

Komunitas mangrove hidup di lingkungan yang rawan (*Stressed Ecosystem*), kerawanan lingkungan tersebut menurut Logo (1980) antara lain berupa :

- a. Salinitas tinggi, sehingga memerlukan suplai air tawar yang banyak.
- b. Arus pasang surut, menyebabkan banyak terkumpulnya sampah dan organik terlarut.
- c. Melintasi daratan, *Run Off*, badai pasang dan gelombang yang dapat menyebabkan siltasi atau erosi.
- d. Badai, yang menghancurkan sistem di daerah mangrove.

Semua faktor tersebut memberikan pengaruh terhadap seluruh organisme yang hidup di hutan mangrove. Organisme yang tahan terhadap faktor-faktor tersebut akan *Survive*, sedangkan yang tidak tahan akan mati. Berdasarkan hal tersebut maka dibuat zonasi komunitas mangrove.

Watson (1928) mengelompokkan tumbuhan mangrove lima kelompok akibat karena ketahanannya terhadap genangan pasang air laut, yaitu :

- (1). Spesies tumbuhan yang selamanya tumbuh di daerah genangan pasang naik yang tinggi (*Rhizophora Mucronata*).

- (2). Spesies tumbuhan yang tumbuh di daerah genangan pasang naik medium (*Avicennia Alba*, *A. Marina*, *A. Intermedia* dan *Sonneratia Griffithii* serta *Rhizophora Mucronata* yang tumbuh di tepi sungai).
- (3). Spesies tumbuhan yang tumbuh di daerah genangan pasang naik dengan tinggi pasang normal (umumnya semua tumbuhan mangrove dapat tumbuh tapi yang paling diminan dari genera *Rhizophora*).
- (4). Spesies tumbuhan yang hanya tumbuh di daerah genangan pasang naik yang tertinggi (*Bruguiera Gymnorhiza* dan *Equinox*).
- (5). Spesies tumbuhan yang hanya tumbuh di daerah genangan pasang pada saat lain (*Bruguiera Gymnorhiza*, *Rhizophora Apiculata* dan *Xylocarpus Granatus*).

De Haan (1931) mengklasifikasikan zonasi untuk komunitas mangrove menjadi dua zonasi yaitu zona air payau ke laut dan zona air tawar ke air payau.

Lebih lanjut setiap devisi zona tersebut dikelompokkan lagi menjadi beberapa sub devisi, pembagian sub-sub devisi adalah sebagai berikut :

- a. Devisi I, zona air payau ke air laut dengan kisaran salinitas antara 10% - 30% :
 - (1). Daerah tergenang pasang satu atau dua kali sehari selama 20 hari perbulan.
 - (2). Daerah tergenang pasang 10 – 19 kali perbulan.
 - (3). Daerah tergenang pasang < 9 kali perbulan.
 - (4). Daerah tergenang pasang hanya beberapa hari perbulan.
- b. Devisi II, zona air tawar ke air payau dengan kisaran salinitas antara 0% - 10% :
 - (1). Daerah yang dipengaruhi oleh arus pasang surut (*Barringtonia Racemosa* dan kelompok *Nypa*).
 - (2). Daerah yang tergenang pasang secara musiman, merupakan hutan rawa dan gambut (*Hibiscus Tiliaceus*).

Macnae (1968) selanjutnya mengelompokkan tumbuhan mangrove ke dalam enam zona, yaitu :

- (1). Zona perbatasan dengan daratan.
- (2). Zona semak-semak tumbuhan *Ceriops*.
- (3). Zona hutan *Bruguiera*.
- (4). Zona hutan *Rhizophora*.
- (5). Zona *Avicennia* yang menuju ke laut.
- (6). Zona *Sonneratia*.

4.3.2.4 Pola Zonasi Hutan Mangrove

Pola zonasi hutan mangrove meliputi analisis tentang kerapatan, kerapatan relatif, frekwensi relatif, dominasi, dominasi relatif.

- a. Kerapatan, adalah jumlah batang pohon persatuan luas (100 m²).

$$D_i = \frac{\sum n_i}{sa}$$

Dimana :

D_i : kerapatan pohon jenis ke-i (ind/ 100 m²)

n_i : jumlah pohon jenis ke-i setiap transek

S : jumlah transek yang dioperasikan

a : luas transek

- b. Kerapatan relatif (KR), adalah perbandingan antara jumlah jenis ke-i dan jumlah pohon seluruh jenis.

$$RD_i = \frac{n_i}{N}$$

Dimana :

RD_i : kerapatan relatif jenis ke-i

n_i : jumlah pohon jenis ke-i

N : jumlah total pohon seluruh jenis

- c. Frekwensi relatif (FR), adalah perbandingan antara frekwensi kehadiran pohon jenis ke-i dan jumlah frekwensi kehadiran seluruh jenis.

$$RF_i = \frac{f_i}{F}$$

Dimana :

RF_i : frekwensi relatif jenis ke-i

f_i : frekwensi jenis ke-i

F : total frekwensi seluruh jenis

- d. Dominasi relatif (DR), adalah perbandingan luas penutupan jenis ke-i dan jumlah total penutupan seluruh jenis.

$$RC_i = \frac{c_i}{C}$$

Dimana :

RC_i : penutupan relatif jenis ke-i

c_i : penutupan jenis ke-i

C : penutupan total seluruh jenis

Luas penutupan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$c = \frac{\pi D^2}{4} \quad \rightarrow \quad D = \frac{db}{\pi}$$

Dimana :

c : penutupan pohon

D : diameter pohon jenis ke-i

db : diameter batang jenis ke-i

π : konstanta (3,14)

4.3.3 Pengelolaan Wilayah Pesisir

4.3.3.1 Model Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Laut Terpadu

Keunikan wilayah pesisir dan laut serta beragamnya sumberdaya yang ada mengisyaratkan pentingnya pengelolaan wilayah secara terpadu bukan secara sektoral seperti pendekatan yang selama ini biasa dilakukan. Perlunya pengelolaan wilayah pesisir yang terpadu dikarenakan lima alasan sebagai berikut :

Pertama, adanya keterkaitan ekologis baik antara ekosistem di dalam kawasan pesisir maupun antara kawasan pesisir. Dengan demikian perubahan yang terjadi pada suatu ekosistem cepat atau lambat akan mempengaruhi ekosistem lainnya.

Kedua, dalam suatu kawasan pesisir biasanya terdapat lebih dari dua macam sumberdaya dan jasa lingkungan yang dapat dikembangkan untuk kepentingan pembangunan.

Ketiga, dalam suatu kawasan pesisir pada umumnya terdapat lebih dari satu kelompok masyarakat yang mempunyai keahlian atau keterampilan dan kesenangan bekerja yang berbeda, misalnya sebagai nelayan, petani, pengumpul rumput laut, penjual jasa pariwisata, buruh industri, pengrajin industri rumah tangga dan sebagainya.

Keempat, baik secara ekologis maupun ekonomis pemanfaatan suatu kawasan pesisir secara monokultur adalah sangat rentan terhadap perubahan internal maupun eksternal yang menjurus pada kegagalan usaha.

Kelima, wilayah pesisir pada umumnya merupakan sumberdaya milik bersama (*Common Property Resources*) yang dapat dimanfaatkan oleh semua orang.

Untuk memperbaiki kondisi sekaligus menyelamatkan sumberdaya yang sangat berharga tersebut, perlu suatu model yang kreatif yaitu model pengelolaan wilayah pesisir dan laut secara terpadu (*Integrated Coastal and Marine Resources Management / ICMRM*). Perencanaan dan pengelolaan wilayah pesisir secara terpadu memiliki pengertian bahwa

pengelolaan secara sumberdaya alam dan jasa lingkungan pesisir dan laut dilakukan melalui penilaian secara menyeluruh (*Comprehensive Assessment*).

Pendekatan yang digunakan adalah multi-sektor dan inter-disiplin, masyarakat pengguna diikut sertakan dan dampak terhadap kehidupan sosial budaya akibat perubahan ekonomi maupun teknologi harus dipertimbangkan dalam perencanaan. Dilemma keseimbangan antara eksploitasi harus diperhatikan dengan tetap menjaga kelestarian sumberdaya di atas dengan mempertimbangkan berbagai aspek dan sudut pandang dari pakar biogeofisik, para insinyur, pengelola sumberdaya, ahli ekonomi, pemerintah, pengambil keputusan, ahli sosiologi, masyarakat dan LSM setempat dalam suatu interaksi yang kompleks untuk secara bersama menentukan strategi, perencanaan dan pembuatan keputusan.

Proses atau mekanisme pengelolaan pesisir terpadu akan lebih efektif bila dilakukan secara kontinyu dan dinamis dengan melalui langkah-langkah sebagai berikut :

Tabel 4.21, Langkah-langkah Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu

No.	Langkah Kegiatan	Bagian Kegiatan
1.	Persiapan	<ul style="list-style-type: none"> - Administrasi - Pembentukan tim perencana - Penyusunan rencana kerja - Personil, fasilitas dan pembiayaan - Pelatihan staf perencana
2.	Inisiasi	<ul style="list-style-type: none"> - Partisipasi publik - Identifikasi issue - Survei sosial - Penilaian sumberdaya - Perencanaan konsensus - Informasi terpadu - Penyadaran masyarakat
3.	Pengembangan	<ul style="list-style-type: none"> - Pengumpulan data - Faktor sosial, ekonomi dan budaya - Faktor biofisik dan teknologi - Identifikasi pemilikan sumberdaya - Penataan kelembagaan - Keterpaduan perencanaan sektor - Issue pengelolaan pesisir - Pengembangan strategi PPT

Tabel 4.21, lanjutan.....

4.	Sertifikasi	<ul style="list-style-type: none"> - Persetujuan perencanaan PPT - Penerangan Pemerintah - Sertifikasi - Penetapan PPT dari Pemda - Pengesahan PPT - Alokasi dana APBD/ APBN
5.	Pelaksanaan	<ul style="list-style-type: none"> - Koordinasi program PPT - Pengawasan dan penegakan hukum - Sistem perizinan - Riset dan pengembangan - Klarifikasi pemilikan sumber daya - Pemberdayaan masyarakat - Mata pencaharian alternatif - Pengelolaan berbasis masyarakat - Pendidikan dan penyadaran masyarakat
6.	Pelebagaan	<ul style="list-style-type: none"> - Pemantauan dan evaluasi - Penyempurnaan strategi dan aksi - Demonstrasi hasil yang positif - Pengembangan skala ke besar - Pelebagaan PPT

Sumber : Atlas Sumberdaya Wilayah Pesisir dan Laut Propinsi Bengkulu
PPT : Pengelolaan Peisir Terpadu

Melalui program pengelolaan wilayah pesisir terpadu penyusunan perencanaan dilakukan secara bertahap melalui empat tahapan perencanaan dengan melibatkan partisipasi masyarakat secara aktif. Empat tahapan perencanaan tersebut meliputi :

1. Rencana strategis, yaitu merupakan visi dan misi daerah.
2. Rencana zonasi, yaitu meliputi alokasi ruang dan pengendalian pemanfaatan.
3. Rencana pengelolaan, yaitu panduan daerah proiritas dalam pemanfaatan sumberdaya.
4. Rencana aksi, yaitu meliputi lokasi dan implementasi proyek.

Mekanisme penyusunan perencanaan seperti di atas banyak melibatkan masyarakat didalam memproses penyusunan suatu perencanaan, sehingga tidak terjadi resistensi yang tinggi dalam implementasinya. Dengan demikian mekanisme *Bottom up* dan perencanaan

yang bersifat bertahap serta bertumpu pada kemampuan sumberdaya alam yang ada akan dapat diimplementasikan oleh seluruh *Stakeholders*.

Dengan demikian kunci utama untuk mencapai keberhasilan dalam perencanaan, implementasi, pengawasan dan evaluasi pengelolaan pemanfaatan sumberdaya wilayah pesisir dan laut secara terpadu adalah partisipasi aktif, tingkat kepedulian dan disiplin yang tinggi dari berbagai komponen *Stakeholders*.

Peran, kontribusi dan komitmen yang harus disepakati dan dijalankan secara konsisten oleh berbagai komponen, diantaranya adalah :

1. Pemerintah Daerah.

- Pengelolaan wilayah pesisir dan laut secara terpadu bukan anti pembangunan tetapi sebagai pembangunan yang berkelanjutan dengan tetap memperhatikan kelestarian sumberdaya.
- Pembangunan wilayah pesisir difokuskan untuk memperbaiki kualitas hidup masyarakat pengguna di wilayah pesisir.
- Pengambilan keputusan harus mempertimbangkan masukan dari berbagai pihak, terutama aspirasi masyarakat pengguna di wilayah pesisir.
- Secara konsisten melakukan diskusi dan evaluasi terhadap program pengelolaan wilayah pesisir terpadu.

2. Masyarakat Pesisir.

- Pengelolaan berbasis masyarakat dengan melibatkan masyarakat sebagai pemilik dan terlibat dalam perencanaan dan pengambilan keputusan, sehingga ikut langsung bertanggung jawab.
- Masyarakat setempat harus berperan sebagai tenaga penggerak di tingkat lokal dengan instansi pemerintah daerah, sebagai pengontrol proses yang berjalan.

- Menghindari kegiatan-kegiatan yang merusak lingkungan agar keberlanjutan sumberdaya untuk generasi yang akan datang dapat lebih terjamin.
- Berperan aktif dalam upaya-upaya perlindungan lingkungan.

3. Sektor Swasta.

- Sebagai penggerak pembangunan ekonomi dalam menyediakan investasi dan teknologi, pengusaha harus dapat menyeimbangkan keuntungan ekonomi dan kelestarian sumberdaya alam.
- Dampak dari operasi kegiatan perusahaan untuk mencapai keuntungan jangan sampai mengorbankan kehidupan masyarakat sekitar, sehingga mereka hanya menjadi penonton dan tergusur.

4. Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM) dan Kalangan Pendidik, Peneliti dan Pemerhati Lingkungan.

- Menyuarakan kepentingan masyarakat pengguna yang terlupakan oleh pengambil kebijakan.
- Melakukan aksi-aksi untuk membantu pelaksanaan pengelolaan wilayah pesisir.
- Menciptakan kesadaran dan kepedulian terhadap kelestarian sumberdaya dan lingkungan pesisir, melalui penelitian dan pelatihan.

4.3.3.2 Arahan Prioritas Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu

a. Administrasi dan Pemerintahan.

- Dalam pelaksanaan penyeragaman berbagai data dan informasi kawasan pesisir, maka diperlukan koordinasi yang lebih baik lagi antar instansi pemerintah agar definisi tentang kawasan pesisir dapat dipahami oleh semua pihak, sehingga data potensi desa-desa pantai dapat disediakan dengan baik.

- Diperlukan koordinasi instansi-instansi yang terkait dalam rencana tata ruang wilayah (RTRW) pada masing-masing wilayah kabupaten/ kota untuk menentukan batas-batas desa yang jelas, terutama desa/ kelurahan pantai. Batas desa/ kelurahan pantai yang sejajar dengan garis pantai dan tegak lurus garis pantai agar lebih diperjelas, untuk mengoptimalkan perencanaan dan pengelolaan sumberdaya desa/ kelurahan tersebut.

b. Geologi Lingkungan Pesisir.

- Daerah pantai berpasir dan berrelief rendah menjadi kawasan terbangun, perlunya penataan ruang yang berwawasan lingkungan.
- Longsoran pada tebing-tebing terjal (terutama yang akan merusak badan jalan, pemukiman dan lain-lain), diadakan upaya pencegahan dan monitoring gerakan tanah yang akan terjadi di setiap lokasi penting.
- Bencana gelombang tsunami pada dataran pantai yang didiami penduduk secara padat, perlu upaya mitigasi dini dan rekayasa teknik dalam pembangunan.
- Proses abrasi di daerah permukiman dan kawasan terbangun, perlunya antisipasi dengan adanya kawasan hijau dan pembuatan dinding penahan abrasi.
- Proses pendangkalan di muara sungai dan pelabuhan, perlu adanya pengerukan.
- Perlunya pendataan daerah titik-titik rawan gempa seperti arah patahan secara mendetail, disertai dengan realisasi bangunan tahan gempa.
- Perlunya inventarisasi dan monitoring potensi tambang secara utuh dan terus menerus, sehingga perlunya pengaturan dan pengelolaan kawasan pertambangan yang berwawasan lingkungan dengan penegakan hukum yang tepat.

c. Dinamika Pantai dan Kualitas Air.

- Terbentuknya beting pasir (*Sand Spit*) yang menutupi muara sungai (terutama musim kemarau), dapat mengakibatkan banjir pada musim hujan saat debit sungai melimpah. Untuk itu perlu dilakukan pengerukan muara sungai pada awal musim hujan untuk melancarkan aliran sungai ke laut.
- Proses alam yang terjadi di pantai adalah proses abrasi akibat dari hantaman gelombang. Untuk itu perlu perlindungan pantai seperti dinding pelindung pantai (*Revetment*), *Groin*, *Jetty* dan bangunan pemecah gelombang (*Breakwater*), terutama untuk melindungi pantai yang dekat pemukiman dan badan jalan.
- Akibat intensifnya proses abrasi pantai, maka laju angkutan sedimen sepanjang pantai dapat saja menjadi sangat tinggi. Sehingga bangunan seperti groin dan jetty akan menghalangi pergerakan sedimen, untuk itu perlu perencanaan yang memadai untuk mendapatkan hasil yang optimal.

d. Ekosistem dan Konservasi.

- Ekosistem penting seperti mangrove dan terumbu karang bisa saja mengalami kerusakan karena ancaman peningkatan eksploitasi oleh masyarakat sekitarnya untuk keperluan sehari-hari atau untuk pemenuhan perekonomian masyarakat sekitar. Kebiasaan ini sangat membahayakan ekosistem. Sehingga perlu adanya sosialisasi terhadap perilaku masyarakat tersebut dalam pemanfaatan sumberdaya alam pesisir dan dihilangkan melalui pendidikan dan penyuluhan akan arti penting keberadaan dan fungsi ekosistem tersebut.
- Kawasan konservasi sepadan pantai (cagar alam, hutan wisata, taman wisata alam dan jenis kawasan konservasi lainnya) dapat saja mengalami proses degradasi sehingga kondisinya sangat memprihatinkan. Untuk mengatasinya perlu sosialisasi

atau kampanye kepada masyarakat akan arti penting dan fungsi dari kawasan konservasi wilayah pantai.

- Sebagai upaya untuk mengalokasikan pemanfaatan sumberdaya alam wilayah pesisir serta tingkat batasan pemanfaatannya, perlu kiranya disusun dan kemudian diimplementasikan tata ruang wilayah pesisir sedini mungkin, sehingga memberi manfaat untuk mencegah kerusakan lingkungan lebih awal.

e. Sektor Pariwisata.

- Pengembangan sektor pariwisata memerlukan data dan informasi yang mudah diakses oleh pihak wisatawan, baik lokal maupun mancanegara.
- Percepatan pengembangan dan pembangunan sektor pariwisata perlu dukungan dan komitmen dari pihak pemerintah dan swasta.
- Perlu adanya sosialisasi akan program sadar wisata.

4.3.4 Alternatif Pemilihan Bangunan Pelindung dan Kajian Lingkungan

Pemilihan bangunan pelindung pantai sangat tergantung pada kondisi topografi dan lingkungan setempat, karena bangunan yang dipilih tidak saja dapat melindungi pantai dari abrasi tetapi juga dapat berwawasan lingkungan. Hal ini erat kaitannya dengan pembangunan yang berkelanjutan dimana dalam menangani suatu permasalahan tidak akan menimbulkan masalah yang lain.

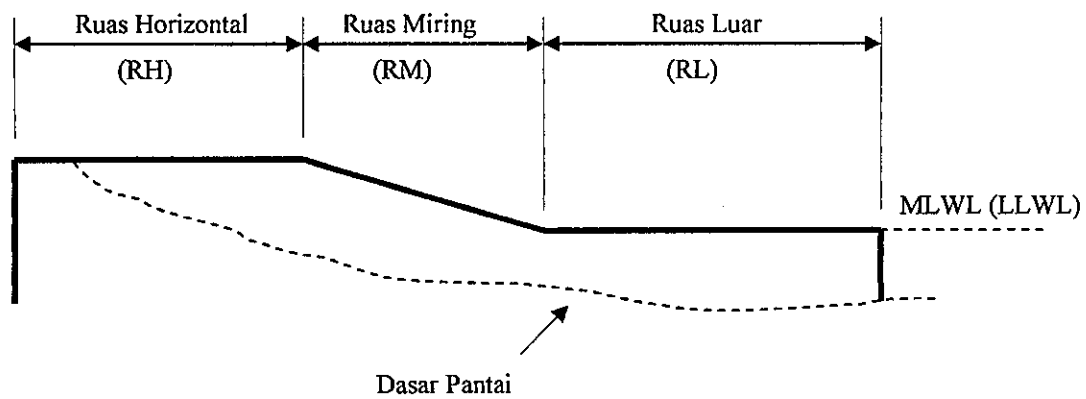
Sesuai dengan penanganan abrasi yang akan dilakukan pada daerah pantai terabrasi di wilayah pesisir Kota Bengkulu, penempatan konstruksi jenis *Groin* sangat sesuai untuk kondisi yang ada. *Groin* selain melindungi pantai dari abrasi juga dapat menahan transpor sedimen, sehingga bisa mengurangi/ menghentikan erosi yang terjadi dan membentuk pantai kembali dari penangkapan sedimen.

Untuk mempertahankan agar tangkapan sedimen tidak tererosi kembali maka digunakan *Groin* dengan bentuk T, konsep dasar dari pemasangan *Groin* bentuk T adalah membagi seluruh pantai terabrasi menjadi sejumlah pias dan menstabilkan pantai dalam pias tersebut sehingga tangkapan sedimen tidak dapat keluar dan mengendap di dalam *Groin* tersebut.

Pemasangan *Groin* tipe T didasarkan pada beberapa alasan sebagai berikut :

1. Mengurangi energi gelombang yang datang oleh bagian *Groin* yang sejajar pantai.
2. Daerah di belakang *Groin* yang sejajar pantai diharapkan dapat tenang sehingga dapat mencegah hilangnya tangkapan sedimen ke arah laut.
3. *Groin* tersebut dapat digunakan untuk inspeksi (pengontrolan kearah lepas pantai).

Elevasi puncak sepanjang *Groin* dibuat horizontal atau menurun ke arah laut, yang tergantung pada fungsi dan pertimbangan biaya. Untuk merencanakan elevasi puncak yang menurun ke arah laut, *Groin* dibagi menjadi tiga ruas yaitu ruas horizontal (RH), ruas miring (RM) dan ruas luar (RL). Ruas horizontal dibuat masuk ke daratan untuk angker (pengikat) *Groin*, tinggi maksimum ruas horizontal adalah berdasarkan tinggi muka air maksimum dan *uprush* gelombang maksimum yang ditimbulkan gelombang besar. Ruas miring terbentang antara ruas horizontal dan ruas luar, bagian ini dapat dibuat kira-kira sejajar dengan kemiringan daerah *foreshore*. Ruas luar meliputi bagian *Groin* yang menjorok ke arah laut dari ruas miring, biasanya ruas ini adalah horizontal dengan elevasi cukup rendah yaitu pada muka air rendah rerata/ MLWL (*Mean Low Water Level*) atau air rendah terendah/ LLWL (*Lowest Low Water Level*).



Gambar 4.27, Tampang Memanjang Elevasi Puncak Gelombang

Pemilihan bangunan pelindung pantai selain pertimbangan secara teknis juga memperhatikan pertimbangan secara lingkungan, yaitu mengenai seberapa besar dampak terhadap lingkungan akibat dari pembangunan konstruksi terpilih dalam hal ini bangunan pelindung pantai berupa konstruksi *Groin*. Dampak besar dan penting dari suatu kegiatan pembangunan pengaman pantai dilakukan terhadap identifikasi dalam perkiraan dampak besar dan penting melalui upaya pengolahan dan pemantauan lingkungan pada tahap pra-konstruksi, konstruksi dan pasca-konstruksi.

Tahap kegiatan pembangunan *Groin* meliputi :

a. Tahap Pra-konstruksi terdiri dari :

- Penentuan lokasi bangunan, meliputi pengumpulan data di lapangan, penentuan lokasi, inventarisasi lahan dan bangunan yang akan terkena pelaksanaan kegiatan.
- Pengadaan tanah, meliputi pembebasan lahan penduduk yang terkena rencana pembangunan *Groin*.

b. Tahap Konstruksi terdiri dari :

- Mobilisasi tenaga kerja, meliputi pengadaan tenaga kerja dari luar daerah dan lokal.
- Mobilisasi peralatan, meliputi alat-alat berat dan material bangunan.

- Pengoperasian bangunan pendukung kegiatan seperti basecamp dan gudang peralatan.
- Pembersihan lahan, meliputi pekerjaan penyiapan tanah dasar untuk lokasi kegiatan dan sekitarnya.
- Pekerjaan tanah, meliputi pekerjaan galian dan timbunan.
- Pekerjaan struktur, meliputi pemasangan batu-batu untuk bangunan *Groin*.

c. Tahap Pasca-konstruksi terdiri dari :

- Pengoperasian, meliputi penggunaan bangunan *Groin* sebagai pelindung pantai dan aktivitas lain.
- Pemeliharaan, meliputi perawatan terhadap bangunan dan lingkungan sekitar.

Untuk penanggulangan dampak dari kegiatan pembangunan *Groin* pada tahap pra-konstruksi, konstruksi dan pasca-konstruksi, berikut disajikan upaya-upaya yang dilakukan untuk pengelolaan lingkungan dan pemantauan lingkungan dalam tabel sebagai berikut :

Tabel 4.22, Upaya Pengelolaan Lingkungan

Jenis Dampak	Sumber Dampak	Rencana Pengelolaan	Tujuan
I. Tahap Pra-Konstruksi			
1. Pemahaman masyarakat terhadap penentuan lokasi dan desain	Penyampaian informasi	- Melakukan diskusi dan konsultasi terhadap rencana proyek kepada masyarakat	Meningkatkan pemahaman masyarakat
2. Sikap dan persepsi masyarakat terhadap pembebasan lahan	Pembangunan pengaman pantai melewati lahan masyarakat	- Melakukan sosialisasi kepada Pemerintah	Meningkatkan pemahaman masyarakat dalam pemanfaatan lahan untuk kepentingan umum
3. Sikap dan persepsi masyarakat terhadap penggunaan tenaga kerja lokal	Penggunaan tenaga kerja dari luar daerah	- Melakukan sosialisasi rencana kegiatan kepada masyarakat	Meningkatkan pemahaman masyarakat dalam penggunaan tenaga kerja
4. Sikap dan persepsi masyarakat terhadap keterlibatan dalam perencanaan/ pelaksanaan kegiatan	Pembuatan dan pelaksanaan desain kegiatan kurang melibatkan masyarakat	- Melakukan sosialisasi rencana kegiatan kepada masyarakat	Meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap perencanaan dan pelaksanaan kegiatan

Tabel 4.22, lanjutan.....

II. Tahap Konstruksi			
1. Kebisingan	Penggunaan alat berat saat pengangkutan material dan saat pelaksanaan kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> - Menggunakan peredam pada alat-alat berat saat pelaksanaan kegiatan - Menghentikan sementara penggunaan alat-alat berat 	Mencegah dan menanggulangi terjadinya kebisingan/ ketidaknyamanan
2. Terganggunya aktivitas nelayan	Jalur pelayaran melintasi lokasi kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> - Koordinasi dengan pihak nelayan terkait tentang jadwal dan waktu pelayaran pada saat kegiatan berlangsung 	Mencegah dan menanggulangi terganggunya pelayaran nelayan di sekitar lokasi kegiatan
3. Terganggunya keindahan pantai	Penempatan alat-alat berat dan bangunan-bangunan di sekitar lokasi kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> - Menjaga kebersihan dan menata lingkungan di sekitar lokasi kegiatan 	Mencegah dan menanggulangi terganggunya keindahan pantai
4. Polusi udara akibat debu, asap dan limbah	Pengoperasian alat-alat berat dan bangunan-bangunan di sekitar lokasi kegiatan	<ul style="list-style-type: none"> - Pengaturan mesin-mesin alat berat dan memperhatikan arah angin saat pelaksanaan kegiatan 	Mencegah dan menanggulangi penurunan kualitas udara di sekitar lokasi kegiatan
5. Kerawanan sosial/ gangguan kamtibmas	Kurangnya sosialisasi rencana kegiatan antara pendatang dengan penduduk setempat	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan kewaspadaan dan koordinasi dengan aparat keamanan - Menertibkan situasi lingkungan secara hukum dan adapt 	Mencegah dan menanggulangi terjadinya kerawanan sosial
6. Perubahan kesempatan kerja	Pekerjaan fisik yang membutuhkan tenaga kerja	<ul style="list-style-type: none"> - Mengatur penggunaan tenaga kerja antara pendatang dan lokal 	Pengaturan tenaga kerja antara pendatang dan lokal
7. Peningkatan pendapatan masyarakat lokal	Terserapnya tenaga kerja dan peningkatan kesempatan berusaha	<ul style="list-style-type: none"> - Mengoptimalkan tenaga kerja lokal sesuai kebutuhan dan keahlian 	Mengoptimalkan kesempatan berusaha bagi masyarakat lokal
III. Tahap Pasca-Konstruksi			
1. Operasional dan Pemeliharaan bangunan	Keterbatasan sumberdaya manusia dan finansial	<ul style="list-style-type: none"> - Menyediakan dana dan peningkatan kualitas sumberdaya manusia dalam O&P 	Mengoptimalkan penyelenggaraan O&P dalam pengamanan pantai
2. Peningkatan estetika pantai	Penataan lanskap pada groin-groin yang dibangun dan penataan kawasan di pantai	<ul style="list-style-type: none"> - Meningkatkan kesadaran akan penggunaan kawasan pantai dan kebersihan lingkungan pantai 	Mengoptimalkan keindahan kawasan yang telah tertata baik untuk pemanfaatannya

Tabel 4.22, lanjutan.....

3. Peningkatan pendapatan masyarakat	Kawasan pantai yang tertata baik memberikan peluang bagi penduduk untuk berusaha	- Pengaturan penggunaan kawasan pantai untuk berbagai kepentingan	Meningkatkan peluang usaha dan mengembangkan usaha bagi penduduk sekitar pantai
--------------------------------------	--	---	---

Tabel 4.23, Upaya Pemantauan Lingkungan

Jenis Dampak Penting	Sumber Dampak	Tolok Ukur	Metode Pemantauan Lingkungan
I. Tahap Pra-Konstruksi			
1. Pemahaman masyarakat tentang penentuan lokasi dan desain	Informasi yang belum lengkap dan tepat sasaran	Tingkat pemahaman dan persepsi masyarakat	Melakukan survey dan wawancara dengan masyarakat
2. Sikap dan persepsi masyarakat terhadap pembebasan lahan	Pembangunan yang melintasi lahan masyarakat	Tingkat pemahaman masyarakat terhadap kepentingan umum dalam penggunaan lahan	Melakukan survey dan wawancara dengan pihak terkait
3. Sikap dan persepsi masyarakat terhadap keterlibatannya dalam perencanaan dan pelaksanaan kegiatan	Pembuatan dan pelaksanaan desain kegiatan kurang melibatkan masyarakat	Tingkat pemahaman masyarakat terhadap perencanaan dan pelaksanaan kegiatan	Melakukan sosialisasi rencana kegiatan kepada masyarakat dan melakukan wawancara
II. Tahap Konstruksi			
1. Kebisingan	Penggunaan alat-alat berat saat pengangkutan material	Mencegah dan mengurangi terjadinya kebisingan/ ketidaknyamanan	Pengamatan dan pengukuran tingkat kebisingan di sekitar lokasi kegiatan
2. Terganggunya aktivitas nelayan	Jalur pelayaran melintasi lokasi kegiatan	Jalur pelayaran menyempit	Melakukan observasi dan survey di lapangan berkaitan dengan jadwal dan waktu pelayaran saat pekerjaan dilakukan
3. Terganggunya keindahan pantai	Penempatan alat-alat berat dan bangunan disekitar lokasi kegiatan	Ketidakteraturan lingkungan sekitar	Melakukan observasi dan survey di lapangan berkaitan dengan jadwal dan waktu pelayaran saat pekerjaan dilakukan
4. Polusi udara akibat debu, asap dan limbah	Pengoperasian alat-alat berat, lalu lintas dan bangunan di lokasi kegiatan	Kualitas udara	Melakukan kegiatan pengamatan dan pengukuran kualitas udara di sekitar lokasi

Tabel 4.23, lanjutan.....

5. Kerawanan sosial/ gangguan keamanan	Kurangnya sosialisasi rencana kegiatan antara pendatang dan penduduk setempat	Kriminalitas	Melakukan observasi dan survey di lapangan
6. Perubahan kesempatan kerja	Pekerjaan fisik yang membutuhkan tenaga kerja	Terserapnya tenaga kerja	Pengamatan/ survey terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat setempat
7. Peningkatan pendapatan masyarakat setempat	Terserapnya tenaga kerja dan peningkatan kesempatan berusaha	Adanya penerimaan tunai oleh masyarakat setempat	Melakukan observasi dan survey di lapangan serta wawancara dengan masyarakat setempat tentang tingkat pendapatannya
III. Tahap Pasca-Konstruksi			
1. Operasional dan pemeliharaan bangunan	Keterbatasan sumber daya manusia dan finansial	Pelaksanaan operasi dan pemeliharaan	Pengamatan melalui observasi dan survey terhadap masyarakat setempat dan pemerintah lokal
2. Peningkatan estetika Pantai	Penataan kawasan pantai	Respon pengguna pantai (wisatawan dan masyarakat)	Pengamatan di lokasi terhadap pengguna pantai
3. Peningkatan pendapatan masyarakat setempat	Peluang untuk berusaha pada kawasan yang telah tertata rapi	Kesempatan berusaha dan pengembangan usaha dalam aspek ekonomi (jasa dan perdagangan)	Pengamatan terhadap perekonomian pengguna pantai



MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO


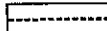
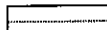
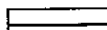

TESIS

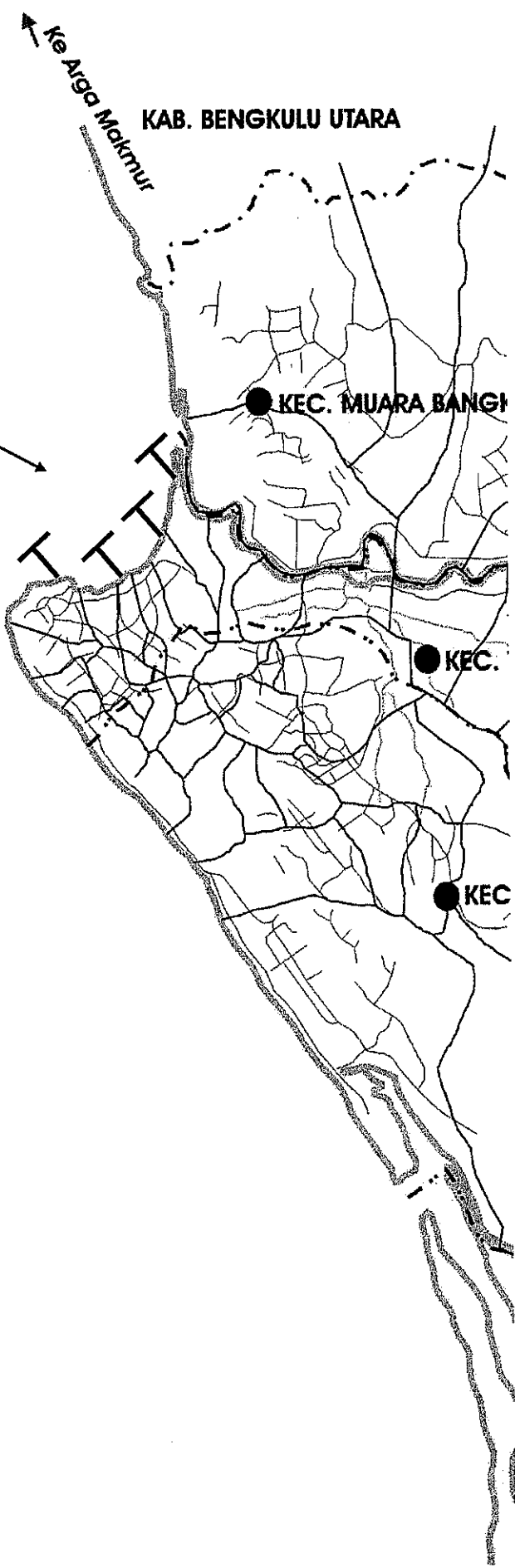
ABRASI PANTAI
DI WILAYAH PESISIR KOTA BENGKULU :
ANALISIS FAKTOR PENYEBAB DAN
KONSEP PENANGGULANGANNYA

PETA

Letak Bangunan Pengaman Pantai
(Groin)

LEGENDA :

-  Batas Kota
-  Batas Kecamatan
-  Batas Kelurahan
-  Jalan
-  Sungai



Bangunan
Groin

SKALA:

1 : 100.000

No. Gambar:

4.28

Halaman:

140



B A B V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Proses abrasi pantai di wilayah pesisir Kota Bengkulu yang disebabkan oleh proses-proses alami berupa proses hidro-oseanografi, seperti hempasan gelombang laut, fluktuasi muka air laut dan arus sepanjang pantai (*Longshore Current*), mengakibatkan terjadinya kemunduran garis pantai dan terjadinya fenomena sedimentasi.

Pada sebagian besar pantai, proses abrasi sangat intensif karena proses alam dimana lereng dasar perairan yang relatif dangkal dengan energi gelombang yang besar menghantam garis pantai. Pantai yang mengalami abrasi mengakibatkan mundurnya garis pantai ke arah darat dan pada lokasi tertentu telah mengancam pinggiran badan jalan yang menghubungkan Kota Bengkulu dengan daerah lainnya baik di dalam wilayah Propinsi Bengkulu ataupun yang menghubungkan dengan wilayah lain di luar Propinsi Bengkulu.

Proses transpor sedimen sepanjang pantai ke arah barat laut telah menyebabkan terjadinya pendangkalan pada lokasi-lokasi aktivitas nelayan, sehingga menyulitkan bagi nelayan untuk menambatkan perahu mereka dekat dengan pinggiran pantai. Selain itu juga proses sedimentasi mengakibatkan terjadinya pendangkalan pada pelabuhan yang mengganggu aktivitas bongkar muat di pelabuhan tersebut, sehingga harus dilakukan pengerukan dengan intensif.

Banjir di daratan juga diakibatkan oleh proses sedimentasi dengan tertutupnya muara sungai sehingga akibat dari pendangkalan mulut sungai air limpasan saat musim hujan tidak dapat mengalir ke laut. Akibatnya menimbulkan luapan pada saat hujan dan menggenangi pemukiman di sekitar alur sungai.

Penanggulangan untuk menghambat atau menghentikan laju dari abrasi dan sedimentasi yang terjadi, dapat dilakukan dengan proses fisik yaitu berupa pembuatan dinding pantai (*Revetment*), *Groin*, *Jetty* dan pemecah gelombang (*Breakwater*). Pembangunan konstruksi tersebut didasarkan atas perhitungan dari parameter penyebab abrasi yang terjadi. Selain dengan proses fisik untuk penanggulangan abrasi dapat juga dilakukan dengan proses alami yaitu dengan penanaman hutan mangrove. Mangrove dapat dikembangkan dengan melihat faktor kondisi tanah dan salinitas air laut juga arus laut. Dan yang terpenting adalah bagaimana pemerintah dan masyarakat di lingkungan kawasan pesisir serta para stakeholders lainnya turut serta dalam pengelolaan wilayah pesisir dan laut secara terpadu.

Melihat kontribusi penyebab abrasi terbesar datang dari proses fluktuasi muka air laut, maka penanggulangan yang efektif adalah dengan pembuatan dinding penahan (*Revetment*). Dinding penahan berfungsi melindungi daratan dari limpasan air laut akibat adanya fluktuasi muka air laut yang menggerus daratan sehingga mengakibatkan perubahan garis pantai. Sesuai dengan fungsinya *Revetment* melindungi daratan yang tepat berada di belakangnya dengan permukaan bangunan menghadap ke arah datangnya gelombang akibat proses fluktuasi muka air laut.

5.2 Saran

Kerusakan lingkungan oleh proses abrasi pantai baik yang disebabkan oleh alami maupun oleh manusia itu sendiri akan sangat berdampak bagi manusia dan lingkungan hidup disekitarnya. Sehingga disarankan untuk penanggulangannya jangan sampai menambah beban bagi daya dukung lingkungan di wilayah pesisir, sehingga akan merugikan masyarakat sekitarnya.

Penanggulangan yang terbaik adalah tidak adanya dampak lain dan tetap memperhatikan segi ekonomisnya, sehingga penggunaan biaya dapat diperkecil tapi tetap mempertahankan sumberdaya alam di lingkungan wilayah pesisir. Beberapa pertimbangan

lingkungan dapat dijadikan pedoman di dalam mengambil keputusan untuk menentukan jenis penanggulangan bagaimana yang sebaiknya di laksanakan. Selain pertimbangan lingkungan juga persepsi masyarakat menjadi perhatian, karena bagaimanapun juga masyarakat sekitar pantailah yang akan merasakan baik atau buruknya dampak yang diterima.

Beberapa pertimbangan dapat disajikan sebagai berikut :

1. Dalam penanggulangan proses abrasi pantai dengan membangun konstruksi baik dinding pelindung pantai (revetment), groin, jetty dan pemecah gelombang (breakwater), sebaiknya melihat kondisi abrasi yang terjadi. Pembangunan yang tanpa memperhitungkan kondisi yang benar-benar rawan terhadap keselamatan dan kenyamanan masyarakat akan menjadikan permasalahan baru. Misalnya pada tahap prakonstruksi bervariasinya pemahaman masyarakat terhadap penentuan lokasi, desain, pembebasan lahan, keterlibatan masyarakat dalam perencanaan bangunan dan penggunaan tenaga kerja lokal. Pada tahap konstruksi dampak penting yang harus dipertimbangkan kekeruhan air laut, kebisingan, terganggunya aktivitas nelayan sekitar, terganggunya keindahan pantai dan terganggunya ekosistem wilayah pesisir (terumbu karang, padang lamun, hutan mangrove).
2. Penanggulangan dengan proses alami yaitu penanaman hutan mangrove, proses ini merupakan penanggulangan yang baik dilakukan sejauh memang dapat dilakukan prosesnya dengan kondisi-kondisi abrasi tertentu. Untuk kondisi pantai yang relatif landai dengan keadaan tanah dan salinitas air laut yang memungkinkan bagi mangrove untuk tumbuh, sebaiknya proses penanaman mangrove dilakukan sebagai pencegah terjadinya proses abrasi yang berkelanjutan. Proses alamiah ini akan berdampak positif terhadap berkembang biakan makhluk hidup di sekitarnya seperti berbagai jenis ikan, udang, kepiting dan lainnya. Selain itu menambah hijau lingkungan sekitar untuk

mengurangi polusi udara akibat kegiatan-kegiatan industri ataupun aktivitas nelayan sekitarnya.

3. Selain pertimbangan proses fisik dan alami di atas, hal yang tidak dapat dipisahkan adalah keterlibatan masyarakat sekitar pantai. Demi kelestarian lingkungan hidup dalam setiap pengelolaan terhadap abrasi pantai sebaiknya dilibatkan dengan program pengelolaan wilayah pesisir terpadu.

DAFTAR PUSTAKA

- Bapedalda Propinsi Bengkulu, 2001. *Pengkaijian Dampak dan Daya Dukung Lingkungan Daerah Tangkapan Air Sungai Bengkulu*, Bengkulu.
- Bapedalda Propinsi Bengkulu, 2001. *Pengkaijian Dampak dan Daya Dukung Lingkungan Daerah Tangkapan Air Sungai Nelas*, Bengkulu.
- Bappeda Propinsi Bengkulu, 2003. *Atlas Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Laut Propinsi Bengkulu*, Bengkulu.
- Biro Pusat Statistik (BPS) Propinsi Bengkulu, 2001. *Bengkulu Dalam Angka*, Bengkulu.
- Dahuri, R, J.Rais, S.P. Ginting, dan M.J. Sitepu, 2001, *Pengelolaan Sumber Daya Wlayah Pesisir Dan Lautan Secara Terpadu*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Direktorat Sungai, Ditjen Pengairan, 1990, *Program Pembinaan Daerah Pantai*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Direktorat Bina teknik, Ditjen Prasarana Wilayah, 2002, *Manual Perencanaan Bangunan Perlindungan Pantai untuk Konstruksi jalan*, Departemen Kimpraswil, Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C, 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hutabarat, S, dan S.M. Evans, 1985, *Pengantar Oseanografi*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Nontji, A, 1987, *Laut Nusantara*, Penerbit Djambatan, Jakarta.
- Pratikto, W.A, H.D. Armono dan Suntoyo, 1996, *Perencanaan Fasilitas Pantai dan Laut*, BPFE, yogyakarta.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, 1992, *Kerusakan Pantai dan Muara di Indonesia*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Shozo Kitamura, Chairil Anwar, Amalyos Chaniago dan Shigeyuki Baba, 1997, *Handbook of Mangroves in Indonesia*, The Development of Sustainable Mangroves Management Project. Ministry of Forestry Indonesia and Japan International Cooperation Agency, Denpasar – Bali.

- Sorensen, R.M, 1978, *Basic Coastle Engineering*, John Wiley and Sons, New York.
- Soetjipto, 1991, *Biota Pantai*, Kursus Singkat Pengelolaan dan Perencanaan Bangunan pantai, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Soegiarto, A, 1976, *Pedoman Umum Pengelolaan Wilayah Pesisir*, Lembaga Oseanologi Nasional, Jakarta.
- Sunarto, 1991, *Geomorfologi Pantai*, Kursus Singkat Pengelolaan dan Perencanaan bangunan Pantai, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Supriharyono, 2000, *Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- The Development of Sustainable Mangrove Management Project, *Basic Understanding of mangrove*, Ministry of Forestry and Estate Crops and Japan International Cooperation Agency (JICA), Denpasar – Bali.
- Triatmodjo, B, 1996, *Teknik Pelabuhan*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B, 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B, 2002, *Metode Numerik*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Tricon Inter Multijasa Konsultan, PT, 2003, *Spatial Data Information management*, Proyek Pengelolaan Wilayah Pantai dan Pesisir Secara Terpadu, Bappeda Propinsi Bengkulu, Bengkulu.
- U.S. Army Coastal Engineering Research Centre, 1975. *Introduction to Coastal Engineering volume I*. Departement of The Army Corps of Engineers, Washington, D.C.
- U.S. Army Coastal Engineering Research Centre, 1975. *Introduction to Coastal Engineering volume III*. Departement of The Army Corps of Engineers, Washington, D.C.
- Verhoef, P.N.W, 1994, *Geologi untuk Teknik Sipil*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Yuwono, N, 1992, *Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai*, Vol. 2, Laboratorium Hidraulika dan Hidrologi , Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik UGM, Yogyakarta.
- Yodya Karya, PT, 2002, *Perencanaan Design Konstruksi Pengaman Badan Jalan Akibat Abrasi Pantai*, Laporan Akhir, Bengkulu.