



**EVALUASI KINERJA BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG
(*BREAKWATER*) DI PANTAI PUGER JEMBER**

SKRIPSI

oleh

Astika Andra Yuliamangesti

NIM 131910301035

PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS JEMBER

2017



**EVALUASI KINERJA BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG
(*BREAKWATER*) DI PANTAI PUGER JEMBER**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi skripsi dan memenuhi salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Sipil (S1) dan mencapai gelar Sarjana Teknik

oleh

Astika Andra Yuliamangesti

NIM 131910301035

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**

2017

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua saya Bapak Wijiono dan Ibu Sulistiani yang telah membesarkan, mendidik, mendoakan dengan segala kasih sayang dan pengorbanan yang tak terhingga, serta tidak pernah lelah memberi semangat sekaligus dukungan kepada saya baik secara moral maupun materi sehingga saya mampu mewujudkan suatu kebanggaan ini;
2. Semua keluarga dirumah yang telah memberi semangat, dukungan dan doanya;
3. Guru-guru sejak Taman Kanak-kanak sampai dengan Perguruan Tinggi;
4. Seluruh dosen, staff pengajar dan administrasi Fakultas Teknik Universitas jember;
5. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya”

(terjemahan Surat *Al-Baqarah* ayat 286)¹

“Pendidikan merupakan perlengkapan paling baik untuk hari tua”

(Aristoteles)

¹ Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. *Al-Qur'an dan Terjemahannya*. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Astika Andra Yuliamangesti

NIM : 131910301035

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi yang berjudul “Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (*Breakwater*) di Pantai Puger Jember” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung-jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 Juli 2017

Yang menyatakan,

Astika Andra Yuliamangesti

NIM 131910301035

SKRIPSI

**EVALUASI KINERJA BANGUNAN PEMECAH GELOMBANG
(*BREAKWATER*) DI PANTAI PUGER JEMBER**

oleh

Astika Andra Yuliamangesti
NIM 131910301035

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Gusfan Halik, ST., MT.

Dosen Pembimbing Anggota : Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Skripsi berjudul "Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (*Breakwater*) di Pantai Puger Jember" telah disetujui pada:
hari, tanggal : Selasa, 11 Juli 2017
tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Dosen Pembimbing Utama,



Dr. Gusfan Halik, ST., MT.
NIP. 19710804 199803 1 002

Dosen Pembimbing Anggota,



Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D
NIP. 19711209 199803 2 001

PENGESAHAN

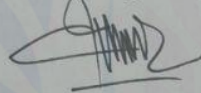
Skripsi berjudul “Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (*Breakwater*) di Pantai Puger Jember” karya Astika Andra Yuliamangesti telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : Selasa, 11 Juli 2017

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji:

Dosen Pembimbing Utama,



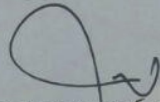
Dr. Gusfan Halik, ST., MT.
NIP 19710804 199803 1 002

Dosen Pembimbing Anggota,



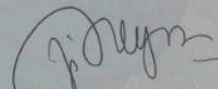
Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D
NIP 19711209 199803 2 001

Penguji I,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP 19661215 199503 2 001

Penguji II,



Wiwik Yunarni W., ST., MT.
NIP 19700613 199802 2 001

Mengesahkan
Dekan,



Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (*Breakwater*) di Pantai Puger Jember; Astika Andra Yuliamangesti,131910301035; 2017; 64 halaman, Program Strata 1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

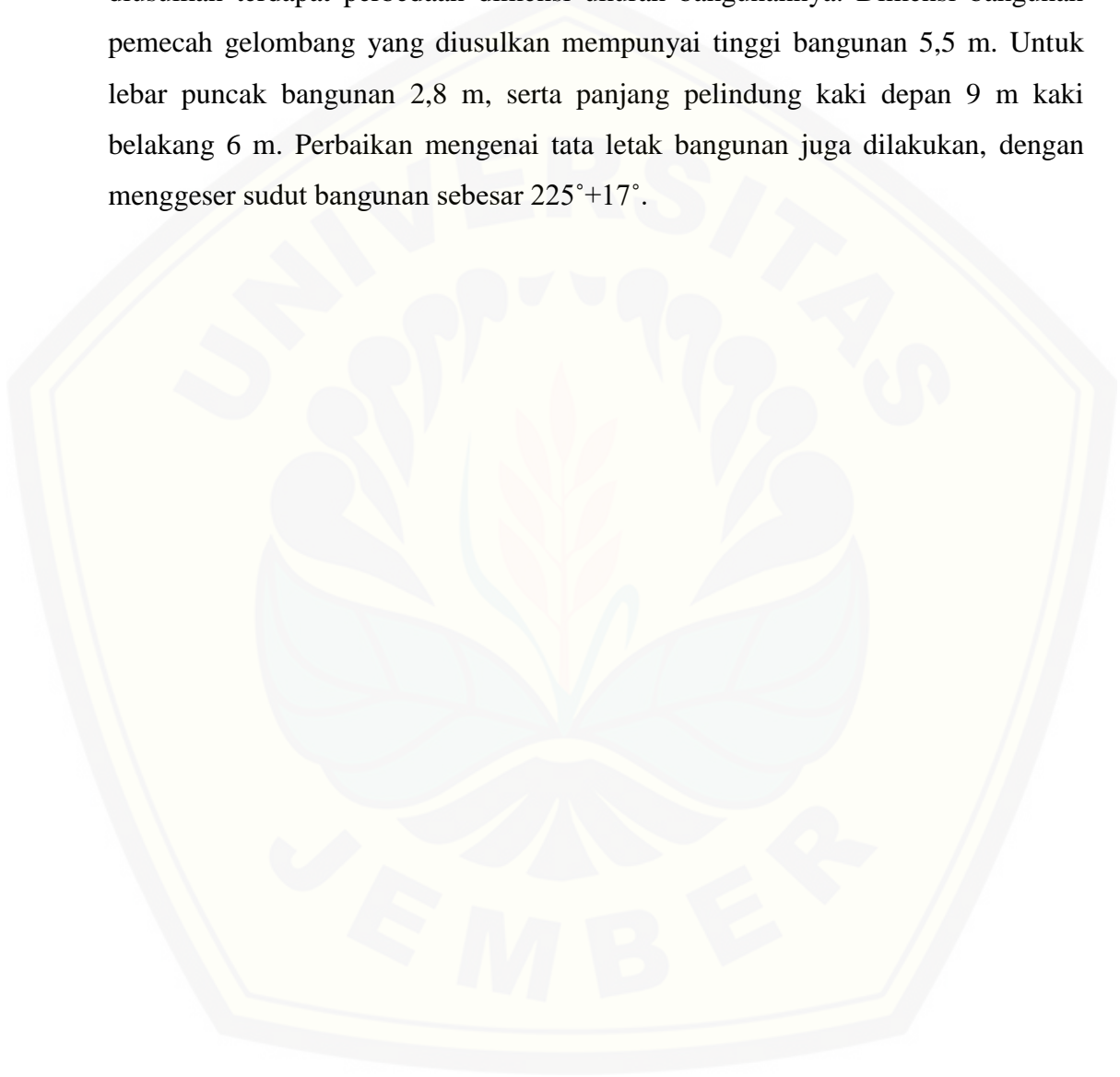
Pantai Puger termasuk dalam wilayah Kecamatan Puger Kabupaten Jember merupakan daerah penghasil ikan terbesar di Kabupaten Jember. Seiring dengan berkembangnya waktu daerah ini terus mengalami perkembangan, salah satunya dalam sektor pembangunan. Pada awal tahun 2014 lalu bangunan pemecah gelombang yang dulunya hanya dari tumpukan batu pecah telah diperbaiki dengan dibangunnya bangunan pemecah gelombang dari beton. Namun dengan diperbaikinya bangunan pemecah gelombang ini malah membuat para nelayan kesulitan untuk memasuki pelabuhan pendaratan ikan. Karena ditempat ini sering terjadi kecelakaan laut, sudah banyak perahu nelayan yang karam dan terdapat 1 korban jiwa yang meninggal. Oleh karena itu perlu dilakukan evaluasi kinerja bangunan pemecah gelombang yang ada sekarang dan untuk mengatasi permasalahan tersebut diusulkan desain bangunan pemecah gelombang baru.

Proses penelitian yang dilakukan adalah mengumpulkan data – data sekunder. Kemudian melakukan analisis data untuk mengetahui bagaimana kinerja dari bangunan pemecah gelombang yang ada sekarang. Serta membandingkan hasil desain bangunan pemecah gelombang yang ada (menggunakan data arus) dengan hasil desain bangunan pemecah gelombang baru yang dianalisis menggunakan data angin sebagai faktor pembangkit gelombang laut.

Data yang digunakan adalah data angin yang diperoleh dari Stasiun Meteorologi Kelas III Banyuwangi dalam jangka waktu kurang lebih 10 tahun yaitu mulai tahun 2006 – 2015. Data pengamatan pasang surut yang didapat dari konsultan perencanaan, peta topografi dan bathymetri serta data dimensi *breakwater* yang ada di lapangan. Dalam menganalisis data angin yang kemudian digunakan

sebagai faktor pembangkit gelombang, diperoleh tinggi gelombang sebesar 1,983 m. Data tinggi gelombang inilah yang digunakan sebagai acuan dalam mendesain bangunan pemecah gelombang.

Dalam perhitungan desain bangunan pemecah gelombang yang akan diusulkan terdapat perbedaan dimensi ukuran bangunannya. Dimensi bangunan pemecah gelombang yang diusulkan mempunyai tinggi bangunan 5,5 m. Untuk lebar puncak bangunan 2,8 m, serta panjang pelindung kaki depan 9 m kaki belakang 6 m. Perbaikan mengenai tata letak bangunan juga dilakukan, dengan menggeser sudut bangunan sebesar $225^{\circ}+17^{\circ}$.



SUMMARY

The Performance Evaluation of Breakwater Structure in the Puger Beach Jember; Astika Andra Yuliamangesti,131910301035; 2017; 64 Pages, Study Programe S1 Civil Engineering, Engineering Faculty, University of Jember.

Puger beach which is included in the district of Puger Jember is the largest fish producing area in Jember regency. Along with the development of this time area continues to develop, one of them in the development sector. At the beginning of 2014 when the breakwater structure that was once only from a pile stone has been repaired with the construction of a concrete breakwater structure. But with the refurbishment of these breakwaters the fisherman difficult to entrance the fish harbor area. Because in this place is often a marine accident, there are many boat fisherman shipwrecked and there are 1 person who died. Therefore it is necessary to evaluate the performance existing of breakwater structure and to discharge the problem proposed the design of the new breakwaters.

The research process is to collect secondary data. Then perform a data analysis to find out how the performance existing of breakwater structure. As well as comparing the results existing of breakwater design (using current data) with the results of the new breakwater design which is analyzed using wind data as a wave generating factor.

The data used is wind data obtained from the Class III Banyuwangi Meteorological Station within a period of approximately 10 years starting from 2006 to 2015. Tidal observation obtained from consultant planner, topographic map and bathymetry and breakwater dimension in the field. In analyzing the wind data which is then used as a wave generating factor, obtained wave height of 1,983 m. This wave height is used as a reference in design breakwater structure.

It's also proposed that the design of a new breakwater structure with the largest dimensions. The result of dimension breakwater structure have height 5,5

m. For the width 2,8 m and the length of the front foot protector 9 m hind feet 6m.
So proposed the layout of the new breakwater structure by shifting the structure of $225^{\circ}+17^{\circ}$.



PRAKATA

Puji Syukur kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Evaluasi Kinerja Bangunan Pemecah Gelombang (*Breakwater*) di Pantai Puger Jember”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan program studi Strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan Skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember;
2. Ir. Hernu Suyoso, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember;
3. Dr. Anik Ratnaningsih, ST., MT., selaku Ketua Program Studi S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
4. Dr. Gusfan Halik, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah membimbing, memberi motivasi dan memberikan dukungan demi kesempurnaan Skripsi ini;
5. Sri Wahyuni, ST., MT., Ph.D, selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah membimbing, memberi motivasi dan memberikan dukungan demi kesempurnaan Skripsi ini;
6. Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM dan Wiwik Yunarni W., ST., MT., selaku Tim Penguji yang telah meluangkan banyak waktu, pikiran dan perhatiannya guna memberikan pengarahan demi terselesaikannya Skripsi ini;
7. Kedua orang tua saya Bapak Wijiono dan Ibu Sulistiani yang telah memberikan dukungan dan do'anya demi terselesaikannya Skripsi ini;
8. Semua keluarga dirumah yang selalu memberikan dukungan dan do'a hingga terselesaikannya Skripsi ini;
9. Teman-teman S1 Teknik Sipil 2013 yang ikut mendoakan dan memberi semangat serta atas kerja sama dan kekompakannya selama ini;

10. Guru-guru saya sejak SD hingga SMA, dan semua dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Jember;
11. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan Skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga Skripsi ini dapat bermanfaat dengan baik.

Jember, 11 Juli 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN COVER	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBINGAN	vi
HALAMAN PERSETUJUAN	vii
HALAMAN PENGESAHAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
PRAKATA	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xxi
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Pengertian Pantai	4
2.2 Gelombang	5
2.2.1 Deformasi Gelombang	6
2.2.1.1 Refraksi Gelombang	6
2.2.1.2 Difraksi Gelombang.....	7
2.2.1.3 Refleksi Gelombang.....	7
2.2.1.4 Gelombang Pecah	8

2.3 Pembangkitan Gelombang oleh Angin	10
2.3.1 Kecepatan Angin	11
2.3.2 <i>Fetch</i>	12
2.3.3 Peramalan Gelombang di Laut Dalam	13
2.4 Run up Gelombang	14
2.5 Pasang Surut	15
2.5.1 Kurva Pasang Surut	16
2.5.2 Tipe Pasang Surut.....	16
2.6 Elevasi Muka Air	17
2.7 Pemecah Gelombang (<i>Breakwater</i>)	18
BAB 3. METODE PENELITIAN	
3.1 Lokasi Penelitian	26
3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian	27
3.2.1 Tahap Identifikasi.....	27
3.2.2 Tahap Pengolahan Data.....	27
3.2.3 Tahap Analisis data dan Pembahasan	28
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Gelombang	31
4.1.1 Analisis Data Angin	31
4.1.2 <i>Fetch</i>	32
4.1.3 Pasang Surut	35
4.1.4 Peramalan Gelombang	39
4.1.5 Peramalan Gelombang dengan Periode Ulang.....	43
4.1.6 Penentuan Tinggi dan Kedalaman Gelombang Pecah	47
4.1.6.1 Perhitungan Koefisien Pendangkalan (<i>Shoaling</i>)	48
4.1.6.2 Perhitungan Koefisien Refraksi	48
4.1.6.3 Perhitungan Tinggi Gelombang Ekuivalen.....	49
4.1.6.4 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah	49
4.1.6.5 Perhitungan Kedalaman Gelombang Pecah.....	50
4.2 Perhitungan Desain <i>Breakwater</i>	51
4.2.1 Pemilihan Tipe Pemecah Gelombang	51

4.2.2 Penentuan Tata Letak Pemecah Gelombang.....	52
4.2.3 Perhitungan Dimensi Pemecah Gelombang.....	54
4.2.3.1 Menentukan Elevasi Puncak Pemecah Gelombang.....	54
4.2.3.2 Menentukan Berat Armour Unit/ Batu Lapis Lindung.....	55
4.2.3.3 Menentukan Lebar Pemecah Gelombang	56
4.2.3.4 Menghitung Tebal Lapisan Batu Lapis Lindung.....	57
4.2.3.5 Menghitung Jumlah Butir Batu Pelindung Dihitung Tiap 10 m ²	58
4.2.3.6 Stabilitas Struktur.....	59
BAB 5. PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	64
LAMPIRAN	65

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Keuntungan dan kerugian ketiga tipe pemecah gelombang.....	25
Tabel 3.1 <i>Time Schedule</i> Penelitian	30
Tabel 4.1 Presentase kejadian angin tahun 2006-2015	31
Tabel 4.2 Hasil perhitungan <i>fetch</i> dari arah selatan	35
Tabel 4.3 Komponen-komponen pembangkit pasang surut.....	38
Tabel 4.4 Perhitungan tinggi dan periode gelombang signifikan	42
Tabel 4.5 Perhitungan tinggi gelombang dengan periode ulang.....	43
Tabel 4.6 Tinggi gelombang dengan periode ulang tertentu (Metode <i>Fisher Tippett Type I</i>)	45
Tabel 4.7 Perhitungan periode gelombang dengan periode ulang	46
Tabel 4.8 Periode gelombang dengan periode ulang tertentu (Metode <i>Fisher Tippett Type I</i>)	47
Tabel 4.9 Perhitungan gaya dan momen yang terjadi	60
Tabel 4.10 Perbandingan dimensi bangunan pemecah gelombang yang ada dengan dimensi bangunan pemecah gelombang yang diusulkan.....	61

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Karakteristik gelombang di daerah pantai.....	5
Gambar 2.2 Refraksi gelombang.....	6
Gambar 2.3 Difraksi gelombang.....	7
Gambar 2.4 Penentuan tinggi gelombang pecah.....	9
Gambar 2.5 Penentuan kedalaman gelombang pecah	9
Gambar 2.6 Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat	11
Gambar 2.7 <i>Fetch</i>	13
Gambar 2.8 Grafik peramalan gelombang.....	14
Gambar 2.9 Grafik <i>run up</i> gelombang	15
Gambar 2.10 Pemecah gelombang tipe sisi miring.....	21
Gambar 2.11 Pemecah gelombang tipe sisi tegak.....	23
Gambar 2.12 Pemecah gelombang tipe campuran.....	24
Gambar 3.1 Peta lokasi bangunan pemecah gelombang (<i>breakwater</i>) di pantai puger jember	26
Gambar 3.2 Bangunan pemecah gelombang (<i>breakwater</i>) di pantai puger	27
Gambar 3.3 Flowchart penelitian.....	29
Gambar 4.1 <i>Windrose</i> tahun 2006-2015	32
Gambar 4.2 <i>Fetch</i> dari arah selatan.....	33
Gambar 4.3 Grafik pasang surut	37
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat	40
Gambar 4.5 Grafik penentuan α dan β	50

Gambar 4.6 Tata letak *breakwater* baru ditinjau dari arah datangnya
angin, gelombang dan arus di pelabuhan/dermaga
pantai puger..... 53

Gambar 4.7 Sket gaya yang bekerja pada
bangunan pemecah gelombang 59



DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Tabel Pengamatan Pasang Surut Periode 26 April – 10 Mei 2012	65
Tabel Nilai Koefisien Lapis berdasarkan Shore Protection Manual 1984	67
Tabel Nilai Koefisien Stabilitas (K_D) berdasarkan Shore Protection Manual 1984	68
Grafik Hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat	69
Grafik Penentuan α dan β	74
Grafik <i>Run up</i> gelombang	75
Tabel C - 1 Continued	76
Tabel Data kecepatan dan arah arus laut.....	77
Gambar Desain <i>breakwater</i> yang diusulkan	83
Gambar Desain <i>breakwater</i> yang ada sekarang	89

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

“Kabupaten Jember memiliki panjang pantai kurang lebih 170 km serta luas perairan yang termasuk kedalam ZEE (Zona Ekonomi Eksklusif) kurang lebih 8.338,5 km²” (www.infokabjember2013.com). Selain memiliki daerah panjang pantai yang cukup luas, Jember juga mempunyai pelabuhan nelayan di Pantai Puger. Pantai Puger merupakan daerah nelayan/perikanan yang cukup terkenal, selain itu juga digunakan sebagai objek wisata. Jumlah penduduk di sekitar pantai ini terus mengalami perkembangan.

Dengan berkembangnya penduduk di Kecamatan Puger maka berbagai kegiatan banyak yang dialihkan ke daerah pantai. Sejalan dengan berkembangnya daerah ini berbagai permasalahan mulai timbul, misalnya penempatan lahan permukiman yang semakin dekat dengan garis pantai sehingga terancam oleh gelombang laut dan erosi pantai. Erosi, abrasi dan sedimentasi yang terjadi di daerah pesisir pantai ini, disebabkan oleh adanya hempasan gelombang laut. Oleh karena itu diperlukan bangunan pelindung pantai. Ada 2 macam bangunan pelindung pantai yang ada di Pantai Puger, yaitu bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) dan bangunan pembentuk tembok laut (*groin*).

Bangunan pemecah gelombang yang dulunya hanya dari tumpukan batu pecah pada awal tahun 2014 mulai diperbaiki dengan dibangunnya bangunan pemecah gelombang dari beton serta melakukan penambahan panjang bangunan *breakwater* kurang lebih sepanjang 230 meter dari panjang semula. Namun sejak dibangunnya bangunan pemecah gelombang dengan penambahan panjang bangunan, nelayan merasa kesulitan untuk memasuki daerah pelabuhan pendaratan ikan di Pantai Puger. “Pada tahun lalu puluhan nelayan di Pantai Puger mempertanyakan kinerja *breakwater* yang selama ini dikeluhkan oleh nelayan. Karena ditempat ini sering terjadi kecelakaan laut, sudah banyak perahu nelayan yang karam dan terdapat 1 korban jiwa yang meninggal” (radar online jember, 17 Juni 2015). Padahal tujuan dibangunnya

breakwater adalah untuk memecah gelombang dengan menyerap sebagian gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus pantai dan berfungsi sebagai peredam gelombang sehingga kapal dapat berlabuh di pelabuhan dengan lebih mudah.

Dalam merencanakan bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) terdapat parameter yang diperlukan dalam analisis perhitungan, seperti tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang signifikan yang digunakan untuk mendesain *breakwater*. Dari hasil pengamatan di lapangan, masih terdapat bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang dinilai kinerjanya kurang maksimal dalam meredam energi gelombang yang datang. Seperti hasil penelitian yang dilakukan Prima, N (2013) di Pantai Tapak Paderi Kota Bengkulu dan hasil penelitian Fuddoly (2014) di Pelabuhan Penyeberangan Waikelo Kabupaten Sumba Barat, Nusa Tenggara Timur. Dari hasil penelitian tersebut, terdapat perbedaan hasil perhitungan tinggi dimensi *breakwater* analisis dengan tinggi dimensi *breakwater* di lapangan. Sehingga perlu dilakukan desain ulang bangunan *breakwater* yang kuat menahan gelombang.

Para nelayan yang mempertanyakan kinerja bangunan *breakwater* di Pantai Puger menginginkan bangunan *breakwater* yang sudah ada dipotong, dan apabila permasalahan terus terjadi mereka mendesak untuk secepatnya dilakukan pembongkaran. Sebelum mengambil keputusan untuk melakukan pemotongan maupun pembongkaran, diperlukan evaluasi kinerja dari *breakwater* itu sendiri. Sehingga penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui bagaimana kinerja dari bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang ada di Pantai Puger Jember.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dapat dibuat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kinerja bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) pada kondisi sekarang?
2. Bagaimana solusi pemecahan masalah yang terjadi sekarang terhadap bangunan pemecah gelombang (*breakwater*)?

1.3 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui kinerja bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) pada kondisi sekarang.
2. Mencari alternatif solusi pemecahan masalah yang tepat terhadap bangunan *breakwater* (desain ulang).

1.4 Manfaat

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai alternatif desain atau re-design *breakwater* kepada pihak pengelola bangunan pemecah gelombang (*breakwater*) yang ada di Pantai Puger, Jember.

1.5 Batasan Masalah

Agar masalah yang dianalisis pada penelitian lebih terarah dan mencapai sasaran yang diharapkan, maka batasan masalahnya meliputi:

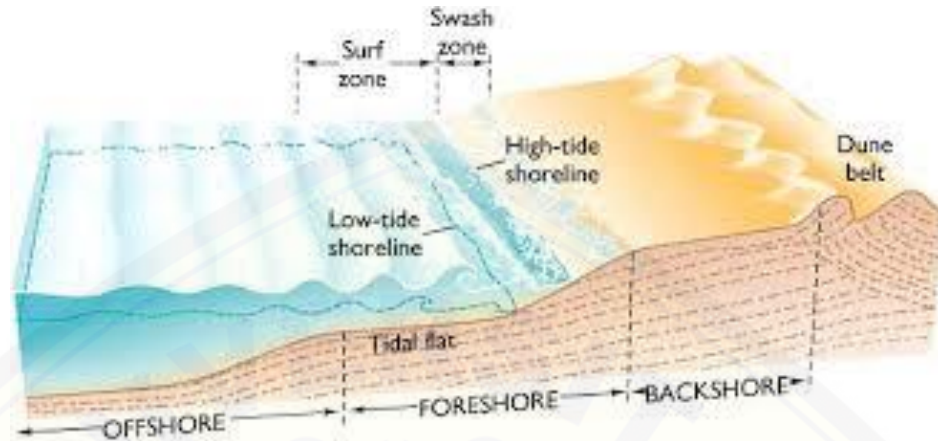
1. Tidak memperhitungkan besarnya sedimentasi pada daerah sekitar bangunan pemecah gelombang.
2. Tidak membahas biaya (RAB) desain ulang *breakwater*.
3. Perencanaan *breakwater* meliputi lay out, tipe dan bentuk serta dimensi *breakwater* yang diusulkan.
4. Perhitungan detail *breakwater* hanya dilakukan pada tipe yang dipilih.
5. Pengaruh tsunami dan gempa tidak diperhitungkan.
6. Investigasi geoteknik tidak ditinjau.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Pantai

Ada dua istilah tentang kepantaian dalam bahasa Indonesia yang sering rancu pemakaiannya, yaitu pesisir dan pantai. Pantai adalah wilayah yang menjadi batas antara daratan dan lautan. Bentuk-bentuk pantai berbeda-beda. Pesisir adalah wilayah antara batas pasang tertinggi hingga batas air laut yang terendah pada saat surut. Pesisir dipengaruhi oleh gelombang air laut. Pesisir juga merupakan zona yang menjadi tempat pengendapan hasil pengikisan air laut dan merupakan bagian dari pantai. Menurut B. Triatmodjo (1999) definisi pesisir (*coast*) adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedangkan pantai (*shore*) adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah.

Gelombang yang merambat dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Pada saat kemiringan gelombang mencapai batas maksimum gelombang tersebut akan pecah. Ditinjau dari profil pantai, daerah ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibagi menjadi tiga daerah yaitu *inshore*, *foreshore* dan *backshore*. Proses gelombang pecah di daerah *inshore* sering menyebabkan terbentuknya *longshore bar*, yaitu gunduk pasir yang memanjang dan kira-kira sejajar dengan garis pantai. *Foreshore* adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat muka air rendah sampai batas atas dari *uprush* pada saat air pasang tinggi. Sedangkan *backshore* adalah daerah yang dibatasi oleh *foreshore* dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tinggi. Karakteristik gelombang yang terjadi di daerah pantai digambarkan seperti gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Karakteristik Gelombang di Daerah Pantai

2.2 Gelombang

Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa macam yang tergantung pada gaya pembangkitnya. Gelombang tersebut adalah gelombang angin yang dibangkitkan oleh tiupan angin di permukaan laut, gelombang pasang surut yang dibangkitkan oleh gaya tarik benda-benda langit terutama gaya tarik matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami terjadi karena letusan gunung berapi atau gempa di dasar laut, gelombang yang dibangkitkan oleh kapal yang bergerak dan sebagainya.

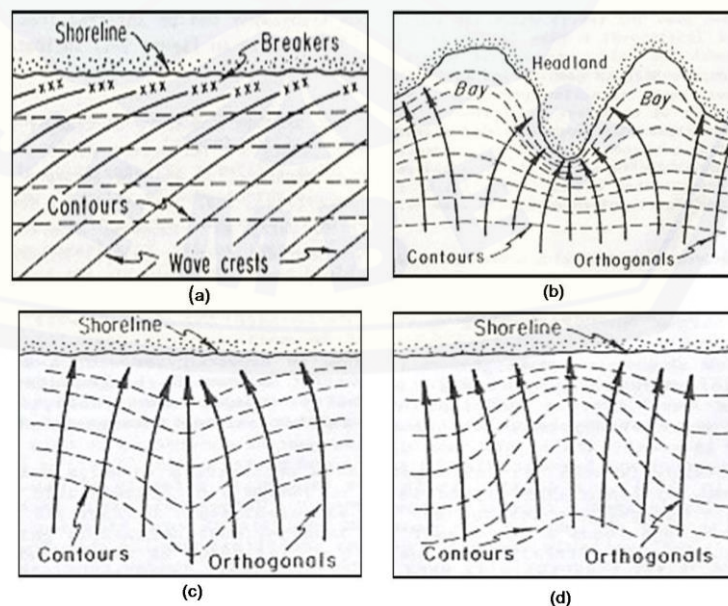
Diantara beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam perencanaan pelabuhan adalah gelombang angin dan pasang surut. Pada bab ini akan dibahas gelombang yang ditimbulkan oleh angin dan gelombang yang diakibatkan oleh pasang surut. Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, sedangkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama dalam penentuan tata letak (*lay out*) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya (B. Triatmodjo, 1999).

2.2.1 Deformasi Gelombang

Suatu gelombang yang menuju pantai akan mengalami perubahan bentuk atau deformasi gelombang. Perubahan bentuk gelombang ini disebabkan oleh beberapa faktor seperti refraksi gelombang, refleksi gelombang, difraksi gelombang serta gelombang pecah.

2.2.1.1 Refraksi Gelombang

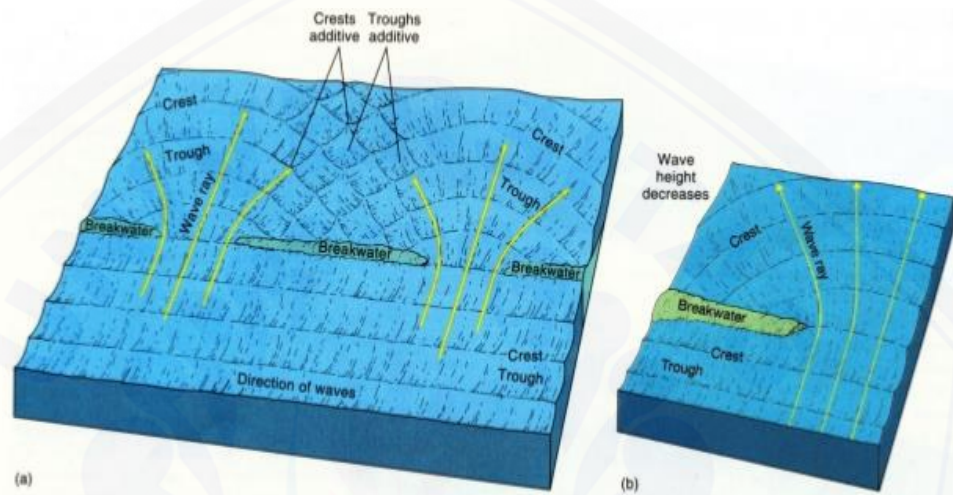
Refraksi gelombang terjadi karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Di daerah yang kedalaman airnya lebih besar dari setengah panjang gelombang yaitu di laut dalam. Gelombang menjalar tanpa dipengaruhi dasar laut. Tetapi di laut transisi dan dangkal, dasar laut mempengaruhi gelombang. Jika ditinjau suatu garis puncak gelombang, bagian dari puncak gelombang yang berada di air yang lebih dangkal akan menjalar dengan kecepatan yang lebih kecil daripada bagian di air yang lebih dalam. Akibatnya garis puncak gelombang akan membelok dan berusaha untuk sejajar dengan garis kedalaman laut. Garis orthogonal gelombang yaitu garis tegak lurus dengan garis puncak gelombang dan menunjukkan arah penjalaran gelombang, juga akan membelok dan berusaha untuk menuju tegak lurus dengan garis kontur laut.



Gambar 2.2 Refraksi Gelombang

2.2.1.2 Difraksi Gelombang

Apabila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Fenomena ini dikenal sebagai difraksi gelombang.



Gambar 2.3 Difraksi Gelombang

Dalam difraksi gelombang terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus penjalaran gelombang menuju daerah terlindung. Transfer energi ke daerah terlindung menyebabkan terbentuknya gelombang di daerah tersebut, meskipun tidak sebesar gelombang di luar daerah terlindung.

2.2.1.3 Refleksi Gelombang

Gelombang yang mengenai/membentur suatu bangunan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidak-tenangan di dalam perairan pelabuhan. Untuk mendapatkan ketenangan di kolam pelabuhan maka bangunan-bangunan yang ada di pelabuhan harus bisa menyerap/menghancurkan gelombang. Suatu bangunan yang mempunyai sisi miring dan terbuat dari tumpukan batu akan menyerap energi gelombang lebih banyak dibandingkan bangunan tegak dan masif.

2.2.1.4 Gelombang Pecah

Gelombang yang menjalar dari laut dalam menuju pantai mengalami perubahan bentuk karena adanya pengaruh perubahan kedalaman laut. Pengaruh kedalaman laut mulai terasa pada kedalaman lebih kecil dari setengah kali panjang gelombang. Di laut dalam profil gelombang adalah sinusoidal, semakin menuju ke perairan yang lebih dangkal puncak gelombang semakin tajam dan lembah gelombang semakin datar. Pada lokasi tertentu gelombang tersebut akan pecah.

Kondisi gelombang pecah tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kecuraman gelombang. Tinggi gelombang pecah dapat dihitung dalam persamaan berikut:

$$\frac{H_b}{H'o} = \frac{1}{3,3 \left(\frac{H'o}{L_o}\right)^{1/3}} \dots \dots \dots (2.1)$$

Adapun kedalaman air dimana gelombang pecah terjadi diberikan oleh rumus berikut:

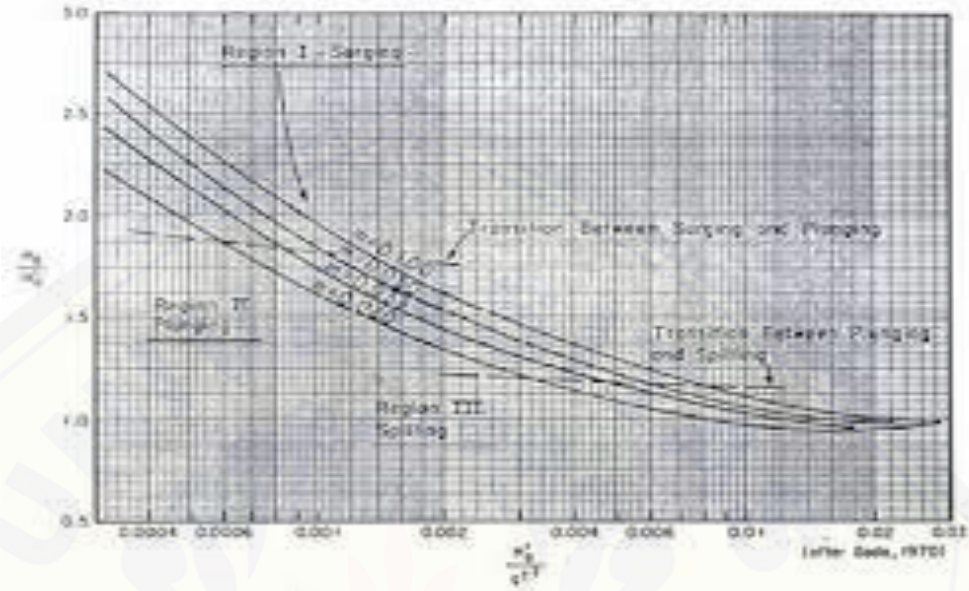
$$\frac{db}{H_b} = \frac{1}{b - \left(\frac{aH_b}{gT^2}\right)} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana a dan b merupakan fungsi kemiringan pantai m dan diberikan oleh persamaan berikut:

$$\alpha = 43,75 (1 - e^{-19m}) \dots \dots \dots (2.3)$$

$$b = \frac{1,56}{(1 + e^{-19,5m})} \dots \dots \dots (2.4)$$

Untuk mempermudah perhitungan, Iversen, Galvin dan Goda (dalam SPM, 1984) menunjukkan bahwa $H_b/H'o$ dan db/H_b tergantung pada kemiringan dasar pantai dan kemiringan gelombang datang. Hubungan tersebut dapat digambarkan dalam grafik dibawah ini.



Gambar 2.4 Penentuan Tinggi Gelombang Pecah

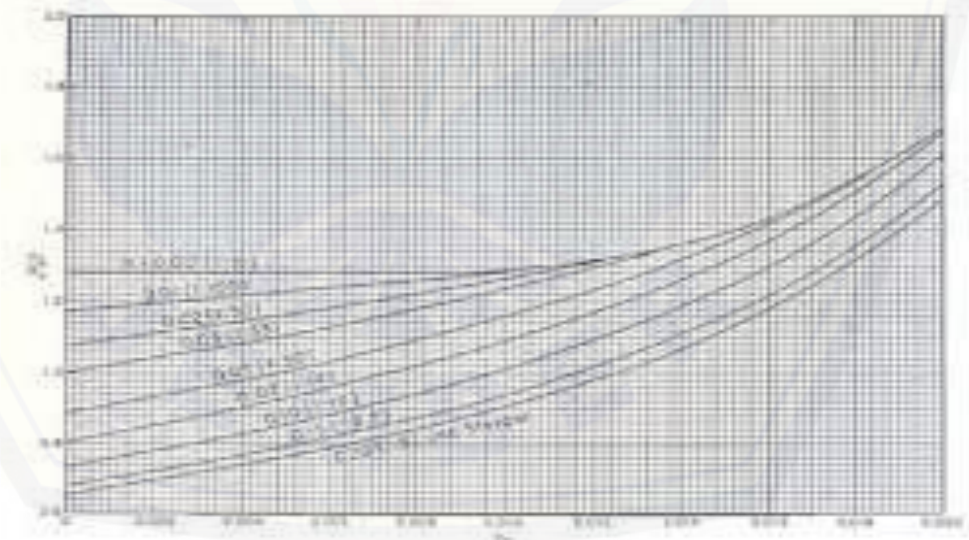


Figure 2-75. Wavebreaking depth at breaking waves breaker categories.

Gambar 2.5 Penentuan Kedalaman Gelombang Pecah

2.3 Pembangkitan Gelombang oleh Angin

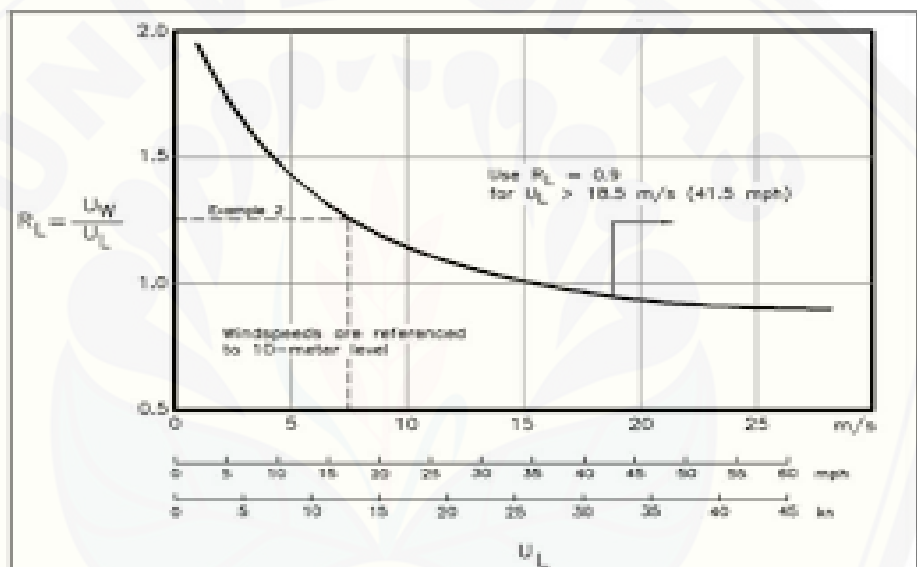
Angin adalah udara yang bergerak yang diakibatkan oleh rotasi bumi dan juga karena adanya perbedaan tekanan udara disekitarnya. Angin bergerak dari tempat bertekanan udara tinggi ke tempat bertekanan udara rendah (<http://id.wikipedia.org/wiki/angin>, 2012). Kecepatan angin diukur dengan anemometer dan biasanya dinyatakan dengan knot. Satu knot adalah panjang satu menit garis bujur melalui khatulistiwa yang ditempuh dalam satu jam, atau $1 \text{ knot} = 1,852 \text{ km/jam} = 0,5 \text{ m/detik}$.

Untuk keperluan perencanaan bangunan pelindung pantai, data angin diperoleh melalui pencatatan jam-jaman. Dengan pencatatan angin jam-jaman akan dapat diketahui angin dengan kecepatan tertentu dengan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin, dan dapat pula dihitung kecepatan rerata harian. Dalam beberapa tahun pengamatan, data angin yang diperoleh sangatlah besar. Untuk itu data tersebut perlu diolah dan disajikan dalam bentuk tabel atau diagram yang disebut mawar angin. Penyajian tersebut dapat diberikan dalam bentuk bulanan, tahunan atau beberapa tahun pencatatan. Dengan tabel atau mawar angin, karakteristik angin dapat dibaca dengan cepat.

Tinggi dan periode gelombang yang dibangkitkan dipengaruhi oleh kecepatan angin, lama hembusan angin, arah angin, dan *fetch* yaitu jarak dari mana angin berhembus. Angin yang berhembus di atas permukaan air akan memindahkan energinya ke air. Kecepatan angin akan menimbulkan tegangan pada permukaan laut sehingga permukaan air yang semula tenang akan terganggu dan timbul riak gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, riak tersebut akan semakin besar dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama dan semakin kuat angin berhembus, semakin besar pula gelombang yang terbentuk.

2.3.1 Kecepatan Angin

Biasanya pengukuran angin dilakukan di daratan, padahal di dalam rumus-rumus pembangkitan gelombang data angin yang digunakan adalah data angin yang ada di atas permukaan laut. Oleh karena itu diperlukan transformasi dari data angin di atas daratan yang terdekat dengan lokasi studi ke data angin di atas permukaan laut. Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan di Great Lake, Amerika Serikat diperoleh grafik yang menghubungkan antara kecepatan angin di laut dengan di darat.



Gambar 2.6 Hubungan antara Kecepatan Angin di Laut dan di Darat

Hubungan antara angin di atas laut dan di darat terdekat diberikan dalam rumus berikut:

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \dots\dots\dots(2.5)$$

dengan:

U_L = kecepatan angin di darat

U_W = kecepatan angin di laut

sedangkan lama hembus (durasi) angin dapat diperoleh dari pencatatan angin jam-jaman.

Rumus-rumus dan grafik-grafik pembangkitan gelombang mengandung variabel U_A yaitu faktor tegangan angin yang dapat dihitung dari kecepatan angin. Kecepatan angin dikonversikan pada faktor tegangan angin dengan menggunakan rumus:

$$U_A = 0.71 U^{1,23} \dots\dots\dots(2.6)$$

dengan:

U_A = faktor tegangan angin (m/s)

U = kecepatan angin (m/s)

2.3.2 Fetch

Fetch adalah panjang keseluruhan suatu daerah pembangkitan gelombang dimana angin berhembus dengan arah dan kecepatan yang konstan. Panjang *fetch* dapat ditentukan dari peta (Saputro, dkk 2010). Arah angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak sampai 15° . Sedangkan kecepatan angin masih dianggap konstan apabila perubahannya tidak lebih dari 5 knot (2,5 m/dt) (B. Triatmodjo, 1999). Di dalam peninjauan pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Jika data untuk menghitung *fetch* terbatas (di laut lepas) maka panjang *fetch* di laut lepas adalah 200 km (Widjiharti dan Soehedy, 2011). *Fetch* rerata efektif diberikan dalam persamaan berikut:

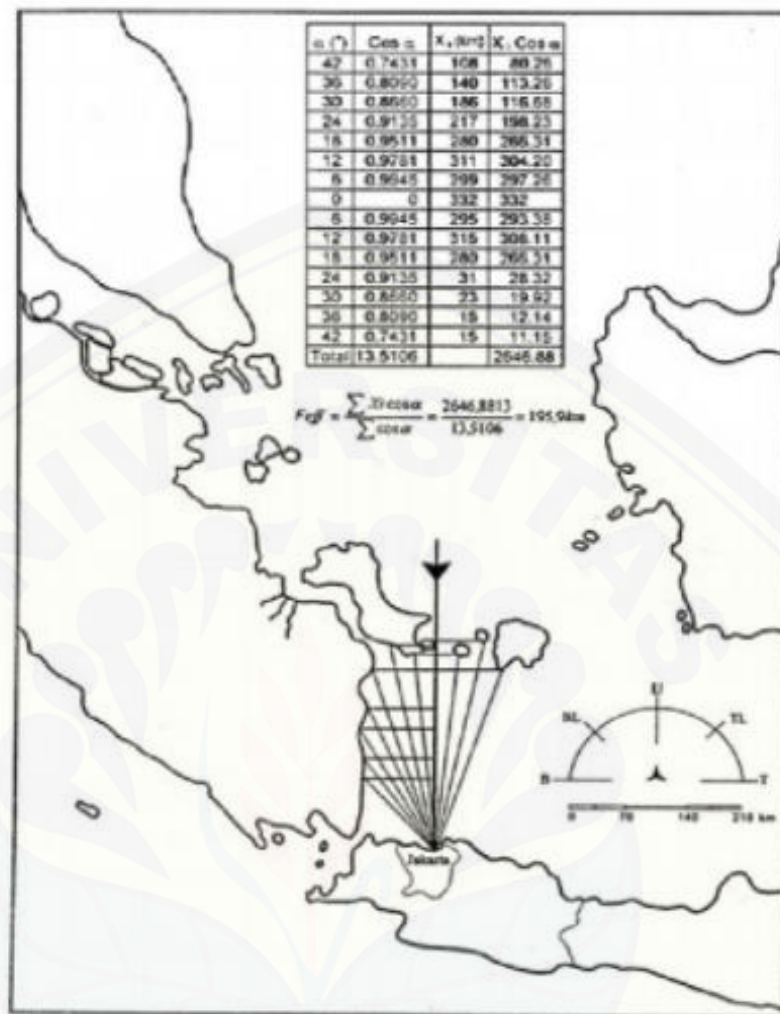
$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots\dots\dots(2.7)$$

dengan:

F_{eff} = *fetch* rerata efektif

X_i = panjang segmen *fetch* yang diukur dari titik observasi gelombang ke ujung akhir *fetch*

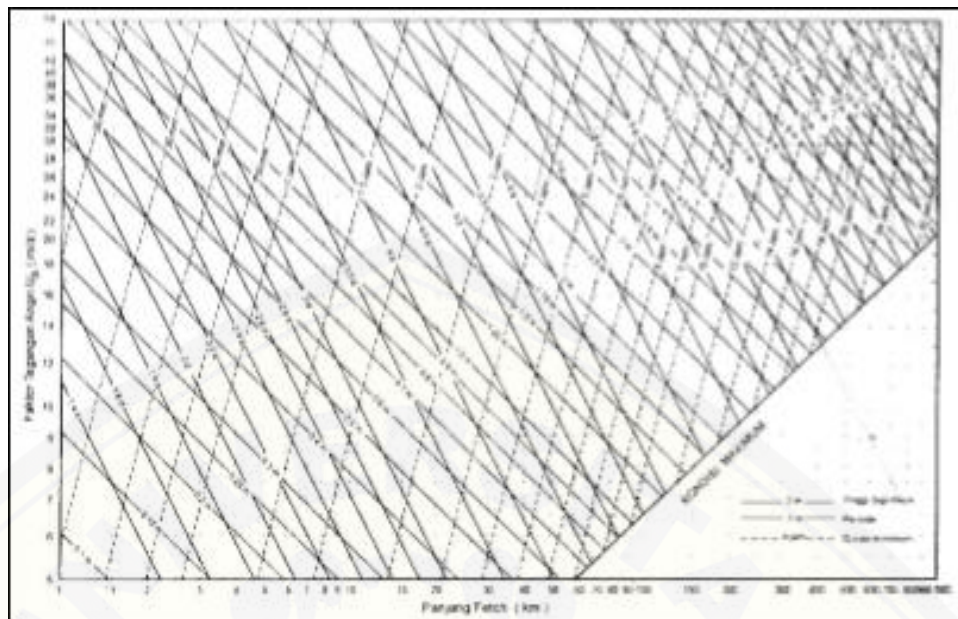
α = deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan penambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.



Gambar 2.7 Fetch

2.3.3 Peramalan Gelombang di Laut Dalam

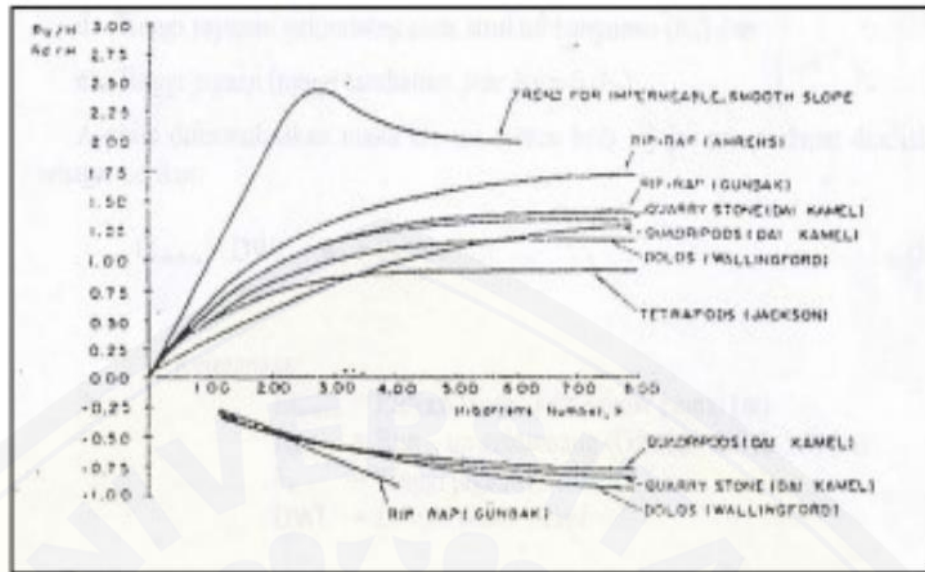
Berdasarkan pada kecepatan angin, lama hembus angin dan *fetch* seperti yang telah dibahas peramalan gelombang dilakukan dengan menggunakan grafik seperti gambar. Dari grafik 2.8 tersebut apabila panjang *fetch* (F), faktor tegangan angin (U_A) dan durasi diketahui, tinggi dan periode gelombang signifikan dapat dihitung.



Gambar 2.8 Grafik Peramalan Gelombang

2.4 *Run up* Gelombang

Pada waktu gelombang menghantam suatu bangunan, maka gelombang penting untuk perencanaan bangunan pantai. Elevasi bangunan yang direncanakan tergantung pada *run up* dan limpasan yang diijinkan. *Run up* tergantung pada bentuk dan kekasaran bangunan, kedalaman air pada kaki bangunan, kemiringan dasar laut di depan bangunan dan karakteristik gelombang. Karena banyaknya variabel yang berpengaruh, maka besarnya *run up* dapat didekati dengan bilangan Iribaren (B. Triatmodjo, 1999).



Gambar 2.9 Grafik *Run up* Gelombang

2.5 Pasang Surut

Pasang surut adalah fluktuasi muka air laut karena adanya 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 daripada pengaruh gaya tarik matahari. Gaya tarik bulan yang mempengaruhi pasang surut adalah 2,2 kali lebih besar daripada gaya tarik matahari (B. Triatmodjo, 1999).

Pengetahuan tentang pasang surut adalah penting di dalam perencanaan bangunan pantai dan pelabuhan. Elevasi muka air tertinggi (pasang) dan terendah (surut) sangat penting untuk merencanakan bangunan-bangunan tersebut. Misalnya, elevasi puncak bangunan pemecah gelombang ditentukan oleh elevasi muka air pasang, sedangkan kedalaman alur pelayaran/pelabuhan ditentukan oleh muka air surut.

2.5.1 Kurva pasang surut

Tinggi pasang surut adalah jarak vertikal antara air tertinggi (puncak air pasang) dan air terendah (lembah air surut) yang berurutan. Periode pasang surut adalah waktu yang diperlukan dari posisi muka air pada muka air rerata ke posisi yang sama berikutnya. Periode pasang surut bisa 12 jam 25 menit atau 24 jam 50 menit yang tergantung pada tipe pasang surut. Periode pada mana muka air naik disebut pasang, sedang pada saat air turun disebut surut. Variasi muka air menimbulkan arus yang disebut dengan arus pasang surut yang menyangkut massa air dalam jumlah sangat besar.

2.5.2 Tipe pasang surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian tunggal, harian ganda dan dua jenis campuran.

1. Pasang surut harian ganda

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata adalah 12 jam 24 menit.

2. Pasang surut harian tunggal

Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut adalah 24 jam 50 menit.

3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda.

4. Pasang surut campuran condong ke harian tunggal

Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda.

Dalam menentukan tipe – tipe pasang surut seperti diatas dapat menggunakan rumus:

$$NF = \frac{K1+O1}{M2+S2} \dots\dots\dots(2.8)$$

Dengan:

K1 = komponen matahari dan bulan

O1 = komponen utama bulan

M2 = komponen utama bulan

S2 = komponen utama matahari

Dimana jika nilai:

$0,0 < NF < 0,25$ = Pasang surut harian ganda

$0,25 < NF \leq 1,50$ = Pasang surut campuran condong ke harian ganda

$1,5 < NF \leq 3,0$ = Pasang surut campuran condong ke harian tunggal

$3,0 < NF$ = Pasang surut harian tunggal

2.6 Elevasi Muka Air

Elevasi muka air tertinggi (pasang) sangat menentukan elevasi puncak bangunan. Sedangkan elevasi muka air terendah sangat menentukan elevasi dasar suatu bangunan pengaman pantai. Oleh karena itu, pengetahuan tentang pasang surut sangat penting didalam perencanaan bangunan pengaman pantai. Selain itu, diperlukan data hasil pengamatan muka air yang telah dianalisa sehingga didapat elevasi dari muka air (B. Triatmodjo, 1999) seperti:

1. Muka air tinggi (*high water level*, HWL) yaitu muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water level*, LWL) yaitu kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rata-rata (*mean high water level*, MHWL) yaitu tinggi rata-rata dari air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rata-rata (*mean low water level*, MLWL) yaitu tinggi air rata-rata dari air rendah selama periode 19 tahun.

5. Muka air rata-rata (*mean sea level*, MSL/MWL) yaitu muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. Muka air tertinggi (*higest high water level*, HHWL) yaitu muka air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air terendah (*lowest low water level*, LLWL) yaitu muka air terendah pada saat pasang surut bulan purnama atau bulan mati.

2.7 Pemecah Gelombang (*Breakwater*)

Pemecah gelombang adalah bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari gangguan gelombang. Pemecah gelombang dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama digunakan untuk perlindungan perairan pelabuhan sedang tipe kedua untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Pemecah gelombang lepas pantai bisa dibuat dari satu pemecah gelombang atau suatu seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah. Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi 3 tipe (B. Triatmodjo, 1999) yaitu:

1. Pemecah gelombang tipe sisi miring

Pemecah gelombang ini biasanya terbuat dari tumpukan batu alam, blok beton, gabungan antara batu pecah dan blok beton, batu buatan dari beton dengan bentuk khusus seperti tetrapod, quadripods, tribars, dolos dan sebagainya. Menurut Soedjono dan Soehedy (2011) semakin dalam suatu perairan maka semakin besar dan kekuatan gelombang makin kecil atau berkurang. Pemecah gelombang tipe ini banyak digunakan di Indonesia, mengingat dasar laut di pantai perairan Indonesia kebanyakan dari tanah lunak. Selain itu batu alam sebagai bahan utama juga banyak tersedia.

Biasanya butir batu pemecah gelombang sisi miring disusun dalam beberapa lapis, dengan lapis terluar terdiri dari batu dengan ukuran besar dan semakin ke dalam ukurannya semakin kecil. Bentuk butiran akan

mempengaruhi kaitan antara butir batu yang ditumpuk. Butir batu dengan sisi tajam akan mengait satu sama lain dengan lebih baik sehingga lebih stabil. Dalam perencanaan pemecah gelombang sisi miring, ditentukan berat butir batu pelindung dengan menggunakan rumus Hudson:

$$W = \frac{\gamma r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \dots\dots\dots(2.9)$$

$$S_r = \frac{\gamma r}{\gamma a} \dots\dots\dots(2.10)$$

Dengan:

- W = berat butir batu pelindung
- γr = berat jenis batu
- γa = berat jenis air laut
- H = tinggi gelombang rencana
- θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
- K_D = koefisien stabilitas batu pelindung

Elevasi pemecah gelombang dapat diperoleh menggunakan rumus berikut:

$$El_{PemGel} = MHWL + Ru + \text{Tinggi bebas} \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana Ru merupakan nilai run up gelombang yang diperoleh dari fungsi bilangan Iribaren:

$$I_r = \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{L_o}\right)^{0,5}} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan:

- I_r = bilangan Iribaren
- θ = sudut kemiringan sisi pemecah gelombang
- H = tinggi gelombang di lokasi bangunan
- L_o = panjang gelombang di laut dalam

Lebar puncak pemecah gelombang dapat dihitung dengan rumus berikut ini:

$$B = nKa \left(\frac{W}{\gamma r} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan:

- B = lebar puncak
- n = jumlah butir batu
- Ka = koefisien lapis
- W = berat butir lapis pelindung
- γr = berat jenis batu pelindung

Tebal lapis pelindung dan jumlah butir batu tiap satuan luasan diberikan dalam rumus berikut:

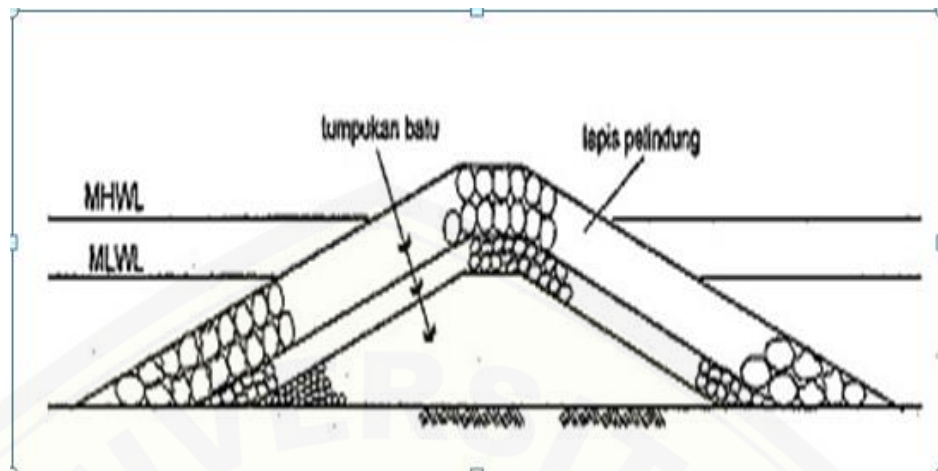
$$t = nKa \left(\frac{W}{\gamma r} \right)^{\frac{1}{3}} \dots\dots\dots(2.14)$$

$$N = AnKa \left(1 - \frac{P}{100} \right) \left(\frac{\gamma r}{W} \right)^{\frac{2}{3}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan:

- t = tebal lapis pelindung
- n = jumlah lapis batu dalam lapis pelindung
- Ka = koefisien lapis
- A = luas permukaan
- P = porositas rerata lapis pelindung
- γr = berat jenis batu

Dibawah ini merupakan gambar dari pemecah gelombang sisi miring:



Gambar 2.10 Pemecah Gelombang Tipe Sisi Miring

2. Pemecah gelombang tipe sisi tegak

Pemecah gelombang ini biasanya ditempatkan di laut dengan kedalaman lebih besar dari tinggi gelombang, akan memantulkan gelombang tersebut. Superposisi antara gelombang datang dan gelombang pantul akan menyebabkan terjadinya gelombang stasioner yang disebut dengan klapotis. Kedalaman maksimum pemecah gelombang ini masih bisa dibangun antara kedalaman 15-20 meter. Bila lebih besar dari kedalaman tersebut, pemecah gelombang menjadi sangat lebar (Bambang Triatmodjo, 2003).

Pemecah gelombang sisi tegak dibuat apabila tanah dasar mempunyai daya dukung besar dan tahan terhadap erosi. Pada tanah dasar dengan daya dukung rendah, dasar dari tumpukan batu dibuat untuk menyebarkan beban pada luasan yang lebih besar.

Pemecah gelombang sisi tegak dapat terbuat dari blok-blok beton massa yang disusun secara vertikal, kaisan beton, turap beton atau baja yang dipancang. Suatu blok beton bisa mempunyai berat 10 sampai 50 ton. Kaisan adalah konstruksi yang berupa kotak dari beton bertulang yang dapat terapung di laut. Pemecah gelombang turap bisa berupa satu jalur turap yang diperkuat dengan tiang-tiang pancang dan blok beton di atasnya

atau berupa dua jalur turap yang dipancang vertikal dan satu dengan lainnya dihubungkan dengan batang-batang angker kemudian diisi dengan pasir dan batu.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan pemecah gelombang sisi tegak yaitu sebagai berikut:

- Tinggi gelombang maksimum rencana harus ditentukan dengan baik karena tidak seperti pemecah gelombang sisi miring, stabilitas terhadap penggulingan merupakan faktor penting.
- Tinggi dinding harus cukup untuk memungkinkan terjadinya klapotis.
- Pondasi bangunan harus dibuat sedemikian rupa sehingga tidak terjadi erosi pada kaki bangunan yang dapat membahayakan stabilitas bangunan.

Gelombang yang menghantam pemecah gelombang sisi tegak akan memberikan tekanan pada bangunan tersebut. Tekanan gelombang pada dinding vertikal diberikan oleh rumus-rumus berikut ini:

$$P_1 = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta)(\alpha_1 + \alpha_2 \cos^2 \beta) \gamma_0 H_{maks} \dots \dots \dots (2.16)$$

$$P_2 = \frac{p_1}{\cos\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \dots \dots \dots (2.17)$$

$$P_3 = \alpha_3 p_1 \dots \dots \dots (2.18)$$

Elevasi maksimum dimana tekanan gelombang bekerja diberikan oleh rumus berikut:

$$\eta = 0,75 (1 + \cos \beta) H_{maks} \dots \dots \dots (2.19)$$

Di dalam rumus tersebut digunakan tinggi gelombang rencana yang nilainya adalah $H_{maks} = 1,8H_s$ dan periode gelombang maksimum adalah sama dengan periode gelombang signifikan. Tekanan apung dihitung berdasarkan berat air laut yang dipindahkan oleh pemecah gelombang. Sedangkan tekanan ke atas yang bekerja pada dasar pemecah gelombang mempunyai bentuk distribusi segitiga, dengan tekanan p_u pada kaki depan

bangunan dan nol pada kaki belakang bangunan. Tekanan ke atas dihitung dengan rumus berikut:

$$P_u = \frac{1}{2} (1 + \cos \beta) \alpha_1 \alpha_3 \gamma_o H_{maks} \dots \dots \dots (2.20)$$

Dari tekanan gelombang yang telah dihitung dengan rumus-rumus di atas, selanjutnya dapat dihitung gaya gelombang dan momen yang ditimbulkan oleh gelombang terhadap kaki pemecah gelombang vertikal dengan menggunakan rumus berikut:

$$P = \frac{1}{2} (p_1 + p_3) d' + \frac{1}{2} (p_1 + p_4) d c^* \dots \dots \dots (2.21)$$

$$M_p = \frac{1}{6} (2p_1 + p_3) d'^2 + \frac{1}{2} (p_1 + p_4) d' d c^* + \frac{1}{6} (p_1 + 2p_4) d c^{*2} \dots \dots \dots (2.22)$$

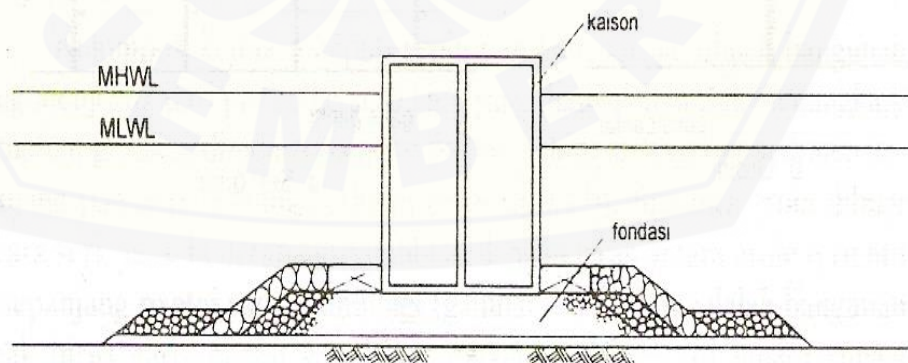
Gaya angkat dan momennya terhadap ujung belakang kaki bangunan adalah:

$$U = \frac{1}{2} p_u B \dots \dots \dots (2.23)$$

$$M_U = \frac{2}{3} U B \dots \dots \dots (2.24)$$

dengan B adalah lebar dasar bangunan vertikal.

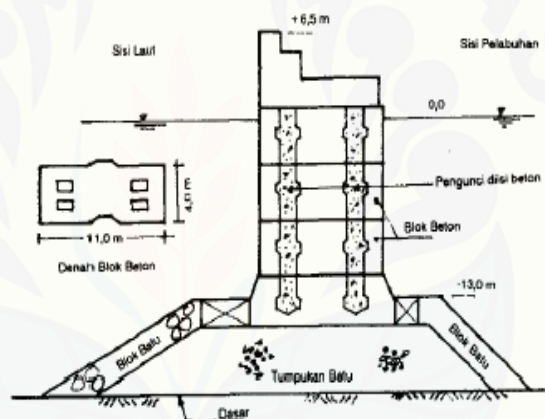
Dibawah ini merupakan gambar dari pemecah gelombang sisi tegak:



Gambar 2.11 Pemecah Gelombang Tipe Sisi Tegak

3. Pemecah gelombang tipe campuran

Pemecah gelombang campuran ini terdiri dari pemecah gelombang sisi tegak yang dibuat di atas pemecah gelombang tumpukan batu. Bangunan ini dibuat apabila kedalaman air sangat besar dan tanah dasar tidak mampu menahan beban dari pemecah gelombang sisi tegak. Pemecah gelombang ini juga harus mampu menahan serangan gelombang pecah. Tipe ini dibuat digunakan pada kedalaman air yang besar dan apabila pemecah gelombang sisi miring dan sisi tegak dinilai tidak ekonomis. Bahan yang digunakan merupakan kombinasi dari kedua tipe sebelumnya.



Gambar 2.12 Pemecah Gelombang Tipe Campuran

Sebagai tambahan tabel 2.1 dibawah ini merupakan perbandingan tipe pemecah gelombang sisi miring, sisi tegak, dan campuran jika dilihat dari segi keuntungannya dan kerugiannya.

Tabel 2.1 Keuntungan dan kerugian ketiga tipe pemecah gelombang

Tipe	Keuntungan
<i>Breakwater</i> Sisi Miring	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevasi puncak bangunan rendah 2. Gelombang refleksi kecil/meredam energi gelombang 3. Kerusakan berangsur-angsur 4. Perbaikan mudah 5. Murah
<i>Breakwater</i> Sisi Tegak	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pelaksanaan pekerjaan cepat 2. Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan kecil 3. Luas perairan pelabuhan lebih besar 4. Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga atau tempat tambatan 5. Biaya perawatan kecil
<i>Breakwater</i> Campuran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pelaksanan pekerjaan cepat 2. Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan kecil 3. Luas perairan pelabuhan besar
Tipe	Kerugian
<i>Breakwater</i> Sisi Miring	<ol style="list-style-type: none"> 1. Jumlah material besar 2. Pelaksanaan pekerjaan lama 3. Kemungkinan kerusakan saat pelaksanaan besar 4. Lebar dasar besar
<i>Breakwater</i> Sisi Tegak	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mahal 2. Elevasi puncak bangunan tinggi 3. Tekanan gelombang besar 4. Perlu tempat pembuatan kaison yang luas 5. Jika rusak sulit diperbaiki 6. Diperlukan peralatan berat 7. Erosi kaki pondasi
<i>Breakwater</i> Campuran	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mahal 2. Diperlukan peralatan berat 3. Perlu tempat pembuatan kaison yang luas

BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Pantai Puger terletak di Kecamatan Puger Kabupaten Jember. Kecamatan Puger dengan luas wilayah kurang lebih 148,99 km², secara geografis berada pada posisi koordinat 08°22' LS sampai dengan 113°29' BT. Pantai Puger berada dalam wilayah administrasi Kecamatan Puger dengan batas-batas wilayah sebagai berikut:

- a. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Balung
- b. Sebelah Selatan berbatasan dengan Laut Jawa
- c. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Gumukmas
- d. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Wuluhan



Gambar 3.1 Peta Lokasi Bangunan Pemecah Gelombang (*Breakwater*) di Pantai Puger, Jember



Gambar 3.2 Bangunan Pemecah Gelombang (*Breakwater*) di Pantai Puger

3.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan penelitian secara garis besar dibagi menjadi 3 tahap yaitu:

3.2.1 Tahap Identifikasi

Pada tahap ini peneliti mengidentifikasi permasalahan yang terdapat di lapangan yang kemudian diangkat sebagai topik atau judul penelitian serta mengevaluasi studi literatur perencanaan sebelumnya.

3.2.2 Tahap pengolahan data

Metode pengolahan data pada penelitian ini adalah dengan menggunakan data-data sekunder. Data sekunder berupa data angin, data pasang surut dan data dimensi *breakwater*. Data angin diperlukan untuk peramalan tinggi dan periode gelombang. Mengingat stasiun data angin di lokasi tidak ada, maka digunakan stasiun data angin dari Stasiun Meteorologi Kelas III Banyuwangi. Data angin yang digunakan adalah data angin terkoreksi pada ketinggian 10 meter, sedangkan elevasi stasiun pengukuran adalah 43 mdpl. Data pasang surut yang digunakan adalah data dari tim survey konsultan perencanaan bangunan pemecah gelombang di Pantai Puger

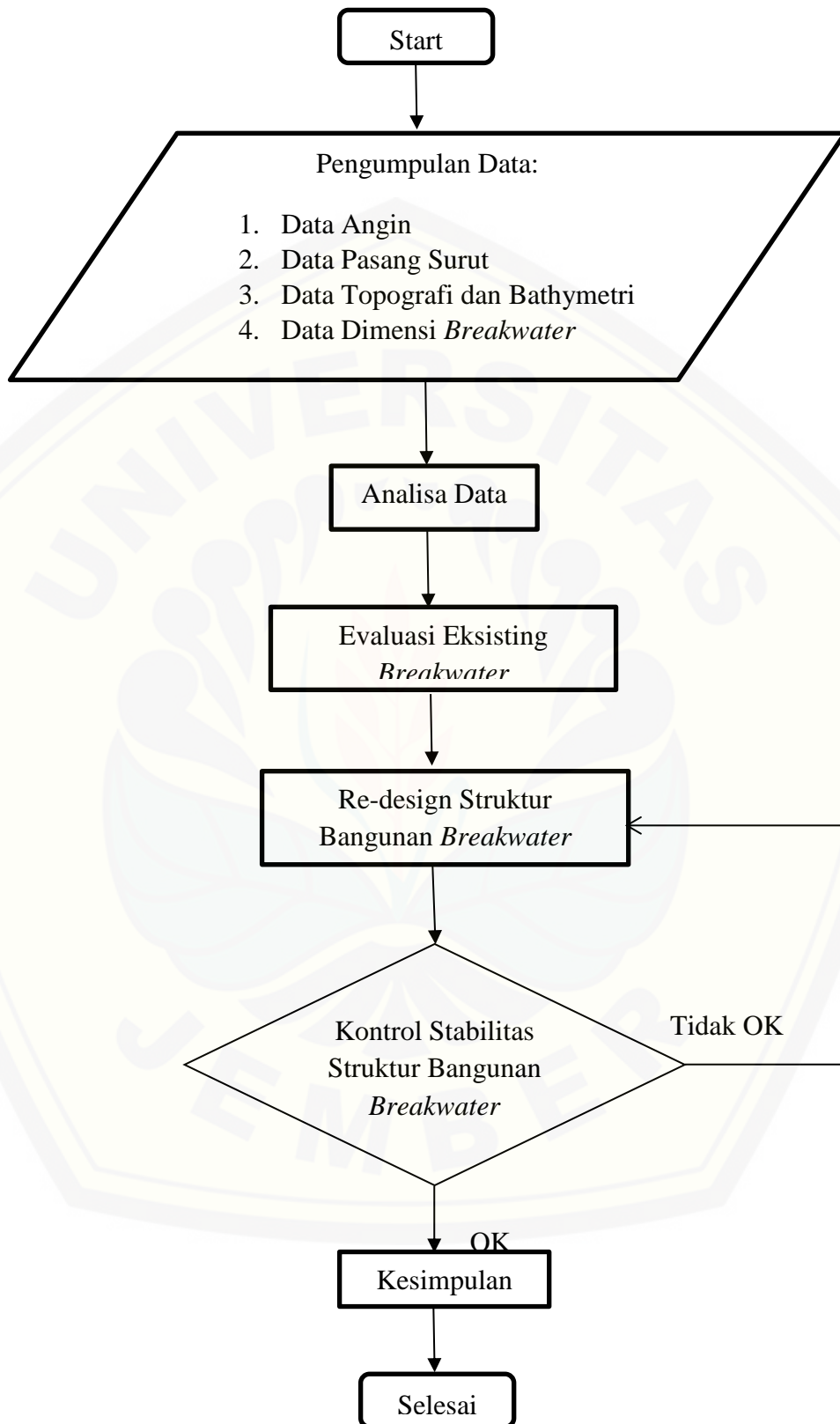
selama kurun waktu 15 hari yaitu periode 26 April – 10 Mei 2012. Peta topografi, bathymetri dan data dimensi pemecah gelombang berupa gambar meliputi data lebar dasar, lebar puncak, tinggi dan elevasi dasar laut yang digunakan untuk kedalaman rencana didapat dari Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Timur.

Setelah data-data sekunder diperoleh, kemudian data tersebut diolah dengan persamaan-persamaan dari teori yang sudah ada. Dari pengolahan data tersebut, hasil yang diharapkan berupa penentuan tata letak bangunan pemecah gelombang, pemilihan tipe bangunan pemecah gelombang, serta detail dimensi bangunan pemecah gelombang yang diusulkan.

3.2.3 Tahap analisis data dan pembahasan

Setelah tahap pengolahan data dilakukan, maka tahap selanjutnya yaitu melakukan analisis hasil dan pembahasan. Hal ini bertujuan untuk mengkaji apakah pemilihan breakwater yang dipakai efektif dalam menjaga kondisi perairan di Pantai Puger. Sehingga dapat meningkatkan efisiensi mobilitas kapal yang akan berlabuh. Dari analisis hasil akan ditarik kesimpulan yang sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu rencana ulang bangunan pemecah gelombang dapat menjadi alternatif solusi pemecahan permasalahan yang ada.

Adapun kerangka kerja/*flowchart* pada penelitian ini digambarkan dalam skema dibawah ini:



Gambar 3.3 Flowchart Penelitian

Agar pelaksanaan penelitian selesai tepat pada waktunya, maka dibuat *time schedule* penelitian seperti tabel 3.1 dibawah ini:

Table 3.1 *Time Schedule* Penelitian

No	Kegiatan	Bulan ke-1				Bulan ke-2				Bulan ke-3				Bulan ke-4				Bulan ke-5				Bulan ke-6			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Studi Literatur	█																							
2	Survei Lapangan	█				█				█				█				█				█			
	Pengambilan Data:	█																							
3	Data Angin	█				█				█				█				█				█			
4	Data Pasang Surut	█				█				█				█				█				█			
5	Peta Topografi dan Bathimetri	█				█				█				█				█				█			
6	Data Dimensi <i>Breakwater</i>	█				█				█				█				█				█			
7	Penyusunan Metode Penelitian	█				█				█				█				█				█			
8	Seminar Proposal	█				█				█				█				█				█			
9	Revisi Proposal	█				█				█				█				█				█			
	Analisa Data dan Pembahasan:	█																							
10	Menganalisa data angin	█				█				█				█				█				█			
11	Menentukan nilai faktor tegangan angin	█				█				█				█				█				█			
12	Menentukan nilai gelombang signifikan dan periode signifikan	█				█				█				█				█				█			
13	Menghitung refraksi gelombang	█				█				█				█				█				█			
14	Menghitung tinggi gelombang di laut dalam	█				█				█				█				█				█			
15	Menghitung tinggi gelombang ekuivalen	█				█				█				█				█				█			
16	Menghitung elevasi puncak pemecah gelombang	█				█				█				█				█				█			
17	Menghitung berat butir lapis lindung pemecah gelombang	█				█				█				█				█				█			
18	Menghitung lebar puncak pemecah gelombang	█				█				█				█				█				█			
19	Menghitung tebal lapis lindung pemecah gelombang	█				█				█				█				█				█			
20	Menghitung jumlah batu pelindung pemecah gelombang	█				█				█				█				█				█			
21	Seminar Hasil	█				█				█				█				█				█			
22	Pengambilan Kesimpulan	█				█				█				█				█				█			
23	Sidang	█				█				█				█				█				█			

BAB 5. PENUTUP

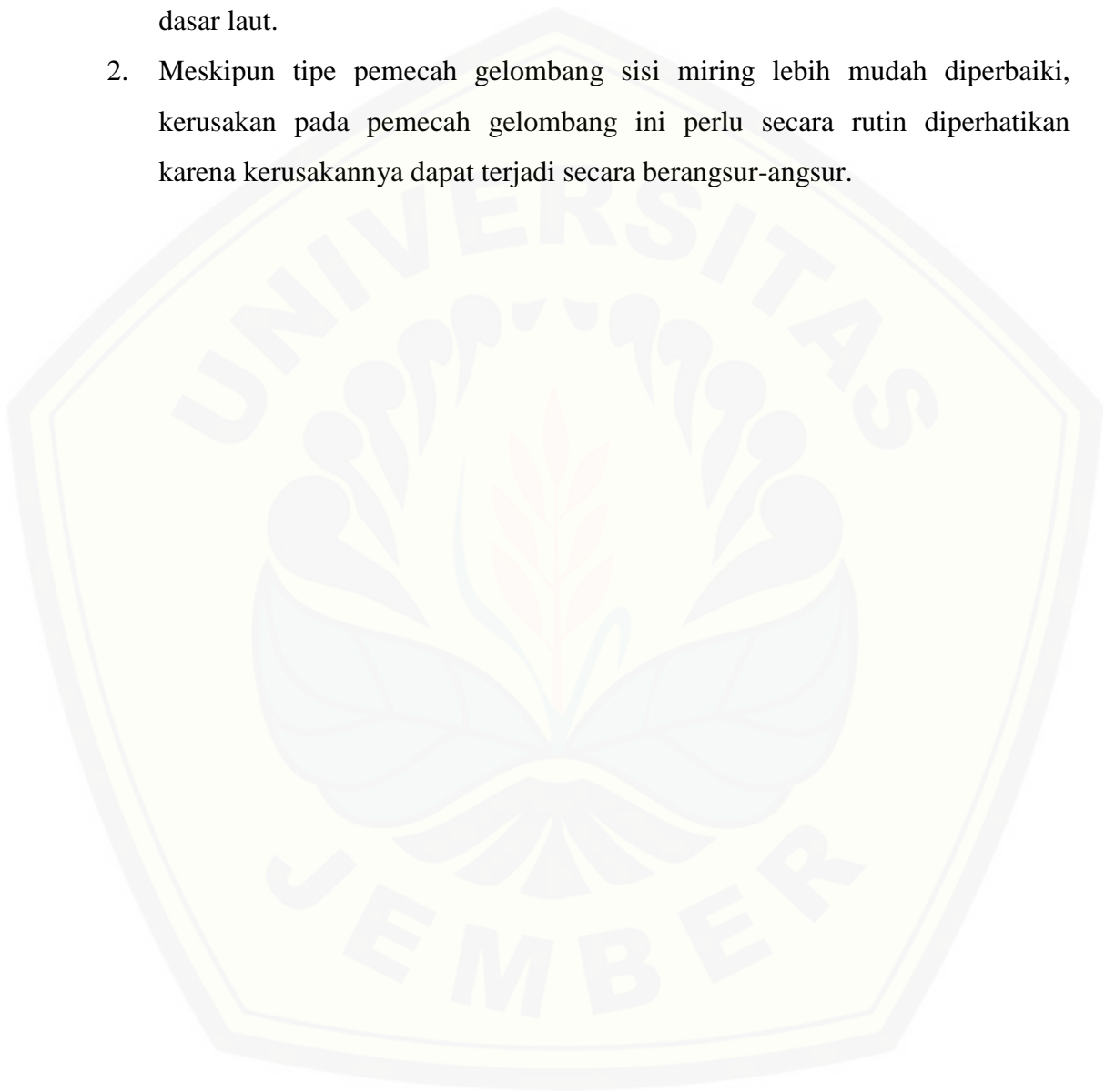
5.1 Kesimpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bangunan pemecah gelombang yang ada di Pantai Puger untuk mengetahui kinerjanya ditinjau dari tata letak bangunan dan stabilitas bangunannya. Tata letak bangunan yang ada sekarang hanya dapat meredam energi gelombang yang datang dari sudut 270° (barat). Sedangkan pada saat analisis data menggunakan data angin sebagai faktor pembangkit gelombang, didapat arah datang gelombang dominan dari sudut 180° (selatan). Sehingga gelombang yang datang dari arah selatan bisa masuk ke mulut muara sungai yang digunakan sebagai pintu masuk ke pelabuhan pendaratan ikan di Pantai Puger. Ditinjau dari segi stabilitas bangunannya, bangunan pemecah gelombang tipe sisi miring didapatkan hasil perbedaan dimensi bangunan pemecah gelombang yang ada sekarang dengan dimensi bangunan pemecah gelombang yang diusulkan. Dimensi bangunan pemecah gelombang yang diusulkan mempunyai dimensi yang lebih besar.
2. Diperlukan perencanaan bangunan pemecah gelombang baru dengan mengubah tata letak bangunan serta dimensi bangunan pemecah gelombang. Diusulkan tata letak pemecah gelombang baru dengan menggeser sudut bangunan sebesar $225^\circ + 17^\circ$. Selain mengubah tata letak bangunan, diusulkan pula desain bangunan pemecah gelombang baru dengan tipe sisi miring namun dengan dimensi bangunan yang lebih besar. Hasil perhitungan dimensi bangunan pemecah gelombang yang diusulkan mempunyai tinggi bangunan 5,5 m. Untuk lebar puncak bangunan 2,8 m, serta panjang pelindung kaki depan 9 m kaki belakang 6 m.

5.2 Saran

1. Dengan adanya pemecah gelombang, arus laut dan gelombang akan tereduksi dan hal ini justru akan memicu terjadinya sedimentasi disekitar pemecah gelombang. Hal ini perlu dikaji lebih lanjut agar tidak terjadi pendangkalan dasar laut.
2. Meskipun tipe pemecah gelombang sisi miring lebih mudah diperbaiki, kerusakan pada pemecah gelombang ini perlu secara rutin diperhatikan karena kerusakannya dapat terjadi secara berangsur-angsur.



DAFTAR PUSTAKA

- CERC. 1984. *Shore Protection Manual (Vol 1)*. Washington, DC: US Army Corps of Engineer.
- Febriansyah. 2012. *Perencanaan Pemecah Gelombang (Breakwater) di Pelabuhan Merak*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Indonesia. Depok.
- Fuddoly (2014). *Evaluasi dan Re-design Breakwater untuk Pelabuhan Penyeberangan (Ferry) Waikelo, Kabupaten Sumba Barat Nusa Tenggara Timur*. Jurnal Teknik Pomits Vol.1 No.1
- Kramadibrata, Soedjono. 1985. *Perencanaan Pelabuhan*. Bandung: Ganeca Exact.
- Masykur, Irfani dan Mhd. Irzan. 2013. *Perencanaan Pengaman Pantai Kragan dalam Menangani Masalah Abrasi*. Jurnal Inersia Vol. 4 No.2.
- Pebriana, Toni. 2012. *Desain Pengaman Pantai Manokwari dan Pantai Pulau Mansinam Kabupaten Manokwari*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Pieter Lourens Frans dan Isak Lilipory. 2013. *Analisa Karakteristik Gelombang untuk Pembangunan Pangkalan Pendaratan Ikan (PPI) Eri Ambon*. Jurnal Logika Vol.11 No.1.
- Prima, N (2013). *Pengaruh Angin terhadap Tinggi Gelombang pada Struktur Bangunan Breakwater di Tapak Paderi Kota Bengkulu*. Jurnal Inersia Vol. 5 No.1
- Saputro, M.S. dan Nawawi, M. 2010. *Analisis Abrasi Pantai Semarang Bagian Barat*. Tugas akhir Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro. Semarang.
- Soehedy. 2011. *Analisis Kecepatan Angin terhadap Panjang Pemecah Gelombang (Breakwater) pada Alur Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu*. Skripsi Jurusan Teknik Sipil Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Triatmodjo, B. 1999. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta offset.
- Triatmodjo, B. 1999. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta offset.
- Yuwono, Nur. 1982. *Teknik Pantai (Vol 1)*. Yogyakarta: BP KMTS.

LAMPIRAN

Tabel Pengamatan Pasang Surut Periode 26 April – 10 Mei 2012

Day	Date	hour @												
		0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00
1	26-Apr-12	1,690	1,470	1,140	0,810	0,570	0,500	0,630	0,930	1,330	1,740	2,040	2,170	2,080
2	27-Apr-12	1,640	1,520	1,280	0,970	0,740	0,610	0,630	0,820	1,150	1,490	1,730	1,960	2,010
3	28-Apr-12	1,540	1,680	1,620	1,320	0,980	0,760	0,710	0,810	0,920	1,210	1,540	1,820	1,910
4	29-Apr-12	1,400	1,450	1,450	1,320	1,250	1,030	0,850	0,900	0,980	1,100	1,350	1,550	1,670
5	30-Apr-12	1,400	1,450	1,450	1,320	1,250	1,030	0,850	0,900	0,980	1,100	1,350	1,550	1,670
6	1-May-12	1,080	1,300	1,420	1,490	1,510	1,480	1,430	1,350	1,220	1,160	1,120	1,150	1,200
7	2-May-12	0,900	1,020	1,170	1,430	1,550	1,590	1,650	1,570	1,430	1,260	1,140	1,040	0,980
8	3-May-12	0,780	0,860	0,980	1,490	1,630	1,720	1,830	1,850	1,690	1,480	1,200	0,950	0,760
9	4-May-12	0,760	0,650	0,720	0,980	1,320	1,680	1,900	1,970	2,050	1,880	1,400	0,980	0,680
10	5-May-12	0,820	0,650	0,680	0,820	1,160	1,490	1,980	2,250	2,360	2,200	1,900	1,500	1,100
11	6-May-12	1,130	0,850	0,660	0,630	0,940	1,250	1,830	2,200	2,380	2,370	2,180	1,800	1,300
12	7-May-12	1,400	1,000	0,710	0,630	0,800	1,200	1,750	2,030	2,450	2,660	2,520	2,150	1,620
13	8-May-12	1,540	1,110	0,710	0,430	0,440	0,710	1,170	1,730	2,250	2,610	2,630	2,480	1,110
14	9-May-12	1,790	1,410	0,980	0,610	0,430	0,500	0,840	1,310	1,870	2,350	2,620	2,630	2,340
15	10-May-12	1,880	1,670	1,270	1,020	0,580	0,480	0,610	0,960	1,440	1,950	2,350	2,480	2,400

Day	Date	hour @										
		13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
1	26-Apr-12	1,770	1,360	0,870	0,490	0,250	0,210	0,360	0,670	1,040	1,370	1,590
2	27-Apr-12	1,890	1,640	1,250	0,950	0,610	0,440	0,380	0,510	0,810	1,090	1,380
3	28-Apr-12	1,820	1,660	1,360	1,030	0,730	0,530	0,570	0,580	0,700	0,950	1,170
4	29-Apr-12	1,770	1,720	1,600	1,460	1,150	0,950	0,730	0,680	0,700	0,870	1,050
5	30-Apr-12	1,770	1,720	1,600	1,460	1,150	0,950	0,730	0,680	0,700	0,870	1,050
6	1-May-12	1,340	1,400	1,550	1,560	1,570	1,480	1,370	1,180	1,020	0,900	0,860
7	2-May-12	0,980	1,110	1,320	1,480	1,580	1,650	1,560	1,440	1,200	1,040	0,890
8	3-May-12	0,680	0,760	0,950	1,190	1,470	1,680	1,740	1,650	1,500	1,240	0,850
9	4-May-12	0,390	0,300	0,450	0,670	1,140	1,370	1,570	1,700	1,650	1,400	1,110
10	5-May-12	0,720	0,420	0,300	0,480	0,780	1,200	1,650	1,920	1,950	1,740	1,360
11	6-May-12	0,860	0,490	0,290	0,300	0,490	0,920	1,380	1,760	1,930	1,870	1,630
12	7-May-12	1,150	0,670	0,300	0,200	0,230	0,570	1,050	1,560	1,900	1,980	1,880
13	8-May-12	1,370	0,720	0,420	0,210	0,200	0,510	0,650	1,190	1,670	1,850	1,920
14	9-May-12	1,830	1,190	0,580	0,370	0,200	0,250	0,360	0,830	1,340	1,740	1,900
15	10-May-12	2,130	1,620	1,030	0,510	0,420	0,280	0,320	0,550	1,010	1,440	1,780

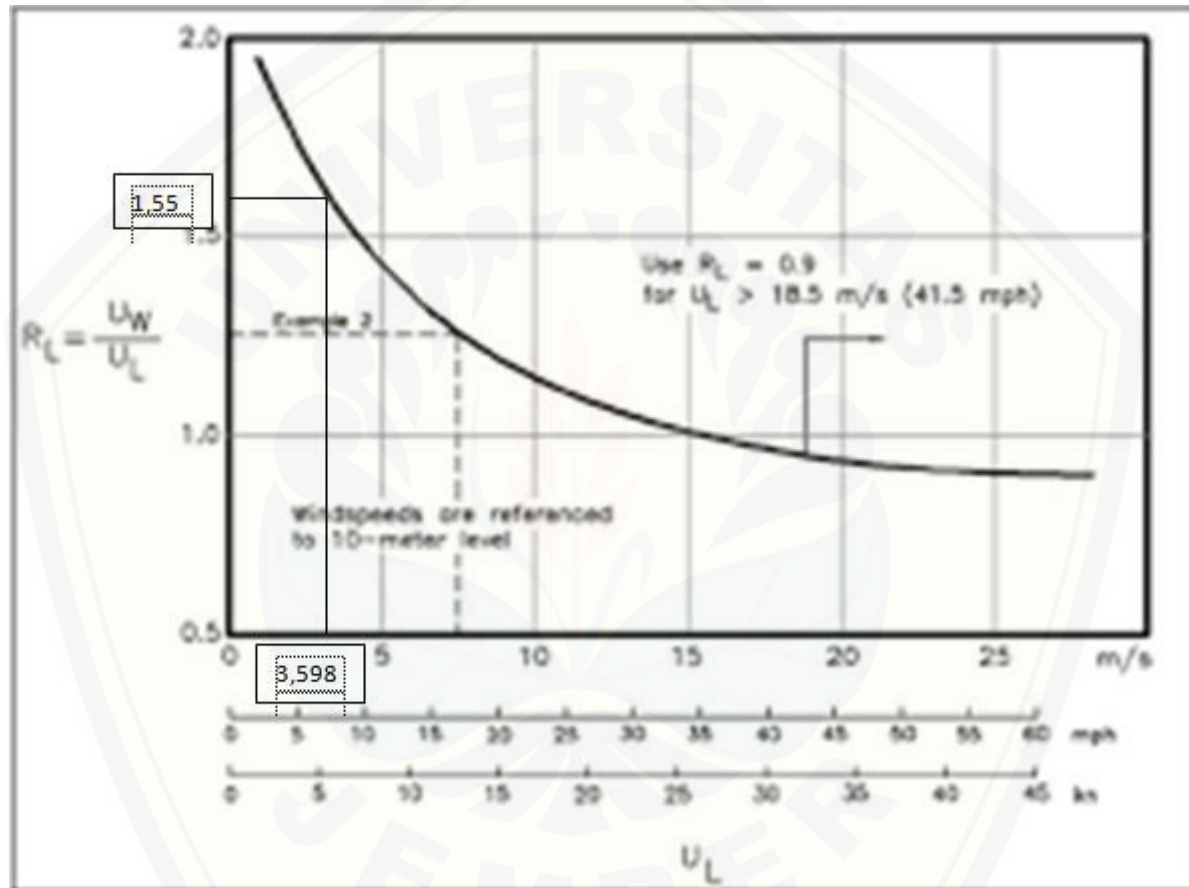
Tabel Nilai Koefisien Lapis berdasarkan Shore Protection Manual 1984

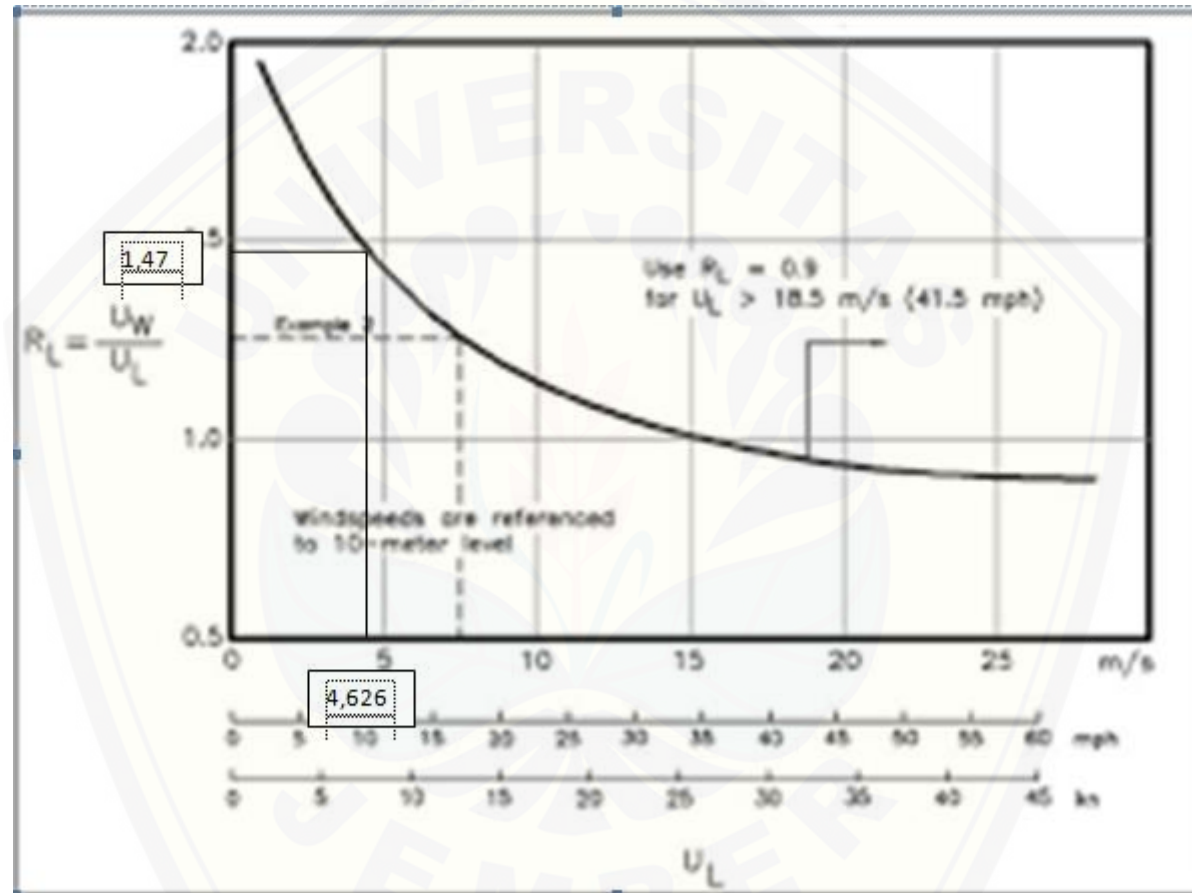
Batu Pelindung	n	Penempatan	Koef. Lapis	Porositas (%)
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1,02	38
Batu alam (kasar)	2	random (acak)	1,15	37
Batu alam (kasar)	>3	random (acak)	1,1	40
Kubus	2	random (acak)	1,1	47
Tetrapod	2	random (acak)	1,04	50
Quadripod	2	random (acak)	0,95	49
Hexapod	2	random (acak)	1,15	47
Tribard	2	random (acak)	1,02	54
Toskane	2	random (acak)	1,03	52
Dolos	2	random (acak)	1	63
Tribard	1	seragam	1,13	47
Batu alam		random (acak)		37

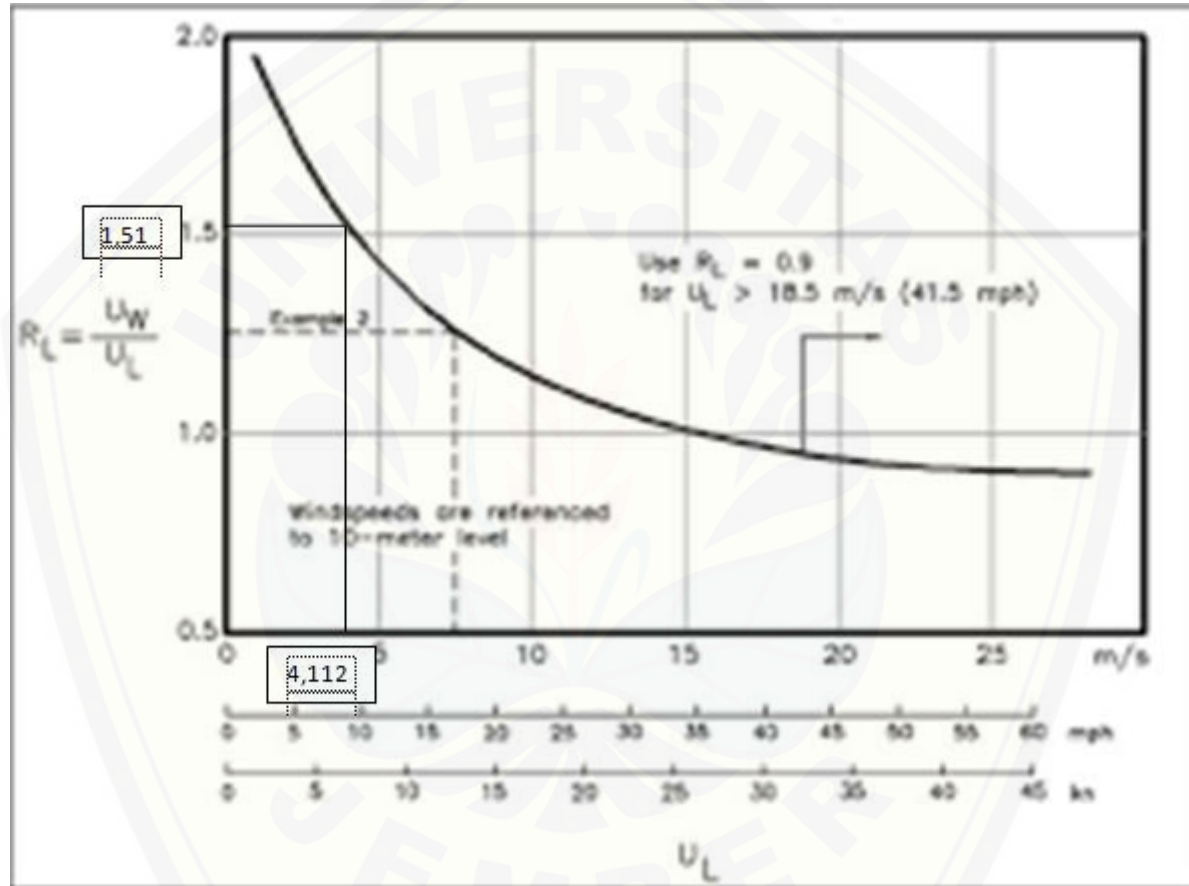
Tabel Nilai Koefisien Stabilitas (K_D) berdasarkan Shore Protection Manual 1984

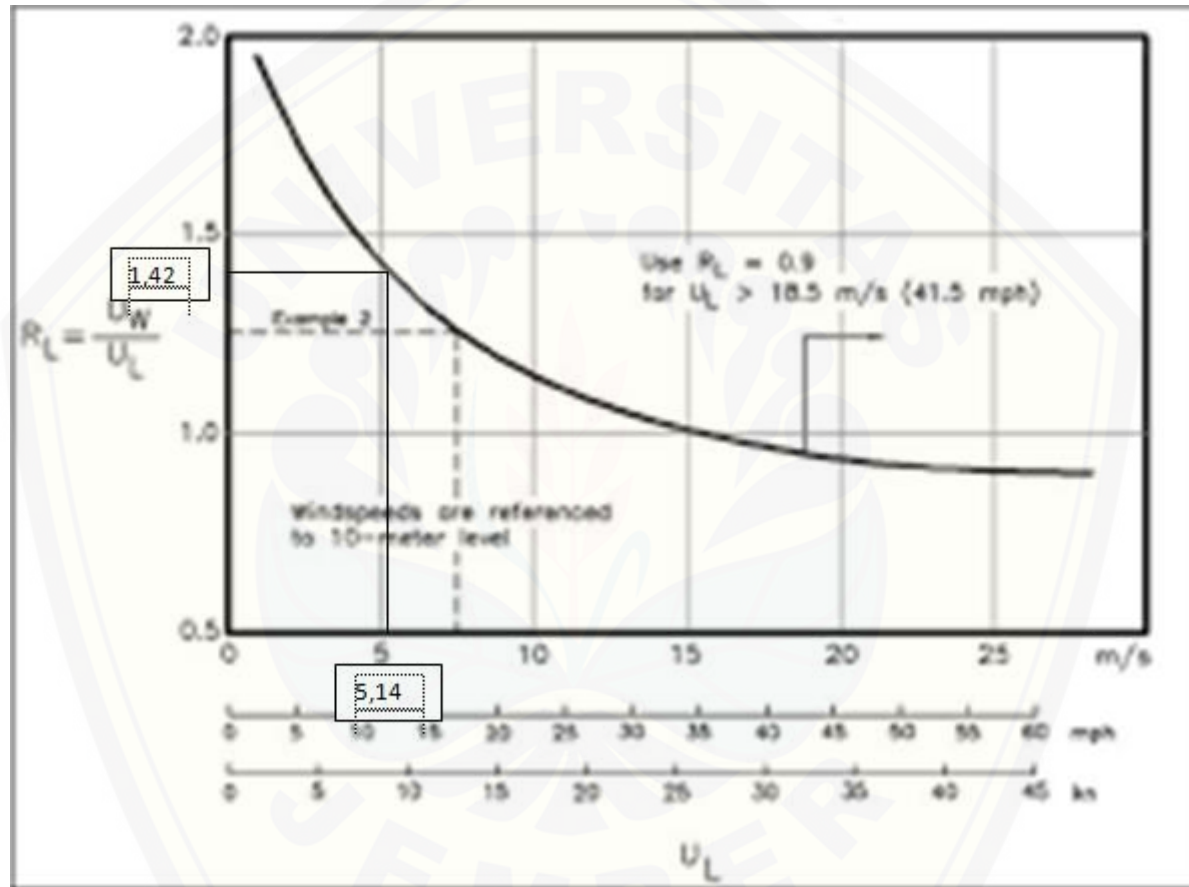
No - Damage Criteria and Minor Overtopping							
Armour Units	n^3	Placement	Structure Trunk		Structure Head		Slope Cot θ
			K_D^2		K_D		
			Breaking Wave	Nonbreaking Wave	Breaking Wave	Nonbreaking Wave	
Quarystone							
Smooth rounded	2	Random	1,2	2,4	1,1	1,9	1.5 to 3,0
Smooth rounded	>3	Random	1,6	3,2	1,4	2,3	5
Rough angular	1	Random 4	4	2,9	4	2,3	5
Rough angular	2	Random	2,0	4,0	1,9	3,2	1,5
					1,3	2,3	3,0
Rough angular	>3	Random	2,2	4,5	2,1	4,2	5
Rough angular	2	Special	5,8	7,0	5,3	6,4	5
Parallepiped 7	2	Special	7,0 - 20,0	8,5 - 24,0	-	-	
Tetrapod					5,0	6,0	1,5
and	2	Random	7,0	8,0	4,5	5,5	2,0
Quadripod					3,5	4,0	3,0
Tribar	2	Random	9,0	10,0	8,3	9,0	1,5
					6,0	6,5	3,0
Dolos	2	Random	15.8 ⁸	31.8 ⁸	8,0	16,0	2.0 ⁹
					7,0	14,0	3,0
Modified cube	2	Random	6,5	7,5	-	5,0	5
Hexapod	2	Random	8,0	9,5	5,0	7,0	5
Toskane	2	Random	11,0	22,0			5
Tribar	1	Unifarm	12,0	15,0	7,5	9,5	5
Quarystone (K_{RR})							
Graded angular		Random	2,2	2,5	-	-	-

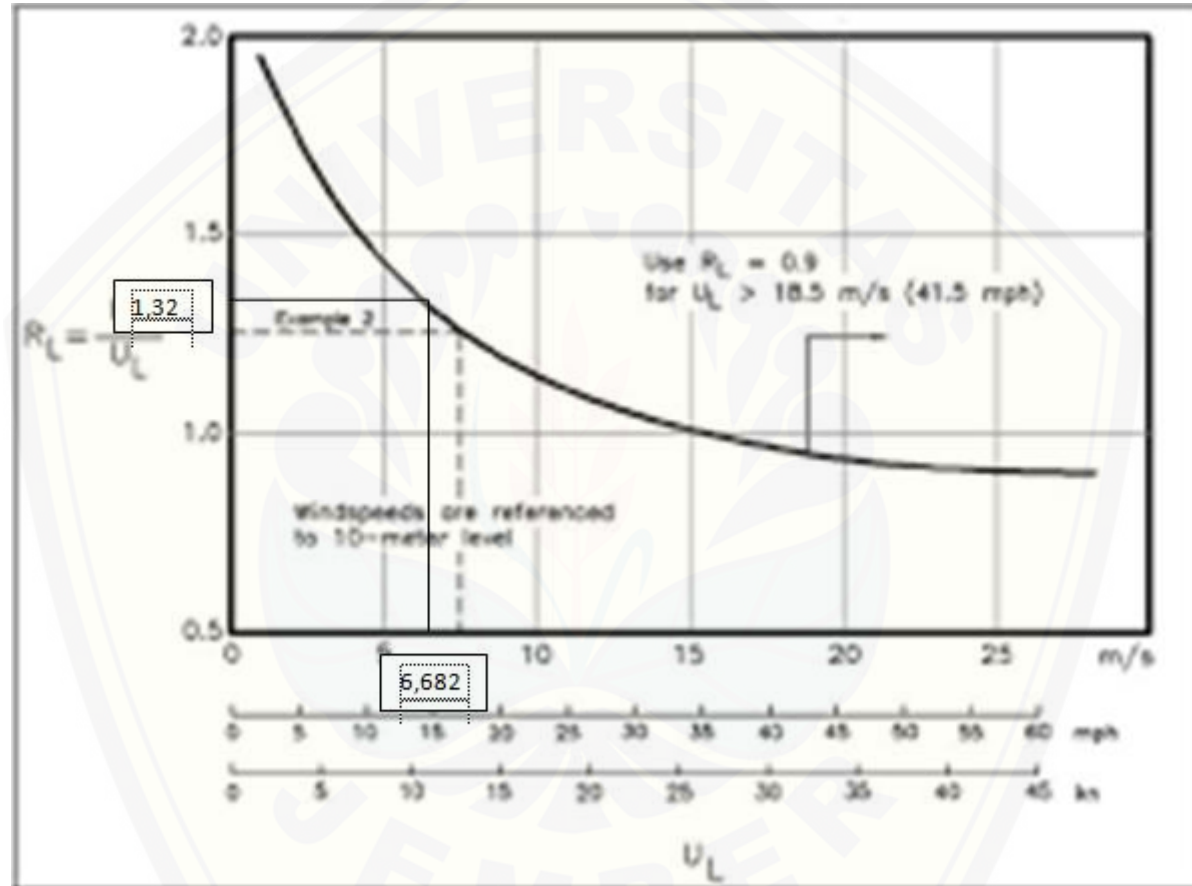
Grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat



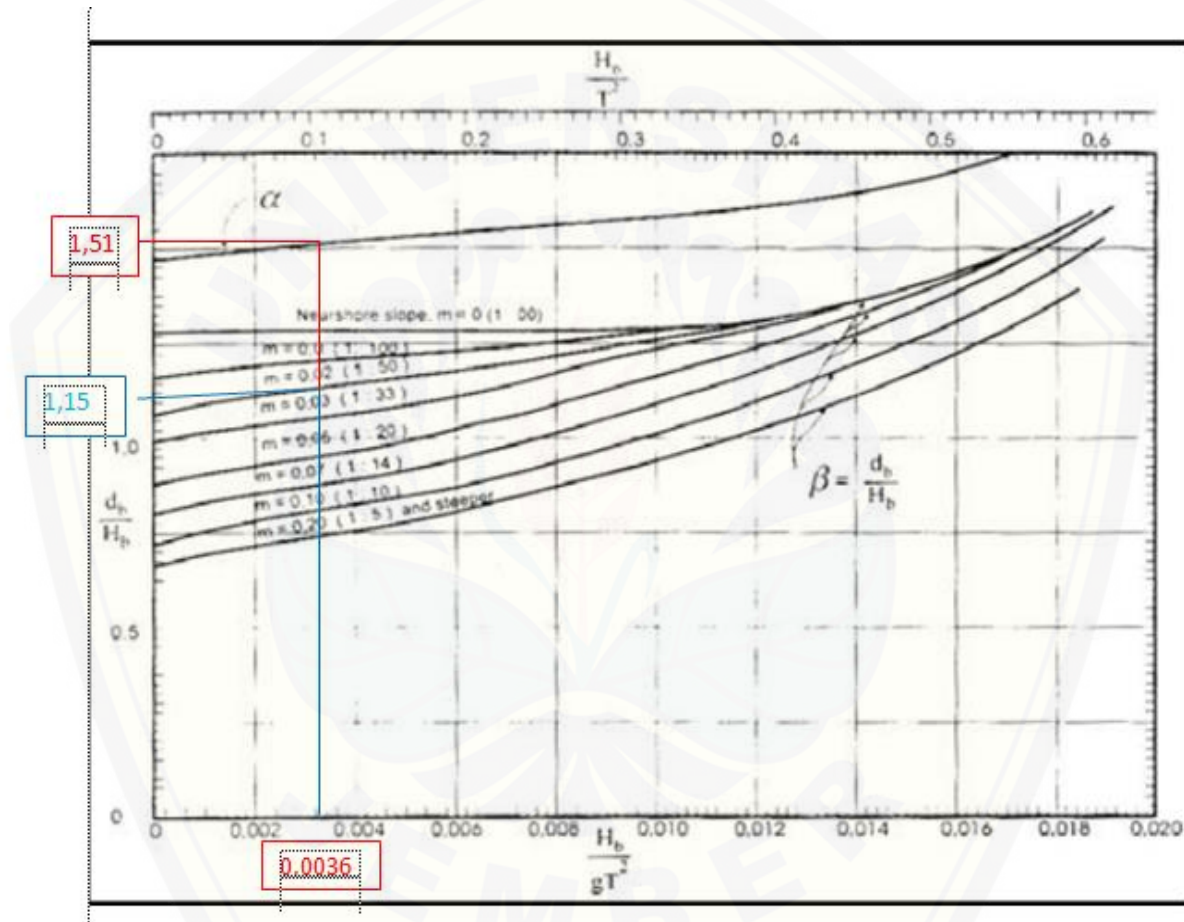








Grafik penentuan α dan β



Grafik *run up* gelombang

