

Supriyanto

ANALISIS ABRASI PANTAI DAN ALTERNATIF PENANGGULANGANNYA DI PERAIRAN PESISIR PERBATASAN KABUPATEN KENDAL-KOTA SEMARANG

Tesis

Disusun Untuk Memenuhi Persyaratan
Program Magister Ilmu Lingkungan



Oleh
Agus Supriyanto
L4K000001

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG
2003**

Tesis

ANALISIS ABRASI PANTAI DAN ALTERNATIF PENANGGULANGANNYA DI PERAIRAN PESISIR PERBATASAN KABUPATEN KENDAL-KOTA SEMARANG

oleh
Agus Supriyanto
L4K000001

Telah dipertahankan di depan tim penguji
pada tanggal 9 Juni 2003
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui

Pembimbing I




Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

Pembimbing II



Drs. Dwi P. Sasongko, MSi

Mengetahui
Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan



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

UPT-PUSTAK-UNDIP	
No. Daft:	222/T/ML/02
Tgl.	15 JUN 2003

Judul Tesis : Analisis Abrasi Pantai dan Alternatif Penanggulangannya
di Perairan Pesisir Perbatasan Kabupaten Kendal-Kota
Semarang

Nama Mahasiswa : Agus Supriyanto

Nomor Mahasiswa : L4K 000001

Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan

Konsentrasi : Rekayasa Lingkungan

Telah dipertahankan di depan tim penguji
pada tanggal 9 Juni 2003
dan dinyatakan telah memenuhi syarat untuk diterima

Menyetujui

Pembimbing I



Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS

Pembimbing II



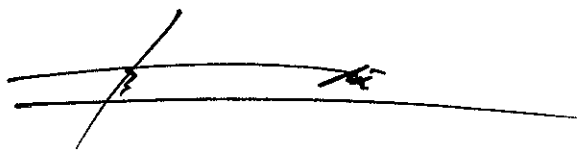
Drs. Dwi P. Sasongko, MSi

Penguji I



Prof. Dr. Ir. Supriharyono, MS

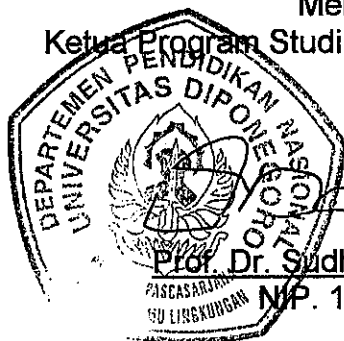
Penguji II

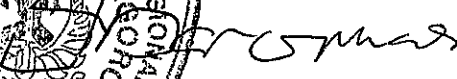


Ir. Syafrudin, CES, MT

Mengetahui

Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan




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

Pernyataan

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya, bahwa Tesis ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, materi yang ada di dalamnya tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi atau Lembaga Pendidikan lainnya.

Pengetahuan serta informasi yang diperoleh dari hasil penerbitan atau yang belum diterbitkan telah dicantumkan sumbernya dalam tulisan dan daftar pustaka.

Semarang, Juni 2003

Agus Supriyanto
L4K 000001

KATA PENGANTAR

Penyusun menaikkan puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Pengasih, atas Kasih dan RahmatNya yang telah dilimpahkan sehingga penyusun dapat menyelesaikan Tesis dengan judul “ **Analisis Abrasi Pantai dan Alternatif Penanggulangannya di Perairan Pesisir Perbatasan Kabupaten Kendal-Kota Semarang** “ .

Tesis ini disusun dan diajukan guna melengkapi persyaratan yang harus dipenuhi untuk mencapai derajat Magister pada Program Magister Ilmu Lingkungan Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penyusunan Tesis ini, berbagai pihak telah membantu dan membimbing, baik secara langsung maupun tidak langsung hingga terselesaikannya Tesis ini. Dalam kesempatan ini penyusun menyampaikan penghargaan dan ucapan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Sudharto P. Hadi, MES, sebagai Ketua Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.
2. Dr. Ir. Purwanto, Dipl.EP, DEA, sebagai Sekretaris I Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.
3. Ir. Agus Hadiyanto, MT, sebagai Sekretaris II Program Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Diponegoro.
4. Prof. Dr. Ir. Sutrisno Anggoro, MS, sebagai dosen pembimbing I.
5. Drs. Dwi P. Sasongko, MSi, sebagai dosen pembimbing II.
6. Prof. Dr. Ir. Supriharyono, MS, sebagai dosen penguji I
7. Ir. Syafrudin, CES, MT, sebagai dosen penguji II

8. Ir. Widada Sulisty, DAE, sebagai Kepala Stasiun Meteorologi dan Geofisika, Semarang.
9. Ir. Sumaryati, sebagai Kepala Dinas Permukiman dan Tata Ruang yang telah memberikan fasilitas laboratorium untuk penelitian.
10. Ayah (alm), ibu, ayah dan ibu mertua, istri dan kedua anakku Bima dan Tita yang telah memberikan motivasi selama ini.
11. Segala pihak baik langsung maupun tidak langsung yang telah membantu penyusunan usulan penelitian ini.

Penyusun menyadari bahwa Tesis ini masih jauh dari sempurna, karena keterbatasan pengetahuan penyusun, oleh karena itu kritik dan saran sangat kami harapkan.

Semarang, Juni 2003
Penyusun

Agus Supriyanto
NIM. L4K000001

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
DAFTAR ISTILAH	x
ABSTRAK	xii
<i>ABSTRACT</i>	xiii
Bab.I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Pembatasan Masalah	4
1.4. Maksud dan Tujuan	4
1.5. Orisinalitas Penelitian	4
1.6. Manfaat Penelitian	5
Bab.II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Studi Pustaka	6
2.1.1. Definisi Pantai dan Pesisir	6
2.1.2. Proses Litoral	11
2.1.3. Imbangan Sedimen Pantai	13
2.2. Landasan Teori	14
2.2.1. Gerak dan Mekanisme Gelombang	14
2.2.2. Sifat-sifat Sedimen Pantai	22
2.2.3. Pasang Surut	24
2.2.4. Pemanasan Global	24
Bab.III METODA PENELITIAN	28
3.1. Pengumpulan Data	29
3.1.1. Bathimetri dan Topografi	29
3.1.2. Angin	29

3.1.3. Gelombang	31
3.1.4. Pasang Surut	31
3.1.5. Arus	32
3.1.6. Ukuran Butiran	32
3.2. Peramalan Gelombang di Lokasi Bangunan	33
3.3. Penentuan Muka Air Rencana	35
3.3.1. Pasang Surut	36
3.3.2. <i>Wave Set-Up</i>	36
3.3.3. Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global	36
3.4. Pemilihan Alternatif Bangunan Pelindung Pantai	36
3.4.1. Bangunan <i>Groin</i>	36
3.4.2. Bangunan <i>Revetmen</i>	37
3.4.3. Bangunan <i>Break Water</i>	37
Bab.IV GAMBARAN WILAYAH STUDI	38
4.1. Kondisi Fisiografi	38
4.1.1. Topografi dan Bathimetri	38
4.1.2. Kondisi Morfologi	39
4.1.3. Kondisi Geologi	42
4.2. Kondisi Meteorologi	44
4.3. Kondisi Hidrologi	46
4.4. Kondisi Tataguna Lahan	47
4.5. Kependudukan	49
4.5.1. Sosial Ekonomi	49
4.5.2. Sosial Budaya	55
4.5.3. Kondisi Prasarana dan Sarana Permukiman	55
Bab.V PEMBAHASAN	57
5.1. Peramalan Gelombang dengan Kala Ulang	57
5.1.1. Analisis Refraksi, <i>Shoaling</i> , dan Gelombang Pecah	62
5.1.2. Analisis Tinggi Gelombang Maksimum	65
5.1.3. Penentuan Gelombang Rencana	66
5.2. Tinggi Muka Air Rencana	67

5.2.1. Pasang Surut	68
5.2.2. <i>Wave Set-up</i>	70
5.2.3. Kenaikan Air Laut Karena Pemanasan Global (SLR = Sea <i>Level Rise</i>)	70
5.3. Penentuan Elevasi Puncak Bangunan Pantai	71
5.4. Penentuan Berat Batu Lapis Lindung	73
5.5. Ukuran Butiran	74
5.6. Pertimbangan Lingkungan	86
5.6.1. Persepsi Masyarakat terhadap Pengelolaan Wilayah Pesisir	86
5.6.2. Komitmen Masyarakat	88
5.6.3. Aspek Tutupan Pantai	89
5.6.4. Aspek Drainase Kawasan	89
5.6.5. Aspek Biotik	90
Bab.VI KESIMPULAN DAN SARAN	92
6.1.Kesimpulan	92
6.1.1. Pengerukan Pasir	92
6.1.2. Pengembalian Alur Sungai Wakak	93
6.1.3. Pembuatan Bangunan Pelindung Pantai	94
a. Pembuatan Bangunan <i>Groin</i>	94
b. Pembuatan Bangunan <i>Jetty</i>	97
6.1.4. Penanaman Mangrove	97
a. Lokasi	97
b. Pemilihan Jenis Mangrove	98
c. Penanaman Mangrove Berbasis Peran Serta Masyarakat	99
6.2. Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi Ukuran Butiran dan Sedimen Cara Wentworth	23
Tabel 4.1. Data Kedalaman	39
Tabel 4.2. Data Kejadian Angin di Stasiun Meteorologi Maritim	45
Tabel 4.3. Curah Hujan dan Hari Hujan	47
Tabel 4.4. Agihan Penduduk Desa Mororejo Menurut Kelompok Umur	49
Tabel 4.5. Agihan Penduduk Menurut Kelompok Pendidikan di Desa Mororejo	51
Tabel 4.6. Agihan Penduduk Menurut Matapecaharian di Desa Mororejo	52
Tabel 4.7. Agihan Penduduk Kelurahan Mangunharjo Menurut Kelompok Umur.	52
Tabel 4.8. Agihan Penduduk Menurut Kelompok Pendidikan di Kelurahan Mangunharjo	54
Tabel 4.9. Agihan Penduduk Menurut Matapecaharian di Kelurahan Mangunharjo	55
Tabel 5.1. Perkiraan Tinggi Gelombang Maksimum Setiap Tahun	58
Tabel 5.2. Hitungan Gelombang Dengan Kala Ulang	60
Tabel 5.3. Tinggi Gelombang Dengan Kala Ulang	61
Tabel 5.4. Analisis Gelombang di Laut Dalam	65
Tabel 5.5. Gelombang Maksimum di suatu Kedalaman	66
Tabel 5.6. Gelombang Rencana	67
Tabel 5.7. Elevasi Muka Air Laut	68
Tabel 5.8. <i>Wave Set-up</i>	70
Tabel 5.9. Berat Batu Pelindung	73
Tabel 5.10a. Analisis Saringan Lokasi Stasiun I	76
Tabel 5.10b. Analisis Saringan Lokasi Stasiun II	77
Tabel 5.10c. Analisis Saringan Lokasi Stasiun III	78
Tabel 5.10d. Analisis Saringan Lokasi Stasiun IV	79
Tabel 5.10e. Analisis Saringan Lokasi Stasiun V	80
Tabel 5.10f. Analisis Saringan Lokasi Stasiun VI	81
Tabel 5.10g. Analisis Saringan Lokasi Stasiun VII	82
Tabel 5.10h. Analisis Saringan Lokasi Stasiun VIII	83

Tabel 5.10i. Analisis Saringan Lokasi Stasiun IX
Tabel 5.10j. Analisis Saringan Lokasi Stasiun X

84
85

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Definisi dan Batasan Pantai	8
Gambar 2.2. Definisi dan Karakteristik Gelombang di Daerah Pantai	9
Gambar 2.3. Imbangan Sedimen Pantai	14
Gambar 2.4. Definisi Gelombang	15
Gambar 2.5. Refleksi Gelombang	19
Gambar 2.6. Refraksi Gelombang pada Kontur Lurus dan Sejajar	19
Gambar 2.7. Refraksi Gelombang pada Kontur Tak-Lurus	20
Gambar 2.8. Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan	21
Gambar 2.9. <i>Wave Set-Up</i> dan <i>Set-Down</i>	22
Gambar 2.10. Efek Rumah Kaca	25
Gambar 2.11. Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global	26
Gambar 3.1. Bagan Alir Rencana Penelitian	28
Gambar 3.2. Peta Lokasi Penelitian	30
Gambar 3.3. Tinggi Gelombang Pecah Rencana di Kaki	35
Gambar 4.1. Peta Bathimetri	40
Gambar 4.2. Peta Geologi	43
Gambar 4.3. Mawar Angin	46
Gambar 4.4. Tata Guna Tanah	48
Gambar 4.5. Persentase Kelompok Umur Mororejo	50
Gambar 4.6. Persentase Kelompok Umur Penduduk Mangunharjo	53
Gambar 5.1. Hubungan antara $\frac{H_b}{H_o}$ dan $\frac{H_o}{gT^2}$	63
Gambar 5.2. Hubungan $\frac{d_b}{H_b}$ dengan $\frac{H_b}{gT^2}$	64
Gambar 5.3. Tinggi Gelombang di sepanjang Bangunan Pantai	67
Gambar 5.4a. Pasang Surut Bulan Januari s.d. Maret 2002	69
Gambar 5.4b. Pasang Surut Bulan April s.d. Juni 2002	69
Gambar 5.4c. Pasang Surut Bulan Juli s.d. September 2002	69
Gambar 5.4d. Pasang Surut Bulan Oktober s.d. Desember 2002	70

Gambar 5.5. Grafik <i>Run-up</i> Gelombang	72
Gambar 5.6. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Butiran	75
Gambar 5.7a. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun I	76
Gambar 5.7b. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun II	77
Gambar 5.7c. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun III	78
Gambar 5.7d. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun IV	79
Gambar 5.7e. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun V	80
Gambar 5.7f. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun VI	81
Gambar 5.7g. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun VII	82
Gambar 5.7h. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun VIII	83
Gambar 5.7i. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun IX	84
Gambar 5.7j. Kurva Kumulatif Ukuran Butiran Lokasi Stasiun X	85
Gambar 6.1. Lokasi Pengerukan Pasir	93
Gambar 6.2. Potongan <i>Groin</i>	95
Gambar 6.3. Denah <i>Groin</i> dan <i>Jetty</i>	96

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Angin Harian dan Perkiraan Tinggi Gelombang

Lampiran 2. Tabel Fungsi $\frac{d}{L}$ untuk pertambahan nilai $\frac{d}{L_0}$

Lampiran 3. Tabel Koefisien Stabilitas K_D

Lampiran 4. Kerusakan pantai Mangunharjo dilihat melalui Satelit Citra Landsat TM

DAFTAR ISTILAH

- breakwater* : bangunan yang berfungsi untuk memecah gelombang yang dapat dibedakan menjadi dua yaitu pemecah gelombang lepas pantai dan pemecah gelombang sambung pantai
- defraksi : gelombang yang datang merambat terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya
- gelombang pecah : gelombang yang datang dari laut (lepas pantai) mencapai ketidak-stabilan dan pecah
- groin* : bangunan pelindung pantai yang biasanya dibuat tegak lurus garis pantai
- jetty* : bangunan tegak lurus pantai yang diletakkan pada kedua sisi muara sungai yang berfungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai
- kala ulang gelombang : perkiraan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui rerata sekali dalam T tahun
- refleksi gelombang : gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya
- refraksi gelombang : gelombang yang datang dari laut dalam ke arah pantai karena ada perbedaan kedalaman dasar laut maka garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut
- revetmen* : bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung pantai dari erosi dan limpasan gelombang ke darat
- shoaling* gelombang : pendangkalan gelombang sesuai dengan gelombang datang dan kuntur dasar laut

wave set-up

: kenaikan muka air karena gelombang, yaitu gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air di daerah pantai terhadap muka air diam, dimana gelombang pecah permukaan air rerata miring ke atas ke arah pantai

Abstrak

ANALISIS ABRASI PANTAI DAN ALTERNATIF PENANGGULANGANNYA DI PERAIRAN PESISIR PERBATASAN KABUPATEN KENDAL-KOTA SEMARANG

Telah diteliti abrasi pantai yang menyebabkan tambak dan sawah di Desa Mororejo, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal dan Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang menjadi rusak sehingga perlu diantisipasi dampak terjadinya abrasi akibat gelombang laut, rusaknya pelindung alami pantai, adanya bangunan yang menjorok ke laut, dan pengerukan pasir di laut.

Metoda yang digunakan adalah metoda analisis abrasi dan pemilihan alternatif penanggulangan abrasi menggunakan "kala ulang gelombang" yang dihitung dengan analisis frekuensi. Data gelombang yang digunakan untuk merencanakan bangunan pelindung pantai diperoleh dari tinggi gelombang yang dibangkitkan oleh angin, dengan data angin jam-jaman selama lima belas tahun dan kala ulang gelombang diambil dua puluh lima tahunan.

Hasil kajian memperlihatkan perlunya pengembalian fungsi pantai menggunakan pelindung buatan berupa *Groin* dan *Jetty* agar terjadi keseimbangan baru yang tidak merusak fungsi pantai. Selain pelindung buatan, juga dapat dimanfaatkan pelindung alami seperti *mangrove* sehingga tambak milik masyarakat dapat berfungsi secara optimal. Pengerukan pasir di perairan harus memperhitungkan sudut lereng alami dasar perairan, yang dapat mengakibatkan mundurnya garis pantai.

Kata-kata kunci: Abrasi pantai, Perairan pesisir Kendal-Semarang.

Abstract

THE ANALYSIS OF SEASHORE ABRASION AND THE ALTERNATIVES OF SOLVING THE PROBLEM IN THE COASTAL AREA ALONG THE BORDER OF KENDAL REGENCY-SEMARANG MUNICIPALITY

A research has been conducted on the seashore abrasion that damages coastal ponds and rice fields in Mororejo Village, Kaliwungu Sub District, Kendal Regency, and in Mangunharjo Village, Tugu Sub District, Semarang Municipality. It is, then, necessary to anticipate the impact of an abrasion by sea wave, the damage of seashore natural-preservation, the buildings that stick out of the sea, and the sea sand dredging.

Abrasion analysis method is applied here. The "Return Period Wave" which is counted by frequency analysis is applied to choose the alternative of abrasion problem-solving. Wave data to design seashore protector-building is gained by counting the height of wind-developed wave, by hourly-wind data for fifteen years, and by counting the return period wave taken twenty five years.

Research findings show the necessity to re-function seashore by building protector consisting of Groin and Jetty to acquire a new balance which does not ruin seashore function. Beside using protector, manggrove is also a natural preserver. In tum, public coastal ponds can be optimally exploited. Sea sand exploitation should consider natural slope elevation at the bottom of sea in order to anticipate the declination of sea line.

Key words: Seashore abrasion, Coastal area of Kendal-Semarang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai 17.508 pulau dengan garis pantai sekitar 81.000 km. Wilayah pesisir ini merupakan wilayah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti kawasan pusat pemerintahan, permukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian, perikanan, serta pariwisata (Dahuri, 2001).

Upaya pemanfaatan wilayah pesisir akan selalu menimbulkan persilangan pendapat mengenai dampak negatif yang ditimbulkan dari pemanfaatan wilayah pesisir. Di satu pihak, ada yang menginginkan agar wilayah pesisir bebas dari pengaruh manusia, dan dibiarkan sebagaimana adanya. Di lain pihak, ada yang menginginkan untuk memanfaatkan secara maksimal sumberdaya yang ada di wilayah pesisir.

Perubahan konfigurasi pantai di wilayah pesisir dapat disebabkan oleh kegiatan atau proses-proses alami dan non-alami (kegiatan manusia), baik yang berasal dari darat maupun laut. Proses-proses hidro-oseanografi dari laut yang dapat memberikan pengaruh, antara lain hempasan gelombang, perubahan pola arus, serta fenomena pasang-surut yang kadang-kadang diperkuat oleh pengaruh perubahan iklim. Fenomena alami dari darat yang ikut memberikan pengaruh terjadinya perubahan garis pantai, antara lain erosi dan sedimentasi akibat arus pasang akibat banjir serta perubahan arus aliran sungai. Ada beberapa kegiatan manusia (*antropogenik*) yang berpotensi menimbulkan perubahan garis pantai antara lain (Bappedal Jateng, 2000):

- a. Penambangan pasir di perairan pantai, mengakibatkan perubahan kedalaman sehingga dapat merubah pola arus dan gelombang pecah akan mendekati garis pantai yang masih mempunyai daya rusak yang cukup besar.
- b. Pengambilan pelindung pantai alami, yaitu penebangan tumbuhan pelindung pantai, seperti hutan mangrove dan pengambilan terumbu karang.
- c. Pembuatan bangunan yang menjorok ke arah laut, sehingga mengganggu keseimbangan transpor sedimen di sepanjang pantai.
- d. Pembukaan tambak yang tidak memperhatikan kondisi dan lokasi, terutama yang terlalu dekat dengan garis pantai, sehingga mengakibatkan terjadi abrasi pantai oleh hempasan gelombang dan gerakan arus pasang-surut.

Adanya berbagai kegiatan tersebut dapat menimbulkan peningkatan kebutuhan akan lahan, prasarana dan sarana, yang selanjutnya akan mengakibatkan timbulnya masalah-masalah baru yang merusak kawasan permukiman dan prasarana kota yang berupa mundurnya garis pantai. Abrasi bisa terjadi secara alami oleh serangan gelombang yang diperburuk karena kegiatan manusia seperti penebangan hutan mangrove, pengambilan karang pantai, pembangunan pelabuhan atau bangunan pantai lainnya, perluasan areal tambak ke arah laut tanpa memperhatikan wilayah sempadan pantai.

Perairan pantai Kaliwungu merupakan bagian wilayah pantai utara yang langsung menghadap ke laut Jawa, sehingga pengaruh laut Jawa yang akan menentukan keseimbangan garis pantainya. Keadaan ini merupakan penyebab

utama dari pengaruh hidro-oseanografi dari laut Jawa, seperti pasang-surut, gelombang, arus.

Menurut Radiono (1996) interaksi antara gelombang laut, arus air laut, bangunan yang ada di pantai sebelah timur PT. Kayu Lapis Indonesia (PT KLI) dapat mempercepat terjadinya abrasi pantai di sebelah timur PT KLI dan sedimentasi di sebelah barat PT KLI. Dari waktu ke waktu pantai yang terabrasi semakin banyak. Penyebab utama ditengarai adalah bangunan PT KLI yang menjorok ke laut, dan faktor alam yaitu gelombang laut, dan pengerukan di daerah pantai, sehingga pantai akan terjal dan mendekatkan lokasi gelombang pecah dari garis pantai.

Penyelesaian dari masalah-masalah tersebut memerlukan pemahaman terhadap fenomena kelautan dan wilayah pesisir. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai alternatif cara pemulihan daerah yang terkena abrasi, dan agar energi gelombang yang sampai pada garis pantai tidak merusak sehingga perlu dibuat bangunan artifisial, yaitu bangunan pelindung pantai.

1.2. Perumusan Masalah

Interaksi arus dan gelombang yang terjadi di perairan pesisir perbatasan Kabupaten Kendal dan Kota Semarang membentuk sudut dengan garis pantai sehingga akan terjadi dua proses transpor sedimen yang bekerja secara bersamaan, yaitu komponen tegak lurus dan sejajar garis pantai. Pada musim barat, dilihat dari arus yang sejajar pantai maka di bagian sebelah barat terjadi sedimentasi dan di bagian sebelah timur terjadi abrasi. Untuk itu perlu dianalisis fenomena hidrooseanografi (abrasi) dan dikaji alternatif pengurangan abrasi

pantai sehingga kerusakan tidak bertambah, bahkan kalau mungkin dapat dipulihkan fungsinya.

1.3. Pembatasan Masalah

Lokasi penelitian adalah di perairan pesisir perbatasan Kabupaten Kendal dan Kota Semarang, yang secara administratif termasuk Desa Mororejo, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal dan Kelurahan Mangunharjo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang. Obyek penelitian adalah fenomena abrasi dan alternatif penanggulangannya. Waktu penelitian dan pengamatan lapangan dimulai bulan Mei sampai bulan Agustus 2002, pada bulan Juli dan Agustus merupakan puncak arus Timur.

1.4. Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah;

- a. Menganalisis abrasi pantai yang terjadi di perairan pesisir perbatasan Kabupaten Kendal dan Kota Semarang, tepatnya di sebelah timur PT KLI.
- b. Mengkaji alternatif penanggulangan abrasi yang terjadi di perairan pesisir perbatasan Kabupaten Kendal dan Kota Semarang, tepatnya sebelah timur PT KLI.

1.5. Orisinalitas Penelitian

Telah banyak penelitian yang membahas masalah abrasi di pantai timur PT KLI. Menurut Radiono (1996) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa volume sedimen di pantai sebelah timur tidakimbang, maka terjadi kekurangan pasokan sedimen, karena terhambat oleh bangunan PT KLI.

Dari studi penanganan/alternatif solusi masalah pantai/tambak di sekitar PT KLI yang dilaksanakan Bappedal Jateng bekerjasama dengan tim PPLH UNDIP pada tahun 2000 telah dilakukan kajian untuk menentukan penyebab utama kerusakan pantai Mororejo-Mangunharjo.

Menurut Supriyono (2000) dalam kajian erosi pantai Mangunharjo di sebelah timur PT KLI mengalami kemunduran garis pantai selama 15 tahun sebesar 200 m, dengan adanya bangunan PT KLI akan mempercepat erosi pantai yang berada di sebelah timur bangunan.

Dalam penelitian ini akan dianalisis bangunan pelindung pantai yang cocok dari segi lingkungan, tetapi tidak mencakup pengaruh dari sungai yang bermuara di pantai sekitarnya.

1.6. Manfaat Penelitian

Dengan hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan sumbangan pemikiran untuk memecahkan masalah abrasi yang terjadi di sepanjang pantai di lokasi penelitian sehingga dapat membantu pemerintah daerah dalam pengambilan keputusan dan bisa ditindaklanjuti agar tidak terjadi kerusakan lingkungan yang diakibatkan proses abrasi.

Apabila alternatif penanggulangan yang direkomendasikan dalam penelitian ini dapat dilaksanakan maka masyarakat dapat memanfaatkan kembali lahan pertambakan apabila pengaruh abrasi sudah dapat diatasi, atau tambak-tambak rakyat yang ada tidak terancam oleh arus gelombang.

Ditinjau dari segi pengembangan ilmu pengetahuan, maka alternatif penanggulangan merupakan aplikasi dari oseanografi dan ilmu fisika yang dapat dikembangkan lebih lanjut dalam bidang rekayasa pantai.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Studi Pustaka

2.1.1. Definisi Pesisir

Pengertian tentang "pantai" dalam bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya adalah pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Sampai saat ini definisi yang baku tentang wilayah pesisir belum ada karena definisi yang dipakai oleh para pakar dari negara yang satu dengan yang lain berbeda-beda. Di Indonesia sampai saat ini, definisi wilayah pesisir belum ada karena definisi yang dipakai oleh para pakar teknik pantai, ekonomi, kelautan, politik, dan pelayaran ternyata berbeda-beda (Sasongko, 1997).

Menurut Soegiarto (1976), definisi wilayah pesisir yang digunakan di Indonesia adalah daerah pertemuan antara darat dan laut ke arah darat wilayah pesisir meliputi bagian daratan, baik kering maupun terendam air, yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut seperti pasang surut, angin laut, dan 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 penggundulan hutan dan pencemaran.

Menurut Costa Rica (dalam Dahuri, 2001) wilayah pesisir hanya meliputi kawasan peralihan antara ekosistem laut dan daratan yang sangat sempit, yaitu dari garis rerata pasang tertinggi sampai 200 m ke arah darat dan ke arah laut meliputi garis pantai pada saat rerata pasang terendah.

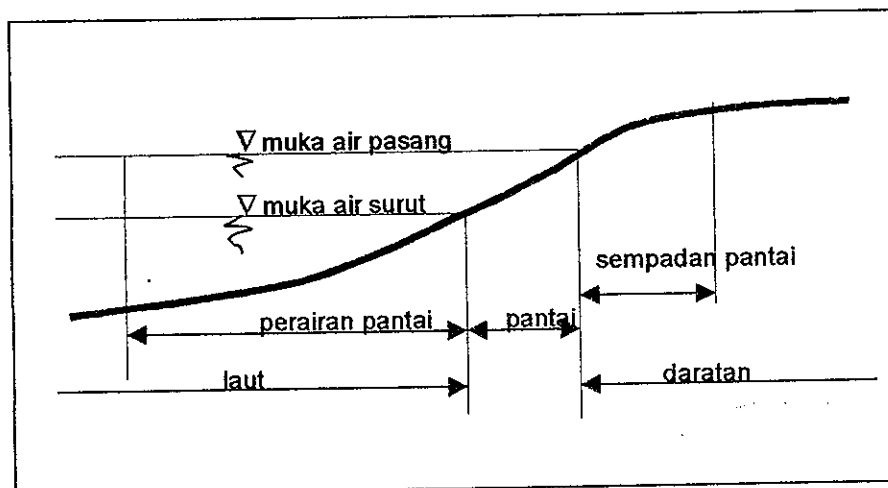
Menurut Pariwono (dalam Sasongko, 1997) wilayah pesisir adalah tempat peralihan antara daratan dan lautan yang ditandai oleh adanya gradien perubahan ekologi yang tajam. Wilayah pesisir merupakan wilayah yang sangat dinamik dan merupakan wilayah yang selalu berubah, utamanya disebabkan oleh proses pengendapan padatan-padatan dalam badan air, proses abrasi, dan transportasi sedimen dari suatu tempat ke tempat yang lain. Ciri wilayah pesisir ini terkait dengan parameter fisik lingkungan yang bekerja di wilayah pesisir. Secara fisik, dinamika wilayah pesisir dipengaruhi oleh parameter lingkungan fisik yang menyebabkan wilayah pesisir, terutama bentuk pantainya, selalu berubah-ubah sepanjang waktu. Karakteristik fisik wilayah pesisir dibentuk oleh parameter lingkungan fisik seperti gelombang, pasang surut, arus laut, angin, salinitas, suhu dan perubahan permukaan air laut. Proses-proses fisik di wilayah pesisir yang berkaitan dengan parameter fisik adalah sirkulasi massa air, pencampuran dua massa air yang berbeda, sedimentasi, erosi, dan *upwelling*.

Wilayah pesisir berdasarkan batasan dari LON LIPI (dalam Sasongko, 1997) ialah "*Wilayah pesisir adalah daerah pertemuan antara darat dan laut dengan batas ke arah darat meliputi bagian daratan baik yang kering maupun yang terendam air yang masih mendapat pengaruh sifat-sifat laut seperti angin laut, pasang surut, perembesan air laut, dan yang dicirikan oleh jenis vegetasi yang khas. Batas wilayah pesisir ke arah laut mencakup bagian atau batasan terluar dari daerah paparan benua, ciri perairan ini masih dipengaruhi oleh proses alami yang terjadi di darat seperti sedimentasi dan aliran air tawar*

maupun proses yang disebabkan oleh kegiatan manusia di darat seperti penggundulan hutan dan pencemaran”

Meskipun tiap-tiap pakar mempunyai definisi yang berbeda-beda, tetapi secara konseptual pengertian mengenai wilayah pesisir adalah sama yaitu mencakup proses interaksi antar-komponen daratan, lautan dan atmosfer. Proses interaksi antara daratan, lautan dan atmosfer ini sudah berlangsung sejak bumi terbentuk dan kenampakan wilayah pesisir saat ini merupakan hasil keseimbangan dinamis proses-proses penghancuran dan pembentukan dari ketiga unsur tersebut (Sasongko, 1997).

Menurut Triatmodjo (1999) definisi pantai dapat dinyatakan pada Gambar 2.1. berikut ini,

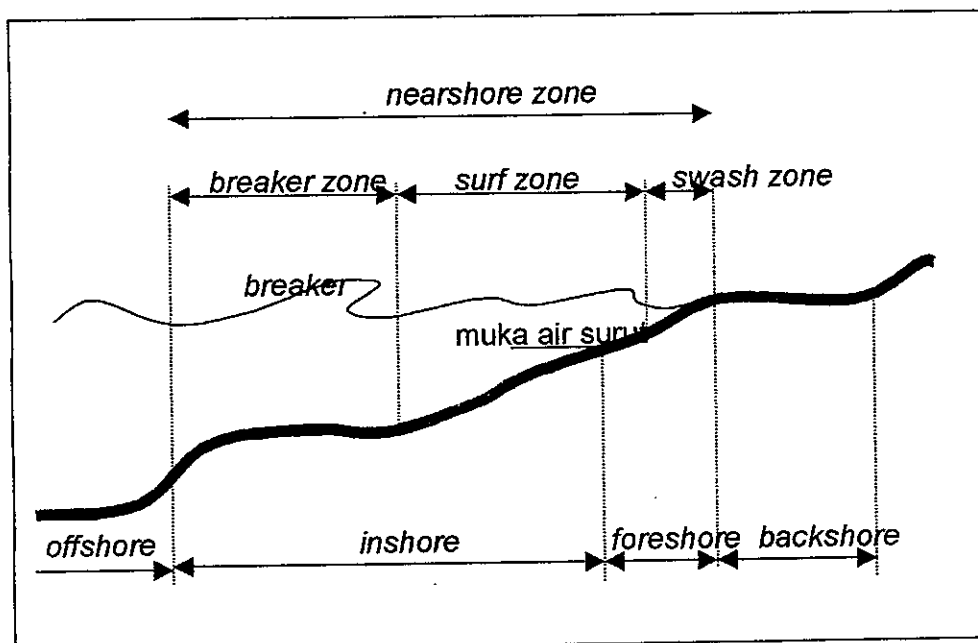


Gambar 2.1. Definisi dan batasan pantai (Triatmodjo, 1999)

Pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. 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. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, yang posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasang surut air laut dan erosi atau akresi pantai yang terjadi.

Selain beberapa definisi seperti yang telah disebutkan di atas, perlu diketahui definisi yang berkaitan dengan karakteristik gelombang di daerah sekitar pantai seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Definisi dan Karakteristik Gelombang di Daerah Pantai (Sorensen, 1978)

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 perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang mencapai batas maksimum, gelombang akan pecah,

gelombang yang telah pecah ini karakteristik maupun energinya telah berbeda dibandingkan dengan gelombang sebelum pecah.

Daerah yang terbentang ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibedakan menjadi tiga daerah yaitu (Sorensen, 1978) :

- a. *Breaker zone*, adalah daerah gelombang yang datang dari laut mencapai ketidakstabilan dan akhirnya pecah.
- b. *Surf zone*, adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik-turunnya gelombang di pantai.
- c. *Swash zone*, adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.

Ditinjau dari profilnya, daerah ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibagi menjadi tiga daerah yaitu (Sorensen, 1978):

- a. *Inshore*, adalah daerah proses gelombang mulai pecah sampai batas muka air terendah, yang sering menyebabkan terbentuknya *longshore bar* yaitu gumuk pasir yang memanjang dan kira-kira sejajar dengan garis pantai.
- b. *Foreshore*, adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat muka air rendah sampai batas atas dari *uprush* pada saat air pasang tinggi.
- c. *Backshore*, adalah daerah yang dibatasi oleh *foreshore* dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan muka air tinggi.

2.1.2. Proses Litoral

Proses litoral merupakan proses yang terjadi di daerah pantai akibat interaksi dari angin, gelombang, arus, pasang-surut, sedimen, dan lain-lain seperti aktivitas manusia. Dinamika proses litoral yang berdampak pada morfologi daerah *nearshore* utamanya disebabkan oleh *littoral transport*. *Littoral transport* merupakan gerakan sedimen di daerah *nearshore* yang disebabkan oleh gelombang dan arus (Sorensen, 1978).

Secara garis besar angkutan sedimen pantai diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu (Sorensen, 1978):

- a. *Onshore-offshore transport*, adalah perpindahan sedimen pantai yang menuju dan meninggalkan pantai atau arah perpindahan sedimennya tegak lurus pantai.
- b. *Longshore transport*, adalah perpindahan sedimen yang mempunyai arah rata-rata sejajar garis pantai. Arah dari perpindahan sedimen sejajar pantai tergantung dari arah arus sejajar pantai.

Menurut Nizam (1994) secara garis besar mekanisme angkutan sedimen di pantai terjadi sebagai berikut :

- a. Bahan dasar teraduk gelombang sehingga materi dasar akan terangkat dalam suatu suspensi atau sedimen dasar menjadi butiran-butiran lepas.
- b. Perpindahan horisontal gerakan arus-arus air.
- c. Pengendapan kembali butir-butir fraksi-fraksi halus.

Horikawa (dalam Nizam, 1994) membagi proses waktu perubahan pantai menjadi tiga skala waktu yakni skala mikro, skala meso, dan skala makro.

Skala mikro dan skala meso didominasi oleh transpor sedimen tegak lurus pantai, sedangkan perubahan skala makro lebih tergantung pada imbalan transpor sedimen sejajar pantai. Perubahan dalam skala makro terjadi karena kendala dan proses alam atau karena campur tangan manusia di pantai.

Bentuk-bentuk perubahan morfologi dalam jangka panjang dengan adanya bangunan yang menjorok ke laut adalah adanya sedimentasi (akresi) dan abrasi (erosi). Ada beberapa cara yang biasanya digunakan untuk memperkirakan transpor sedimen sepanjang pantai adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 1999):

- a. Cara terbaik untuk memperkirakan transpor sedimen sejajar pantai pada suatu tempat adalah mengukur debit sedimen di lokasi yang ditinjau.
- b. Peta atau pengukuran yang menunjukkan perubahan elevasi dasar dalam suatu periode tertentu dapat memberikan petunjuk tentang transpor sedimen. Cara ini terutama baik apabila di daerah yang ditinjau terdapat bangunan yang bisa menangkap transpor sedimen sepanjang pantai, misalnya *groin*, pemecah gelombang suatu pelabuhan, dan sebagainya.
- c. Rumus empiris yang didasarkan pada kondisi gelombang di daerah yang ditinjau.

Dalam menghitung jumlah perpindahan sedimen sepanjang pantai, rumus empiris yang berkembang memperhitungkan fungsi tegangan geser dasar yang dipengaruhi oleh peubah bebas arus dan gelombang. Selain itu

terdapat pula rumus yang berdasarkan fungsi komponen energi fluks gelombang sepanjang pantai pada saat gelombang pecah (Horikawa, 1988).

Hubungan sederhana antara transpor sedimen dan komponen fluks energi gelombang sepanjang pantai dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan (Sorensen, 1978):

$$Q_s = KP_1^n \dots\dots\dots 2.1$$

$$P_1 = \frac{\rho g}{8} H_b^2 C_b \sin \alpha_b \cos \alpha_b \dots\dots\dots 2.2$$

dengan:

Q_s : transpor 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 (m/d): $\sqrt{g.d_b}$

g : percepatan gravitasi (m/det^2)

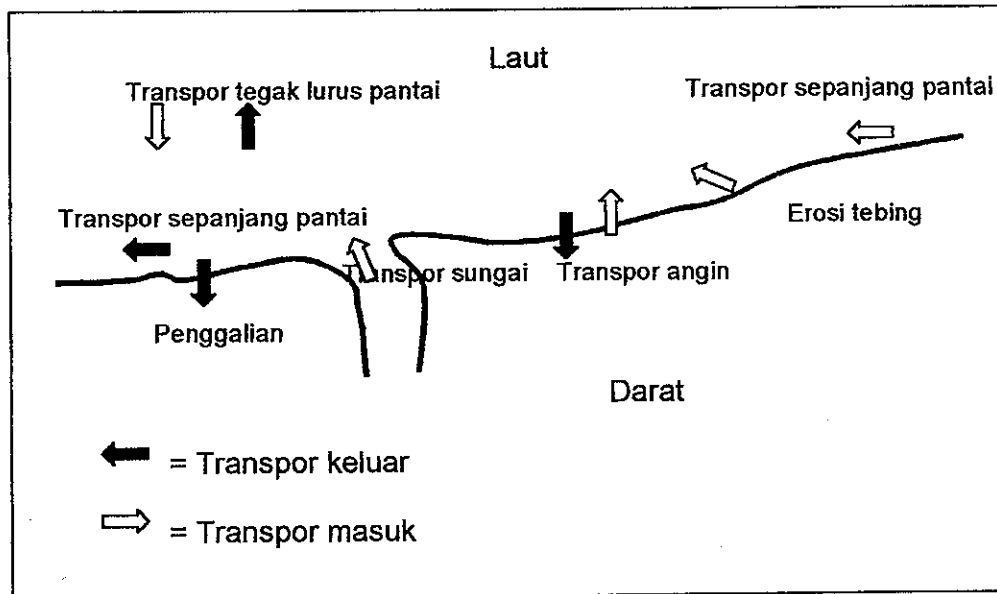
α_b : sudut datang gelombang pecah

K, n : konstanta (dari penelitian CERC mengusulkan nilai $K=0,401$; $n=1$)

2.1.3. Imbangan Sedimen Pantai

Evaluasi sedimen yang masuk dan yang keluar dari suatu pantai yang ditinjau dapat dilakukan melalui analisis imbangan sedimen pantai didasarkan pada hukum kontinuitas atau kekekalan sedimen. Melalui analisis ini dapat diketahui daerah pantai yang mengalami abrasi (erosi) atau sedimentasi (akresi). Pendekatan yang dilakukan untuk memperkirakan sedimen yang masuk dan yang keluar dan kemudian ditinjau pada suatu ruas pantai yang ditinjau apakah mengalami abrasi atau sedimentasi. Nilai imbangan sedimen pantai adalah banyaknya sedimen yang masuk dikurangi dengan yang keluar, apabila nilai imbangannya nol maka pantai dalam kondisi stabil, jika nilainya

positif pantai mengalami sedimentasi dan sebaliknya untuk nilai imbalan negatif pantai mengalami abrasi (Triadmojo, 1999).



Gambar 2.3. Imbalan Sedimen Pantai (Triadmojo, 1999)

2.2. Landasan Teori

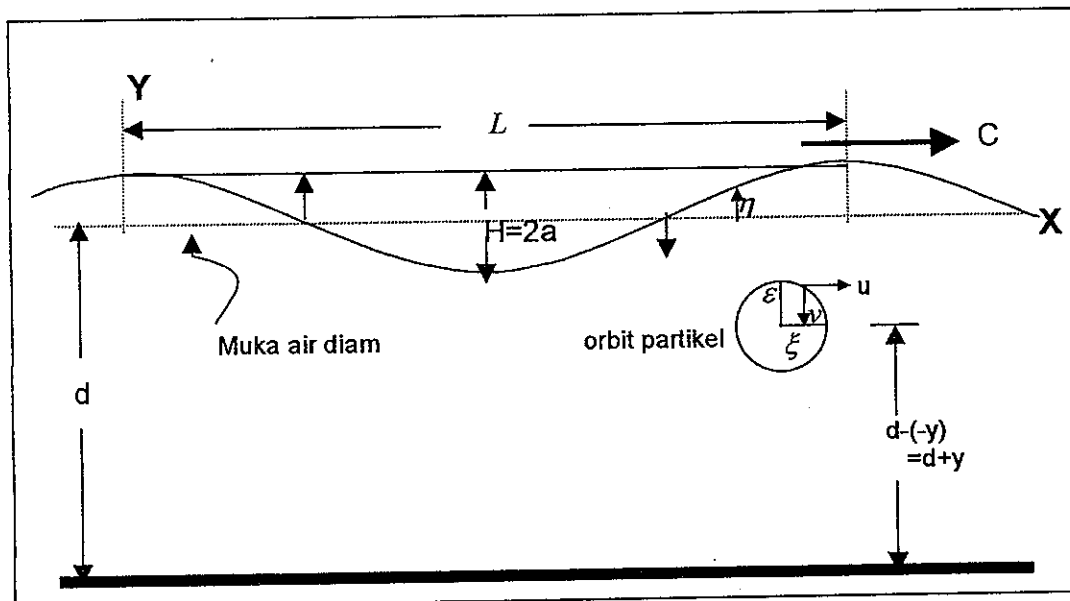
2.2.1. Gerak dan Mekanisme Gelombang

Gelombang merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi perubahan garis pantai. Rumus-rumus empiris yang telah dikembangkan untuk memperkirakan jumlah transpor sedimen yang terjadi, membutuhkan data gelombang sebagai variabel masukan sehingga pengetahuan tentang gelombang menjadi dasar yang sangat penting.

Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random. Ada beberapa teori tentang gelombang yaitu teori Airy, Stoke, Gerstner, Mich, Knoidal (Sorensen, 1978).

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.).

Gambar 2.4. menunjukkan suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat X-Y, gelombang menjalar pada arah sumbu X. Teori gelombang amplitudo kecil diturunkan berdasarkan persamaan Laplace untuk aliran tak rotasi (*irrotational flow*) dengan kondisi batas di permukaan air dan dasar laut. Kondisi batas di permukaan air didapat dengan meliniarkan persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap.



Gambar 2.4. Definisi Gelombang (Sorensen, 1978)

Persamaan Laplace untuk aliran irrotasional adalah:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad \dots\dots\dots 2.3$$

dengan:

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \quad \text{dan} \quad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} \quad \dots\dots\dots 2.4$$

Kondisi batas di dasar laut dari persamaan (2.4) dengan kecepatan vertikal sama dengan nol:

$$v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0 \quad \text{di } y = -d \quad \dots\dots\dots 2.5$$

Kondisi batas di permukaan air diperoleh dari persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{2}(u^2 + v^2) + gy + \frac{P}{\rho} = 0 \quad \dots\dots\dots 2.6$$

dengan:

- φ : potensial kecepatan
- g : percepatan gravitasi
- ρ : rapat massa zat cair
- P : tekanan
- d : kedalaman laut
- y : jarak vertikal terhadap muka air diam
- x : jarak horisontal
- t : waktu
- a : amplitudo gelombang
- H : tinggi gelombang
- L : panjang gelombang
- T : periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya

a. Energi dan Daya Gelombang

Energi total dari suatu gelombang (E) adalah jumlah dari energi kinetik (E_k) dan energi potensial (E_p) dari gelombang tersebut. Energi kinetik (E_k) adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi kinetik dapat ditulis sebagai berikut (Sorensen,1978).

$$E_k = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2 \cdot L}{16} \dots\dots\dots 2.7$$

dengan :

- E_k : energi kinetik (N)
- ρ : rapat massa zat cair (kg/m^3)
- g : percepatan gravitasi (m/s^2)
- H : tinggi gelombang ($2a$) (m)
- L : panjang gelombang (m)

Energi potensial (E_p) adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang. Energi potensial ditetapkan relatif terhadap muka air diam, dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama, maka komponen energi potensial dan kinetik adalah sama. Energi potensial dapat ditulis sebagai berikut (Sorensen,1978).

$$E_p = \frac{\rho \cdot g \cdot H^2 \cdot L}{16} \dots\dots\dots 2.8$$

dengan:

E_p : energi potensial

Energi kinetik dan energi potensial jumlahnya selalu tetap sesuai dengan hukum kekekalan energi mekanik (Sorensen,1978):

$$E = E_k + E_p \dots\dots\dots 2.9$$

Daya gelombang adalah energi gelombang tiap satuan waktu yang menjalar dalam arah penjalaran gelombang. Daya dapat ditulis sebagai hasil kali dari gaya yang bekerja pada bidang vertikal yang tegak lurus penjalaran gelombang dengan kecepatan partikel melintasi bidang tersebut. Untuk satu satuan lebar, daya gelombang rerata adalah (Sorensen,1978):

$$P = \frac{n.E}{T} \dots\dots\dots 2.10$$

dengan:

P : daya gelombang

$$n : \frac{1}{2} \left(1 + \frac{2.k.d}{\sinh 2.k.d} \right)$$

k : angka gelombang $\left(\frac{2.\pi}{L} \right)$

d : jarak antara muka air rerata dengan dasar laut

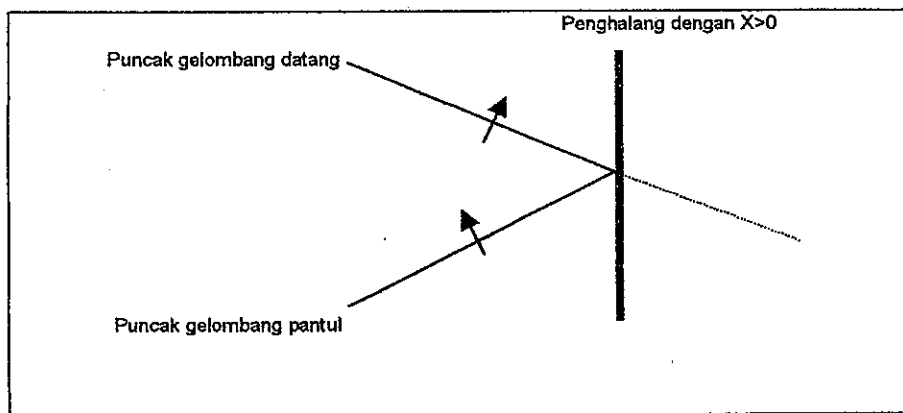
E : energi gelombang

T : periode gelombang

b. Refleksi Gelombang

Gelombang yang menjalar menuju suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya disebut refleksi gelombang (Gambar 2.5.). Besar kemampuan penghalang memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i)(Sorensen,1978) :

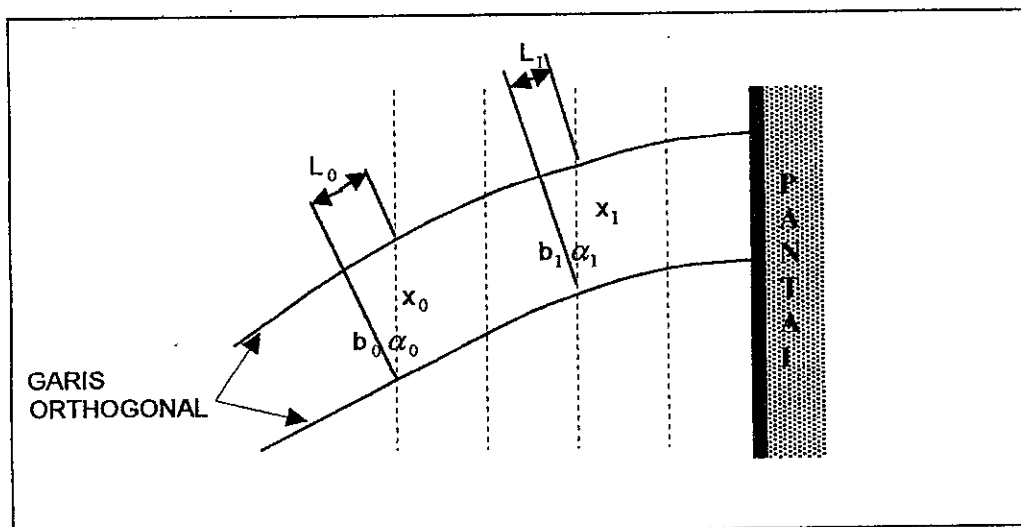
$$X = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots 2.11$$



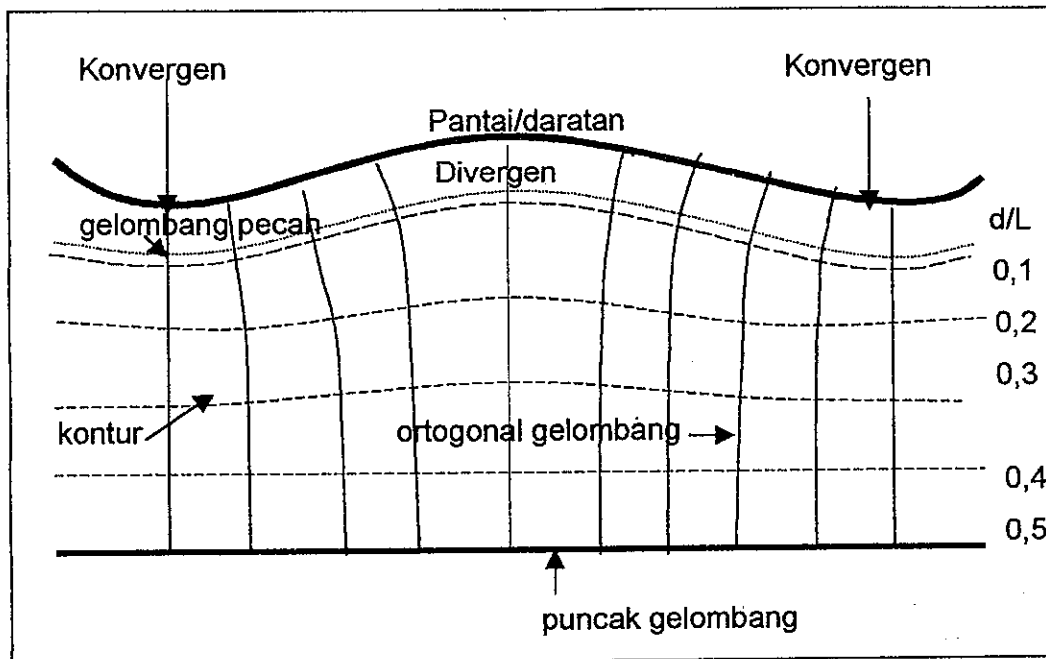
Gambar 2.5. Refleksi Gelombang (Sorensen,1978)

c. Refraksi Gelombang

Apabila gelombang merambat ke tempat yang lebih dangkal maka kecepatannya akan berkurang akibat gesekan dasar sehingga panjang gelombang (L) akan berkurang. Keadaan ini menyebabkan puncak gelombang membelok ke titik di daerah yang dangkal (Gambar 2.6). Refraksi gelombang dapat menguncup (konvergen) dan menyebar (divergen) tergantung dari kontur pantai yang dilewati (Gambar 2.7).



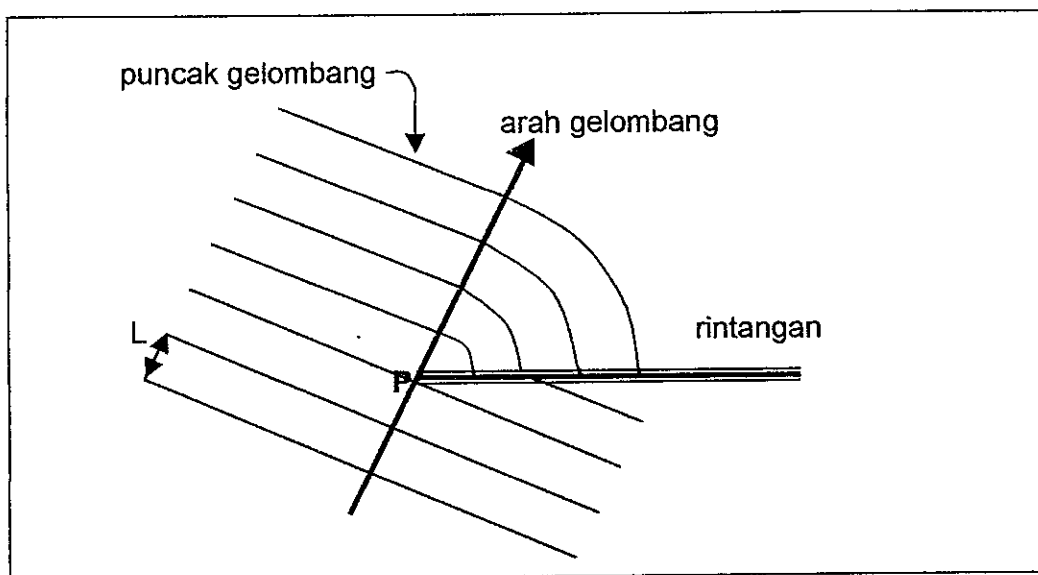
Gambar 2.6. Refraksi Gelombang pada Kontur Lurus dan Sejajar (Sorensen,1978)



Gambar 2.7. Refraksi Gelombang ada Kontur Tak-lurus (Sorensen,1978)

d. Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang adalah suatu fenomena penjalaran energi ke arah samping sepanjang puncak gelombang. Proses ini dapat terjadi apabila gelombang melalui suatu bangunan impermeabel atau bergerak melalui *barrier gap*, maka akan terjadi pemindahan energi di sepanjang puncak gelombang (Gambar 2.8) (Sorensen, 1978).

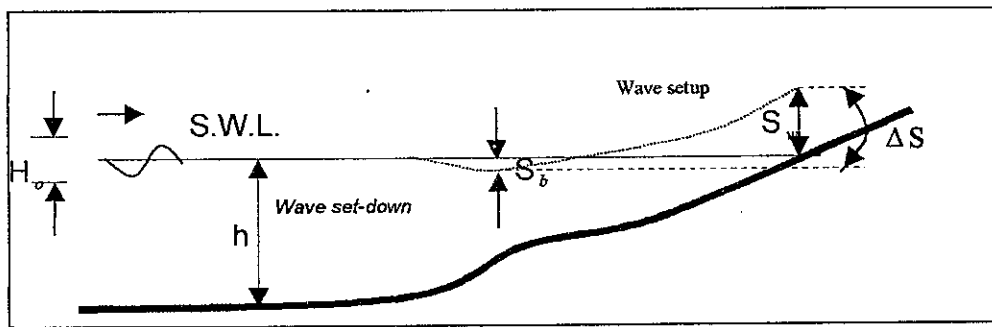


Gambar 2.8. Difraksi Gelombang di Belakang Rintangan (Sorensen, 1978).

d. Wave set-up

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan air di daerah pantai berfluktuasi 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 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 2.9.).

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 .



Gambar 2.9. *Wave Set-up dan Set-down* (CERC, 1984)

Untuk menghitung *Wave set-up* dapat digunakan persamaan (CERC, 1984):

$$S_w = 0,19 \left[1 - 2,82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right] H_b \dots\dots\dots 2.12$$

dengan:

S_w : *wave set-up* terhadap muka air diam (m)

H_b : tinggi gelombang pecah (m)

g : percepatan gravitasi (m/det²)

T : periode gelombang (det)

2.2.2. Sifat-sifat Sedimen Pantai

Pengetahuan tentang sifat-sifat sedimen di pantai sangat diperlukan untuk memahami proses-proses yang terjadi di pantai (*litoral processes*). Sifat-sifat sedimen yang penting adalah ukuran partikel (*grain size*) dan distribusi butir sedimen (*size distribution*) selain bentuk partikel dan berat jenis. Dari segi sifatnya, sedimen pantai dapat bersifat kohesif seperti lanau dan lempung atau tak-kohesif seperti pasir atau kerikil.

Ada dua cara mengklasifikasikan ukuran butiran yang banyak digunakan untuk sedimen pantai yakni *unified soil classification* (pengklasifikasian yang didasarkan pada klasifikasi *cassagrande*) dan klasifikasi *Wentworth* (CERC, 1984).

Klasifikasi *Wentworth* lebih banyak digunakan saat mempelajari sedimen pantai. Klasifikasi ini dibuat dengan logaritma dengan bilangan pokok dua. Batasannya adalah angka-angka dari satuan phi (ϕ) dan didefinisikan sebagai berikut;

$$\phi = -\log_2 D \dots\dots\dots 2.13$$

dengan D adalah diameter butiran dalam milimeter.

Tabel 2.1. Klasifikasi Ukuran Butir dan Sedimen Cara *Wentworth* (CERC, 1984).

Klasifikasi		Diameter Partikel	
		mm	Satuan phi
Batu		$D \geq 256$	$-8 \geq \phi$
Cobble		$256 > D \geq 64$	$-6 \geq \phi > -8$
Pebbel (Koral)	Besar	$64 > D \geq 32$	$-5 \geq \phi > -6$
	Sedang	$32 > D \geq 16$	$-4 \geq \phi > -5$
	Kecil	$16 > D \geq 8$	$-3 \geq \phi > -4$
	Sangat kecil	$8 > D \geq 4$	$-2 \geq \phi > -3$
Kerikil		$4 > D \geq 2$	$-1 \geq \phi >$
Pasir	Sangat kasar	$2 > D \geq 1$	$0 \geq \phi > -1$
	Kasar	$1 > D \geq 0,5$	$1 \geq \phi > 0$
	Sedang	$0,5 > D \geq 0,25$	$2 \geq \phi > 1$
	Halus	$0,25 > D \geq 0,125$	$3 \geq \phi > 2$
	Sangat halus	$0,125 > D \geq 0,063$	$4 \geq \phi > 3$
Lumpur	Kasar	$0,063 > D \geq 0,031$	$5 \geq \phi > 4$
	Sedang	$0,031 > D \geq 0,015$	$6 \geq \phi > 5$
	Halus	$0,015 > D \geq 0,0075$	$7 \geq \phi > 6$
	Sangat halus	$0,0075 > D \geq 0,0037$	$8 \geq \phi > 7$
Lempung	Kasar	$0,0037 > D \geq 0,0018$	$9 \geq \phi > 8$
	Sedang	$0,0018 > D \geq 0,0009$	$10 \geq \phi > 9$
	Halus	$0,0009 > D \geq 0,0005$	$11 \geq \phi > 10$
	Sangat halus	$0,0005 > D \geq 0,0003$	$12 \geq \phi > 11$

2.2.3. Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut yang disebabkan oleh gaya tarik benda-benda di langit, 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 (Triatmodjo, 1999).

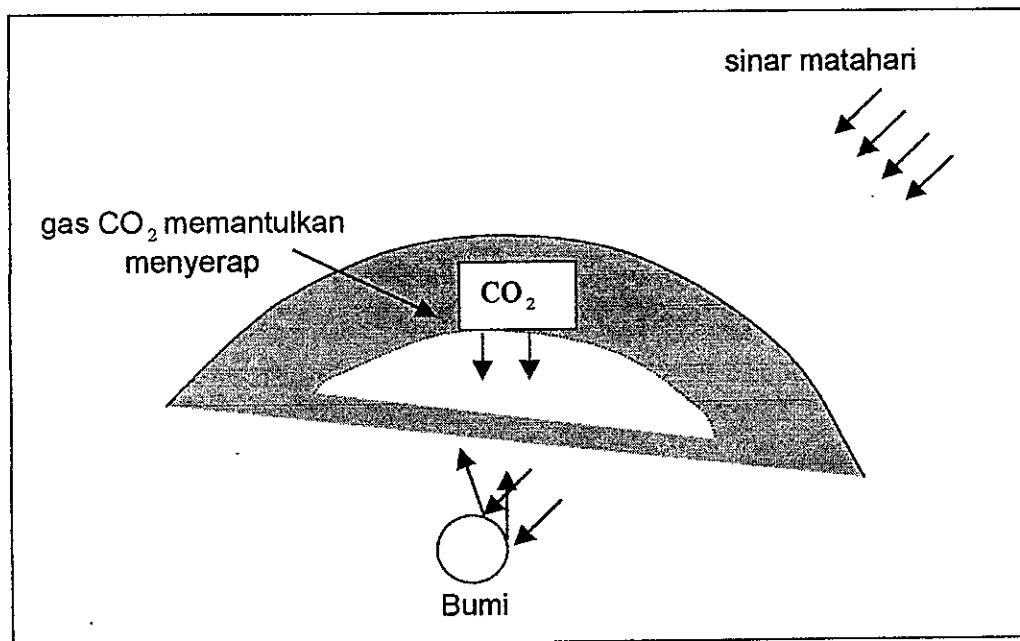
Pasang surut sangat penting artinya di dalam perencanaan bangunan pantai. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan puncak dari bangunan tersebut.

2.2.4. Pemanasan Global

Sinar matahari yang setiap hari menyinari bumi kita ini terkandung energi, dan pada waktu sinar matahari sampai ke permukaan bumi, maka bumi menjadi panas. Energi sinar matahari sebagian telah berubah menjadi panas, dan panas ini dipantulkan sebagian ke atmosfer sebagai gelombang panas dalam bentuk sinar inframerah. Dalam atmosfer bumi terdapat bermacam-macam molekul gas yang dapat menyerap gelombang sinar inframerah, karena penyerapan gelombang panas itu suhu bumi naik, dan kenaikan suhu ini disebut efek rumah kaca. Efek rumah kaca ini berguna untuk makhluk hidup di bumi, apabila tidak ada efek rumah kaca ini suhu di bumi rata-rata hanya -18°C . Suhu ini terlalu rendah bagi sebagian besar makhluk hidup termasuk manusia, tetapi dengan adanya efek rumah kaca suhu rata-rata di bumi naik 33°C lebih tinggi, yaitu 15°C . Suhu ini sesuai untuk kehidupan makhluk hidup.

Molekul gas yang terpenting adalah CO_2 yang berasal dari pernafasan serta pembusukan dan hasil pembakaran bahan organik dan CO_2 bersama dengan air merupakan bahan baku untuk fotosintesis, hasil fotosintesis digunakan oleh tumbuhan untuk menyusun tubuhnya sendiri.

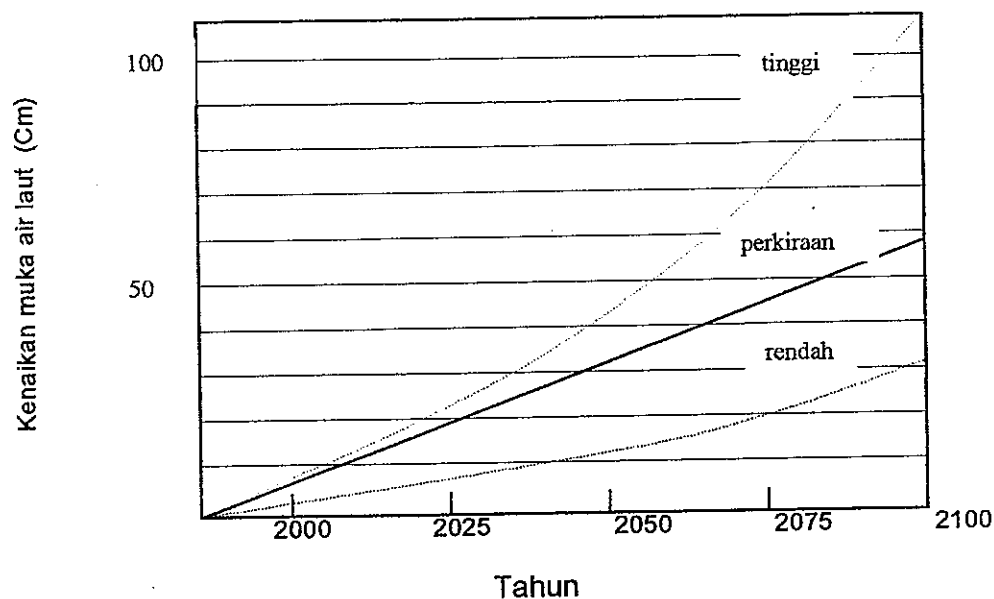
Pada mulanya kadar CO_2 dalam atmosfer bumi adalah tinggi, sehingga efek rumah kaca tinggi dan menyebabkan suhu bumi tinggi. Dengan adanya resot karbon (*carbon sink*) kadar CO_2 dalam atmosfer turun, sehingga efek rumah kaca menurun seperti sekarang ini. Karena hutan merupakan resot carbon yang penting, maka hutan merupakan salah satu pengatur efek rumah kaca dapat dilihat Gambar 2.10.



Gambar 2.10. Efek Rumah Kaca

Tetapi dengan pertumbuhan jumlah penduduk banyak hutan yang ditebang dan diubah menjadi ladang pertanian, peternakan, tempat

permukiman, dan industri. Penebangan hutan banyak dilakukan setelah Perang Dunia II terutama di daerah tropis, maka dengan menyusutnya hutan kapasitas resor karbonpun menurun. Karbon yang terikat dalam biomassa terlepas dari resor dalam bentuk CO_2 dan masuk ke dalam atmosfer sehingga kadar CO_2 dalam atmosfer meningkat, kenaikan kadar CO_2 dipercepat dengan berkembangnya teknologi yang menggunakan bahan biomassa fosil, yaitu batubara, minyak bumi, dan gas alam sebagai bahan bakar. Dengan naiknya dalam atmosfer kita menghadapi bahaya yang akan terjadinya kenaikan intensitas efek rumah kaca, sehingga suhu permukaan bumi akan naik, ini disebut pemanasan global. Permukaan air laut akan naik sebagian karena memuainya air laut pada suhu yang lebih tinggi sehingga volumenya bertambah.



Gambar 2.11. Perkiraan Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global (Triatmodjo, 1999)

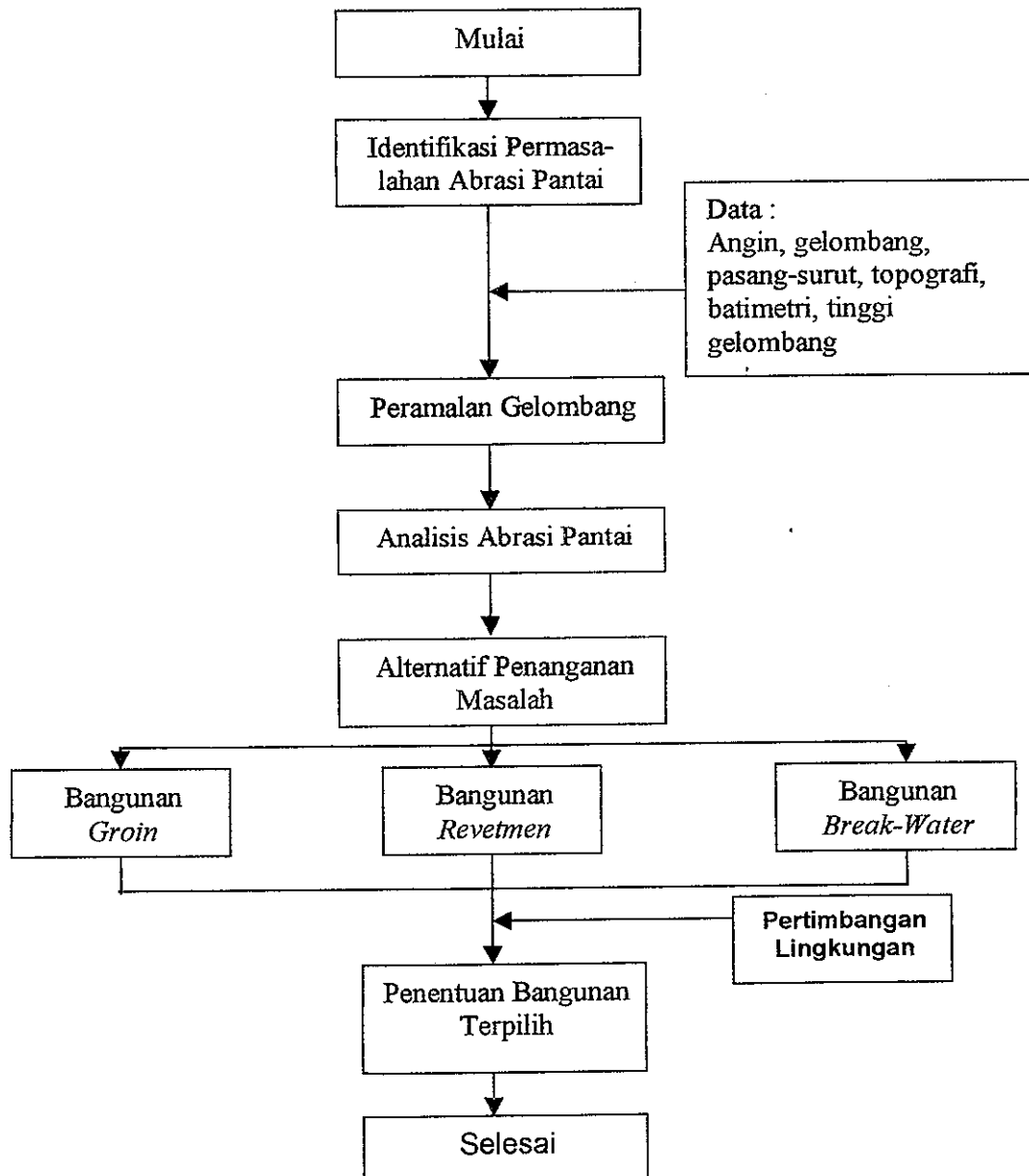
Melelehnya es abadi di pegunungan tinggi di daerah kutub selatan dan utara akibat pemanasan global diperbesar dengan naiknya gas rumah kaca yang lain, terutama klorofluokarbon, yang merupakan zat sintetik yang dibuat oleh manusia untuk keperluan industri. Dampak pemanasan global adalah berubahnya iklim, yaitu perubahan curah hujan serta naiknya intensitas dan frekuensi badai.

Perencanaan bangunan pelindung pantai harus memperhitungkan kenaikan permukaan air laut karena pemanasan global. Gambar 2.11. memberikan perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990 sampai 2100 berdasarkan anggapan bahwa suhu bumi meningkat seperti yang terjadi saat ini, tanpa adanya tindakan untuk mengatasinya (Triatmodjo, 1999).

BAB III

METODA PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu pengumpulan data, analisis data, dan pemilihan alternatif penanganan abrasi. Bagan alir rencana dan langkah kerja yang akan dilakukan, disajikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Bagan Alir Rencana Penelitian

3.1. Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari pengukuran di lapangan yang meliputi pengukuran bathimetri dan topografi, pasang-surut, gelombang, mekanika tanah, arus. Data sekunder terdiri dari data angin, bathimetri dan topografi.. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.2.

3.1.1. Bathimetri dan Topografi

Peta bathimetri diperlukan untuk mengetahui keadaan kedalaman laut di sekitar penelitian. Peta yang digunakan adalah peta lingkungan pantai Indonesia dari Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional skala 1:50.000, dan untuk mengetahui kedalaman yang lebih detail maka dilakukan pengukuran sampai 200 m dari pantai ke arah laut, untuk mendapatkan gambaran peta bathimetri di pantai Mororejo dan Mangunharjo dilakukan menggunakan tongkat duga.

Pengukuran topografi dilakukan di sepanjang pantai sekitar $\pm 2,50$ km dari muara K. Plumbon ke arah timur, dari pengukuran tersebut akan didapat kemiringan pantai.

3.1.2. Angin

Data angin diperlukan untuk peramalan tinggi dan periode gelombang. Mengingat data angin di lokasi penelitian tidak ada, maka digunakan data angin dari Stasiun Meteorologi Maritim Semarang. 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.

3.1.3. Gelombang

Dalam penelitian ini dilakukan pengukuran gelombang meliputi tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), dan kecepatan rambat gelombang (c). Dari data di atas akan dapat ditentukan panjang gelombang (L), dengan rumus;

$$L = c.T \dots\dots\dots 3.1$$

Pengukuran gelombang dilakukan dengan memasang rambu ukur di stasiun yang ditentukan dan diamati pada periode tertentu. Alat yang dipakai rambu ukur, *stop-watch*, statif, dan mistar.

Data gelombang yang didapat dari pengukuran relatif terlalu pendek sehingga data gelombang yang digunakan adalah data dari peramalan gelombang berdasarkan data angin, dan dapat dicari tinggi gelombang dan arah gelombang yang dominan.

3.1.4. Pasang Surut

Data pasang surut diperlukan untuk menentukan elevasi muka air rencana, dimensi bangunan pelindung pantai. Pasang-surut akan mempengaruhi tinggi gelombang yang terjadi di lokasi bangunan pelindung pantai. Pada waktu air laut surut maka jeluk air di lokasi bangunan kecil, gelombang yang terjadi juga kecil, dan sebaliknya pada waktu air pasang maka gelombang akan besar. Data pasang surut didapat dari pengukuran selama 30 hari berturut-turut dengan interval waktu 2 jam, dari data pengukuran pasang-surut di dapat beberapa elevasi muka air, yaitu MHWL (*mean high water level*), MSL (*mean sea level*), MLWL (*mean low water level*).

3.1.5. Arus

Kecepatan arus diukur dengan *current meter*, sedangkan arah arus diamati dengan metode benda terapung (bola duga). Arah arus pada interval waktu arah hanyut bola duga pada waktu tersebut, yang pengukurannya dibantu dengan penunjuk arah (kompas). Kecepatan arus permukaan dapat pula ditentukan dengan bantuan bola duga yaitu dengan mengukur panjang tali penghubung dibagi dengan interval waktu.

3.1.6. Ukuran Butiran

Pengambilan sampel tanah (*soil*) dilakukan di sepuluh lokasi, cara pengambilan dengan dipasang perangkat pasir dan dianalisis saringan di Balai Pengujian dan Informasi Dinas Permukiman dan Tata Ruang, Srandol.

Benda uji diperoleh dari alat pemisah sampel atau cara perempatan sebanyak:

a. Agregat halus;

- ukuran maksimum no.4 ; berat minimum 500 gram,
- ukuran maksimum no.8 ; berat minimum 100 gram,

c. Agregat kasar;

- ukuran maksimum 3,5" ; berat minimum 35 kg,
- ukuran maksimum 3" ; berat minimum 30 kg,
- Ukuran maksimum 2,5"; berat minimum 25 kg,
- Ukuran maksimum 2"; berat minimum 20 kg,
- Ukuran maksimum 1,5"; berat minimum 15 kg,
- Ukuran maksimum 1"; berat minimum 10 kg,
- Ukuran maksimum 3/4"; berat minimum 5 kg,

- Ukuran maksimum 1/2"; berat minimum 2,5 kg,
- Ukuran maksimum 3/8"; berat minimum 1 kg,

Bila agregat berupa campuran dari agregat halus dan agregat kasar, agregat tersebut dipisahkan menjadi 2 bagian dengan saringan no.4. Selanjutnya agregat halus dan agregat kasar disediakan sebanyak jumlah seperti yang tercantum diatas.

Peralatan yang dipergunakan dalam analisis saringan ini adalah;

- a. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji,
- b. Satu set saringan; 76,2 mm (3"); 63,5 mm (2,5"); 50,8 mm (2"); 37,5 mm (1,5"); 25 mm (1"); 19,1 mm (3/4"); 12,5 mm (0,5"); 9,5 mm (3/8"); no.4; no.8; no.16; no.30; no.50; no.100; no.200.
- c. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
- d. Alat pemisah sampel.
- e. Talam-talam.
- f. Kuas, sikat kuning, dan sendok.

Pelaksanaannya, sampel dikeringkan di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$, sampai berat tetap. Dilakukan penyaringan sampel lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas. Saringan diguncang dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit. Berat masing-masing sampel yang tertahan di dalam saringan ditimbang, selanjutnya dapat dihitung prosentase berat benda uji terhadap berat total.

3.2. Peramalan Gelombang di Lokasi Bangunan

Dari data peramalan gelombang berdasar data angin, dibuat analisis

frekuensi untuk mendapatkan gelombang rencana dengan periode ulang tertentu, dapat dipilih tinggi gelombang rencana dengan periode yang biasa digunakan 25 tahunan, dengan periode gelombang rencana ditetapkan sebesar 10 detik.

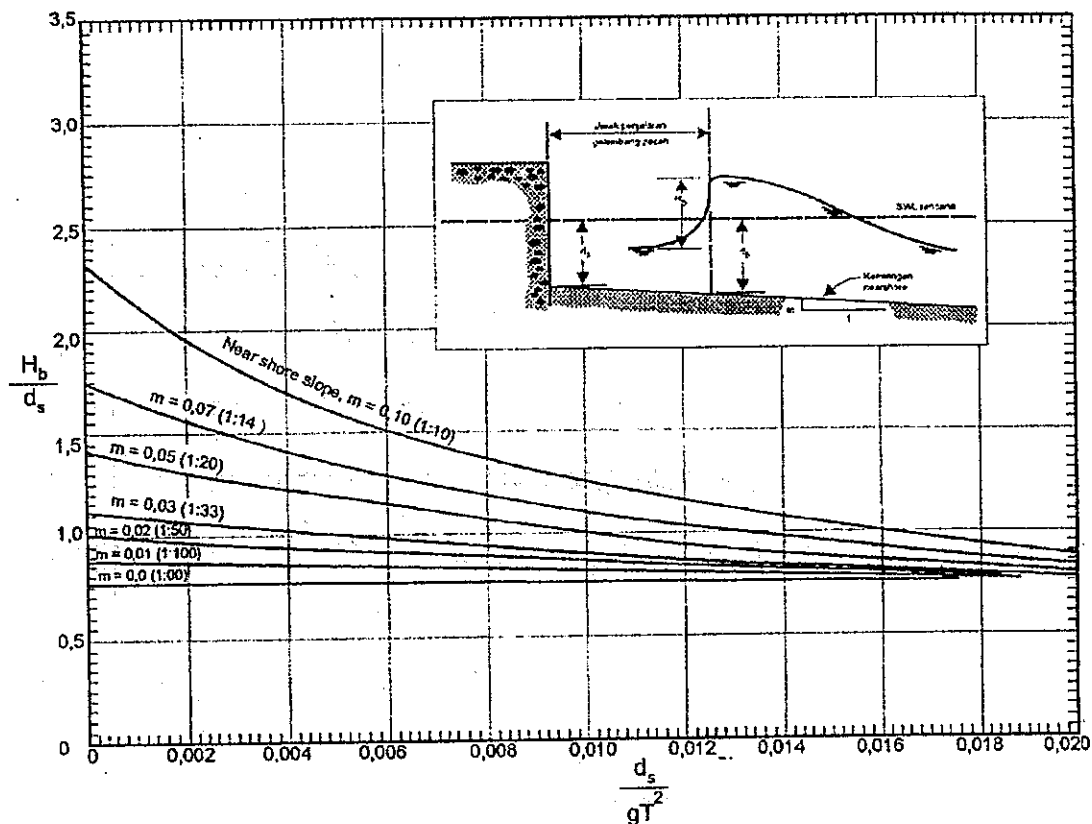
Selama perjalanan menuju pantai, tinggi gelombang dan arah gelombang berubah karena pengaruh proses refraksi dan pendangkalan serta gelombang pecah, yang tergantung pada bathimetri dan karakteristik gelombang di laut dalam. Tinggi gelombang di lokasi bangunan dihitung dengan dua cara sebagai berikut:

a). Analisis

Analisis refraksi, pendangkalan dan gelombang pecah berdasarkan karakteristik gelombang di laut dalam. Cara ini dilakukan apabila bangunan berada pada kedalaman yang cukup besar, sehingga kondisi gelombangnya gelombang pecah dan mengaitkannya dengan kedalaman lokasi bangunan. Hitungan gelombang dengan didasarkan pada data koefisien refraksi (K_r), kemiringan dasar laut (m), tinggi dan periode gelombang di laut dalam (H_o)

b). Cara grafis

Hitungan dilakukan dengan menggunakan Gambar 3.2. , berdasarkan tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi, cara ini dipakai apabila bangunan berada pada kedalaman yang lebih kecil, sehingga gelombang yang menjalar dari laut dalam telah pecah sebelum mencapai bangunan, tinggi gelombang maksimum merupakan fungsi kedalaman air. Kedalaman air ditentukan berdasarkan elevasi dasar laut dan elevasi muka air.



Gambar 3.3. Tinggi Gelombang Pecah Rencana di Kaki Bangunan (Triatmodjo, 1999)

3.3. Penentuan Muka Air Rencana

Elevasi muka air rencana tergantung pada pasang-surut, *wave set-up*, *wind set-up*, tsunami, dan pemanasan global. Dalam penentuan bangunan pelindung pantai tidak semua parameter tersebut digunakan. Hal ini mengingat bahwa kemungkinan terjadinya semua parameter secara bersamaan adalah sangat kecil. Oleh karena itu elevasi muka air rencana hanya didasarkan pada pasang-surut, *wave set-up*, dan pemanasan global.

3.3.1. Pasang Surut

Dari data pengukuran pasang-surut didapat beberapa elevasi muka air yaitu MHWL (*mean high water level*), MSL (*mean sea level*), MLWL (*mean low water level*). Tetapi untuk data yang cukup panjang (12 bulan), data pasang surut diambil dari Stasiun Meteorologi Maritim Semarang.

3.3.2. Wave Set-up

Wave set-up dihitung dengan menggunakan Persamaan (2.12), dengan nilai H_b tertentu maka akan didapat S_w .

3.3.3. Kenaikan Muka Air Laut karena Pemanasan Global

Kenaikan muka air laut karena pemanasan global SLR (*sea level rise*), diperkirakan dari Gambar 2.11.

3.4. Pemilihan Alternatif Bangunan Pelindung Pantai

Dalam pemilihan bangunan peindung ini dilakukan analisis tiga alternatif rencana bangunan yaitu;

3.4.1. Bangunan *Groin*

- berfungsi mengurangi kapasitas angkutan pasir sejajar pantai, melebar pantai, mengurangi kehilangan material dari suatu areal,
- ada dampak negatif disekitar bangunan, yaitu di daerah hulu terjadi erosi,
- ada ketergantungan dengan sedimen,
- pelaksanaan pembangunannya mudah, kecuali pada daerah kepala bergantung pada pasang surut,
- material yang diperlukan cukup sulit, karena harus menggunakan batu dengan ukuran yang cukup besar begitu pula beratnya,

- untuk tinjauan wisata baik, bila garis pantai maju karena banyak pasir.

3.4.2. Bangunan *Revetmen*

- berfungsi melindungi lokasi yang rusak karena erosi maupun abrasi,
- dampak negatif terhadap erosi di sekitar bangunan kecil,
- tidak ada ketergantungan terhadap sedimen (dapat berdiri sendiri),
- pelaksanaan relatif mudah,
- material yang diperlukan umumnya didapatkan,
- untuk tinjauan wisata kurang baik, karena wisatawan dibatasi oleh dinding untuk menuju ke laut,
- kelemahannya struktur perlu pelindung kaki.

3.4.3. Bangunan *Break Water*

- berfungsi merubah arah gelombang, arah angkutan sedimen, juga berfungsi menahan angkutan sedimen yang tegak lurus pantai (*Onshore-offshore transport*),
- pelaksanaan pembangunannya agak sulit, karena letak bangunannya didaerah pantai yang agak dalam, pelaksanaan tergantung pada pasang-surut,
- mengganggu pandangan ke laut lepas, menyulitkan lalu lintas kapal atau perahu nelayan.

BAB IV

GAMBARAN WILAYAH STUDI

4.1. Kondisi Fisiografi

4.1.1. Topografi dan Bathimetri

Pantai Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo memanjang sejauh kurang lebih 5 km pada $110^{\circ}13'00''$ BT dan $110^{\circ}20'00''$ BT serta $6^{\circ}32'$ LS sampai $6^{\circ}58'$ LS (RUTRK Kec. Kaliwungu, 1996). Sebelah timur Kelurahan Mangunharjo terletak di Kecamatan Tugu Kota Semarang dan sebelah barat Desa Mororejo terletak di Kecamatan Kaliwungu Kabupaten Kendal.

Luas wilayah Desa Mororejo seluas 1.435,095 ha sedangkan Kelurahan Mangunharjo seluas 482,37 ha. Wilayah pesisir di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo mempunyai bentuk topografi yang hampir sama, kebanyakan mempunyai topografi datar (dengan kemiringan rerata 2 %). Kondisi tersebut maka pemanfaatannya mengarah kepada usaha pertambakan dan pertanian.

Data bathimetri sangat penting untuk mendapatkan peta kontur di perairan. Pelaksanaan pengambilan data pada bulan Oktober 2002, dengan patokan muara Sungai Plumbon, data kedalaman diukur dan dihitung berdasarkan data fluktuasi muka air laut yang didapat dari Stasiun BMG Maritim. Data bathimetri dapat disajikan pada Tabel 4.1. Peta bathimetri disajikan pada Gambar 4.1.

Tabel 4.1. Data Kedalaman

No.	Posisi	Kedalaman (cm)				
		Jarak 0 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.A	30	130	240	340	440
2	Sta.B	20	110	250	300	410
3	Sta.C	20	100	230	310	420
4	Sta.D	30	100	220	310	410
5	Sta.E	30	100	210	310	410
6	Sta.F	30	110	210	330	420
7	Sta.G	20	110	220	300	390
8	Sta.H	30	110	220	290	400
9	Sta.I	30	110	200	300	420
10	Sta.J	30	100	190	320	430
11	Sta.K	10	90	210	330	430

Sumber: Data Primer, Oktober 2002

Keterangan; Sta – stasiun

4.1.2. Kondisi Morfologi

Interaksi yang kuat antara pengaruh darat dan laut menyebabkan wilayah pesisir menjadi sangat labil. Bentuk-bentuk morfologi yang kecilpun akan sangat penting dalam memodifikasi berbagai faktor penyebab perubahan di wilayah pesisir. Profil-profil alami seperti tanjung dan teluk atau bangunan PT KLI yang menjorok ke laut akan merubah pola gelombang dan arus.

Di wilayah pantai Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo bermuara beberapa sungai, yaitu;

1. Sungai Wakak (Slembang)
2. Sungai Plumbon
3. Sungai Santren

Sejak tahun 1986 Sungai Wakak dibelokkan ke arah timur sepanjang kurang lebih 3,5 km dengan menambah panjang 1,6 km sampai muara, dengan penambahan panjang ini kemiringan dasar sungai menjadi landai, kecepatan air menjadi lebih lambat, pengendapan sedimen menjadi lebih banyak, sehingga berakibat menurunnya kapasitas sungai tersebut. Alur Sungai bertambah panjang berpengaruh pada waktu perambatan air pasang ke tambak-tambak sehingga mengakibatkan tidak memenuhi syarat teknis sistem pengairan tambak baik dari segi kualitas maupun kuantitas.

Perubahan morfologi sungai berupa pembelokan Sungai Wakak berakibat kesulitan mendapatkan air asin (air laut) dan cepatnya pendangkalan sehingga mempengaruhi produksi perikanan (Dinas Perikanan Kab. Kendal, 1990 dalam Dinas PU Pengairan, 1998):

1. Produksi udang turun menjadi $\pm 90\%$ -nya,
2. Produksi bandeng turun menjadi $\pm 60\%$ -nya,
3. Masa pemeliharaan bandeng untuk mencapai ukuran konsumsi lebih lama (dari 5 bulan menjadi 6 bulan),
4. Tambak yang terkena pengaruh langsung akibat endapan Sungai Wakak ± 214 ha dengan jumlah petani 95 orang,
5. Ekologi tambak sekitar Sungai Wakak menjadi rusak, semula penghijauan sangat baik menjadi rusak.

Sungai Plumbon berfungsi sebagai sarana transportasi para nelayan sampai ke TPI, sehingga dengan keberadaannya dapat mempermudah nelayan untuk mengangkut hasil tangkapannya.

Hasil penelitian Radiono (1996), menunjukkan bahwa perubahan volume antara sedimentasi dan erosi tidakimbang, yaitu total sedimentasi sebanyak $6289,7\text{m}^3/6$ bulan dan erosi sebanyak $13.213,5\text{m}^3/6$ bulan.

4.1.3. Kondisi Geologi

Kondisi geologi di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunhorjo dapat dibedakan dua golongan seperti dapat dilihat peta geologi pada Gambar 4.2., yaitu:

1. Pasir lempungan, yaitu endapan sungai dengan tebal satu sampai lima puluh meter, terdapat sisipan lempung kepasiran, lanau dan kerikil. Pasir lempungan berwarna abu-abu kecoklatan, abu-abu kehijauan agak padat, berukuran lempung hingga pasir kasar mengandung kerikil, kelulusan tinggi, komposisi mineral terdiri atas kuarsa, felpar, piroksen, setempat-setempat mengandung batu apung dan pecahan cangkang kerang. Daya dukung yang diijinkan sedang sampai tinggi, kompresibilitas rendah, mudah digali. Kedalaman muka air tanah bebas sangat dangkal sampai dalam dan dipengaruhi fluktuasi air sungai. Pada daerah dengan kondisi geologi ini mempunyai daya dukung yang kurang baik terhadap pengembangan kawasan.
2. Lempung lanauan, yaitu endapan rawa (daerah pantai) dengan tebal antara dua sampai dua puluh meter, berwarna abu-abu kecoklatan

hingga abu-abu kehijauan, sangat lunak, plastisitas rendah sampai tinggi, umumnya jenuh air, mengandung sisa-sisa tumbuh-tumbuhan dan pecahan kerang. Daya dukung yang diijinkan rendah, kompresibilitas tinggi, mudah digali dengan peralatan non-mekanik. Kedalaman muka air tanah bebas sangat dangkal, daerah ini setempat-setempat merupakan daerah genangan air.

4.2. Kondisi Meteorologi

Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo yang berada pada daerah pesisir dengan iklim tropis basah dengan suhu udara rerata 27°C setiap bulan sepanjang tahun.

Angin adalah resultante dari tekanan udara, suhu udara, kelembaban udara artinya dari ketiga faktor tersebut dapat menimbulkan gerakan udara yang disebut angin.

Data angin yang meliputi kecepatan dan arah digunakan untuk peramalan gelombang untuk mengetahui kondisi perairan terutama tinggi gelombang dengan arahnya. Data persentasi kejadian angin di BMG Stasiun Meteorologi Maritim Semarang dari tahun 1988 sampai dengan tahun 2002 disajikan pada Tabel 4.2.

Data angin seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 4.2. tersebut dapat disajikan dalam bentuk diagram mawar angin. Penyajian mawar angin seperti yang terlihat pada Gambar 4.3. dari tahun 1988 sampai dengan 2002. Dari tabel tersebut persentase kejadian angin dengan kecepatan sampai 4 knot adalah 75,695%.

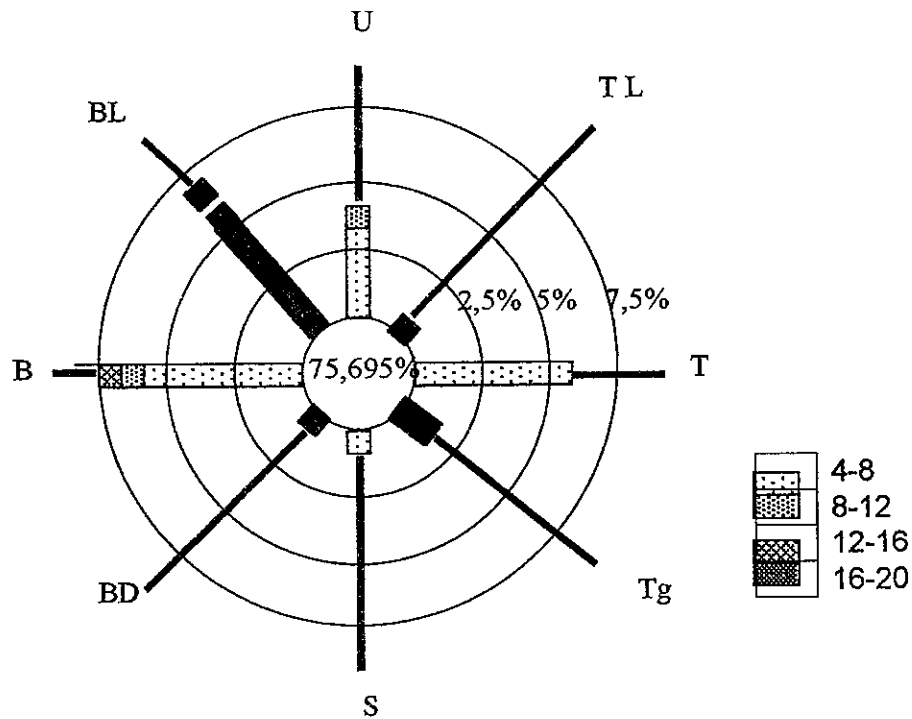
Persentase kejadian angin dengan kecepatan 4 – 8 knot adalah 3,825% dari arah Utara, 0,037% dari arah Timur Laut, 5,124% dari arah Timur, 1,812% dari arah Tenggara, 0,037% dari arah Selatan, 0,037% dari arah Barat Daya, 6,204% dari arah Barat, 5,472% dari arah Barat Laut.

Tabel 4.2. Data Kejadian Angin di Stasiun Meteorologi Maritim

Kecepatan (knot)	Arah Angin							
	U	TL	T	Tg	S	BD	B	BL
$0 < v \leq 4$	75,695 %							
$4 < v \leq 8$	3,825	0,037	5,124	1,812	0,037	0,037	6,204	5,472
$8 < v \leq 12$	0,092	-	-	-	-	-	0,860	0,531
$12 < v \leq 16$	-	-	-	-	-	-	0,201	0,055
$16 < v \leq 20$	-	-	-	-	-	-	-	0,018

Sumber: BMG, 2002

Persentase kejadian angin dengan kecepatan 8 – 12 knot adalah 0,092% dari arah Utara, 0,860% dari arah Barat, 0,531% dari arah Barat Laut. Persentase kejadian angin dengan kecepatan 12 - 16 knot adalah 0,201% dari arah Barat, 0,055% dari arah Barat Laut. Persentase kejadian angin dengan kecepatan 16 – 20 knot adalah 0,018% dari arah Barat Laut.



Gambar 4.3. Mawar Angin

4.3. Kondisi Hidrologi

Siklus hidrologi, air laut menjadi air hujan yang jatuh di kota Kendal dialirkan melalui Sungai Wakak dan selanjutnya sampai ke laut. Curah hujan rerata adalah 2.285 mm/tahun dengan jumlah hari hujan 110 hari dalam setahun (Tabel 4.3.). Pergantian musim berlangsung setiap enam bulan dengan periode untuk musim hujan pada bulan Oktober-Maret dengan angin bertiup dari arah Barat Laut, dan musim kemarau jatuh pada bulan April-September dengan angin bertiup dari arah Tenggara.

Tabel 4.3. Curah Hujan dan Hari Hujan

Bulan	Curah Hujan (mm)	Hari Hujan	Intensitas Hujan (mm/hari)
Januari	314	18	17,44
Februari	388	13	29,85
Maret	192	9	21,33
April	235	7	33,57
Mei	112	7	16,00
Juni	91	8	11,38
Juli	12	2	6,00
Agustus	32	2	16,00
September	58	3	19,33
Oktober	286	13	22,00
Nopember	225	13	17,31
Desember	340	15	22,67
Jumlah/Rerata	2.285	110	20,77

Sumber: Dinas PSDA, 2002

4.4. Kondisi Tataguna Lahan

Penggunaan lahan Kelurahan Mangunharjo secara dominan terdiri dari kawasan perikanan, pertanian, permukiman dan di Desa Mororejo pemanfaatan lahannya adalah perikanan, pergudangan, dan industri, permukiman, perdagangan. Pada kawasan ini pengembangan yang utama dari peruntukan tanah adalah sebagai kawasan perikanan. Peta tataguna tanah dapat dilihat pada Gambar 4.4.

4.5. Kependudukan

4.5.1. Sosial Ekonomi

Kelurahan Mangunharjo masuk Kecamatan Tugu Kota Semarang, dan Desa Mororejo termasuk Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal. Dalam pembahasan ini meliputi gambaran demografi dan pandangan masyarakat Mororejo dan Mangunharjo tentang pemanfaatan wilayah pesisir, khususnya di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo.

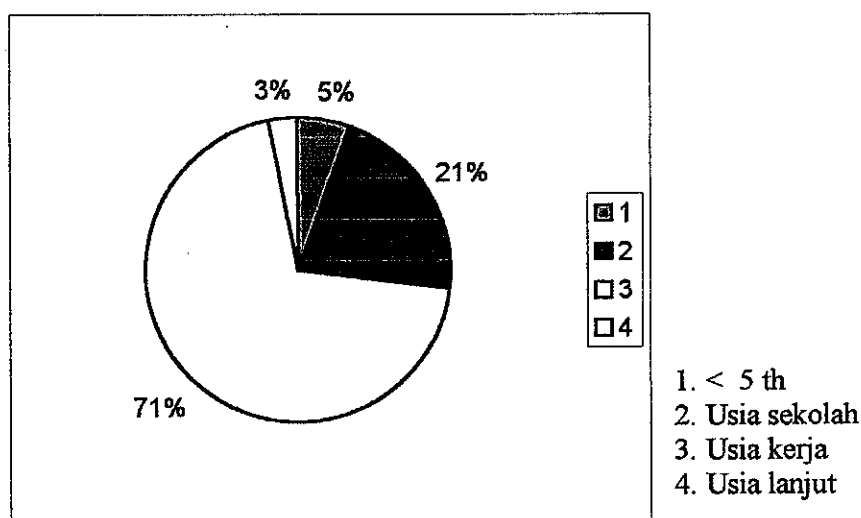
Desa Mororejo mempunyai luas wilayah 1.435,095 ha dengan jumlah penduduk 6.285 jiwa dengan kelompok umur secara rinci tersaji pada Tabel 4.4. dan diagram persentase dapat dilihat pada Gambar 4.5.

Kepadatan kotor rerata penduduk di Desa Mororejo adalah 4 jiwa/ha, sedang kepadatan bersih 21 jiwa/ha, yaitu perbandingan antara jumlah penduduk dan luas lahan permukiman (dalam hal ini jenis penggunaan lahan pekarangan).

Tabel 4.4. Agihan Penduduk Desa Mororejo Menurut Kelompok Umur

No.	Kelompok Umur	Jumlah
1.	< 5 tahun	344
2.	Usia Sekolah	1.342
3.	Usia Kerja	4.404
4.	Usia Lanjut	195
5.	Jumlah	6.285

Sumber: Monografi Desa, 2002



Gambar 4.5. Persentase Kelompok Umur

Dari Gambar 4.5. di atas terlihat bahwa usia balita lebih kurang sebesar 5% , usia sekolah sebesar 21%, usia kerja sebesar 71%, dan usia lanjut 3%. Dari komposisi penduduk menurut usia dapat diketahui ketergantungan penduduk yang memperlihatkan gambaran berapa beban tanggungan penduduk usia produktif (usia kerja) terhadap penduduk usia non-produktif (usia < 5 tahun ditambah usia sekolah ditambah usia lanjut). Angka ketergantungan Desa Mororejo adalah $\frac{(344+1.342+195)}{(4.404)} = 42,7 \approx 43$, angka tersebut dapat diartikan bahwa setiap seratus penduduk produktif di Desa Mororejo harus menanggung beban sebesar 43 penduduk non-produktif.

Tingkat pendidikan penduduk Desa Mororejo dapat digolongkan masih sangat rendah, karena persentase penduduk tingkat sekolah dasar masih tinggi. Pendidikan penduduk secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Matapencaharian sebagian penduduk di Desa Mororejo masih mengandalkan sektor pertanian baik sebagai pemilik lahan pertanian maupun sebagai buruh tani. Selain sektor pertanian, sektor industri (sebagai buruh

pabrik) juga cukup banyak ditekuni oleh penduduk desa tersebut, karena letak PT KLI kebetulan di Desa Mororejo. Kehidupan pantai juga membawa penduduk untuk mengandalkan hidup dari hasil laut dan tambak, di Desa Mororejo terdapat tambak seluas 747,5 ha atau sekitar 52,1% dari luas wilayah Desa Mororejo.

Tabel 4.5. Agihan Penduduk Menurut Kelompok Pendidikan di Desa Mororejo

No.	Pendidikan	Jumlah (Jiwa)	Jumlah (%)
1	Tidak sekolah	277	4,4
2	Belum Tamat SD	157	2,5
3	Tidak Tamat SD	836	13,3
4	Tamat SD saja	3406	54,2
5	Tamat SLTP saja	962	15,3
6	Tamat SLTA saja	409	6,5
7	Akademi/PT	238	3,8
	Jumlah	6.285	100

Sumber: Monografi Desa, 2002

Gambaran mengenai matapecaharian penduduk Desa Mororejo dapat dilihat pada Tabel 4.6. Mencermati tabel tersebut yang paling banyak adalah sebagai buruh di industri, baru diurutan kedua bermatapecaharian petani, dan urutan ketiga sebagai buruh tani.

Luas wilayah Kelurahan Mangunharjo 482,37 ha dengan jumlah penduduk 4.943 jiwa dengan kelompok umur secara rinci tersaji pada Tabel 4.7. dan diagram persentase dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Kepadatan kotor rerata penduduk di Desa Mangunharjo adalah 10 jiwa/ha, sedang kepadatan bersih 29 jiwa/ha, yaitu perbandingan antara jumlah

penduduk dan luas lahan permukiman (dalam hal ini jenis penggunaan lahan pekarangan).

Tabel 4.6. Agihan Penduduk Menurut Matapencaharian di Desa Mororejo

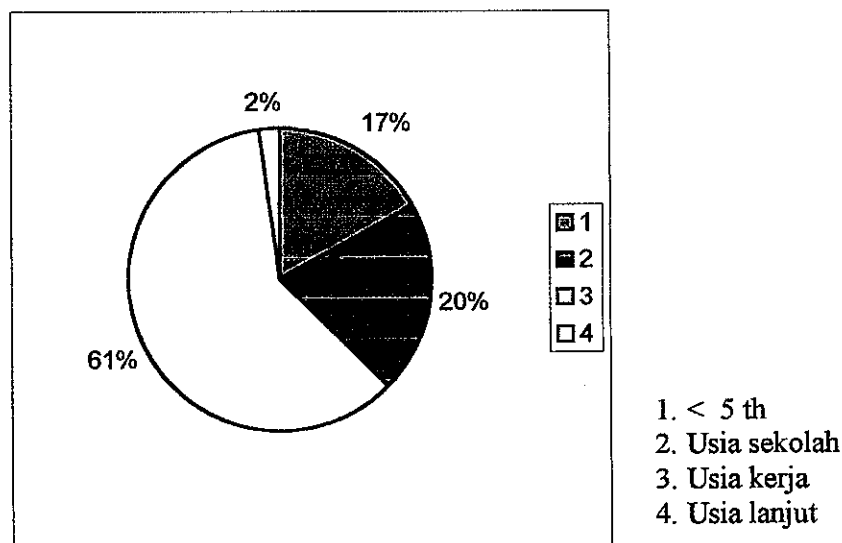
No.	Matapencaharian	Jumlah (Jiwa)	Jumlah (%)
1	Buruh Industri	1493	33,9
2	Petani (memiliki lahan)	1374	31,2
3	Buruh tani	652	14,8
4	Buruh bangunan	370	8,4
5	Perdagangan	207	4,7
6	Angkutan	172	3,9
7	Nelayan	70	1,6
8	Pegawai Negeri	31	0,7
9	Pensiunan	9	0,2
10	Lain-lain	26	0,6
	Jumlah	4.404	100

Sumber: Monografi desa, 2002

Tabel 4.7. Agihan Penduduk Kelurahan Mangunharjo Menurut Kelompok Umur

No.	Kelompok Umur	Jumlah
1.	< 5 tahun	843
2.	Usia Sekolah	1.008
3.	Usia Kerja	2.985
4.	Usia Lanjut	107
5.	Jumlah	4.943

Sumber: Monografi Desa, 2002



Gambar 4.6. Persentase Kelompok Umur

Dari diagram di atas terlihat bahwa usia balita lebih kurang sebesar 17% , usia sekolah sebesar 20%, usia kerja sebesar 61%, dan usia lanjut 2%. Dari komposisi penduduk menurut usia dapat diketahui ketergantungan penduduk yang memperlihatkan gambaran berapa beban tanggungan penduduk usia produktif (usia kerja) terhadap penduduk usia non-produktif (usia < 5 tahun ditambah usia sekolah ditambah usia lanjut).

Angka ketergantungan Desa Mororejo adalah $\frac{(843+1.008+107)}{(2.985)} = 65,59 \approx 66$, angka tersebut dapat diartikan bahwa setiap seratus penduduk produktif di Kelurahan Mangunharjo harus menanggung beban sebesar enam puluh enam penduduk non-produktif.

Tingkat pendidikan penduduk Kelurahan Mangunharjo dapat digolongkan masih sangat rendah, karena persentase penduduk tingkat sekolah dasar masih tinggi. Pendidikan penduduk secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Agihan Penduduk Menurut Kelompok Pendidikan
Di Kelurahan Mangunharjo

No.	Pendidikan	Jumlah (Jiwa)	Jumlah (%)
1	Tidak sekolah	613	12,4
2	Belum Tamat SD	732	14,8
3	idak Tamat SD	914	18,5
4	Tamat SD saja	1.488	30,1
5	Tamat SLTP saja	400	8,1
6	Tamat SLTA saja	741	15,0
7	Akademi/PT	55	1,1
	J u m l a h	4.943	100

Sumber: Monografi Desa, 2002

Sebagian besar penduduk di Kelurahan Mangunharjo bermatapencaharian sebagai buruh industri, selain sektor industri (sebagai buruh pabrik) penduduk juga cukup banyak yang menekuni sebagai petani baik sebagai pemilik lahan pertanian maupun sebagai buruh tani. Kehidupan pantai juga membawa penduduk untuk mengandalkan hidup dari hasil laut dan tambak, di Kelurahan Mangunharjo terdapat tambak seluas 226,072 ha atau sekitar 46,9% dari luas wilayah Kelurahan Mangunharjo. Gambaran mengenai matapencaharian penduduk Kelurahan Mangunharjo dapat dilihat pada Tabel 4.9. Mencermati tabel tersebut yang paling banyak adalah sebagai buruh di industri, baru diurutan kedua bermatapencaharian petani, urutan ketiga sebagai buruh tani, dan keempat sebagai nelayan.

Tabel 4.9. Agihan Penduduk Menurut
di Kelurahan Mangunharjo

No.	Matapencaharian	Jumlah (Jiwa)	Jumlah (%)
1	Buruh Industri	710	23,8
2	Petani (memiliki lahan)	406	13,6
3	Buruh tani	373	12,5
4	Nelayan	331	11,1
5	Perdagangan	254	8,5
6	Angkutan	51	1,7
7	Buruh bangunan	30	1,0
8	Pegawai Negeri	152	5,1
9	Pensiunan	45	1,5
10	Lain-lain	633	21,2
	Jumlah	2.985	100

Sumber: Monografi desa, 2002

4.5.2. Sosial Budaya

Seperti masyarakat agraris-nelayan di wilayah pesisir lainnya, di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo yang berdekatan dengan pantai mempunyai pandangan bahwa laut sebagai sumber kehidupan utamanya. Meskipun di Desa Mororejo telah mengalami beberapa pergeseran sumber kehidupan dari nelayan menjadi buruh pabrik, sehingga di Desa Mororejo di sekitar PT KLI penduduknya membuka tempat pemondokan untuk buruh industrinya. Sebagai nelayan sudah banyak ditinggalkan, sehingga tempat pelelangan ikan (TPI) yang pernah ada sekarang tidak ada kegiatan lagi.

4.5.3. Kondisi Prasarana dan Sarana Permukiman

Perbandingan antara penggunaan lahan untuk kawasan terbangun (dalam hal ini dilakukan pendekatan dengan menggunakan data lahan

bangunan dan pekarangan) dengan penggunaan lahan terbuka di Desa Mororejo menunjukkan angka 11,02% (diolah dari data BPS Kabupaten Kendal 2001), sedang di Kelurahan Mangunharjo menunjukkan angka 8,12% (diolah dari data RDTRK 1999-2000).

Prasarana air bersih di Desa Mororejo belum terdata, tetapi secara visual kebutuhan air bersih dicukupi dengan sumur dangkal. Tetapi secara keseluruhan Kecamatan Kaliwungu sudah disalurkan air dari PDAM meskipun di daerah Mororejo belum semua mendapatkan fasilitas tersebut. Untuk prasarana air bersih di Kelurahan Mangunharjo tidak jauh berbeda dengan pelayanan air bersih di Desa Mororejo, kebutuhan air bersih masih mengandalkan air dari sumur dangkal.

Di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo prasarana persampahan belum ada penanganan, karena komposisi sampah yang paling banyak adalah sampah organik sehingga oleh penduduk ditanganani tiap-tiap penduduk dengan membuang ke pekarangan masing-masing. Sebagai gambaran produksi sampah di Kabupaten Kendal pada tahun 2001 mencapai 264 m^3 , dari volume sampah tersebut 47%nya adalah sampah organik.

Masalah air limbah di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo yang terdata hanyalah prasarana sistem pengolah limbah setempat (*on site system*) seperti fasilitas *on site* cubluk, kemudian MCK.

BAB V

PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas permasalahan abrasi pantai di Mangunharjo, Kecamatan Kaliwungu, Kabupaten Kendal berikut dengan alternatif penanggulangannya. Dalam menentukan alternatif penanggulangan abrasi dilakukan melalui rekayasa teknik dengan membuat bangunan pantai yang diharapkan dapat memperkecil atau menahan pengaruh gelombang laut yang membuat pantai di Mangunharjo terabrasi.

Keberadaan pantai tidak bisa lepas dari fenomena alam yang selalu mencari keseimbangan antara abrasi (erosi) di satu sisi dan terjadi sedimentasi (akresi) di sisi yang lain. Pantai Mangunharjo yang terletak di sebelah timur PT KLI apabila dilihat lebih luas dari bagian sebelah barat pantai kota Semarang terlihat bahwa daerah ini sebagian besar terabrasi. Secara khusus terjadi abrasi di pantai Mangunharjo yang mengakibatkan tambak-tambak menjadi rusak (Supriyono, 2000).

Secara teknis apabila di pantai terdapat bangunan yang menjorok ke laut, seperti bangunan PT KLI, akan memutus kontinuitas transpor sedimen yang berakibat terjadinya sedimentasi (akresi) di sebelah barat bangunan PT KLI dan terjadi abrasi di sebelah timur PT KLI.

5.1. Peramalan Gelombang Dengan Kala Ulang

Frekuensi gelombang-gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menetapkan gelombang dengan kala ulang dipergunakan dari data perkiraan gelombang yang didasarkan dari data angin dibuat analisis frekuensi (Triatmodjo, 1999).

Data angin yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim dari tahun 1988 sampai dengan tahun 2002, dipergunakan untuk peramalan gelombang. Data angin harian selama 15 tahun dipakai untuk menghitung perkiraan tinggi gelombang rerata dan perkiraan tinggi gelombang maksimum harian (lampiran1). Hasil perkiraan tinggi gelombang tersebut dipilih tinggi gelombang maksimum setiap tahun seperti tertera pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Perkiraan Tinggi Gelombang Maksimum Setiap Tahun

No.	T a h u n	Perkiraan Tinggi Gelombang Maksimum H (m)
1	1988	0.872
2	1989	1.026
3	1990	1.920
4	1991	1.726
5	1992	1.189
6	1993	2.544
7	1994	1.026
8	1995	1.189
9	1996	1.539
10	1997	1.726
11	1998	0.466
12	1999	1.026
13	2000	1.539
14	2001	2.544
15	2002	1.189

Hitungan tinggi gelombang dengan beberapa kala ulang dengan menggunakan metode Gumbel (metode Fisher-Tippett Type I) dengan menggunakan Tabel 5.2. Dalam tabel tersebut kolom 1 adalah nomor urut m, sedang kolom 2 adalah data gelombang yang diurutkan dari besar ke kecil

sesuai dengan kolom 1. Kolom 3 adalah nilai probabilitas bahwa H_{sm} tidak terlampaui atau $P(H_s \leq H_{sm})$ yang dihitung dengan persamaan 5.1. yaitu persamaan distribusi Gumbel (Fisher-Tippett Type I) (Triatmodjo, 1999).

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m - 0,44}{N_T + 0,12} \dots\dots\dots 5.1$$

dengan;

- $P(H_s \leq H_{sm})$: probabilitas bahwa H_{sm} tidak dilampaui
- H_s : tinggi gelombang signifikan
- H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m
- N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Kolom 4 adalah nilai y_m yang dihitung dengan Persamaan 5.2.

$$y_m = -\ln\{-\ln P(H_s \leq H_{sm})\} \dots\dots\dots 5.2$$

Kolom 5 dan 6 adalah nilai-nilai yang digunakan untuk analisis regresi linier guna menghitung parameter \hat{A} dan \hat{B} . Kolom 7 digunakan untuk menghitung deviasi standar gelombang signifikan. Kolom 8 adalah perkiraan tinggi gelombang yang dihitung dengan persamaan regresi linier yang dihasilkan, yaitu $\hat{H}_{sm} = \hat{A}y_m + \hat{B}$. Kolom 9 adalah perbedaan antara H_{sm} dan \hat{H}_{sm} .

Dari data seperti diberikan dalam Tabel 5.4., didapat beberapa parameter \hat{A} dan \hat{B} berdasarkan data H_{sm} dan y_{sm} seperti yang tertera dalam kolom 2 dan kolom 4 dengan menggunakan persamaan 5.3.

$$H_{sm} = \hat{A}y_m + \hat{B} \dots\dots\dots 5.3$$

dengan;

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2} = \frac{15(21,5436) - (21,521 \times 8,2714)}{15(24,961) - (8,2714)^2} = 0,4743$$

$$\hat{B} = \bar{H}_{sm} - \hat{A}\bar{y}_m = 1,4347 - 0,4743 \times 0,5514 = 1,1732$$

Persamaan regresi yang didapat adalah;

$$H_{st} = 0,4743y_r + 1,1732 \dots \dots \dots 5.4$$

Deviasi standar data tinggi gelombang signifikan dapat dihitung dengan

Persamaan 5.5., $\sigma_{H_s} = 0,5871$

$$\sigma_{H_s} = \left[\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots \dots \dots 5.5$$

Tabel 5.2. Hitungan Gelombang Dengan Kala 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	2,544	0,9630	3,2770	8,3368	10,739	1,2305	2,7276	-0,1836
2	2,544	0,8968	2,2174	5,6410	4,917	1,2305	2,2250	0,3190
3	1,920	0,8307	1,6847	3,2346	2,838	0,2355	1,9723	-0,0523
4	1,726	0,7646	1,3150	2,2697	1,729	0,0848	1,7969	-0,0709
5	1,726	0,6984	1,0246	1,7684	1,050	0,0848	1,6592	0,0668
6	1,539	0,6323	0,7799	1,2003	0,608	0,0109	1,5431	-0,0041
7	1,539	0,5661	0,5640	0,8680	0,318	0,0109	1,4407	0,0983
8	1,189	0,5000	0,3665	0,4358	0,134	0,0604	1,3470	-0,1580
9	1,189	0,4339	0,1803	0,2144	0,033	0,0604	1,2587	-0,0697
10	1,189	0,3677	-0,0004	-0,0005	0,000	0,0604	1,1730	0,0160
11	1,026	0,3016	-0,1812	-0,1859	0,033	0,1671	1,0872	-0,0612
12	1,026	0,2354	-0,3690	-0,3786	0,136	0,1671	0,9981	0,0279
13	1,026	0,1693	-0,5744	-0,5893	0,330	0,1671	0,9007	0,1253
14	0,872	0,1032	-0,8204	-0,7154	0,673	0,3167	0,7840	0,0880
15	0,466	0,0370	-1,1927	-0,5558	1,422	0,9384	0,6074	-0,1414
Jml	21,521	7,5000	8,2714	21,5436	24,961			0,000

Selanjutnya hitungan tinggi gelombang dengan beberapa kala ulang dilakukan seperti Tabel 5.3., kolom 1 adalah nomor urut, sedang kolom 2

Tabel 5.3. Tinggi Gelombang Dengan Kala Ulang

No.	Kala Ulang (tahun)	y_r (tahun)	H_{sr} (tahun)	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	1,35	0,2723	0,16	1,14	1,55
2	5	1,4999	1,88	0,4381	0,26	1,56	2,21
3	10	2,2504	2,24	0,5905	0,35	1,80	2,68
4	25	3,1985	2,69	0,7977	0,47	2,09	3,29
5	50	3,9019	3,02	0,9563	0,56	2,31	3,74
6	100	4,6001	3,36	1,1158	0,66	2,52	4,19

adalah kala ulang yang dihitung. Kolom 3 adalah ordinat yang diberikan untuk distribusi Gumbel (Fisher-Tippett Type I) dengan Persamaan 5.6.

$$y_r = -\ln\left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{LT_r}\right)\right\} \dots\dots\dots 5.6$$

dengan;

T_r : kala ulang (tahun)

L : rerata jumlah kejadian per tahun

Kolom 4 adalah tinggi gelombang signifikan untuk berbagai kala ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan Persamaan 5.4., kolom 5 adalah untuk menghitung standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan kala ulang T_r dengan persamaan 5.7.

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[1 + 0,8353(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots 5.7$$

Kolom 6 adalah kesalahan standar dari tinggi gelombang signifikan dengan kala ulang T_r , dapat dihitung dengan persamaan 5.8.

$$\sigma_r = \sigma_m \sigma_{H_s} \dots\dots\dots 5.8$$

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

Dalam perancangan ini digunakan tinggi gelombang dengan kala ulang 25 tahunan yaitu sebesar $H_0 = 2,69$ m

Selama penjarannya menuju pantai, tinggi dan arah gelombang mengalami perubahan karena adanya pengaruh refraksi dan *shoaling* serta gelombang pecah yang semuanya tergantung pada bathimetri dan karakteristik gelombang di laut dalam. Dari data diperoleh dan literatur bahwa koefisien refraksi (K_r) adalah 1, $m = 0,02$, dan periode (T) = 10 detik.

Tinggi gelombang di lokasi bangunan kondisinya harus diketahui, untuk mengetahui tinggi gelombang di lokasi bangunan digunakan dua cara yaitu;

5.1.1. Analisis Refraksi, Shoaling, dan Gelombang pecah.

Bangunan pelindung pantai bila berada pada kedalaman yang cukup dalam sehingga gelombang yang terjadi adalah tidak pecah atau pecah. Untuk itu perlu diketahui batas terjadinya gelombang pecah dan mengkaitkannya dengan kedalaman perairan di lokasi bangunan.

Penentuan tinggi gelombang pecah

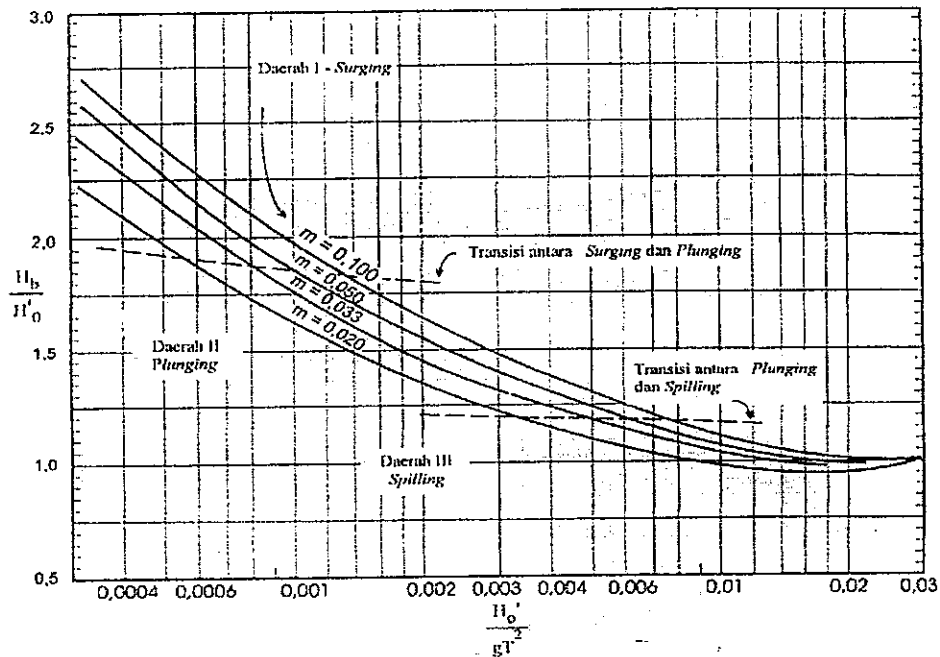
$$\begin{aligned} H'_0 &= K_r H_0 \\ &= 1 \times 2,69 \\ &= 2,69 \text{ meter} \end{aligned}$$

selanjutnya dicari;

$$\frac{H'_0}{gT^2} = \frac{2,69}{9,81 \times 10^2}$$

$$= 0,0027$$

dari Gambar 5.1. diperoleh $\frac{H_b}{H'_0} = 1,22$, maka $H_b = 3,28$ meter

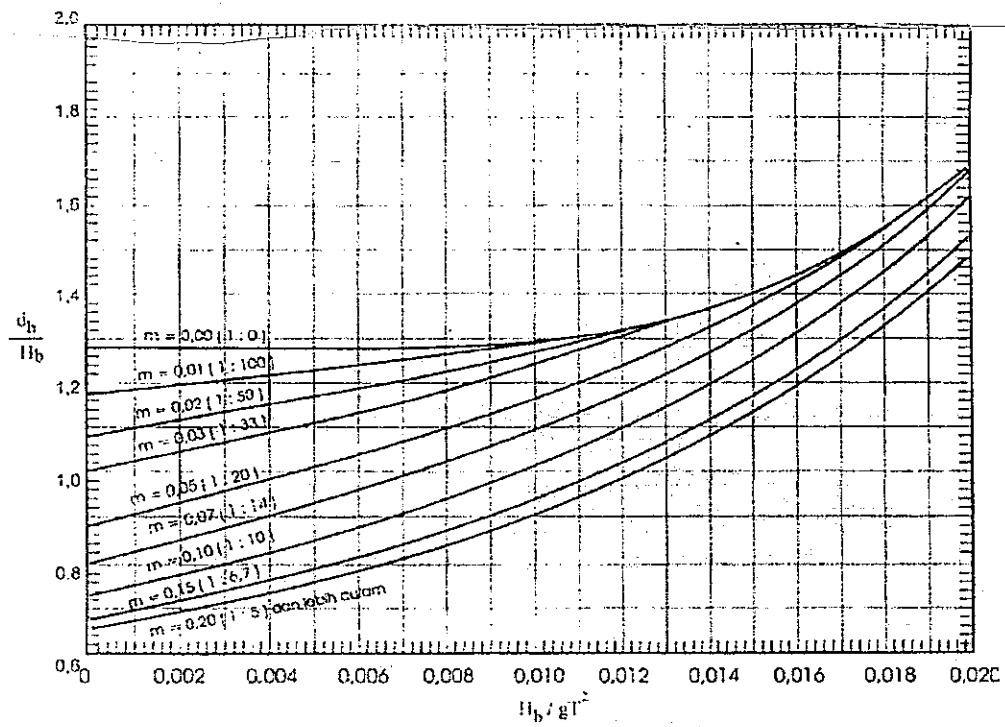


Gambar 5.1. Hubungan antara $\frac{H_b}{H'_0}$ dan $\frac{H'_0}{gT^2}$

Penentuan kedalam gelombang pecah dapat dihitung dengan Gambar

5.2. diperoleh $H_b = 3,28$ meter ; $\frac{H_b}{gT^2} = \frac{3,28}{9,81.100} = 0,0033$; $\frac{d_b}{H_b} = 1,125$,

sehingga $d_b = 3,69$ meter.



Gambar 5.2. Hubungan $\frac{d_b}{H_b}$ dengan $\frac{H_b}{gT^2}$

Karena bangunan di letakkan sampai pada kedalaman $-3,50$ meter dari SWL (*Still Water Level*) atau $-4,00$ meter dari MHWL maka tinggi gelombang pada kedalaman tersebut dapat dihitung sebagai berikut;

$$H'_o = K_r \cdot H_o$$

$$= 1,2,69$$

$$= 2,69 \text{ meter}$$

$$L_o = 1,56 \cdot T^2$$

$$= 156 \text{ meter}$$

$$\frac{d}{L_o} = \frac{4}{156} = 0,0256$$

Dari tabel lampiran 2, untuk $\frac{d}{L_o} = 0,256$ diperoleh $K_s = 1,163$;

sehingga tinggi gelombang pada kedalaman -4.00 meter adalah ;

$$\begin{aligned} H &= K_s \cdot K_r \cdot H_o' \\ &= 1,163 \cdot 1,2,69 \\ &= 3,13 \text{ meter} \end{aligned}$$

Hasil hitungan untuk tinggi gelombang di laut dalam dapat dilihat pada

Tabel 5.4.

Tabel 5.4. Analisis Gelombang di Laut Dalam

No.	H_o (m)	H_b (m)	d_b (m)	Elev. dasar Gelombang Pecah (m)	
				HWL	LWL
1	0,50	0,975	1,09	+0,75	-0,47
2	1,00	1,600	1,95	-0,11	-1,33
3	1,50	2,175	2,45	-0,61	-1,83
4	2,00	2,605	2,94	-1,10	-2,32
5	2,50	3,125	3,53	-1,69	-2,91
6	2,69	3,280	3,69	-1,85	-3,07
7	3,00	3,600	4,07	-2,23	-3,45

5.1.2. Analisis Tinggi Gelombang Maksimum

Cara ini digunakan apabila bangunan berada pada kedalaman yang lebih kecil, sehingga gelombang yang menjalar dari laut dalam telah pecah sebelum mencapai bangunan. Tinggi gelombang maksimum merupakan fungsi kedalaman air. Hitungan dilakukan dengan menggunakan Gambar 3.4. dan hasilnya diberikan pada Tabel 5.5. untuk beberapa kedalaman air.

Tabel 5.5. Gelombang Maksimum di suatu kedalaman

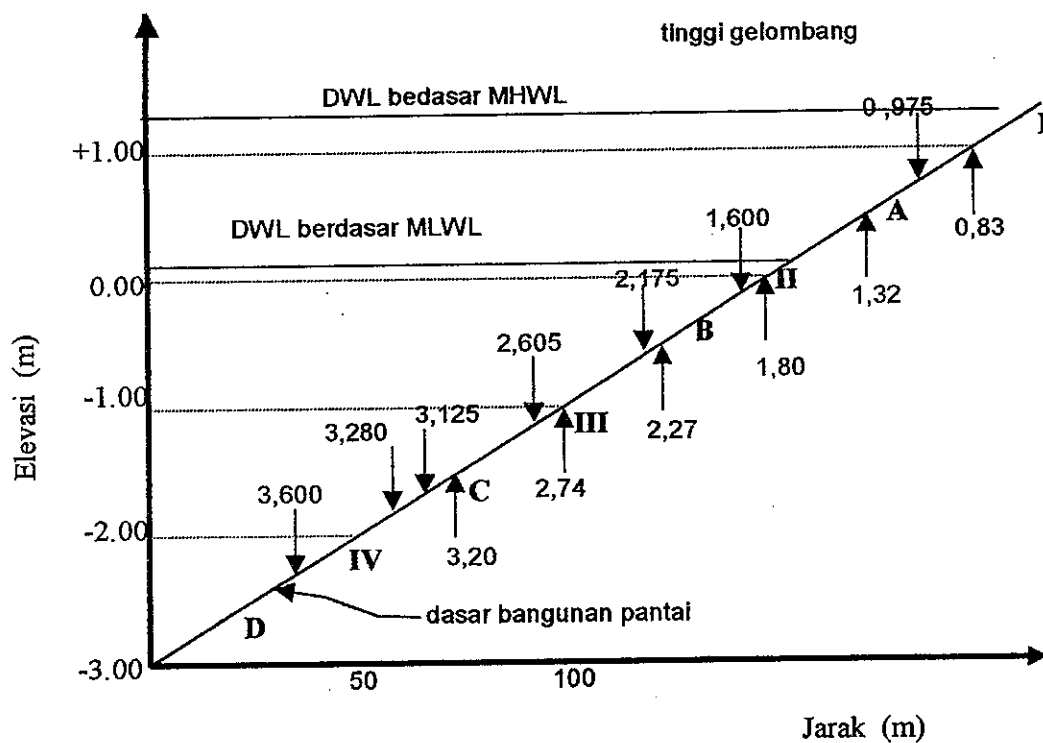
No.	Elev. Dasar (m)	d_s (m)	$\frac{d_s}{gT^2}$	$\frac{H_b}{d_s}$	H_b (m)
1	-1,5	3,34	0,0034	0,958	3,20
2	-1,0	2,84	0,0029	0,964	2,74
3	-0,5	2,34	0,0024	0,970	2,27
4	$\pm 0,0$	1,84	0,0019	0,976	1,80
5	+0,5	1,34	0,0014	0,983	1,32
6	+1,0	0,84	0,0009	0,989	0,83
7	+1,5	0,34	0,0003	0,995	0,34

5.1. 3. Penentuan Gelombang Rencana

Dari analisis gelombang pecah, gelombang maksimum yang mungkin terjadi pada suatu kedalaman dan kedua elevasi muka air rencana, dapat ditentukan tinggi gelombang di sepanjang bangunan pantai seperti diberikan dalam Gambar 5.3. Bilangan yang berada di atas garis dasar bangunan pantai adalah tinggi gelombang pecah untuk beberapa tinggi gelombang di laut dalam ditampilkan pada Tabel 5.4., sedang yang di bawahnya adalah tinggi gelombang maksimum yang mungkin terjadi Tabel 5.5. Dari gambar tersebut dapat ditentukan tinggi gelombang rencana untuk setiap ruas, yaitu nilai terbesar dari keduanya, seperti diberikan dalam Tabel 5.6.

Tabel 5.6. Gelombang Rencana

Tampang	R u a s		Elevasi dasar (m)	H_D (m)
	Nomor	Panjang (m)		
I	A	55	+1.10	1,80
II	B	50	0.00	2,74
III	C	50	-1.00	3,28
IV	D	45	-2.00	3,60
V			-2.90	



Gambar 5.3. Tinggi Gelombang di sepanjang Bangunan Pantai

5.2. Tinggi Muka Air Rencana

Tinggi muka air rencana tergantung pada pasang-surut, *wave set-up*, *wind set-up*, tsunami, dan pemanasan global. Pada hitungan tidak semua parameter tersebut diperhitungkan dalam perencanaan bangunan pantai,

karena mengingat kemungkinan terjadinya semua parameter tersebut secara bersamaan sangat kecil. Penentuan elevasi muka air rencana hanya di dasarkan pengaruh ; pasang surut, *wave set-up*, dan kenaikan muka air laut karena pemanasan global.

5.2.1. Pasang Surut

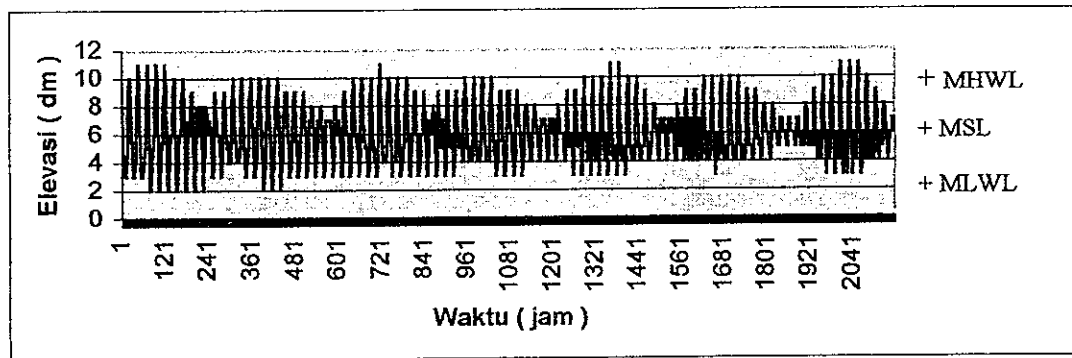
Data pasang surut diperlukan untuk menentukan elevasi muka air rencana, dan dimensi bangunan pantai. Pasang surut akan mempengaruhi tinggi gelombang yang terjadi di sekitar lokasi bangunan. Data pasang surut yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Maritim Semarang seperti terlihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Elevasi Muka Air Laut

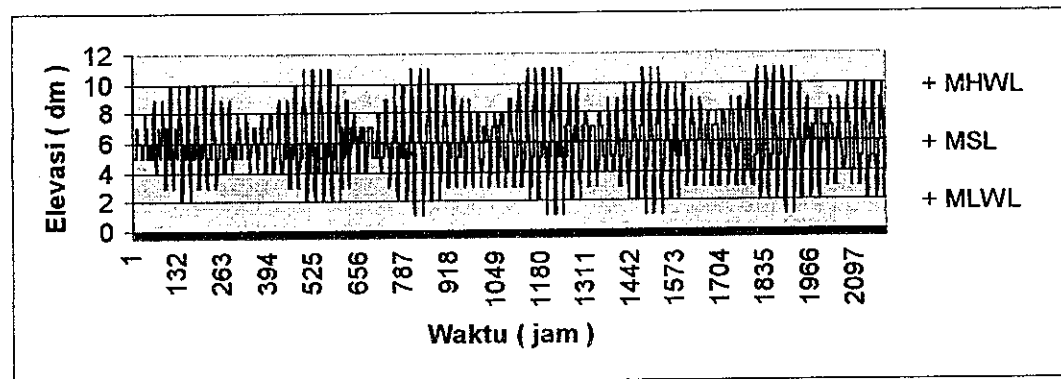
No.	Macam Elevasi	Elevasi
1	Muka Air Tinggi Rerata (MHWL)	+1,10 m
2	Muka Air Laut Rerata (MSL)	+0,60 m
3	Muka Air Rendah Rerata (MLWL)	+0,10 m

Pada waktu air surut jeluk air di lokasi bangunan adalah kecil, maka gelombang yang terjadi juga kecil. Sebaliknya pada waktu air pasang gelombang yang terjadi juga besar.

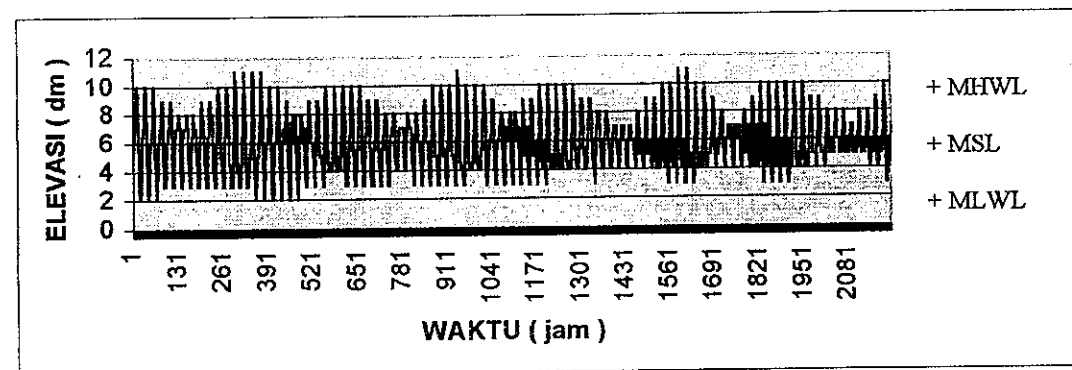
Pasang surut yang terjadi dari Bulan Januari s.d. Maret disajikan Gambar 5.4a., Bulan April s.d. Juni disajikan Gambar 5.4b., Bulan Juli s.d. September disajikan dapat disajikan pada Gambar 5.4c., Bulan Oktober s.d. Desember disajikan Gambar 5.4d., semua pada tahun 2002



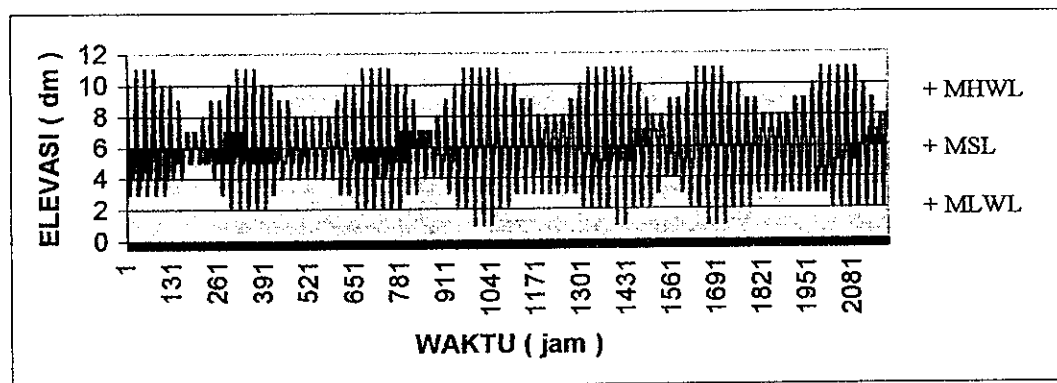
Gambar 5.4a Pasang Surut Bulan Januari s.d.Maret 2002



Gambar 5.4b Pasang Surut Bulan April s.d. Juni 2002



Gambar 5.4c Pasang Surut Bulan Juli s.d. September 2002



Gambar 5.4d Pasang Surut Bulan Oktober s.d. Desember 2002

5.2.2. Wave Set-up

Gelombang yang datang dari laut menuju pantai menyebabkan fluktuasi muka air dari daerah pantai terhadap air diam. *Wave Set-up* di pantai dapat dihitung dengan memakai persamaan 2.12, hasil hitungan *wave set-up* selengkapnya terdapat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. *Wave Set-up*

No.	H_b (m)	S_w (m)
1	0,975	0,09
2	1,600	0,19
3	2,175	0,25
4	2,605	0,33
5	3,125	0,41
6	3,280	0,44
7	3,600	0,53

5.2.3. Kenaikan Air Laut Karena Pemanasan Global (SLR= *Sea Level Rise*)

Kegiatan manusia yang meningkatkan jumlah gas rumah kaca di atmosfer dapat mengakibatkan naiknya suhu bumi. Peningkatan suhu bumi tersebut dapat menimbulkan dampak mencairnya gunung-gunung es di kutub

sehingga meningkatnya tinggi muka air laut ditambah dengan pemuaian air laut.

Kenaikan muka air laut akibat pemanasan global dapat diperkirakan dari Gambar 2.11, diperkirakan sampai tahun 2028 SLR= 0,22 meter.

Dari ketiga faktor tersebut di atas maka tinggi muka air rencana (DWL= *Design Water Level*) dapat dihitung sebagai berikut ;

a. Berdasarkan MHWL

$$\begin{aligned} \text{DWL} &= \text{MHWL} + S_w + \text{SLR} \\ &= 1,10 + 0,52 + 0,22 \\ &= 1,84 \end{aligned}$$

b. Berdasarkan MLWL

$$\begin{aligned} \text{DWL} &= \text{MHWL} + S_w \\ &= 0,1 + 0,52 \\ &= 0,62 \end{aligned}$$

5.3. Penentuan Elevasi Puncak Bangunan Pantai

Dalam menentukan tinggi puncak bangunan pantai ada beberapa faktor yang mempengaruhinya yaitu, *run-up* gelombang, tinggi muka air dan tinggi jagaan. Tinggi muka air tergantung pada kondisi pasang surut serta adanya pengaruh pemanasan global yang terjadi di muka bumi.

Elevasi puncak = DWL + Ru + tinggi jagaan

Run-up gelombang dihitung dengan menggunakan grafik *run-up* gelombang, karena pemecah gelombang digunakan untuk melindungi pantai, maka elevasi puncak bangunan pantai tidak perlu ditambah tinggi jagaan.

Angka Iribaren (I_r)

$$I_r = \frac{tg\theta}{\sqrt{\frac{H}{L_o}}} \dots\dots\dots 5.9$$

dengan;

I_r :bilangan Iribaren

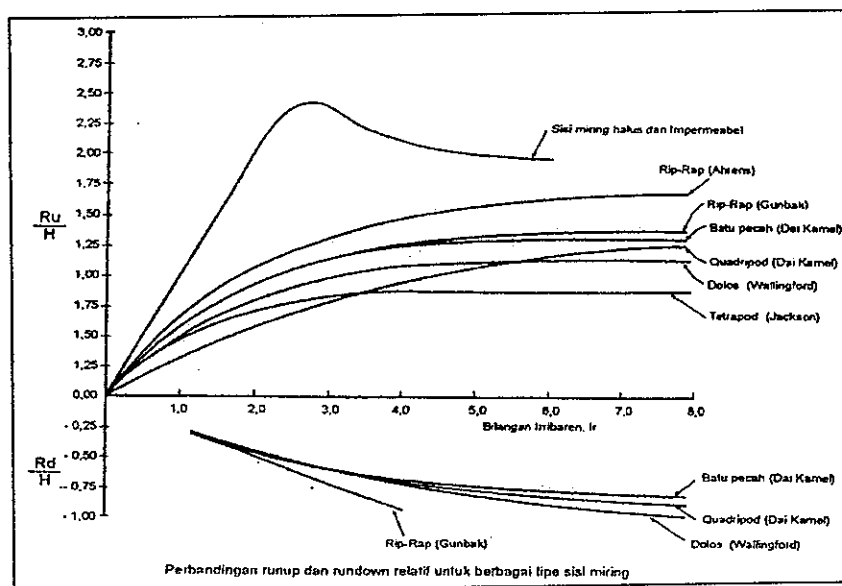
θ :sudut kemiringan sisi bangunan pantai

H :Tinggi gelombang di lokasi bangunan

L_o :panjang gelombang di laut dalam

Dengan $tg\theta=0,5$; $H = 2,69m$; $L_o = 156m$; angka Iribaren diperoleh, yaitu 3,81, dari kurva pada Gambar 5.5. merupakan kurva tak berdimensi untuk *run-up* relatif sebagai fungsi dari bilangan Iribaren, *run-up* dihitung dari muka air laut rerata, maka $\frac{R_u}{H} = 1,25$ *run-up* = 3,36m.

Maka elevasi puncak= 1,84 + 3,36 + 0
= 5,2 m



Gambar 5.5. Grafik *Run-up* Gelombang

5.4. Penentuan Berat Batu Lapis Lindung

Berat batu lapis lindung dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 5.9. Pada rencana ini dicoba digunakan batu pecah dengan dengan koefisien stabilitas sebesar 4, masing-masing untuk kondisi gelombang pecah dan tidak pecah. Hasil hitungan berat batu lapis lindung disajikan dalam Tabel 5.9.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \text{Cot} \theta} \dots\dots\dots 5.10$$

$$S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_a}$$

dengan:

- W :berat butir batu pelindung
- γ_r :berat jenis batu
- γ_a :berat jenis air
- H :tinggi gelombang rencana
- θ :sudut kemiringan sisi bangunan pantai
- K_D :koefisian stabilitas (lampiran 3)

Tabel 5.9. Berat Batu Pelindung

Tampang	Ruas	Elevasi Dasar (m)	H_D (m)	Berat Batu (ton)
I		1,10		
II	A	0,00	1,80	0,348
III	B	-1,00	2,74	1,228
IV	C	-2,00	3,28	2,107
V	D	-3,00	3,60	2,786

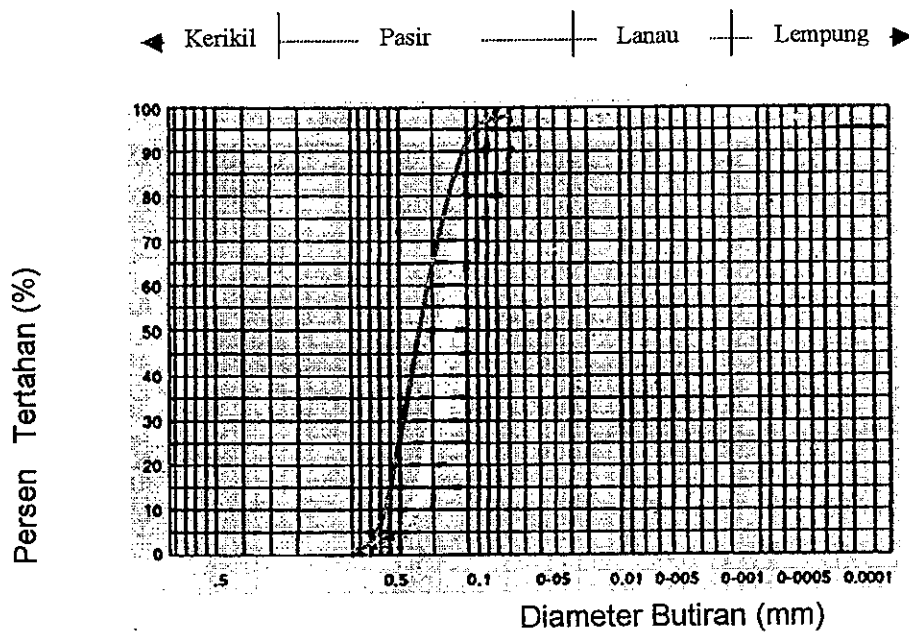
5.5. Ukuran Butiran

Sedimen pantai dapat berasal dari erosi pantai itu sendiri atau dari daratan yang dibawa oleh sungai, dapat juga dari laut dalam yang terbawa arus ke daerah pantai. Dari hasil pengamatan secara visual butiran terambil adalah hasil sedimentasi yang berasal dari erosi pantai, warna dari butiran kehitaman sama dengan butiran di sepanjang pantai sekitarnya. Butiran yang terambil bersifat lepas artinya daya lekat antar butiran sangat kecil. Sifat-sifat sedimen sangat menentukan dalam proses abrasi dan sedimentasi, sifat-sifat tersebut adalah ukuran butiran, agihan butiran, rapat massa, dan bentuk. Diantara beberapa sifat tersebut agihan butiran adalah yang paling penting.

Klasifikasi berdasar ukuran butir menjadi lempung, lumpur, pasir, kerikil, koral, dan batu. Contoh butiran diambil pada *surf zone*, meskipun daerah ini sulit dicari batasannya karena selalu bergeser, tetapi dengan patokan pada gelombang pecah sebagai batas kearah laut dapat dipakai, lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Gambar 5.6. Agihan ukuran butiran hasil analisis dengan saringan (Tabel 5.10a sampai 5.10j) dan dipresentasikan dalam bentuk kurva persentase berat kumulatif (Gambar 5.7a sampai 5.7j). Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar agregat yang ada adalah pasir. Dengan analisis butiran dapat dilihat pada grafik analisis butiran.

Tabel 5.10a. Analisis Saringan Lokasi Stasiun I

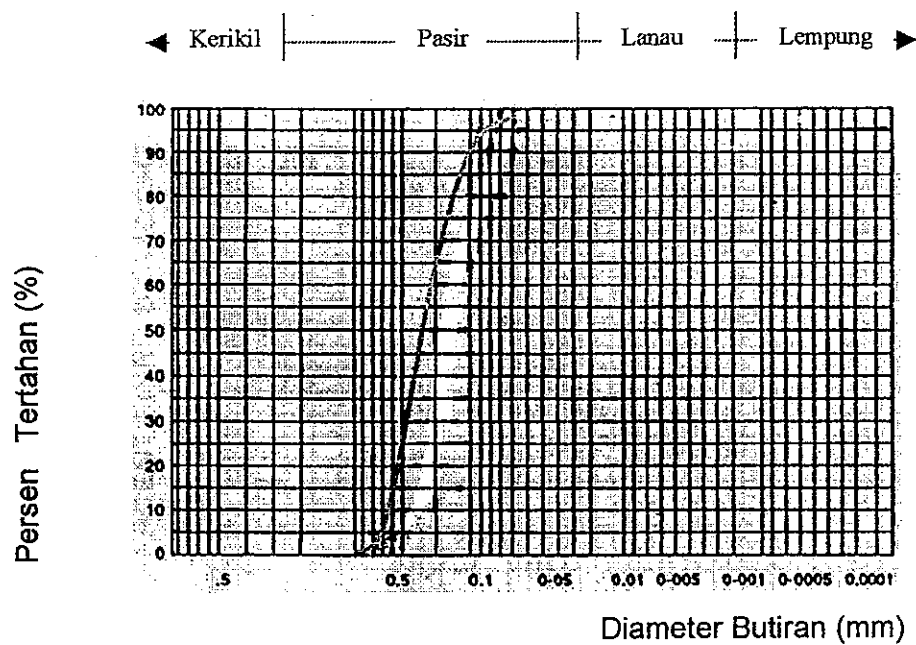
Saringan (Nomor/Inc i)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	10.84	10.84
No.8	0,65	56.92	67.76
No.50	0,45	25.63	93.39
No.200	0,075	6.58	99.97



Gambar 5.7a. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun I

Tabel 5.10b. Analisis Saringan Lokasi Stasiun II

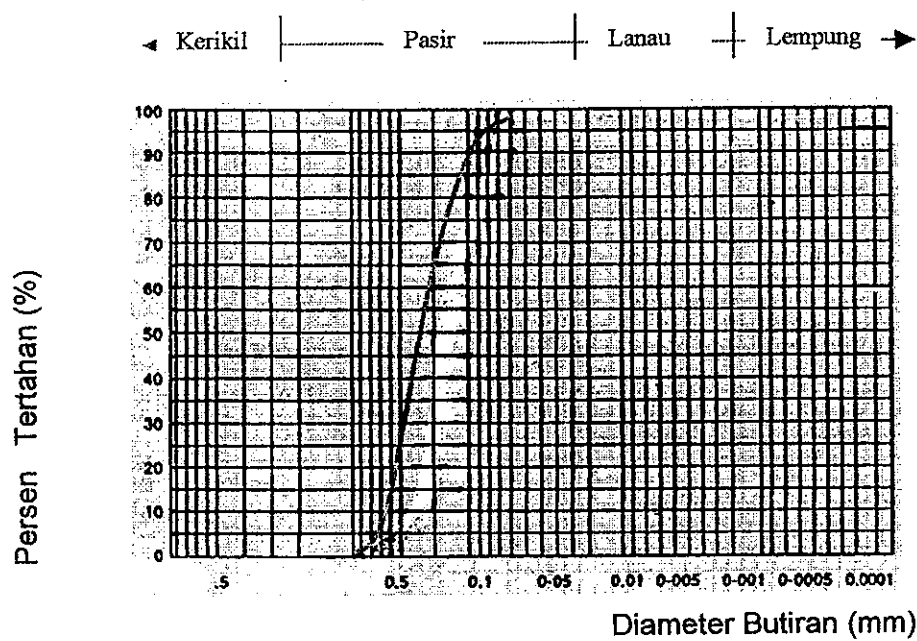
Saringan Nomor/Inci)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	14.01	14.01
No.8	0,65	54.97	68.98
No.50	0,45	24.98	93.96
No.200	0,075	5.89	99.85



Gambar 5.7b. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun II

Tabel 5.10c. Analisis Saringan Lokasi Stasiun III

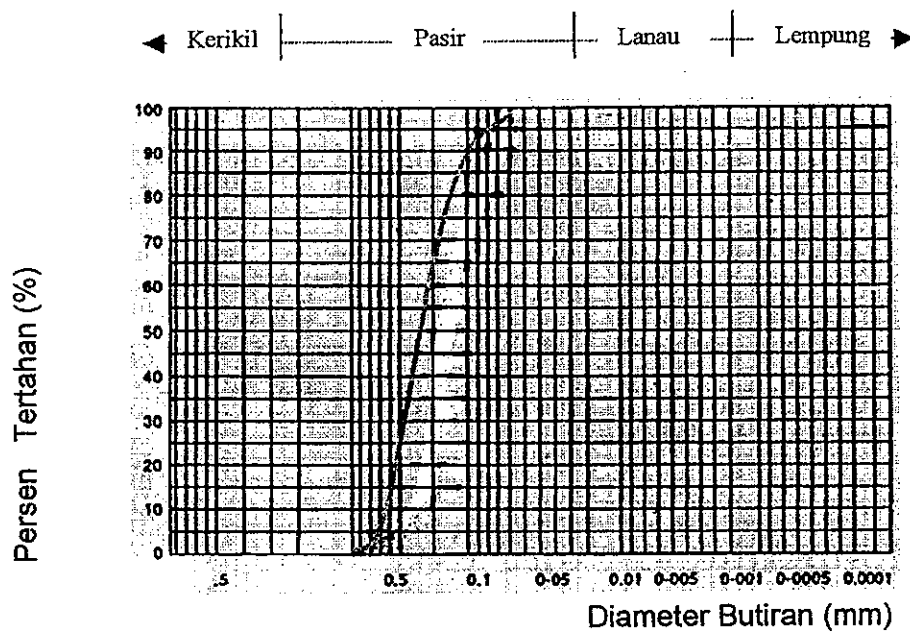
Saringan (Nomor/Inc i)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	13.91	13.91
No.8	0,65	53.99	67.9
No.50	0,45	25.76	93.66
No.200	0,075	5.99	99.65



Gambar 5.7c. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun III

Tabel 5.10d. Analisis Saringan Lokasi Stasiun IV

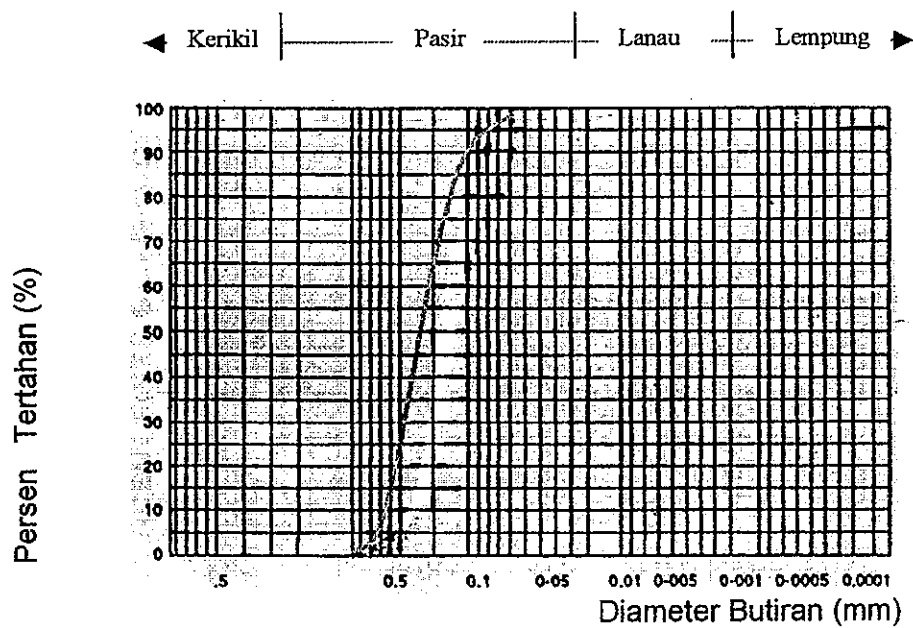
Saringan (Nomor/Inc i)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	15.81	15.81
No.8	0,65	52.99	68.8
No.50	0,45	25.20	94
No.200	0,075	5.82	99.82



Gambar 5.10d. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun IV

Tabel 5.10e. Analisis Saringan Lokasi Stasiun V

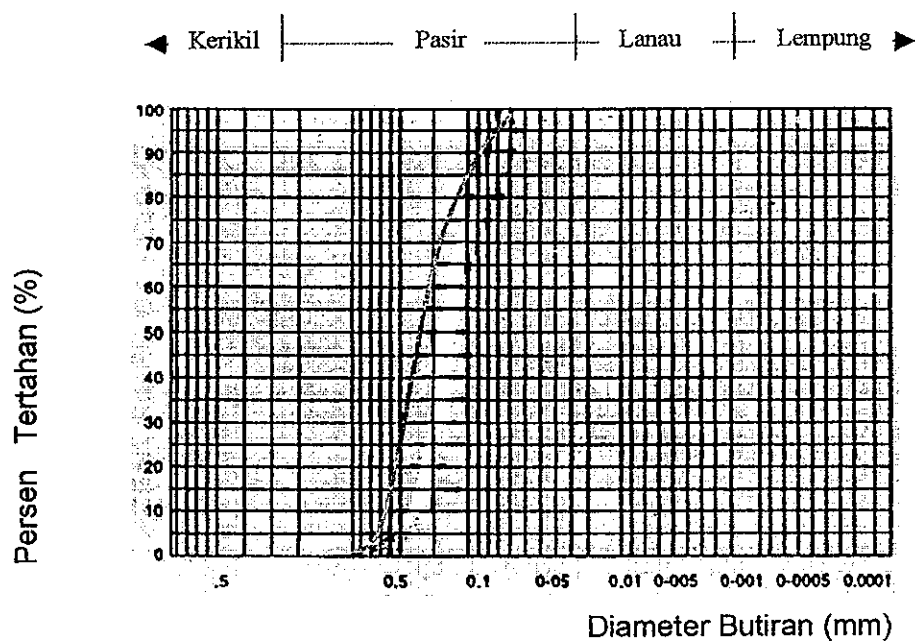
Saringan (Nomor/Inc i)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	16.45	16.45
No.8	0,65	56.99	73.44
No.50	0,45	20.20	93.64
No.200	0,075	5.99	99.63



Gambar 5.7e. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun V

Tabel 5.10f. Analisis Saringan Lokasi Stasiun VI

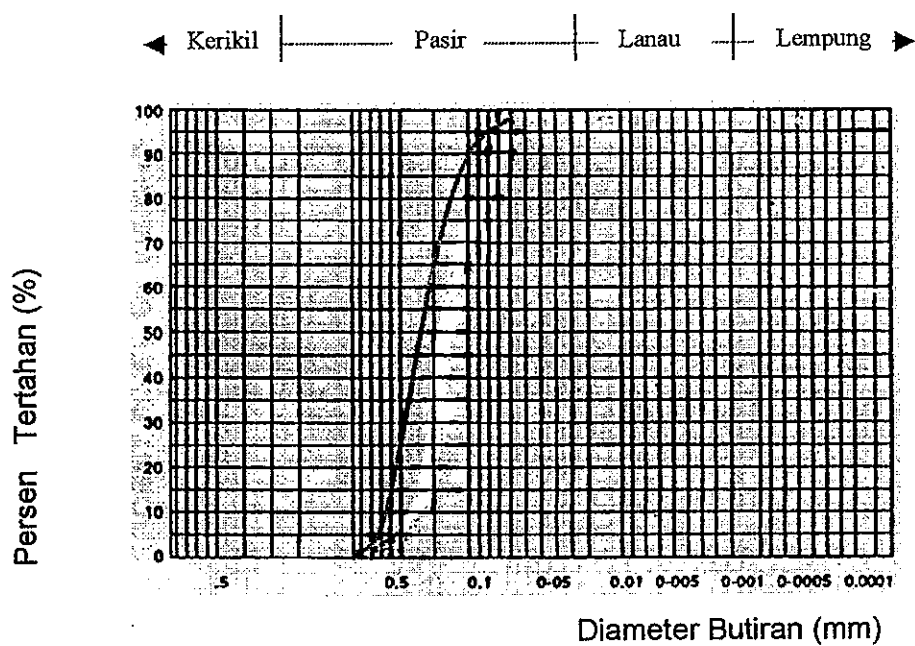
Saringan (Nomor/inci)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	18.56	18.56
No.8	0,65	56.67	75.23
No.50	0,45	19.20	94.43
No.200	0,075	5.01	99.44



Gambar 5.7f. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun VI

Tabel 5.10g. Analisis Saringan Lokasi Stasiun VII

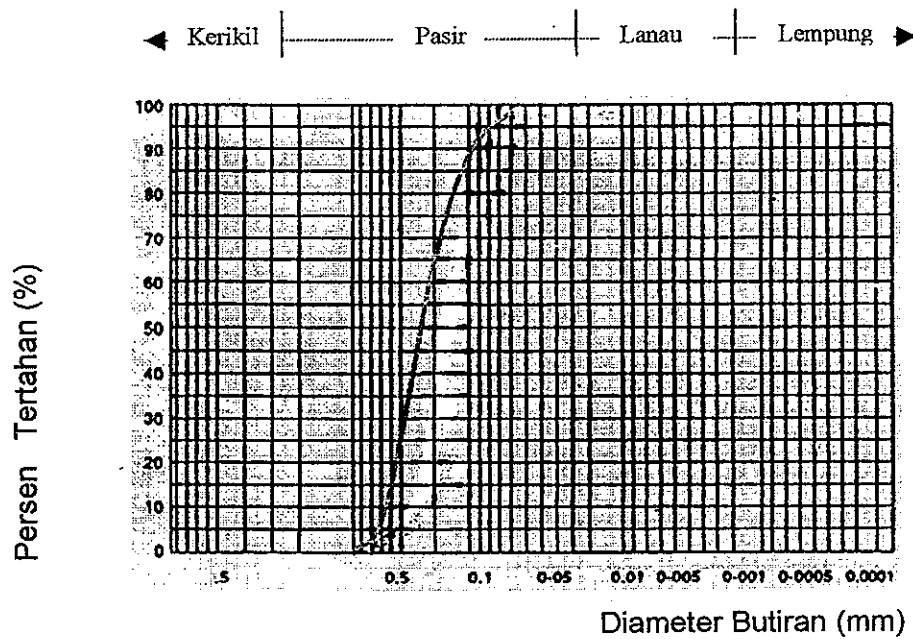
Saringan (Nomor/Inci)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	20.02	20.02
No.8	0,65	52.55	72.57
No.50	0,45	23.03	95.6
No.200	0,075	4.01	99.61



Gambar 5.7g. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun VII

Tabel 5.10h. Analisis Saringan Lokasi Stasiun VIII

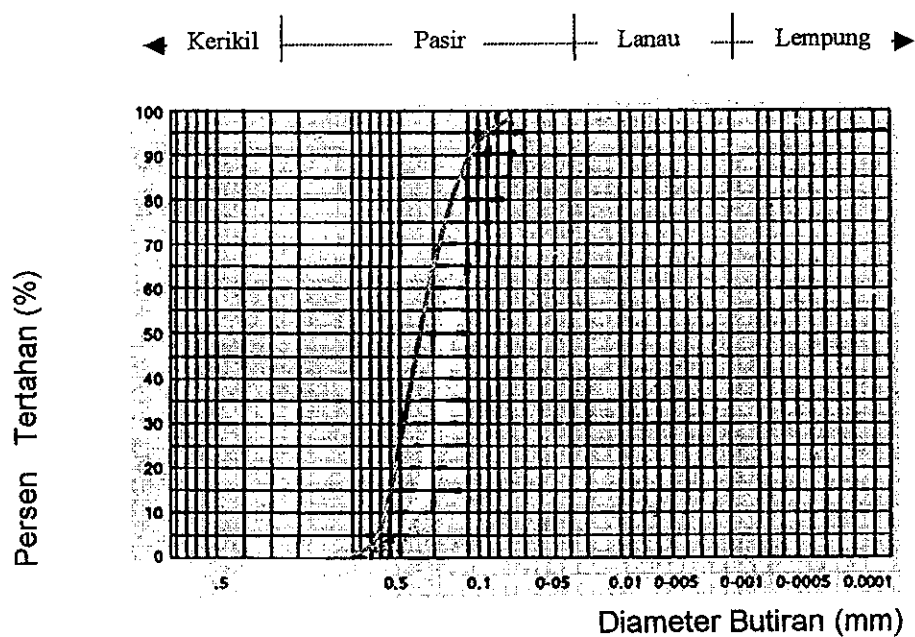
Saringan (Nomor/Inci)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	22.02	22.02
No.8	0,65	53.45	75.47
No.50	0,45	19.03	94.5
No.200	0,075	5.07	99.57



Gambar 5.7h. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun VIII

Tabel 5.10i. Analisis Saringan Lokasi Stasiun IX

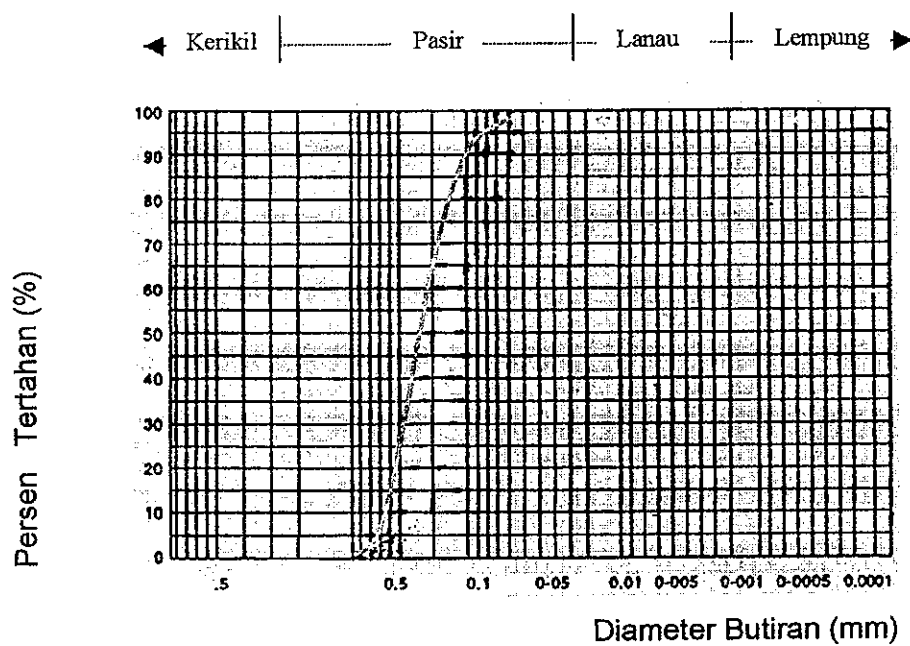
Saringan (Nomor/Inci)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	20.89	20.89
No.8	0,65	53.97	74.86
No.50	0,45	20.01	94.87
No.200	0,075	4.67	99.54



Gambar 5.7i. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun IX

Tabel 5.10j. Analisis Saringan Lokasi Stasiun X

Saringan (Nomor/Inci)	Diameter (mm)	Berat tertahan (%)	Berat tertahan kumulatif (%)
3"	76,2	0	0
2"	50,8	0	0
1,5"	38,1	0	0
1"	25,4	0	0
0,75"	19,1	0	0
0,5"	12,7	0	0
3/8"	9,5	0	0
No.4	1,40	23.14	23.14
No.8	0,65	52.27	75.41
No.50	0,45	19.92	95.33
No.200	0,075	4.12	99.45



Gambar 5.7j. Kurva kumulatif ukuran butiran Lokasi Stasiun X

5.6. Pertimbangan Lingkungan

5.6.1. Persepsi Masyarakat terhadap Pengelolaan Wilayah Pesisir

Kehadiran PT KLI di Desa Mororejo mempunyai manfaat yang dapat dinikmati penduduk dan ada beberapa kerugian yang diderita warga sekitar, antara lain;

Beberapa manfaat yang dinikmati penduduk sekitarnya, yaitu;

1. Kehadiran PT KLI dapat memberikan lapangan pekerjaan kepada tenaga kerja setempat terutama penduduk sekitar di Desa Mororejo.
2. Tumbuhnya sektor informal, yaitu usaha warung yang menyediakan kebutuhan makan/minum para buruh.
3. Penduduk sekitar PT KLI yang mempunyai rumah yang agak luas membuka tempat pemondokan.
4. Prasarana dan sarana lingkungan sering mendapat sumbangan dari pihak PT KLI seperti jalan lingkungan, rumah ibadah.
5. Bantuan untuk penyelenggaraan kegiatan masyarakat seperti peringatan tujuh belasan, kegiatan olah raga.

Selain beberapa manfaat yang diperoleh dari warga di Desa Mororejo ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dengan hadirnya PT KLI;

1. Pengelolaan limbah yang ditimbulkan dengan adanya produksi kayu dapat mencemari lingkungan, seperti tumpahan solar, oli yang berakibat tercemarnya perairan dapat berdampak buruk kepada petani tambak disekitarnya.

2. Pembangunan PT KLI yang menjorok ke laut dapat memutus proses transportasi sedimen di sepanjang pantai yang mengakibatkan terjadinya sedimentasi dan erosi.

Kelurahan Mangunharjo di wilayah pesisir banyak dimanfaatkan sebagai lahan pertambakan. Hasil tambak yang lebih baik dibandingkan dengan hasil pertanian mendorong warga untuk mengubah sawahnya menjadi lahan tambak, sehingga luas lahan sawah semakin berkurang sementara lahan tambak semakin bertambah. Sementara itu kondisi pantai makin lama makin rusak akibat abrasi, kerusakan pantai merambat sampai ke tambak-tambak penduduk. Menurut masyarakat setempat kerusakan tambak-tambak mereka ada beberapa pendapat yang berkembang;

1. Masyarakat merasakan adanya kerusakan tambak-tambak setelah dimulai pembangunan PT KLI tahap II yaitu pembangunan dengan menjorok ke arah laut, ini dirasakan sejak tahun 1986. Pembangunan PT KLI ini membutuhkan tanah timbunan untuk reklamasi ke arah laut, material timbunan diambilkan dari dasar laut yang dipompa, sehingga menyebabkan menipisnya pasir di daerah pantai. Dengan demikian gelombang laut akan menghantam dinding tambak dan akibatnya tambak-tambak banyak yang rusak.

2. Pendapat lain adalah bahwa kerusakan pantai adalah proses yang alami, tinggi gelombang dari tahun ke tahun semakin besar seiring dengan naiknya muka air laut karena pengaruh pemanasan global.

5.6.2. Komitmen Masyarakat

Uraian mengenai kerusakan pantai di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo memberikan gambaran bahwa kerusakan tambak sangat memukul penduduk setempat khususnya petani tambak. Untuk menanggulangi pantai yang berada di Kelurahan Mangunharjo harus mempertimbangkan beberapa aspek, untuk itu perlu ada hal-hal yang harus diketahui, yaitu;

1. Matapencaharian sebagian masyarakat adalah nelayan sekitar 11,1%, sebagai nelayan mengharapkan perahu-perahu mereka dapat masuk sampai Sungai Plumbon, sehingga hasil tangkapan dapat diangkut melalui sungai tersebut. Untuk itu di alur pelayaran kapal kecil tersebut diperlukan pengerukan supaya dalamnya terjaga sehingga perahu nelayan tidak kandas.
2. Masyarakat yang bermatapencaharian sebagai petani tambak mengharapkan pantai dapat stabil, tidak terjadi abrasi sehingga tambak tidak rusak oleh hempasan gelombang yang datang dari arah laut. Memang agak bertolak belakang dengan nelayan, kalau nelayan akan senang apabila ada pengerukan, tetapi pengerukan itu sendiri akan membuat menipisnya pasir di pantai yang berakibat gelombang akan semakin dekat dengan pantai dan akan merusak tambak mereka.
3. Penempatan bangunan pantai sebagai upaya penanggulangan harus memperhitungkan kepemilikan bekas tambak yang sekarang sudah rusak dan kurang jelas batas-batasnya.

5.6.3. Aspek Tutupan Pantai

Di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo yang terkena abrasi semakin lama semakin luas ke arah selatan dan timur. Proses sedimentasi yang terjadi pada saat musim timur tidak dapat memberikan imbalan banyaknya sedimen yang terangkut pada musim barat, sehingga kerusakan tambak tidak dapat dihindarkan.

Perlindungan alami yang pernah ada sudah hilang seperti sederetan pohon Mangrove dari jenis *Rizophora* yang masih mampu bertahan tetapi tidak terlalu banyak. Deretan Mangrove sudah banyak yang tercabut akarnya dan tumbang, faktor fisik yang mampu mencabut Mangrove dengan perakaran yang kuat adalah gelombang. Keadaan ini menunjukkan faktor utama yang merusak pertambakan Kelurahan Mangunharjo adalah gelombang laut yang dipicu dengan hilangnya pelindung alami. Formasi *Barringtonia* di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo tidak dijumpai, tanaman ini juga merupakan pelindung pantai yang efektif karena sistem perakaran yang kuat.

5.6.4. Aspek Drainase Kawasan

Dalam sistem jaringan drainase diperlukan saluran utama dalam memanfaatkan saluran-saluran alamiah.

Jaringan drainase dibagi menjadi 3 jenis:

1. Drainase primer,
2. Drainase sekunder,
3. Drainase tersier.

Sungai-sungai yang berada di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo adalah Sungai Wakak dan Sungai Plumbon dengan muara di laut berfungsi

sebagai darinase primer. Kedua sungai tersebut akan berfungsi maksimal pada musim penghujan, pada musim kemarau hanya menampung air pengatusan. Dengan pembelokan Sungai Wakak kearah muara Sungai Plumbon maka akan mempengaruhi gradien atau kemiringan dasar sungai sehingga berakibat mengurangi kapasitas sungai tersebut. Masalah sedimentasi di muara sungai juga mempengaruhi aliran air karena terjadi pembendungan, sedimentasi di muara dapat diakibatkan oleh endapan dari hulu sungai atau dari endapan akibat *long shore transport*.

Sedimentasi akibat angkutan endapan dari arah hulu dapat dikurangi dengan memperbaiki vegetasi di daerah hulu, dan untuk lebih menuntaskan biasanya diadakan pengerukan meskipun pekerjaan ini memerlukan biaya mahal. Sedimentasi akibat *long shore transport* dapat diatasi dengan membangun *jetty* yaitu bangunan yang menjorok ke laut di satu sisi atau di dua sisi.

5.6.5. Aspek Biotik

Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo sebelum mengalami abrasi mempunyai pantai yang cukup luas, tetapi lama kelamaan diantara batas tanggul dan pasir pantai yang dulunya ada tumbuhan bakau sekarang tidak ada lagi. Sehingga kawasan tambak di daerah Mangunharjo mengalami kerusakan.

Analisis pertumbuhan nekton yang pernah dilakukan oleh Bapedal Prop.Jateng bekerjasama dengan PPLH Undip bahwa karakter pertumbuhan nekton yang diwakili ikan bandeng di tambak Mangunharjo didapatkan hubungan panjang bandeng dengan berat bandeng, yaitu;

$$\text{Log } W = 4,706983 + 2,834380 \text{ Log } L$$

dengan;

W = berat bandeng (gram)

L = panjang bandeng (mm)

Mengetahui makanan ikan bandeng diperlukan untuk mengetahui jenis-jenis makanan dan tingkat kesukaan ikan terhadap makanan tersebut, serta pengaruh lingkungan terhadap ketersediaan makanan alami ikan. Sehingga dapat dilindungi organisme makanan ikan bandeng, misalnya dari pemanfaatan yang berlebihan atau pencemaran lingkungan perairan agar organisme tersebut selalu tersedia di perairan. Hasil penelitian Bapedal Propinsi Jawa Tengah bekerjasama dengan PPLH Undip menunjukkan bahwa berdasarkan *Index of Propenderance* yang diperoleh pada *oesophagus* diketahui *Spirulina* merupakan jasad makanan yang paling banyak dimakan, sedang makanan kedua dan ketiga yang paling banyak dimakan adalah *Skeletonema* dan *Pleurosigma*. Sedang berdasarkan *Index of Propenderance* yang diperoleh pada bagian lambung jasad makanan yang paling banyak dimakan adalah *Pleurosigma*, jasad kedua dan ketiga yang paling banyak dimakan adalah *Spirulina* dan *Skeletonema*. Berdasarkan *Index of Propenderance* yang diperoleh pada bagian *intestinum* diketahui *Spirulina* merupakan jasad makanan yang paling banyak dimakan dan urutan kedua *Skeletonema* ketiga *Pleurosigma*. Selain ketiga jasad makanan terdapat juga *Oscillatoria*, *Rizosolenia*, *Tallasiotrix*, *Bacillaria*, *Nitzschia*, Cacing Pipih, Cacing Bulat, dan *Copepoda*.

Bab VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Fenomena alam yang selalu menuju keseimbangan antara abrasi (erosi) dan sedimentasi (akresi) pantai yang ditentukan oleh dua faktor utama yaitu faktor oseanografi dan faktor morfologi pantai. Perubahan faktor morfologi dan faktor oseanografi sama-sama mempunyai potensi yang sepadan sebagai sumber terjadinya abrasi pantai. Kerusakan pantai di Mororejo dan Mangunharjo terutama diakibatkan oleh interaksi antara proses-proses alami dan non-alami (kegiatan manusia). Berdasarkan hasil temuan dan kajian dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

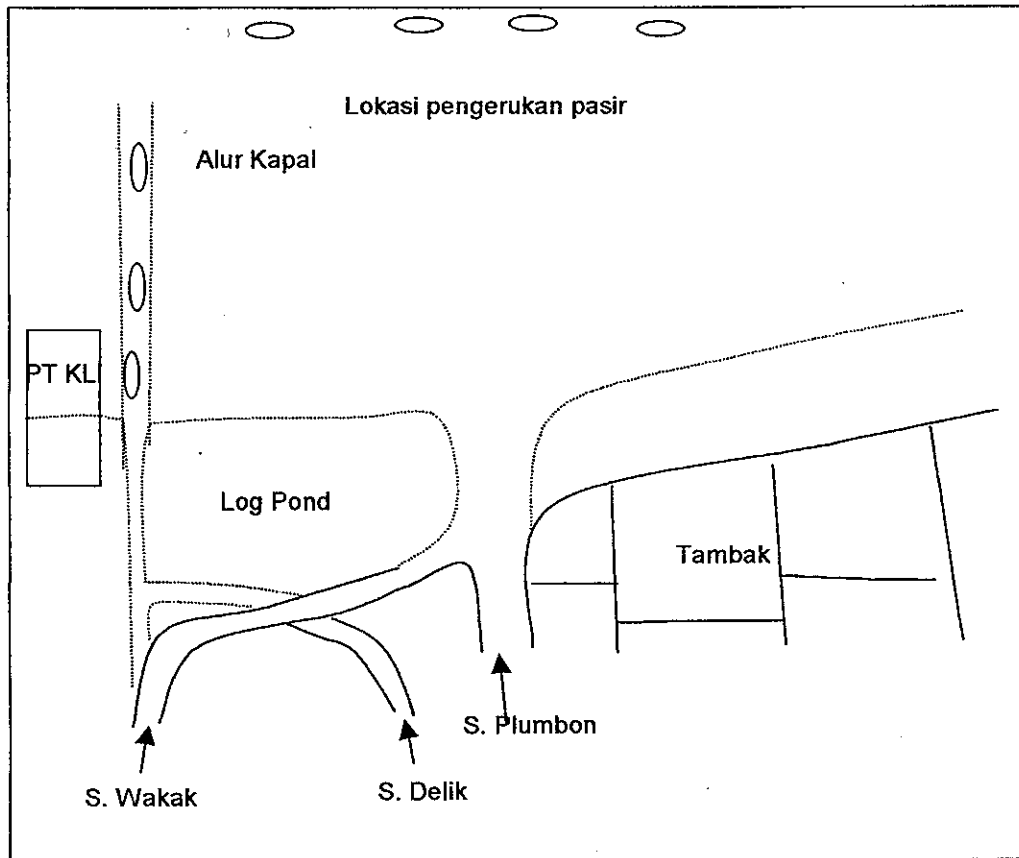
6.1.1. Pengerukan Pasir

Log pond (tempat penampungan gelondong kayu) PT KLI supaya dapat berfungsi secara maksimal maka perlu dijaga kedalamannya, supaya masuknya kapal-kapal penarik kayu akan mudah. Agar kedalamannya terjaga maka PT KLI melakukan upaya pengerukan pasir terutama di pintu masuk log pond (Gambar 6.1.).

Pengerukan pasir itu akan berakibat turunnya posisi pasir di sekitar pengerukan menggantikan posisi pasir yang dikeruk, begitu selanjutnya pergantian posisi pasir berlanjut menuju garis pantai dan akan berhenti setelah terjadi kestabilan baru (sudut alam terjadi). Dalam melakukan pengerukan pasir tidak berlebihan, harus memperhitungkan sudut alam dari dasar perairan.

Pengerukan pasir di perairan pantai mengakibatkan perubahan konfigurasi kedalaman sehingga dapat merubah pola arus dan gelombang

pecah akan mendekati garis pantai yang masih mempunyai daya rusak yang relatif besar.



Gambar 6.1. Lokasi Pengerukan Pasir

6.1.2. Pengembalian Alur Sungai Wakak

Pada tahun 1987 untuk menanggulangi banjir di daerah Kaliwungu Proyek Irigasi Semarang Barat melaksanakan normalisasi Sungai Wakak, tetapi atas permintaan PT KLI rencana normalisasi sungai diubah dan disesuaikan dengan kepentingan PT KLI, yaitu normalisasi Sungai Wakak sejauh 100 m dari sudut selatan timur pagar batas areal PT KLI sampai ke laut. Tetapi dalam pelaksanaannya PT KLI membelokkan sungai sejauh 1,6 km dan muaranya dipertemukan dengan Sungai Plumbon. Pembelokkan sungai itu akan berakibat

menambah panjang alur sungai dengan konsekuensi teknis akan mengurangi kemiringan dasar sungai, sehingga pada waktu banjir akan terjadi pembendungan (*back water*). Akibat pembendungan maka saluran banjir tidak berfungsi secara penuh dan akan meluap ke tambak-tambak sekitar saluran, tambak-tambak yang tergenang dan rusak mencapai seluas ± 52 ha.

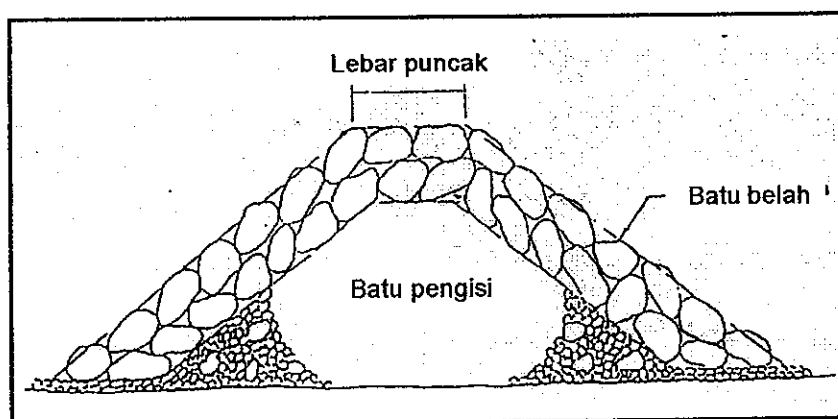
6.1.3. Pembuatan Bangunan Pelindung Pantai

a. Pembuatan Bangunan *Groin*

Pembuatan bangunan pelindung pantai untuk mengembalikan fungsi pantai Mororejo-Mangunharjo harus dilakukan secara terpadu. Untuk melindungi pantai dari gerusan gelombang dan arus di daerah abrasi di wilayah Mangunharjo dibangun *groin* tipe T. Bangunan *groin* tipe T berfungsi sebagai pelindung pantai dan sekaligus sebagai *sand trap* (perangkap pasir). Daerah yang dilindungi yaitu wilayah daratan di belakangnya akan terjadi endapan pasir yang makin lama diharapkan semakin banyak sampai terjadi kestabilan baru. Jarak *groin* yang satu dengan yang lain ± 800 m, di antara *groin* tersebut akan terjadi endapan pasir.

Bangunan *groin* dipilih material yang ada di sekitar lokasi yaitu memakai tumpukan batu, bagian dalam dari bangunan (*cor*) terdiri dari batu dengan ukuran kecil sehingga tidak dapat dilewati pasir, sedang lapis luarnya terdiri dari batu dengan ukuran besar supaya stabil terhadap serangan gelombang. Apabila *groin* belum stabil maka ruang antara batu di atas inti diberi aspal beton atau aspal, selain dapat menghalangi lewatnya pasir dapat menaikkan stabilitas bangunan terhadap serangan gelombang.

Bangunan *groin* yang diusulkan masih dimungkinkan terjadinya suplai pasir melintasi *groin* ke arah hilir. Pasir dapat melintasi *groin* dengan melewati sisi atasnya (*overpassing*) atau melewati ujungnya (*endpassing*). *Overpassing* tergantung elevasi pasir di sekitar *groin* dan elevasi puncak *groin*. Apabila elevasi pasir terlalu rendah terhadap puncak *groin* transpor pasir sepanjang pantai tidak bisa melompati *groin* dan pasir akan terkumpul di hulu *groin* sehingga elevasi pasir bertambah sampai akhirnya pasir akan melompati *groin*. Terjadinya *endpassing* serupa dengan *overpassing*, sebagai faktor pengontrol adalah pertumbuhan endapan pasir ke arah laut. Endapan di sebelah hulu *groin* terus maju ke arah laut sehingga daerah gelombang pecah juga bergerak ke arah laut, sehingga transpor sedimen sepanjang pantai akan melintasi ujung *groin*. Pada saat pasang elevasi muka air naik sehingga *overpassing* meningkat, sedang pada saat surut garis gelombang pecah bergerak ke arah laut sehingga *endpassing* bertambah. *Groin* dengan potongan dapat dilihat pada Gambar 6.2. Denah bangunan *Groin* dan *Jetty* disajikan pada Gambar 6.3.



Gambar 6.2. Potongan *Groin*

b. Pembuatan Bangunan *Jetty*

Pada muara Sungai Plumbon sebagai alur yang dipakai oleh nelayan untuk lalu lintas kapal ikan perlu dijaga kedalamannya. Karena pengaruh gelombang maka endapan pasir terbentuk di muara, transpor sedimen sepanjang pantai juga sangat berpengaruh terhadap pembentukan endapan tersebut.

Bangunan *Jetty* mempunyai fungsi untuk mengurangi pendangkalan alur oleh sedimen pantai dan dapat menahan berbeloknya muara sungai dan mengkonsentrasikan aliran pada alur yang telah ditetapkan untuk dapat mengerosi endapan, sehingga muara sungai terbebas dari endapan. Bangunan *Jetty* berupa tumpukan beronjong disusun vertikal, kawat bronjong dilapisi dengan PVC untuk menghindari korosi.

6.1.4. Penanaman Mangrove sebagai Pelindung Alami Pantai

Rusaknya sistem penyangga dan pelindung pantai sebagai akibat konversi hutan mangrove untuk pertambakan udang intensifikasi yang dilakukan masyarakat, dengan penebangan hutan mangrove akan memperlemah daya tahan pantai dari gempuran gelombang laut. Dengan adanya *groin* diharapkan terjadi sedimentasi akibat adanya sedimen yang terperangkap, dapat ditanami mangrove.

a. Lokasi

Sesuai Keputusan Presiden Nomor: 32 Tahun 1990 dan Instruksi Menteri Dalam Negeri Nomor: 34 Tahun 1991, kawasan lindung sepanjang pantai dengan ketentuan 130 kali rata-rata perbedaan air pasang tertinggi dan terendah tahunan diukur dari garis air surut terendah ke arah darat.

Kawasan di belakang kawasan lindung merupakan kawasan yang saat ini dimanfaatkan untuk budidaya perikanan, udang, pertanian, dan termasuk kawasan lindung yang telah dikonversi. Kawasan ini cocok ditanami dengan mangrove, tetapi caranya disesuaikan dengan kondisi setempat, sehingga selain membantu penghijauan juga memberi manfaat bagi kawasan budidaya.

b. Pemilihan Jenis Mangrove

Pemilihan jenis mangrove yang akan ditanam, perlu mempertimbangkan faktor-faktor yang mempengaruhi tumbuhnya tanaman mangrove, yaitu;

- a. Salinitas, beberapa jenis mangrove akan mati apabila salinitasnya rendah maupun terlalu tinggi, jadi harus payau. *Rhizophora spp* akan mati apabila salinitasnya rendah, sedangkan *Xylocarp Granum* dan *Lumnitzera spp* tidak akan subur dengan salinitas agak tinggi.
- b. Jenis tanah, apabila tanah lempung dapat dipilih *Bruguiera spp*, tanah berpasir di pinggir pantai dapat ditanami dengan *Rhizophora Stylosa*, sedang tanah lembek berlumpur yang dipengaruhi oleh pasang surut dapat ditanami dengan *Avicennia spp* dan *Rhizophora spp*. Untuk tanah yang keras yang letaknya jauh di belakang pantai, kurang dipengaruhi pasang surut dapat ditanami jenis *Bruguiera spp* dan *Rhizophora spp*.
- c. Ketahanan terhadap arus dan gelombang, ada beberapa jenis mangrove yang tidak tahan terhadap arus dan gelombang seperti *Bruguiera spp*, tetapi ada yang cukup tahan seperti *Rhizophora spp*.

Dengan uraian di atas dan memperhatikan sisa-sisa mangrove yang masih ada, dapat dipilih jenis *Avicennia spp* (api-api).

c. Penanaman Mangrove Berbasis Peran Serta Masyarakat

Masyarakat Mororejo dan Mangunharjo perlu diikuti dalam proses penanaman mangrove, dari proses perencanaan, pelaksanaan, pemeliharaan dan perawatan.

Pemilihan bibit mangrove dapat dilakukan dengan dua cara yaitu:

1. Bibit yang diambil dari buahnya,
2. Bibit dari persemaian.

Cara yang pertama, tingkat keberhasilan tumbuh 20% - 30%, sedang yang melalui persemaian tingkat keberhasilannya antara 60% - 80%.

Persemaian bibit mangrove dilakukan melalui beberapa tahapan;

1. Pemilihan tempat dengan memperhatikan:
 - lahan lapang dan datar,
 - dekat dengan lokasi tanam,
 - terendam saat air pasang, lebih kurang 20 kali/bulan,
2. Pembuatan bedeng persemaian;
 - ukuran disesuaikan dengan kebutuhan, umumnya berukuran 5X1m dengan tinggi 15 cm,
 - bedeng diberi naungan ringan dapat menggunakan daun nipah atau sejenis dengan ketinggian lebih kurang 1 m,
 - media bedengan berasal dari tanah lumpur sekitarnya.
3. Cara pembibitan, diambil dari buah yang sudah matang dan dianjurkan mengambil buah yang sudah jatuh dari pohon. Buah yang telah matang ditandai dengan warna kecoklatan, agak keras dan bebas dari hama penggerek. Buah disemaikan langsung ke dalam

kantong-kantong plastik yang sudah berisi media tanah. Sebelum diisi tanah bagian bawah kantong plastik diberi lubang agar air yang berlebihan dapat keluar. Daun diharapkan akan muncul setelah 20 hari, setelah berumur 2-3 bulan bibit sudah dapat ditanam di lokasi.

Penanaman mangrove dilakukan beberapa pentahapan:

1. Persiapan lahan dengan memasang anjir dari patok=patok dari kayu atau bambu yang diameter 10 cm. Pemasangan anjir ini bertujuan untuk mempermudah penanaman dengan jarak yang seragam.
2. Kantong plastik dibuka dan langsung menanam ke tanah, ini dilakukan pada saat air laut sedang surut,
3. Jarak tanam tergantung dari tujuan, apabila untuk perlindungan pantai ditanam dengan jarak 1X1 m, tetapi bila untuk produksi ditanam dengan jarak 2X2 m.

Tiga bulan setelah penanaman, dilaksanakan pemeriksaan lapangan untuk mengetahui tingkat pertumbuhan tanaman. Apabila ada tanaman yang mati harus segera dilaksanakan penyulaman dengan tanaman baru. Pada lokasi penanaman yang agak tinggi atau kurang sekali kena air pasang perlu mendapat perhatian lebih intensif dalam pemeliharannya, sebab pada lokasi ini cepat ditumbuhi kembali oleh sejenis pakis-pakisan. Kegiatan penyiangan dan penyulaman dilakukan sampai tanaman berumur 5 tahun.

Penjarangan diperlukan untuk memberi ruang tumbuh yang ideal bagi tanaman, yaitu agar pertumbuhan tanaman dapat meningkat dan pohon-pohon yang tumbuh sehat dan baik.

6.2. Saran

Untuk memulihkan fungsi pantai di Desa Mororejo dan Kelurahan Mangunharjo harus dilakukan kegiatan secara sinergis dan terpadu dari kegiatan tersebut dibawah ini:

- a. Pengerukan pasir di perairan untuk keperluan lalu-lintas kapal pengangkut kayu milik perusahaan PT KLI harus dibatasi dengan mengacu pada ijin penambangan yang dikeluarkan Dinas Pertambangan dan Energi Propinsi Jawa Tengah.
- b. Alur Sungai Wakak yang saat ini menjadi satu muara dengan Sungai Plumbon supaya dipisahkan, dan kalau memungkinkan dikembalikan ke alur semula.
- c. Dibuat bangunan pelindung pantai yang disarankan adalah bangunan *Groin* dan *Jetty* dengan melihat data tinggi gelombang yang ada. *Groin* tipe T diharapkan dapat menangkap pasir pada musim timur dan *Jetty* dibuat di muara Sungai Plumbon dan Sungai Santren.
- d. Adanya bangunan pelindung, maka di belakang bangunan tersebut apabila sudah terisi sedimen dapat ditanami mangrove supaya terjadi pertahanan secara alami.

DAFTAR PUSTAKA

- Bappeda Jateng, 1986/1987. *Identifikasi Potensi dan Tingkat Kerusakan Pantai dan Pesisir*. Semarang: Badan Perencana Pembangunan Daerah Propinsi Jawa Tengah.
- Bappeda Kota Semarang, 2000. *Rencana Detail Tata Ruang Kota (BWK X) Kecamatan Ngalian dan Tugu Tahun 2000-2010*. Semarang: Badan Perencana Pembangunan Daerah Kota Semarang.
- Bappedal Jateng, 2000. *Studi Penanganan / Alternatif Solusi Masalah Pantai / Tambak di sekitar PT Kayu Lapis Indonesia*. Semarang: Badan Pengelolaan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Propinsi Jawa Tengah.
- Bappedal Jateng, 2002. *Perencanaan dan Bimbingan Teknis Pembuatan Sabuk Pantai di Kelurahan Mangunharjo*. Semarang: Badan Pengelolaan dan Pengendalian Dampak Lingkungan Propinsi Jawa Tengah.
- BMG, 2002. *Data Angin dan Gelombang*. Semarang: Badan Meteorologi dan Geofisika Semarang.
- Boers, J., 2001. *Sustainable Coastal Aquaculture*. Jakarta: Collaborative Environmental Project in Indonesia (CEPI).
- Carpenter, R.A., dan J.E. Maragos, 1989. *How to Assess Environmental Impacts on Tropical Island and Coastal Areas*. Honolulu: Environment and Policy Institute East-West Center.
- Carter, J. A., 1999. *Pengelolaan terpadu wilayah pesisir* (diterjemahkan oleh S.N. Kartikasari). Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Carter, J.A., 2000. *Community-Based Coastal Rehabilitation*. Jakarta: Collaborative Environmental Project in Indonesia (CEPI).
- CERC, 1984. *Shore Protection Manual*. Washington: US Army Coastal Engineering Research Center.
- Dahuri, R., J. Rais, S.P. Ginting, dan M.J. Sitepu, 2001. *Pengelolaan sumber daya wilayah pesisir dan lautan secara terpadu*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Dasmann, R., 1980. *Prinsip Ekologi untuk Pembangunan Ekonomi*, Jakarta: Penerbit PT.Gramedia.

- Dean, R.G., dan R.A. Dalrymple, 1984, *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Dinas Permukiman dan Tata Ruang, 2002. *Identifikasi Kebijakan dan Strategis Pengembangan Perkotaan dan Pedesaan*. Semarang: Dinas Permukiman dan Tata Ruang Propinsi Jawa Tengah.
- Dinas Pertambangan, 1991. *Potensi Bahan Galian Golongan C di Kabupaten Dati II Kendal Propinsi Dati I Jawa Tengah*. Semarang: Dinas Pertambangan Propinsi Jawa Tengah.
- Dinas PSDA, 2002. *Data Curah Hujan*. Semarang: Dinas Pengelolaan Sumber Daya Air Propinsi Jawa Tengah.
- Dinas PU Pengairan, 1987. *Muara K.Wakak pada Penanggulangan Banjir Kaliwungu Kendal*. Semarang: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Tengah.
- Dinas PU Pengairan, 1998. *Studi Muara Kali Slembang (Wakak) dan Kali Plumbon di Pantai Kaliwungu-Kendal*. Semarang: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Tengah.
- Dinas PU Pengairan, 1999. *Kumpulan Kliping Kerusakan Pantai*. Semarang: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Tengah.
- Dinas PU Pengairan, 2001. *Kronologis Kerja Sama PT Kayu Lapis Indonesia Dalam Pelaksanaan Kegiatan Proyek Irigasi Semarang Barat*. Semarang: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Tengah.
- Gerald, J.B., 1993. *Coral Reef Ecosystems*. Rotterdam: A.A.Balkema.
- Gross, R.L., 1990. *Oceanography*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Horikawa, K., 1978. *Coastal Engineering-An Introduction to Ocean Engineering*. Tokyo: University of Tokyo Press.
- Horikawa, K., 1988. *Nearshore Dynamics and Coastal Processes*. Tokyo: University of Tokyo Press.
- Hutabarat, S. dan S.M. Evans, 1985. *Pengantar Oseanografi*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- JICA, 1988. *The Feasibility Study on The Urgent Bali Beach Conservation Project*. Jakarta: Japan International Cooperation Agency.
- KLH, 1995. *Buku Petunjuk Praktis Penanaman Mangrove*. Jakarta: Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup.

- Komar, P.D., 1984. *Hand book of coastal processes and erosion*. Florida: Coastal Research Center.
- Kramadibrata S., 1985. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: Ganeca Exact Bandung.
- Kuntoro A., 2001. *Kajian Tingkat Saprobitas Pada Perairan Pantai Mangunharjo Semarang*. Semarang: Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Lakhan V.C. dan A.S. Trenhaile, 1989. *Applications in Coastal Modelling*. New York: Elsevier.
- Lester B., 1997. *Kembali di Simpang Jalan* (diterjemahkan oleh Maris M.). Jakarta: CV. Rajawali.
- Mitchell, B., Bobby S., Dwita H.R., 2000, *Pengelolaan sumberdaya dan lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Noor Y.R., M. Khazali, dan I.N.N. Suryadiputra, 1999. *Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia*. Bogor: Wetlands International Indonesia Programme.
- Prawiro R., 1988. *Ekologi Lingkungan Pencemaran*. Semarang: Penerbit Satya Wacana.
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Pengairan, 1992. *Kerusakan Pantai dan Muara di Indonesia*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Radiono, 1996. *Tinjauan Secara Kuantitatif Perubahan Volume Sedimen Gisik Sepanjang Pantai Kecamatan Kaliwungu Kabupaten Kendal*. Semarang: Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Diponegoro.
- Santosa, M.A., 1999. *Reformasi Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Jakarta: Indonesian Center for Environmental Law.
- Sasongko, D.P., 1997. *Kajian Radioaktivitas Alam Laut Pesisir Semarang* (tesis). Yogyakarta: Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Universitas Gadjah Mada.
- Soegiarto, A., 1976. *Pedoman Umum Pengelolaan Wilayah Pesisir*. Jakarta: Lembaga Oseanologi Nasional.
- Soemarwoto, O., 1997. *Ekologi, Lingkungan Hidup dan Pembangunan*. Jakarta: Penerbit Djambatan.

- Soemarwoto, O., 1989. *Analisa dampak lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Sorensen, R.M., 1978. *Basic Coastal Engineering*. New York: John Wiley and Sons.
- Stem, M.E., 1975, *Ocean Circulation Physics*. New York: Academic Press.
- Sugeng, B., 2001. *Teknik Analisis Pembangunan Wilayah Pesisir dan Lautan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Supriharyono, 2000a. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta: Penerbit Djambatan.
- Supriharyono, 2000b. *Pelestarian dan pengelolaan sumber daya alam di wilayah pesisir tropis*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Supriyono, 2000. *Laporan Kajian Erosi Pantai Mangunharjo Sebelah Timur PT. Kayu Lapis Indonesia*. Semarang: Dinas Pekerjaan Umum Pengairan Propinsi Jawa Tengah.
- Triatmodjo, B., 1999. *Teknik pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Whitten, T., 1999. *Ekologi Jawa dan Bali*. Jakarta: Prenhallindo.
- Yuwono, N., 1992. *Dasar-dasar Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.
- Yuwono, N., 1997. *Pengelolaan Daerah Pantai*. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada.