

35069/14/09



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

Rske  
627.24  
Put  
P-1  
2009

TUGAS AKHIR - LL 1327

# PERANCANGAN PEREDAM GELOMBANG STRUKTUR TERAPUNG

ANDHIKA SUKMANA PUTRA

NRP. 4304 100 039

Dosen Pembimbing

Ir. Imam Rochani, M.Sc.

Dr. Ir. Handayanu, M.Sc

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2009

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	17-2-2009
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	834



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

FINAL PROJECT - LL 1327

# DESIGN OF FLOATING STRUCTURE WAVE DAMPING

ANDHIKA SUKMANA PUTRA

REG. 4304 100 039

Supervisors

Ir. Imam Rochani, M.Sc.

Dr. Ir. Handayanu, M.Sc

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya 2009

**PERANCANGAN PEREDAM GELOMBANG STRUKTUR  
TERAPUNG**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**ANDHIKA SUKMANA PUTRA**

NRP. 4304 100 039

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Imam Rochani, M.Sc ..... (Pembimbing 1)

2. Dr. Ir. Handayanu M.Sc ..... (Pembimbing 2)



SURABAYA, 2 Februari 2009

# Perancangan Peredam Gelombang Struktur Terapung

Nama Mahasiswa : Andhika Sukmana Putra  
NRP : 4304 100 039  
Jurusan : Teknik Kelautan FTK – ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Imam Rochani, M.Sc  
Dr. Ir. Handayanu, M.Sc

## ABSTRAK

Selama ini kita mengenal tentang peredam gelombang dengan tipe *rubblemound*. Karena tidak selalu daerah pantai yang dilindungi memiliki sumber batu belah dan akses jalan, sehingga tingkat ekonomisnya menjadi sangat rendah. Oleh karena itu diperlukan suatu peredam gelombang yang memiliki mobilitas dengan tidak mengurangi efisiensi biaya maupun dari aspek fungsi sebagai peredam gelombang. Dalam perencanaannya *floating breakwater* ini memiliki empat aspek, pertama buoyancy dan *floating stability*, kedua gelombang transmisi, ketiga gaya pada mooring, dan keempat breakwater unit struktural design. Langkah awal adalah dengan menentukan range  $d/h$  dengan batasan gelombang transmisi yang tidak merusak pantai dan freeboard ( $h$ ) tidak melebihi tinggi gelombang maksimum dari perhitungan periode ulang. Pada penelitian ini digunakan dimensi struktur 25m x 8m x 5m yang masih memenuhi range  $d/h$  dengan batasan tinggi gelombang 100 tahunan. Struktur *floating breakwater* menggunakan bahan ferro cement dengan  $\rho = 2.5 \text{ ton/m}^3$ . Dari dimensi tersebut, dianalisa buoyancy dan stabilitasnya. Pada stabilitas dilakukan perbandingan antara righting arm dengan heeling moment, sehingga didapat rasio perbandingannya dan struktur ini mampu bertahan hingga kecepatan angin 4 m/s. Dalam penentuan dimensi *chain cable* sebesar 66 mm diperlukan total gaya arah horizontal sebesar 2285 kN, sehingga diketahui beban pada masing-masing *mooring line* sebesar 1142.5 kN. Dengan menggunakan Moses dilakukan pemodelan struktur *floating breakwater* hingga didapat righting arm dan gaya gelombang terhadap struktur.

**Kata-kata kunci :** *floating breakwater*, gelombang transmisi, stabilitas, buoyancy, *mooring force*, Moses

## DESIGN OF FLOATING STRUCTURE WAVE DAMPING

**Name** : Andhika Sukmana Putra  
**REG** : 4304 100 039  
**Department** : Ocean Engineering Department - ITS  
**Supervisors** : Ir. Imam Rochani, M.Sc  
Dr. Ir. Handayanu, M.Sc

### ABSTRACT

Till now we know the famous ocean wave damper is rubblemount type breakwater. Because not always coast area protected has source of split stone and street access, so that economic become very low. Therefore is required an ocean wave damper having mobility with high efficiency as wave damper. The floating breakwater has four aspects, firstly buoyancy and floating stability, secondly waving transmission, thirdly force at mooring, and fourth breakwater structural unit of design. Initial step is by determining range  $d/h$  with constrain wave transmission that is not destroy coast, and freeboard ( $h$ ) doesn't exceed maximum design wave height. At this research applied structure dimension is 25m x 8m x 5m which still fulfilling range  $d/h$  with wave height constrain 100 return period. Structure floating breakwater applies material ferro cement with  $\rho = 25 \text{ ton/m}^3$ . Based on the dimension, the buoyancy and stability was analysed. At stability check is done comparison of righthing arm with heeling moment. It was found the ratio of righting arm and heeling moment equa to 1.7 for wind load of 4 m/s. In determinantion of dimension chain cable 66 mm is required to hold the total horizontal force 2285 kN , that give force at each mooring line 11425 kN. Moses was used to model the structure floating breakwater, to find righting arm and wave force to structure.

**Keynote** : *floating breakwater,transmission wave , stability, buoyancy, mooring force,Moses*

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

*Alhamdulillah hirobbilalamin* kami panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis. Sholawat serta salam kepada junjungan umat manusia Rasulullah Muhammad SAW, serta kepada seluruh pihak yang telah membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan segenap kemampuan yang penulis miliki.

Tugas Akhir disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Sarjana (S1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam proses penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan serta dukungan banyak pihak, sehingga pada kesempatan kali ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan kasih sayang-NYA serta Nabi Muhammad SAW atas semua tauladannya.
2. Bapak dan Ibu atas semua kasih sayang serta pengorbanannya selama ini, serta semua keluarga (Mak Isya, Bapak Delan, Dek Ian) terima kasih atas semuanya. Buat dek Ayu terimakasih dukungan dan bantuannya.
3. Ir. Murdjito, M.Sc.Eng sebagai Kajur Teknik Kelautan, sebagai mantan Kepala Laboratorium Operasional dan Riset, terima kasih atas semua bimbingan serta nasehat-nasehatnya selama ini.
4. Ir. Imam Rochani, M.Sc dan Dr. Ir. Handyanu, M.Sc sebagai dosen pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir ini, terima kasih atas ilmu, dedikasi serta kesabaran dalam membimbing penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

5. Ir. Imam Rochani, M.Sc sebagai dosen wali penulis. Terima kasih atas nasehat serta pengarahannya selama penulis menyelesaikan studinya di Jurusan Teknik Kelautan ITS Surabaya.
6. Semua staf pengajar Jurusan Teknik Kelautan ITS. Terima kasih atas ilmu serta pengalamannya yang luar biasa.
7. Semua saudaraku angkatan 2004, 2005, 2006 serta teman-teman di Laboratorium Operasional dan Riset. Terima kasih atas bantuan dan motivasinya.
8. Pegawai TU Jurusan Teknik Kelautan, Pak Teguh, Pak Man, Pak Utomo dan Bu Lismi. Terima kasih atas segala bantuannya selama ini.

Penulis menyadari bahwa dalam pengerjaan dan penulisan penelitian ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pihak lain.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Surabaya, 2 Februari 2009

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	
KATA PENGANTAR	
DAFTAR ISI	
DAFTAR TABEL	
DAFTAR GAMBAR	
DAFTAR LAMPIRAN	
DAFTAR NOTASI	

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4

### **BAB II DASAR TEORI**

2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori	6
2.2.1 Pengertian Umum Floating Breakwater	6
2.2.2 Periode Ulang	7
2.2.3 Buoyancy dan Stabilitas	11
2.2.4 Gaya Gelombang	12
2.2.5 Spektrum Gelombang	17
2.2.6 Gelombang Transmisi	19
2.2.7 Penentuan Teori Gelombang	21
2.2.8 Teori Gelombang Stokes	23
2.2.9 Gaya Angin	24

2.2.10 Gerakan Struktur Bangunan Apung	26
2.2.11 Sistem Mooring	27
2.2.12 Sekilas Software Moses	29

### **BAB III METODOLOGI**

3.1 Penjelasan Diagram Alir	31
3.2. Diagram Alir	35

### **BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Perencanaan Awal	37
4.1.1 Pengaruh Dimensi Terhadap Gelombang Transmisi	37
4.1.2 Periode Ulang	41
4.1.3 Deformasi Gelombang	42
4.1.4 Menentukan Dimensi Struktur	43
4.1.5 Peninjauan Tinggi Gelombang	45
4.1.6 Pemodelan Struktur Floating Breakwater	47
4.2 Buoyancy dan Stabilitas	48
4.3 Tegangan Pada Mooring	50
4.3.1 Horisontal Force	49
4.3.2 Mooring Analysis	51

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	52

### **DAFTAR PUSTAKA**

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien untuk menghitung deviasi standart (triatmodjo,1999)	10
Tabel 2.2 Variasi harga dari koefisien gaya berdasarkan pada bentuk profil (API WSD,2005)	26
Tabel 4.1 Hitungan gelombang dengan periode ulang metode Weibull	41
Tabel 4.2 Gelombang dengan periode ulang tertentu metode Weibull	41
Tabel 4.3 Tinggi gelombang pada kedalaman tertentu	43
Tabel 4.4 Range pemilihan d dan h	44
Tabel 4.5 Wave force dengan teori difraksi	50

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Concrete Floating breakwater</i> (FDN,2005)	6
Gambar 2.2 Kurva stabilitas (ABS RULES for BUILDING and CLASSING MOBILE OFFSHORE DRILLING UNITS, 2001)	12
Gambar 2.3.a Wave loading regime first order (Standing,1988)	13
Gambar 2.3.b Wave loading regime second order (Standing,1988)	13
Gambar 2.5 Perbandingan antara gaya Morisson dan gaya Difraksi (Barltrop,1998)	14
Gambar 2.6 Added mass untuk struktur terapung (Barltrop,1998)	17
Gambar 2.7 Region of validity (Chakrabarti)	21
Gambar 2.8 Region of validity (CEM,1992)	22
Gambar 2.9 Profil gelombang	22
Gambar 2.10 Enam Derajat Kebebasan Gerakan Struktur terapung	26
Gambar 2.11 Konfigurasi <i>mooring</i>	28
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir	35
Gambar 3.2 Diagram alir pengerjaan tugas akhir (lanjutan)	36
Gambar 4.1 Hubungan antara frekuensi dengan Si, St, Kt Carr's	37
Gambar 4.2 Hubungan antara frekuensi dengan Si, St, Kt Mocagno's	38
Gambar 4.3. Hubungan antara frekuensi dengan Si, St, Kt Carr's pada pantai Tuban dengan B: 4.9 dan D: 1.	39
Gambar 4.4. Perbandingan Spektrum transmisi dengan konfigurasi sarat air	39
Gambar 4.5. Perbandingan Spektrum transmisi dengan konfigurasi lebar struktur	40
Gambar 4.6. Perbandingan Spektrum transmis dengan konfigurasi sarat air dan lebar struktur	40
Gambar 4.7 Gambar periode ulang dengan metode Weibull	41
Gambar 4.8 Perubahan tinggi gelombang dan Ks pada kedalaman tinjau	43
Gambar 4.9 Parameter range pemilihan d dan h	43
Gambar 4.10 Range pemilihan d dan h	44
Gambar 4.11 Model dengan slope 0.17	45

Gambar 4.12 Model dengan slope 0.2	45
Gambar 4.13 Model dengan slope 0.3	46
Gambar 4.14 Tinggi gelombang dengan slope 0.3	46
Gambar 4.15 Tinggi gelombang dengan slope 0.2	46
Gambar 4.16 Tinggi gelombang dengan slope 0,17	47
Gambar 4.17 Konfigurasi struktur <i>floating breakwater</i>	47
Gambar 4.18 Model <i>floating breakwater</i>	48
Gambar 4.19 Posisi Metacenter berada diatas titik b dan g	49
Gambar 4.20 Grafik stabilitas struktur dengan kecepatan angin 3 m/s	49
Gambar 4.21 Peta Windrose Indonesia (Departemen Meteorologi dan Klimatologi,2003)	50
Gambar 4.22 <i>Mooring</i> yang menahan horisontal force	51

## DAFTAR LAMPIRAN

- LAMPIRAN A : Perhitungan analisa geometri terhadap gelombang transmisi
- LAMPIRAN B : Pemodelan struktur dan righting arm dan gaya gelombang
- LAMPIRAN C : Perhitungan stabilitas heeling moment
- LAMPIRAN D : Validasi perhitungan wave force
- LAMPIRAN E : Desain struktur floating breakwater



## DAFTAR NOTASI

$\sigma_{nr}$	: standart deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan
$\hat{H}$	: tinggi gelombang dengan nilai tertentu
$\omega$	: frekuensi oscilasi atau gelombang
A	: parameter skala
B	: parameter lokasi
C	: cepat rambat gelombang (m/s)
d	: kedalaman laut (m)
f	: wave frequency (Hz)
H	: tinggi gelombang representatif
H	: tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m)
$H_{1/3}$	: Tinggi gelombang significant (m)
$H_0$	: tinggi gelombang awal (m)
K	: angka gelombang
$K_s$	: koefisien pendangkalan
$K_t$	: Koefisien Transmisi
L	: panjang gelombang pada kedalaman tinjau (m)
$L_0$	: Panjang gelombang awal (m)
$m_n$	: disebut sebagai momen ke-n luasan spektra
N	: jumlah data tinggi data gelombang signifikan.
$\nabla S_w$	: jarak vertikal titik yang ditinjau dari dasar laut (m)
$S(f)$	: Spektrum energi gelombang ( $m^2/s$ )
T	: periode gelombang (s)
$T_r$	: periode ulang (tahun)
$T_s$	: Periode gelombang significant (s)
Wgt	: Weight function
y	: jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam (m)
$\kappa$	: parameter bentuk

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dinilai dari segi kedaulatan Negara, penjagaan terhadap mundurnya garis pantai sangat perlu diperhatikan, hal ini sangat mempengaruhi berkurangnya laut territorial dan berkurangnya Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE), yang akan berpengaruh berkurangnya wilayah landasan kontinen Indonesia. Dengan menjaga landasan kontinen tetap luas maka dapat dipastikan lahan pencarian ikan bagi nelayan Indonesia tetap terjaga. Sehingga untuk menjaga garis pantai diperlukan suatu struktur yang dapat melindungi garis pantai dari gempuran ombak atau dengan mereduksi energi gelombang untuk tidak sampai ke daerah pantai.

Negara Indonesia adalah Negara maritim yang masyarakatnya menggantungkan diri dari sektor pariwisata pantai dan hasil tangkapan nelayan. Secara tidak langsung masyarakat nelayan menetap didaerah pantai. Sedangkan daerah pantai rawan untuk terjadi erosi. Selain itu daerah pesisir merupakan wilayah yang kaya akan sumber mineral, hayati, dan energi oleh karena itu diperlukan suatu usaha dalam menjaga kelestarian daerah pesisir.

Salah satu struktur pantai yang dapat mereduksi energi gelombang adalah struktur *breakwater*. Struktur *breakwater* yang biasanya digunakan adalah tipe *rubblemound*, tetapi terdapat hambatan pada penyediaan batu alam sebagai badan struktur itu sendiri. Dengan menggunakan alternatif berupa struktur *floating breakwater* hambatan tersebut dapat ditanggulangi. Karena berupa bangunan terapung sehingga diperlukan sistem *mooring* yang sesuai untuk menjaga struktur ini tetap di tempat, dan diperlukan sistem *anchoring* yang sesuai dengan tipe dasar laut pada daerah tersebut. Sistem *anchoring* yang sesuai dengan daerah pantai biasanya menggunakan pondasi *pile*.

Bentuk dari *floating breakwater* sendiri bermacam-macam, tetapi untuk mempermudah fabrikasi maka digunakan bentuk *pontoon* yang berupa balok.

Selain menentukan bentuk dan konfigurasi yang sesuai, perlu juga diperhitungkan gelombang transmisi. Gelombang transmisi dalam hal ini adalah gelombang yang telah teredam oleh struktur *breakwater*. Gelombang transmisi akan menjalar menuju pantai dengan peredaman alami karena pengaruh pendangkalan dan refraksi. Besarnya gelombang transmisi dipengaruhi oleh dimensi lebar dan *draft* struktur yang akan menentukan koefisien redaman dari struktur *floating breakwater*.

Fungsi utama dari *floating breakwater* adalah mereduksi gaya gelombang dan bukan untuk menghentikan gaya gelombang. Incident wave yang telah melalui struktur akan terpecah menjadi 3 gelombang, gelombang transmisi, gelombang refleksi, dan gelombang yang menghambur dan akhirnya menghilang. Dalam hal ini, gelombang transmisi adalah gelombang yang menuju ke pantai, dan idealnya setelah melewati struktur memiliki energi yang lebih kecil daripada incident wave.

Penjalaran gelombang transmisi menuju pantai diharapkan tidak menyebabkan erosi dan abrasi pada daerah pantai, yang bisa menyebabkan kemunduran garis pantai. Gelombang transmisi dikatakan baik apabila gelombang yang dijalarkan menuju pantai tidak menyebabkan erosi, dan diharapkan dapat terjadi akresi sehingga dapat digunakan untuk rehabilitasi pantai yang terkena erosi.

Kelebihan *floating breakwater* dibanding dengan fixed breakwater (L,Eva 2005) :

1. mobilitas tinggi
2. mudah dalam memperpanjang umur operasi
3. mampu menjangkau lokasi sesungguhnya

Selain kelebihan struktur *floating breakwater* yang telah disebutkan, struktur ini juga mempunyai keterbatasan. Dimana kinerjanya dipengaruhi oleh besarnya karakteristik gelombang datang dalam hal ini periode dan panjang gelombang. Oleh karena itu perancang harus mengetahui hubungan antara karakteristik gelombang dengan konfigurasi struktur.

## 1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang menjadi bahan kajian dari tugas akhir ini antara lain:

1. Bagaimana variasi ukuran lebar dan sarat air terhadap besarnya gelombang transmisi yang terjadi.
2. Bagaimana *buoyancy* dan stabilitas *Floating breakwater* terhadap beban lingkungan.
3. Bagaimana *force* pada *mooring line*.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dalam tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui variasi ukuran lebar dan sarat air terhadap besarnya gelombang transmisi yang terjadi.
2. Mengetahui *buoyancy* dan stabilitas *Floating breakwater* terhadap beban lingkungan.
3. Mengetahui *force* pada *mooring line*.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian dalam tugas akhir ini diharapkan dapat membantu dalam perencanaan peredam gelombang dengan menggunakan struktur terapung. Karena belum ada *code* yang membahas *floating breakwater* secara detail.

## 1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari pembahasan yang melebar sehingga dilakukan asumsi sebagai berikut :

1. Variasi hanya dilakukan pada sarat air dan lebar pontoon.
2. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisa geometri dan kekuatan struktur *Floating breakwater*.
3. Pada penelitian ini juga tidak dilakukan optimasi pemilihan lebar *floating breakwater* yang dapat menghasilkan gelombang transmisi yang efektif.
4. Sistem tambat menggunakan pile dan dianggap kuat menahan tarikan *mooring*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut,

Bab I, Pendahuluan, menjelaskan tentang latar belakang penulisan laporan tugas akhir ini, permasalahan yang dibahas dalam penulisan, apa yang akan dilakukan, batasan masalah yang menjadi rujukan penulis untuk lebih menyederhanakan sistem penganalisaan, tujuan dan manfaat penulisan.

Bab II, Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori, menjelaskan tentang dasar teori dan tinjauan pustaka yang menjadi sumber referensi dalam tugas akhir ini dibahas dalam bab dua. Secara rinci bab dua ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir, dasar-dasar teori, persamaan-persamaan dan code yang digunakan dalam penelitian tugas akhir.

Bab III, Metodologi Penelitian, menjelaskan metodologi penelitian yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir. Penjelasan tentang langkah-langkah analisa serta langkah pemodelan dengan software.

Bab IV, Analisa Data dan Pembahasan, membahas hasil dari analisa-analisa yang telah dilakukan pada penelitian, meliputi analisa hasil, dan pembahasan hasil analisa.

Bab V, Kesimpulan, berisi tentang kesimpulan yang diambil setelah dilakukannya analisa dan dijelaskan pula saran serta rekomendasi dari hasil pengerjaan tugas akhir ini.

Daftar Pustaka menampilkan seluruh informasi dan dokumen tertulis yang dijadikan landasan dan pengembangan penelitian. Penulisan daftar mengikuti aturan "*Harvard System*".

## BAB II

### DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

*Breakwater* adalah struktur pantai yang digunakan untuk mereduksi gelombang datang, sehingga pada daerah pantai tidak terjadi erosi akibat dari besarnya gelombang datang atau untuk mereduksi gelombang sekitar pelabuhan. Struktur *floating breakwater* sendiri dikembangkan karena adanya keterbatasan dari struktur *breakwater tipe rubblemound*. Struktur terapung ini sesuai untuk pulau-pulau perbatasan dengan topografi laut dalam yang curam, dan keterbatasan bahan batu belah pada daerah tersebut (Rochani, 2007).

Menurut Jones (1971), sebuah penahan gelombang yang ideal memiliki beberapa karakteristik sebagai berikut:

1. Mempunyai kinerja yang baik dalam mereduksi energi gelombang.
2. Mempunyai mobilitas yang tinggi.
3. Cepat dan mudah dalam instalasi dan *removal*
4. Struktur aman dalam kondisi badai
5. Ekonomis

*Floating breakwater* dapat menghemat biaya produksi tetapi memerlukan biaya yang mahal pada perawatan. Terdapat empat aspek penting dalam perancangan struktur *floating breakwater* : (1) *buoyancy* dan *floating stability*, (2) gelombang transmisi, (3) Tegangan pada *mooring force*, (4) *breakwater unit structural design*. Tujuan utama dari perancangan *floating breakwater* adalah untuk meredam gelombang oleh sebab itu analisa pada gelombang transmisi termasuk dalam *critical element* pada design (Tsinker, 1995). Kemampuan struktur dalam mereduksi ini mempunyai peran dominan dalam merencanakan struktur terapung peredam gelombang.

## 2.2 Landasan Teori

### 2.2.1 Pengertian Umum *Floating breakwater*

*Floating breakwater* adalah salah satu jenis struktur yang dapat digunakan untuk mengontrol gelombang, Pada Gambar 2.1 struktur *floating breakwater* dengan bahan *concrete* yang lebih dipilih karena memerlukan sedikit perawatan dalam operasinya. *Floating breakwater* menggunakan *chain* dalam system *mooring line*. *Floating breakwater* pertama digunakan pada tahun 1811 di Plymouth Port England. Pemecah gelombang lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak dibelakangnya dari serangan gelombang. Tergantung dari panjang pantai yang dilindungi, pemecah gelombang lepas pantai dapat dibuat dari satu pemecah gelombang atau dengan susunan seri bangunan yang terdiri dari beberapa ruas pemecah gelombang yang dipisahkan oleh celah.



Gambar 2.1 *Concrete Floating breakwater* (FDN,2005)

Perlindungan oleh pemecah gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan. Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindungi akan mengurangi transport sedimen di daerah tersebut. Pengaruh pemecah gelombang lepas pantai terhadap perubahan bentuk garis pantai terjadi apabila garis puncak gelombang pecah sejajar dengan garis pantai asli, terjadi difraksi di daerah terlindungi di belakang bangunan,

dimana garis puncak gelombang membelok dan membentuk busur lingkaran. Perambatan gelombang yang terdifraksi tersebut disertai dengan angkutan sedimen menuju ke daerah terlindung dan diendapkan di perairan di belakang bangunan. Pengendapan sedimen tersebut menyebabkan *cusps* di belakang bangunan. Proses tersebut akan berlanjut sampai garis pantai yang terjadi sejajar dengan garis puncak gelombang yang terdifraksi. Pada keadaan tersebut transport sedimen sepanjang pantai menjadi nol (Triatmodjo, 1999).

Untuk perlindungan pantai yang panjang, dibuat suatu seri pemecah gelombang lepas pantai yang dipisahkan oleh suatu celah. Energi gelombang dapat masuk ke daerah pantai melalui celah, sehingga dapat mengurangi kemungkinan terbentuknya *tombolo*. Energi yang sampai di daerah terlindungi dipengaruhi oleh lebar celah antara bangunan dan difraksi gelombang melalui celah tersebut. Lebar celah paling tidak dua kali panjang gelombang dan panjang segmen bangunan lebih kecil dari jaraknya ke garis pantai (Triatmodjo, 1999).

### **2.2.2 Periode Ulang**

Frekuensi gelombang besar merupakan faktor yang mempengaruhi perencanaan bangunan pantai. Untuk menetapkan gelombang dengan periode ulang tertentu dibutuhkan data gelombang dalam jangka waktu pengukuran cukup panjang (beberapa tahun). Data tersebut bisa berupa data pengukuran gelombang atau data gelombang hasil prediksi ( peramalan ) berdasarkan data angin.

Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif, seperti  $H_s$ ,  $H_{10}$ ,  $H_{maks}$  dan sebagainya. Berdasarkan data representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai atau dilampaui satu kali dalam  $T$  tahun, dan gelombang tersebut dikenal dengan gelombang periode ulang  $T$  tahun atau gelombang  $T$  tahunan. Misalkan apabila  $T=50$ , gelombang yang diperkirakan adalah gelombang 50 tahunan atau gelombang dengan periode ulang 50 tahun, artinya bahwa gelombang tersebut diharapkan disamai atau dilampaui rata-rata sekali dalam 50 tahun.

Ada dua metode untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang ulang tertentu, yaitu distribusi Gumbel (fisher-Tippett tipe I) dan distribusi Weibull. Dalam metode ini prediksi dilakukan untuk memperkirakan tinggi gelombang signifikan dengan berbagai periode ulang.

Kedua distribusi tersebut mempunyai bentuk berikut ini:

1. Distribusi Fisher-Tippett Tipe I

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = e^{-e^{\left(\frac{\hat{H}-B}{A}\right)}} \quad (2.1)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - e^{-e^{\left(\frac{\hat{H}-B}{A}\right)}} \quad (2.2)$$

Dengan  $P(H_s \leq \hat{H}_s)$  : probabilitas bahwa  $\hat{H}$  tidak dilampaui

H : tinggi gelombang representatif

$\hat{H}$  : tinggi gelombang dengan nilai tertentu

A : parameter skala

B : parameter lokasi

$\kappa$  ; parameter bentuk ( kolom pertama 2.3 )

Data masukan disusun dalam urutan dari besar ke kecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

1. Distribusi Fisher-Tippett Tipe I

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - \frac{m - 0.44}{N_T + 0.12} \quad (2.3)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq \hat{H}_s) = 1 - \frac{m - 0.2 - \frac{0.27}{\sqrt{\kappa}}}{N_T + 0.2 + \frac{0.23}{\sqrt{\kappa}}} \quad (2.4)$$

Dengan  $P(H_s \leq \hat{H}_s)$  : probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui.

$H_{sm}$  : tinggi gelombang urutan ke m

m : nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1, 2, 3.....N

$N_T$  : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan ( bisa lebih dari gelombang representatif )

Parameter A dan B di dalam 2.26 dan 2.27 dihitung dari metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisis regresi linear dari hubungan berikut:

$$H_m = \hat{A} y_m + \hat{B} \quad (2.5)$$

Dimana  $y_m$  diberikan dalam bentuk:

Untuk distribusi Fisher-Tippett tipe I :

$$y_m = -\ln\{-\ln F(H_s \leq H_{sm})\} \quad (2.6)$$

Untuk distribusi Weibull :

$$y_m = [-\ln\{1 - F(H_s \leq H_{sm})\}]^{1/\kappa} \quad (2.7)$$

Dengan  $\hat{A}$  dan  $\hat{B}$  adalah perkiraan dari parameter skala dan lokal yang diperoleh dari analisis regresi linear.

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan rumus berikut :

$$H_{sr} = \hat{A} y_r + \hat{B} \quad (2.8)$$

Dimana  $y_r$  diberikan dalam bentuk berikut:

Untuk distribusi Fisher-Tippett tipe I :

$$y_m = -\ln\left\{-\ln F\left(1 - \frac{1}{LT_r}\right)\right\} \quad (2.9)$$

Untuk distribusi Weibull :

$$y_m = [\ln\{(LT_r)\}] \quad (2.10)$$

Dengan Hsm : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_r$

$T_r$  : periode ulang (tahun)

$K$  : panjang data (tahun)

$L$  : rerata jumlah kejadian per tahun

$$= \frac{N_T}{K}$$

Standart deviasi dari pendekatan yang dilakukan oleh Gumbel (1958) dan Goda (1988) (diambil dari Triatmodjo,1999). Persamaan dari standart deviasi yang dinormalkan dihitung adalah :

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} \left[ 1 + \alpha (y_r - c + \varepsilon \ln v)^2 \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

Dengan:

$\sigma_{nr}$  : standart deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang  $T_r$

$N$  : jumlah data tinggi data gelombang signifikan.

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1.3} + \kappa \sqrt{-\ln v}} \quad (2.12)$$

$\alpha_1, \alpha_2, e, \kappa$  : koefisien empiris yang diberikan oleh tabel 2.1.

$$v = \frac{N}{N_T} \quad (2.13)$$

Tabel 2.1 koefisien untuk menghitung deviasi standart

Distribusi	$\alpha_1$	$\alpha_2$	e	c	k
FT-1	0.64	9	0.93	0	1.33
Weibull (k = 0.75)	1.65	11.4	-0.63	0	1.15
Weibull (k = 1.0)	1.92	11.4	0	0.3	0.9
Weibull (k = 1.4)	2.05	11.4	0.69	0.4	0.72

(Triatmodjo,1999)

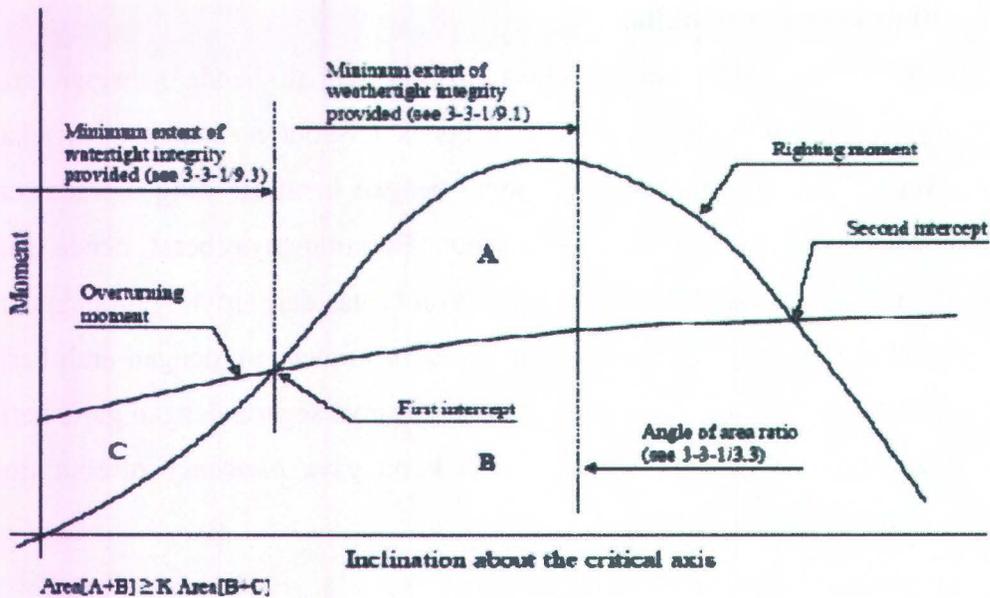
### 2.2.3 Buoyancy dan stabilitas

Hukum Archimedes mengatakan bahwa apabila sebuah benda sebagian atau seluruhnya terbenam ke dalam air, maka benda tersebut mendapat gaya tekan yang mengarah keatas yang besarnya sama dengan berat air yang dipindahkan oleh bagian benda yang terbenam tersebut. Berkurangnya berat benda saat tercelup air, diakibatkan oleh adanya gaya tekan keatas dari air yang dipindahkan oleh bagian benda yang ada didalam air (*force of buoyancy*), dengan arah kerja gayanya mengarah ke atas, sedang garis kerja gayanya segaris dengan garis kerja dari gaya berat benda. Titik tangkap garis kerja gaya *buoyancy* disebut titik *buoyancy*.

Stabilitas suatu struktur terapung sangat dipengaruhi oleh tinggi metacentre (MG). Karena besarnya MG akan sangat menentukan besarnya momen pengembali (*righting moment*). Perhitungan stabilitas dari suatu struktur terapung dimaksudkan untuk mengetahui pada bermacam-macam sudut oleng berapakah kemampuan dari struktur tersebut dapat menegakkan benda struktur itu kembali ke posisinya semula. Suatu struktur terapung harus memiliki tinggi metacentre yang positif saat kondisi seimbang pada kondisi air tenang untuk semua kondisi sarat air. Hal inilah yang disebut dengan stabilitas awal.

Semua struktur terapung harus memiliki momen pengembali yang cukup akibat pengaruh momen *overturning* yang disebabkan oleh gaya angin. Suatu struktur terapung harus mampu bertahan terhadap momen *overturning* akibat gaya angin. Momen gaya angin dihitung berdasarkan perhitungan gaya angin dengan mengambil jarak vertikal antara pusat area gaya angin dan pusat gaya tekan keatas struktur yang tercelup air sebagai lengan momennya.

Dengan membandingkan luasan kurva yang dibentuk oleh momen pengembali dengan luasan momen yang disebabkan oleh gaya angin. Untuk struktur semisubmersible, perbandingan antara luasan dibawah kurva *righting moment* dan luasan dibawah kurva *wind heeling moment* ( K ) tidak boleh kurang dari 1.3 (ABS) seperti yang terlihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 Kurva stabilitas (ABS RULES for BUILDING and CLASSING MOBILE OFFSHORE DRILLING UNITS, 2001)

#### 2.2.4 Gaya Gelombang

Beban gelombang yang mengenai bangunan lepas pantai pada umumnya ada tiga tipe, yaitu:

##### 1. Drag Load

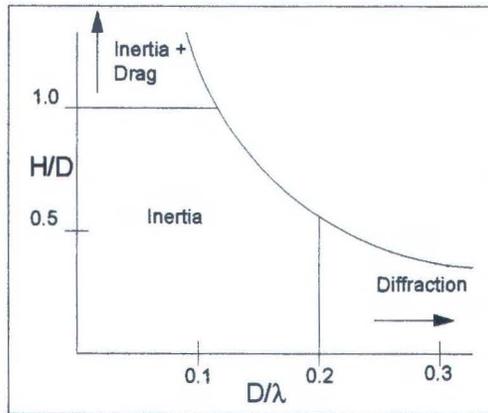
Viskositas fluida dapat meningkatkan *frictional drag* dan *pressure drag* (Hoener, 1958; Newman,1977; Todd,1977). *Frictional drag* berasal dari tegangan tangensial akibat aliran fluida. Sedangkan *pressure drag* disebabkan oleh tegangan akibat pressure yang tidak seimbang pada struktur akibat gesekan dan pemisahan aliran.

##### 2. Diffraction Load

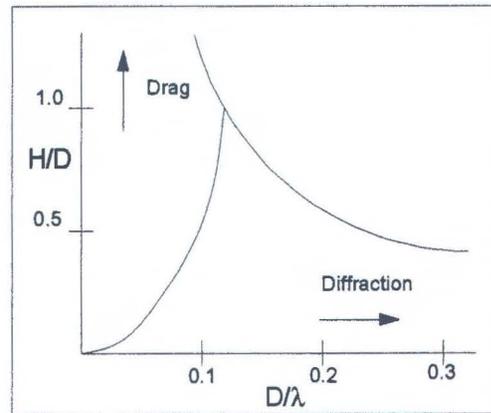
Beban tersebut disebabkan oleh modifikasi percepatan dari aliran fluida disekitar struktur bangunan lepas pantai terutama bangunan lepas pantai yang mengapung seperti *semi-submersible*, *TLP* dan *Tanker*. Beban deffraksi ini terjadi jika panjang gelombang sebanding dengan dimensi struktur bangunan lepas pantai.

### 3. Inertia Load

Percepatan aliran fluida disekitar bangunan lepas pantai dapat menyebabkan terjadinya *inertia load*. Beban ini dapat dianggap sebagai bentuk khusus dari beban difraksi tetapi tidak dimodifikasi oleh struktur bangunannya.



Gambar 2.3.a.

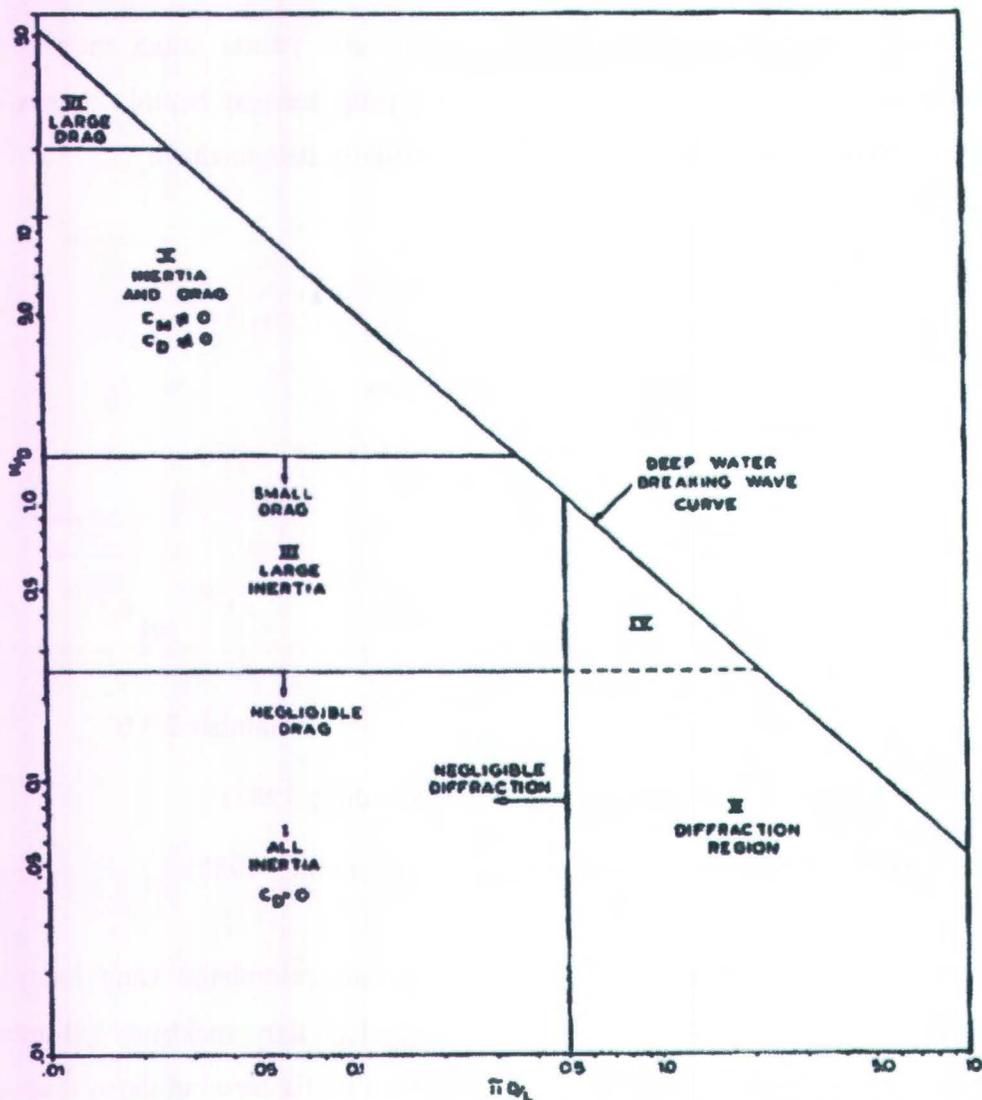


Gambar 2.3.b.

- Wave loading regime : first order force (Standing, 1988)
- Wave loading regime : second order force (Standing, 1988)

Gambar a dan b menunjukkan skema dari beban gelombang yang mengenai struktur bangunan lepas pantai dapat dibangkitkan dari spektrum gelombang sebagai *first order* dan *second order*. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui regime dari beban gelombang berdasarkan diameter struktur, tinggi gelombang dan panjang gelombang.

*First order* adalah gelombang dengan periode kecil yang daerah pembangkitannya di daerah itu sendiri dan berpengaruh dominan pada motion bangunan apung. *Second order* adalah gelombang dengan periode tinggi yang daerah pembangkitannya tidak di daerah itu (jauh dari lokasi gelombang terjadi) dan berpengaruh dominan pada kekuatan tendon dan *mooring*.



Gambar 2.5 Perbandingan antara gaya Morisson dan gaya Diffraksi  
(Barltrop,1998)

Effect diffraksi menjadi penting apabila dimensi struktur lebih 1/5 dari panjang gelombang. Beban gelombang yang mengenai bangunan lepas pantai yang terapung dan berukuran besar tidak dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Morison's dan harus menggunakan *Diffraction Theory*. Berdasarkan Gambar 2.5 dapat diketahui perbandingan antara gaya Morisson dan gaya Diffraksi selain itu juga menunjukkan perbandingan perhitungan beban gelombang pada struktur bangunan lepas pantai yang berukuran kecil dan besar. Sumbu x adalah parameter diffraksi yang mana sumbu vertikal H/D adalah sama dengan Keulegan-Carpenter number.

Untuk menghitung beban difraksi gelombang maka diassumsikan bahwa halangan dari permukaan struktur yang tercelup air dihitung dengan persamaan matematika

$S_w(x,y,z;t) = 0$  ( dengan t tergantung pada pergerakan struktur ) dengan kondisi batas adalah sebagai berikut:

$$\left( \frac{\partial S_w}{\partial t} - \nabla \phi \right) \cdot \nabla S_w = 0 \quad \text{pada } S_w = 0 \quad (2.14)$$

dengan :

$\nabla S_w$  = vektor yang tegak lurus dengan permukaan struktur yang dibasahi air

$\frac{\partial S_w}{\partial t}$  = kecepatan gerakan struktur yang tercelup air

$\nabla \phi$  = kecepatan partikel air

Karena pengaruh  $S_{(t)} = 0$  adalah gangguan kecil dari posisi keseimbangan rata-rata maka  $S_w(\text{rata2}) = 0$  sehingga persamaannya menjadi :

$$\left( \frac{\partial S_w}{\partial t} - \nabla \phi \right) \cdot \nabla S_w = 0 \quad \text{pada } S_w(\text{rata2}) = 0 \quad (2.15)$$

persamaan diatas dapat juga ditulis dalam bentuk :

$$\alpha \cdot n - \nabla \phi \cdot n = 0 \quad \text{pada } S_w(\text{rata2}) = 0 \quad (2.16)$$

dengan :

$\nabla S_w$  = n adalah unit vector normal pada permukaan struktur

$\alpha$  = kecepatan gerakan pada tiap titik permukaan yang tercelup air

Untuk struktur terapung tunggal yang rigid, kecepatan potensial total mempunyai 7 komponen,  $\phi_j, j = 0, 1, 2, \dots, 7$ . Harga  $j = 1, 2, 3, \dots, 6$  adalah komponen 1 surge, 2 (sway), 3 (heave), 4 (roll), 5 (pitch) dan 6 (yaw).

$\phi_7$  merupakan potensial gelombang difraksi pada struktur tetap dan  $\phi_0$  adalah potensial wave untuk setiap kejadian amplitude gelombang. Oleh karena itu total potensial velocity fluida dari ketujuh mode adalah :

$$\phi = |\phi(\omega)| \cos(\psi) + i|\phi(\omega)| \sin(\psi) = \phi_{Re}(\omega) + i\phi_{Im}(\omega). \quad (2.17)$$

$$\phi = \phi_0 + \phi_7 + \sum_{j=1}^6 X_j \cdot \phi_j$$

$$\phi(t) = \text{Re} \left[ \left( \phi_0 + \phi_7 + \sum_{j=1}^6 X_j \cdot \phi_j \right) e^{-i\omega t} \right]$$

$$\begin{aligned} \phi(t) &= \text{Re}[\phi \cdot e^{-i\omega t}] \\ &= \text{Re}[(\phi_{Re} + i\phi_{Im})(\cos(\omega t) - i\sin(\omega t))] \\ &= \phi_{Re} \cos(\omega t) + \phi_{Im} \sin(\omega t) \end{aligned}$$

Maka persamaan matematika untuk setiap komponen potensial velocity yang berbeda pada struktur yang terendam air adalah sebagai berikut:

$$\nabla \phi_j \cdot n = -i\omega j \cdot n \quad \text{masalah radiasi antara } j = 1, 2, 3$$

$$\nabla \phi_j \cdot n = -i\omega j(xr) \cdot n \quad \text{masalah radiasi antara } j = 4, 5, 6$$

$$\nabla(\phi_0 + \phi_7) \cdot n = 0 \quad \text{masalah diffraksi murni}$$

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = \nabla \phi \cdot n \quad \text{adalah aliran fluida pada permukaan struktur}$$

$$i = \sqrt{-1}$$

$\omega$  = frekuensi osilasi atau gelombang

$j$  = vektor unit untuk gerakan  $j$  (*surge x, sway y, heave z, roll x, pitch y, yaw z*)

$n$  = vektor unit pada permukaan

$r$  = posisi vektor pada tiap titik di permukaan struktur

$\omega(j \times n)$  adalah kecepatan titik  $r$  sebagai hasil dari kecepatan sudut  $\omega j$

$\omega(j \times n) \cdot n$  adalah kecepatan pada arah dari permukaan normal pada  $r$

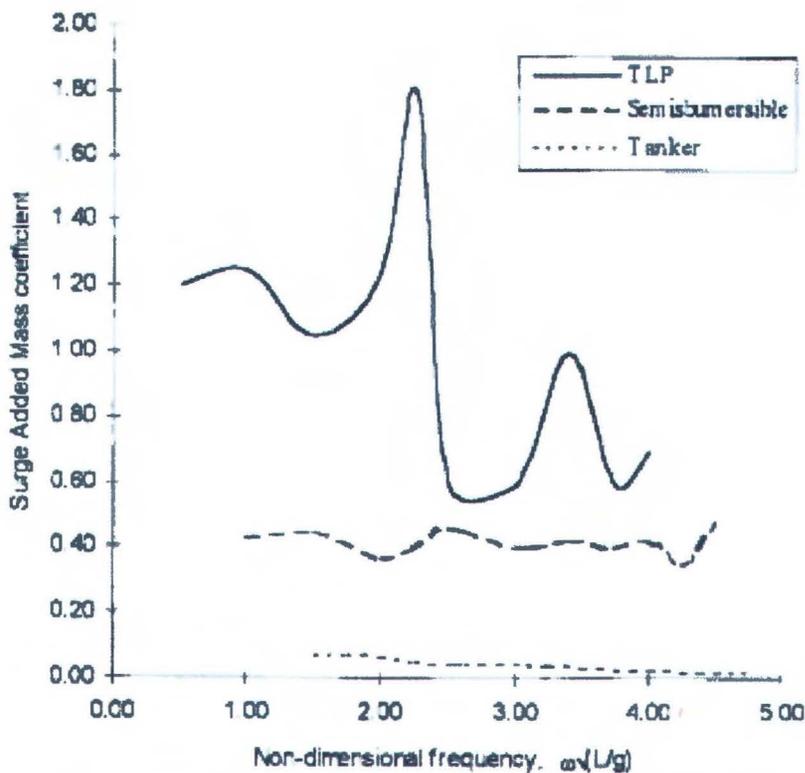
Beban diffraksi dapat dihitung dengan persamaan

$$F = -ma \quad (2.18)$$

dengan

$$a = -\omega^2 x \quad (2.19)$$

Persamaan 2.18 merupakan persamaan vector sehingga penyelesaiannya berupa penyelesaian matriks. Massanya adalah massa struktur dan added mass. Added mass struktur terapung dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Added mass untuk struktur terapung (Barltrop,1998)

### 2.2.5 Spektrum Gelombang

Laut pada kondisi sebenarnya tidak memiliki karakteristik gelombang *reguler*, tetapi merupakan gelombang *irreguler*. Periode gelombang pada laut sebenarnya didefinisikan sebagai waktu antara gelombang naik memotong SWL (*upcrossing*), dengan tinggi gelombang didefinisikan sebagai selisih antara harga maksimum-minimum periode gelombang. Dalam interval jarak pendek, properti statistik laut diharuskan konstan, dan keadaan laut cenderung tak berubah.

Spektrum gelombang dapat dicari dengan analisa rekaman gelombang. Spektrum dan digambarkan dengan parameter statistik seperti  $H_s$  (tinggi gelombang signifikan) dan  $T_s$  (periode gelombang significant). Spektrum energi gelombang yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah spektrum gelombang GODA 1985.

$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 T_s (T_s f)^{-5} \exp(-1.03(T_s f)^4) \quad (2.20)$$



Dengan

$S(f)$  : Spektrum energi gelombang ( $m^2/s$ )

$H_{1/3}$  : Tinggi gelombang significant (m)

$T_s$  : Periode gelombang significant (s)

$f$  : wave frequency (Hz)

Varian-varian  $m_0, m_2, m_4, \dots, m_n$  disebut sebagai momen ke-n luasan spektra, jadi momen spektra dapat diberikan dalam bentuk umum sebagai berikut :

$$m_n = \int_0^{\infty} \omega^n S(\omega) d\omega \quad (2.21)$$

Varian  $m_0$  merupakan luasan dibawah kurva spektrum amplitudo kepadatan energi gelombang dimana luasannya sama dengan varian dari time history gelombang, sedangkan  $m_2$  merupakan momen spektra kecepatan. Dari analisa diatas, frekuensi rata-rata atau modal frekuensi (rad/sec) yang merupakan pusat spektra dapat diperoleh dengan :

$$\bar{\omega} = \omega_m = \frac{m_1}{m_0} \quad (2.22)$$

Periode rata-rata gelombang atau modal period (sec) dapat diperoleh dengan :

$$\bar{T} = T_m = \frac{2\pi m_0}{m_1} \quad (2.23)$$

Dengan periode puncak rata-rata gelombang dapat diperoleh dengan :

$$\bar{T}_p = 2\pi \sqrt{\frac{m_2}{m_4}} \quad (2.24)$$

Dan periode simpangan nol rata-rata gelombang dapat diperoleh dengan :

$$T_s = 2\pi \sqrt{\frac{m_0}{m_2}} \quad (2.25)$$

Dari spektra gelombang dapat menurunkan harga-harga karakteristik tinggi gelombang. Tinggi gelombang rata-rata menggunakan :

$$\bar{H} = 2.5 \sqrt{m_0} \quad (2.26)$$

### 2.2.6 Gelombang Transmisi

Gelombang transmisi dari *floating breakwater* adalah penjumlahan hasil dari hidrodinamis yang saling mempengaruhi antara *floating breakwater* dengan gelombang pantul. Total dari gelombang transmisi adalah penjumlahan komponen yang melewati bawah struktur dan komponen yang terjadi dari *motion breakwater* (Tsinker, 1995).

Untuk perhitungan panjang gelombang digunakan rumus :

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(2\pi \frac{h}{L}\right) \quad (2.28)$$

Dapat juga menggunakan :

$$2\lambda \frac{h}{L} = \sqrt{2\lambda \frac{h}{L_0} \left(1 + \frac{1}{6} 2\pi \frac{h}{L_0} + \frac{11}{360} \left(2\pi \frac{h}{L_0}\right)^2\right)} \quad (2.29)$$

Idealisasi karakteristik gelombang datang yang bersifat acak dimana struktur dioperasikan, direpresentasikan dengan (GODA 1985)

$$S(f) = 0.257 H_{1/3}^2 T_s (T_s f)^{-5} \exp(-1.03(T_s f)^{-4}) \quad (2.30)$$

Dengan,

$$H_{1/3} = 4.0 \sqrt{\int S_i(f) df} \quad (2.31)$$

Spektrum energi gelombang kemudian ditransformasikan dengan mempertimbangkan *magnification factor* untuk memperoleh respon spektrum dari gelombang datang.

$$\Lambda = \frac{1}{\sqrt{\left(1 - \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2 + \left(2\zeta \left(\frac{\omega}{\omega_n}\right)^2\right)^2\right)}} \quad (2.32)$$

Selanjutnya respon spektrum gelombang datang ditransformasikan kembali menjadi respon spektrum gelombang transmisi dengan koefisien gelombang transmisi(Kt), Nilai Kt bergantung pada gelombang incident tiap-tiap frekuensi. Kt merupakan rasio dari tinggi gelombang pantul dengan tinggi gelombang incident pada setiap frekuensi.

Selain dengan tinggi gelombang  $K_t$  dapat juga didekati dengan akar dari rasio spektrum energi gelombang transmisi dan spektrum energi gelombang incident.

$$K_t(f) = \frac{H_t(f)}{H_i(f)} = \sqrt{\frac{S_t(f)}{S_i(f)}} \quad (2.33)$$

Selain dengan persamaan diatas nilai  $K_t$  dapat pula didekati dengan persamaan mocagno dan persamaan carrs, sebagai berikut.

Mocagno's Equation :

$$K_t = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[ \frac{\pi B \sinh\left(\frac{h}{L}\right)}{L \cosh\left(2\pi \frac{(h-d)}{L}\right)} \right]^2}} \quad (2.34)$$

Carr's Equation :

$$K_t = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[ \left(\frac{\pi B}{L}\right) \left(1 + \frac{D}{h-D}\right) \right]^2}} \quad (2.35)$$

Persamaan  $K_t$  diatas adalah persamaan  $K_t$  tiap-tiap frekuensi, maka perlu untuk mendapatkan nilai  $K_t$  total. Nilai  $K_t$  total dapat ditentukan sebagai *weighted average* dari frekuensi pada Koefisien wave transmisi.

$$K_t = \sum_{f_l}^{f_u} Wgt(f) K_t(f) \quad (2.36)$$

Dengan  $f_l$  dan  $f_u$  adalah batas bawah dan batas atas frekuensi yang digunakan. Nilai  $Wgt$  adalah suatu parameter fungsi berat, yang dalam hal ini digunakan untuk memperoleh nilai  $K_t$  total dari peredaman.

$Wgt(f)$  dapat didekati dengan persamaan,

$$Wgt(f) = \frac{S_i(f) \Delta f}{m_o} \quad (2.37)$$

Sehingga spektrum gelombang tranmisinya,

$$S_t(f) = [K_t(f)]^2 S_i(f) \quad (2.38)$$

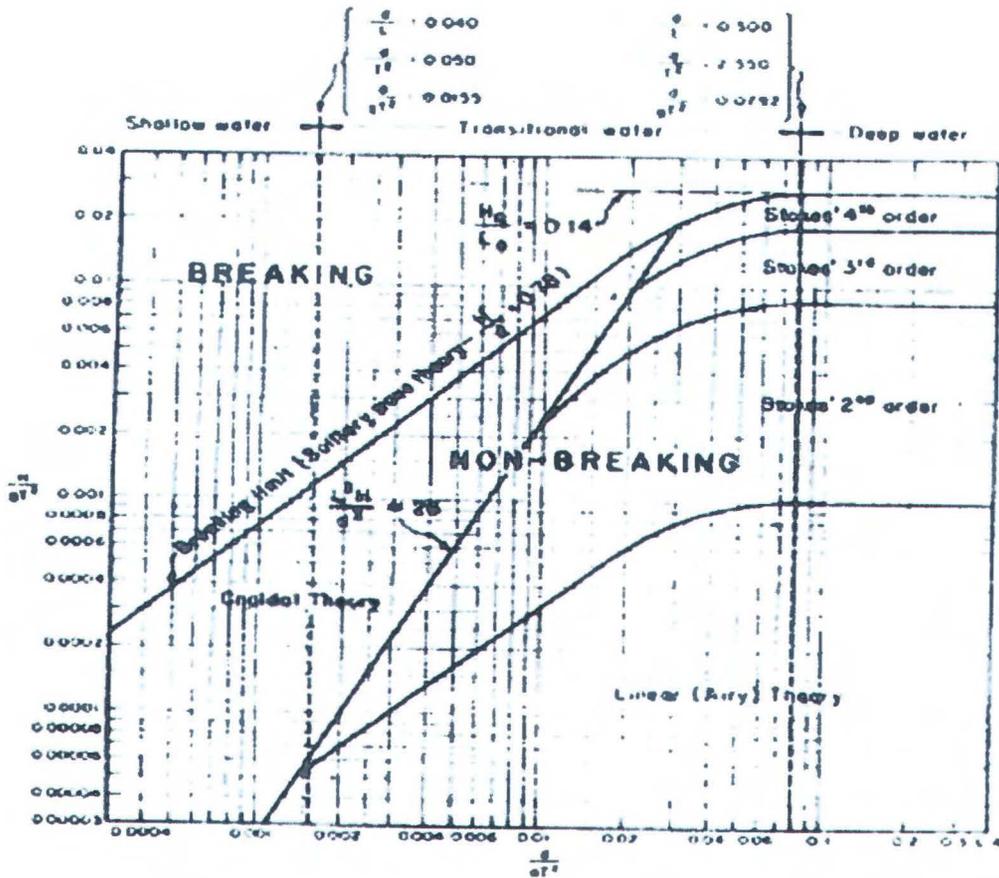
### 2.2.7 Penentuan Teori Gelombang

Dalam menentukan teori gelombang yang akan digunakan dalam perancangan dapat ditentukan dengan menggunakan formulasi matematika dari teori gelombang linier sebagai berikut :

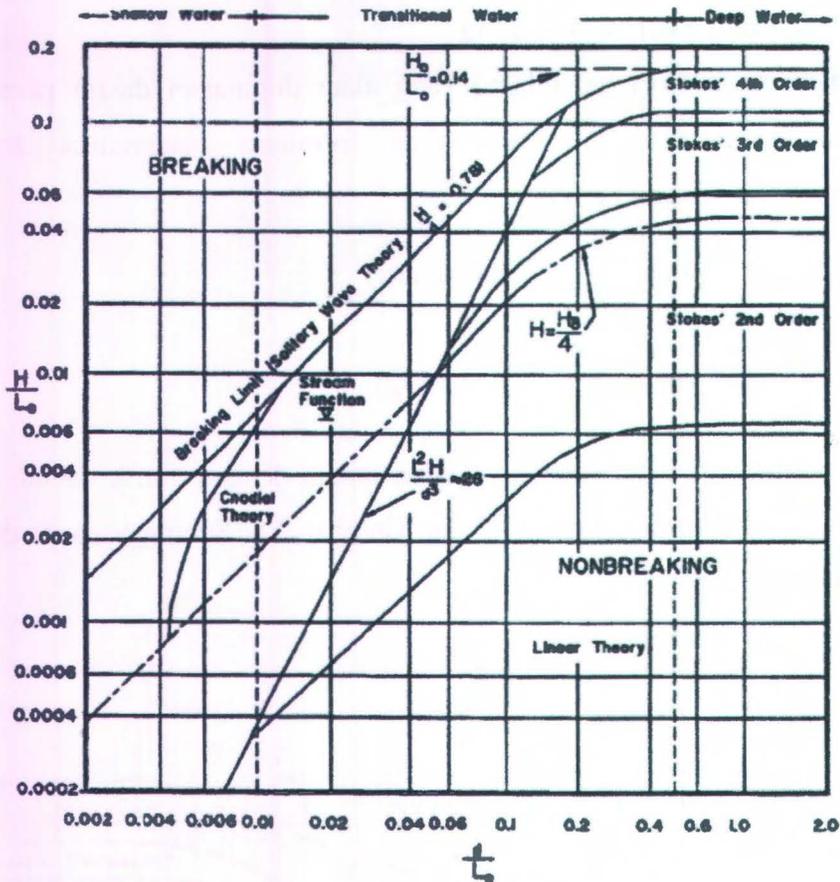
$$\frac{H}{gT^2} \text{ dan } \frac{d}{gT^2} \quad (\text{Chakrabarti}) \quad (2.39)$$

$$\frac{H}{L_0} \text{ dan } \frac{d}{L_0} \quad (\text{CEM,1992}) \quad (2.40)$$

Hasil dari formulasi diatas kemudian disesuaikan dengan grafik daerah aplikasi gelombang seperti pada Gambar 2.7 dan Gambar 2.8. Sehingga dapat diketahui teori gelombang yang akan digunakan.

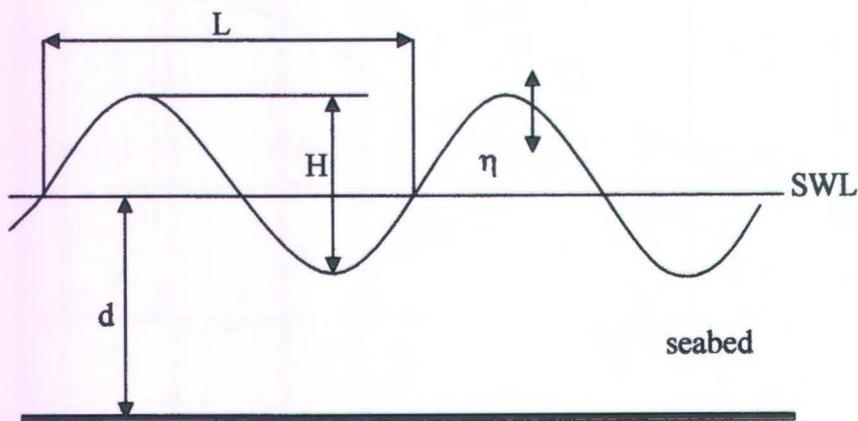


Gambar 2.7 Region of validity (Chakrabarti,1987)



Gambar 2.8 Region of validity (CEM,1992)

Parameter yang terdapat pada formulasi penentuan teori gelombang dijelaskan pada Gambar 2.9 dan notasi T merupakan periode gelombang.



Gambar 2.9 Profil gelombang

Sedangkan gelombang dan tinggi gelombang mula-mula diperoleh dari (triatmodjo,1999) :

$$L_o = 1.56 T^2 \quad (2.41)$$

$$H = K_s H_o \quad (2.42)$$

$$C = L/T \quad (2.43)$$

Dengan :

- L : Panjang gelombang pada kedalaman tinjau (m)
- $L_o$  : Panjang gelombang awal (m)
- T : Periode gelombang (s)
- C : Cepat rambat gelombang (m/s)
- K : Angka gelombang
- d : Kedalaman laut (m)
- H : Tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m)
- $H_o$  : Tinggi gelombang awal (m)
- $K_s$  : Koefisien pendangkalan

Apabila gelombang menuju perairan dangkal, maka terjadi perubahan karakteristik gelombang yang meliputi perubahan tinggi, panjang dan kecepatan gelombang. Dengan menganggap bahwa kemiringan perairan dapat diabaikan (Pratikto dkk, 1996). Proses pendangkalan gelombang (shoaling) adalah proses berkurangnya tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman.

### 2.2.8 Teori Gelombang Stokes

Teori gelombang Stokes merupakan solusi untuk perairan yang membutuhkan tingkat akurasi lebih tinggi dari teori gelombang linier. Stokes menerapkan teknik pertubasi, sehingga pemecahan persamaan orde tinggi akan memberikan hasil dengan orde lebih kecil dari orde dibawahnya. Stokes memasukkan ekspresi deret kecepatan potensial dalam persamaan Laplace dan syarat batas dasar laut. Koefisien dari deret tersebut merupakan pertambahan parameter yang dikaitkan dengan amplitudo dan panjang gelombang.

Dalam teori gelombang Stokes orde 3 persamaan kecepatan dan percepatan partikel gelombang pada arah horisontal, yaitu :

a. kecepatan horisontal

$$u = C(F_1 \cosh ks \cos \theta + F_2 \cosh 2ks \cos 2\theta + F_3 \cosh 3ks \cos 3\theta) \quad (2.44)$$

b. percepatan horisontal

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi C}{T} (F_1 \cosh ks \sin \theta + F_2 \cosh 2ks \sin 2\theta + F_3 \cosh 3ks \sin 3\theta) \quad (2.45)$$

Parameter gelombang :

$$F_1 = \frac{ka}{\sinh kd} - (ka)^2 \frac{\cosh^2 kd (1 + 5 \cosh^2 kd)}{8 \sinh^5 kd} \quad (2.46)$$

$$F_2 = \frac{3}{4} (ka)^2 \frac{1}{\sinh^4 kd} \quad (2.47)$$

$$F_3 = \frac{3}{64} (ka)^3 \frac{11 - 2 \cosh 2kd}{\sinh^7 kd} \quad (2.48)$$

Nilai s menggunakan persamaan berikut:

$$s = d \pm y \quad (2.49)$$

Dengan :

s : jarak vertikal titik yang ditinjau dari dasar laut (m)

d : kedalaman laut (m)

y : jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam (m)

### 2.2.9 Gaya Angin

Gaya yang diakibatkan oleh angin pada floating structure diperoleh dengan menjumlahkan gaya - gaya angin yang bekerja pada masing - masing bagian floating structure seperti misalnya storage tank, deck house, dan lainnya. Gaya yang diakibatkan oleh angin ini akan menimbulkan daya dorong pada floating structure. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan tekanan yang terjadi antara bagian-bagian konstruksi yang berada didalam daerah kerja angin dari mana angin tersebut bertiup dengan bagian - bagian konstruksi yang terletak dibawah garis kerja angin.

Dari hasil penelitian yang ada, besarnya daya dorong yang diakibatkan oleh angin ini dirumuskan sebagai berikut:

$$F = 0,5 \rho C A V^2 \quad (2.50)$$

Dengan :

$\rho$  = Densitas dari udara

A = Luas bidang yang ada didalam daerah kerja angin

V = Kecepatan angin yang ada

C = Koefisien gaya yang tergantung dari bentuk kontruksi

Sedangkan harga dari viskositas udara yang telah disebutkan diatas harganya tergantung dari besarnya harga Reynold, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$N_R = \rho V D / \mu \quad (2.51)$$

Dengan :

D = Ukuran karakteristik dari bentuk potongan kontruksinya

Disebabkan karena harga - harga dari densitas dan viskositas dari udara tidak banyak mengalami perubahan akibat pengaruh dari pergantian tekanan dan temperatur yang cukup besar di permukaan laut, biasanya kedua harga tersebut diatas diambil sesuai dengan kondisi standartnya yaitu pada temperatur 60° F dan pada tekanan sebesar 14.7 lb/in<sup>2</sup>. Sehingga harga densitasnya diambil 2.38 x 10<sup>-3</sup> slug/ft<sup>3</sup> dan harga dari viskositasnya diambil 3.75 x 10<sup>-7</sup> lb-sec/ft<sup>2</sup>.

Dengan demikian harga dari gaya angin yang ditunjukkan pada persamaan (2.50) diatas akan memberikan :

F = dalam satuan pounds

A = dalam satuan ft<sup>2</sup>

V = dalam satuan mph

Kemudian dengan memasukkan harga - harga ini kedalam persamaan (2.50) akan kita peroleh persamaan (2.51) sebagai berikut :

$$F = 0.00256 C A V^2 \quad (2.52)$$

Umumnya harga dari angin dan ukuran dari konstruksi yang direncanakan akan memberikan angka Reynold disekitar harga  $10^6$ . Oleh karena itu, koefisien gayanya dianggap konstan yaitu berkisar diantara 2,1 untuk profil dengan bangun empat persegi panjang dan 0.6 untuk profil dengan bangun silinder. Tabel 2.2 dibawah ini memberikan variasi harga dari koefisien gaya yang sering dipakai pada saat perencanaan kontruksi anjungan.

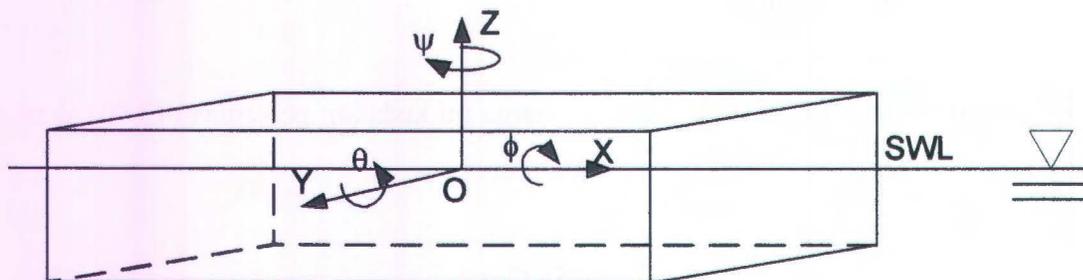
Tabel 2.2. Variasi harga dari koefisien gaya berdasarkan pada bentuk profil (API 2A WSD,2005)

Objek	Force Koefisien
Beam	1.5
Cylinder	0.5
Sides of Building	1.5
Projected area of Platform	1

### 2.2.10 Gerakan struktur Bangunan Apung

Setiap struktur terapung yang bergerak di atas permukaan laut selalu mengalami gerakan osilasi. Gerakan osilasi ini terdiri dari 6 macam gerakan, yaitu 3 macam gerakan lateral dan 3 macam gerakan rotasional dalam 3 arah sumbu yang ditunjukkan dalam Gambar 2.10 Macam gerakan itu meliputi :

- a. *Surging* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu -x.
- b. *Swaying* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu -y.
- c. *Heaving* : Gerakan osilasi lateral pada sumbu -z.
- d. *Rolling* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu -x.
- e. *Pitching* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu -y.
- f. *Yawing* : Gerakan osilasi rotasional terhadap sumbu -z.



Gambar 2.10 Enam Derajat Kebebasan Gerakan Struktur terapung

Hanya 3 macam gerakan merupakan gerakan osilasi murni yaitu *heaving*, *rolling* dan *pitching*, karena gerakan ini bekerja dibawah gaya atau momen pengembali ketika struktur itu terganggu dari posisi kesetimbangannya.

### 2.2.11 System Mooring

*Mooring* line yang digunakan untuk system tambat biasanya berjumlah 4 sampai 12 lines. Konfigurasi lines biasanya simetris dengan longitudinal axis dari struktur terapung tersebut. Panjang total dari *mooring* hingga *anchor* harus sama dengan pejumlahan dari :

- a. *Water depth*
- b. *The anchoring distance*
- c. Jarak antara *fairlead* dan *winch*
- d. Safety length (D) sama dengan 200 – 300 m untuk *wire rope*, dan 50 – 100 m untuk *chain*

Dalam pemilihan line *tipe* mempertimbangkan beberapa faktor :

- a. Berat dari tali tambat peralatan yang mendukung seperti *winch* atau *windlass*
- b. Ukuran keseluruhan
- c. Posisi saat tali tambat stabil dan liftingnya
- d. Kerapuhan dan kemungkinan perbaikan

Untuk *tipe* tali tambat yang lain dapat memperhitungkan beberapa kasus :

- a. Ballast lines, untuk menurunkan berat dan mengurangi panjang tali tambat
- b. Tali tambat yang menempel pada buoys untuk mengurangi panjang tali yang bersinggungan dengan seabed.

Safety Factor untuk kondisi normal pada *anchoring* line berkisar 3 - 4 dengan persamaan :

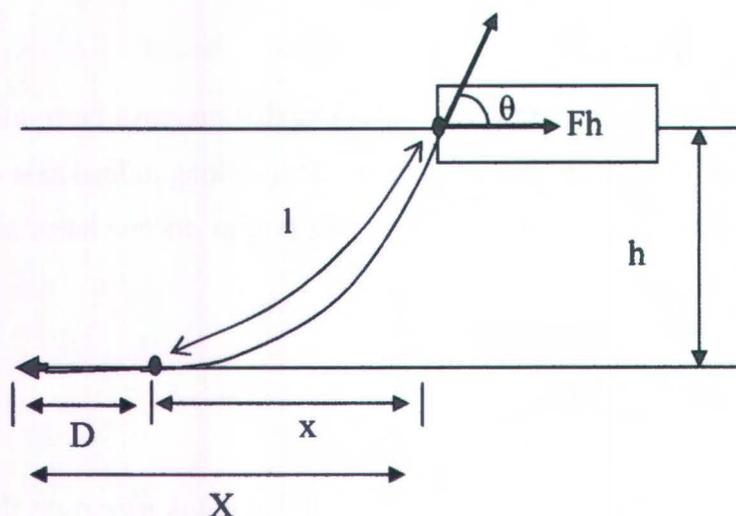
$$SF = \frac{R}{S} \quad (2.57)$$

Dengan

R = Minimum breaking force;

S = Force in the line (Tirant Le, Pierre,1990)

Jenis dan konfigurasi dari *mooring* tergantung pada besar dari beban horisontal yang diterima oleh struktur. Tipe *mooring system* dibagi menjadi tiga kategori yaitu *wire rope system*, *all chain system* dan kombinasi *chain/wire rope system*.



Gambar 2.11 Konfigurasi *mooring* ( Tirant, 1990 )

Dengan panjang minimum :

$$l = h \sqrt{\frac{2F_H}{ph} + 1} \quad (2.58)$$

Dengan :

- l : panjang minimum
- h : hm + hc
- hm : kedalaman perairan
- hc : tinggi fairlead dari permukaan air
- p : submerged weight dari *mooring*
- $F_H$  : gaya horisontal pada *mooring* di fairlead
- T : tension pada *mooring* di fairlead

Panjang minimum yang diberikan diatas adalah panjang *mooring* dengan keadaan taut (tegang) jadi diperlukan penambahan panjang untuk keamanan (D). Besarnya D bergantung dari nilai keamanan yang diberikan dan daya cengkram jangkar.

### 2.2.12 Sekilas Software MOSES

MOSES adalah program simulasi yang umumnya digunakan untuk menganalisa apapun benda yang akan ditempatkan di laut. MOSES merupakan sebuah bahasa, apa yang dimaksudkan disini adalah ada sebuah jalan yang terstruktur yang mengkomunikasikan apa yang anda inginkan dengan MOSES. Terdapat lebih dari 300 perintah yang berbeda dalam MOSES. Kita dapat membaginya secara kasar kedalam 2 kelas yaitu: *Action Commands* dan *Modelling Commands*. *Modelling Commands* digunakan untuk menentukan sebuah model sedangkan *Action Commands* memerintahkan MOSES tentang apa yang akan dilakukan dengan model tersebut.

Software ini dapat melakukan perhitungan baik dengan metode frekuensi Domain ataupun Time Domain. Definisi kedua analisis tersebut menurut API RP 2T,

1. *Frequency domain analysis* adalah simulasi kejadian pada saat tertentu dengan interval frekuensi yang telah ditentukan sebelumnya. Keuntungannya adalah lebih menghemat waktu perhitungan dan juga input atau output lebih sering digunakan oleh perancang. Kekurangan metode ini adalah semua persamaan *non-linier* harus diubah dalam bentuk linear.
2. *Time domain analysis* adalah penyelesaian gerakan dinamis struktur berdasarkan fungsi waktu. Keuntungan dari metode *time domain* dibanding metode *frequency domain* adalah semua tipe *non-linier* (matrik sistem dan beban-beban eksternal) dapat dimodelkan dengan lebih tepat. Menurut DNV, untuk dapat mewakili kondisi sebenarnya simulasi minimal dilakukan selama 3 jam.

## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan untuk mengerjakan tugas akhir ini akan dipaparkan sebagai berikut :

#### 1. Pengumpulan data dan studi literatur

Pengumpulan data lingkungan meliputi data tinggi gelombang signifikan dan periode gelombang. Studi literatur ditujukan untuk mendapatkan buku atau jurnal yang berhubungan dengan *Floating breakwater*

#### 2. Menentukan periode ulang dari suatu lokasi

Penentuan periode ulang dengan menggunakan data gelombang tahunan untuk menentukan tinggi gelombang 100 tahunan, dengan menggunakan periode ulang Weibull.

#### 3. Menentukan tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau

Penentuan tinggi gelombang yang ditinjau dilakukan karena tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau berbeda dengan tinggi gelombang pada tempat pengukuran. Sehingga dalam penentuannya terdapat pengaruh pendangkalan.

#### 4. Menentukan dimensi struktur

Penentuan awal dimensi struktur meliputi  $L \times B \times T$  dalam meter, ketebalan dan bahan dari struktur juga ditentukan, data ini diperlukan dalam penentuan berat dari struktur. Dalam studi ini bahan yang digunakan dalam perancangan struktur *floating breakwater* adalah ferro cement. Dalam penentuan dimensi ini juga dilakukan perhitungan berat dari struktur yang akan diteruskan dengan penentuan buoyancy, sehingga akan ditemukan *draft* rencana.

#### 5. Menentukan range design.

Range design diperlukan sebagai batasan perencana dalam menentukan *draft* dan tinggi *free board*. Batasan *draft* berpengaruh terhadap besarnya gelombang transmisi yang tidak mengerosi pantai. *Free board* dibatasi karena adanya tinggi gelombang yang harus ditahan, sehingga *free board* minimal harus sama dengan tinggi gelombang maksimum.

## 6. Menentukan tinggi gelombang pada pantai

Dilakukan peninjauan tinggi gelombang yang menjalar ke pantai. Dalam penentuan tinggi gelombang, menggunakan CgWave. Langkah-langkah pemodelan dengan CgWave adalah:

- 6.a. Membuat kontur yang akan membentuk slope tertentu dengan AutoCad yang kemudian disimpan dalam format *.dxf*.
- 6.b. Inputkan data dengan format *.dxf* tersebut
- 6.c. Rubah data *dxf* tersebut ke feature arc.
- 6.d. Beri jarak yang sama pada setiap feature arc dengan cara klik seluruh feature arc kemudian masuk pada menu feature objects – redistribut vertice. Inputkan jarak meshing yang diinginkan.
- 6.e. Masukkan elevasi pada setiap kontur. Elevasi yang digunakan jika menggunakan Cgwave berupa positif.
- 6.f. Kemudian dirubah ke scatter dengan mencentang Arc elevation. Hal ini berarti scatter yang dibentuk memiliki elevasi yang sama dengan feature arc.
- 6.g. Masukkan konstanta pada data calculator yang pada awalnya mengisi model control dengan mencentang wave celerity. Data calculator dimasukkan untuk mendapatkan besarnya meshing yang sesuai dengan panjang gelombang.
- 6.h. Buat domain dengan bentuk semicircular. Bentuk semicircular dipilih karena model yang dibentuk adalah daerah pantai, sehingga oleh CgWave disarankan untuk menggunakan bentuk semicircular.
- 6.i. Membuat meshing dengan perintah build poligon. Dan mengisikan bentuk meshing yang diinginkan. Setelah itu rubah ke 2D mesh. Ukuran meshing menentukan sensitivitas hasil sehingga untuk mendapatkan hasil yang akurat disarankan menggunakan meshing rapat.
- 6.j. Menjalankan perintah Cgwave dengan memasukkan arah gelombang dan periode gelombang.
- 6.k. Run Cgwave, kemudian buat coverage observasi dan buat garis feature arc searah datang gelombang. Data tinggi gelombang menuju pantai didapatkan.

## 7. Validasi wave force

Dengan karakteristik gelombang yang ada ketika mengenai struktur akan menimbulkan gaya terhadap struktur. Besarnya gaya yang ditimbulkan tergantung dari region Validity dari gaya gelombang. Dimana  $D/\lambda < 0.2$  menggunakan teori morison, jika  $D/\lambda > 0.2$  menggunakan teori difraksi.

## 8. Pemodelan dengan Moses

Pemodelan dengan Moses diperlukan untuk mengetahui righthing arm dan gaya gelombang yang menghantam struktur. Semua perintah pemodelan dan analisa pada Moses menggunakan script pada notepad. Langkah-langkah untuk memodelkan dengan Moses adalah :

- 8.a. Menentukan koordinat posisi awal model.
- 8.b. Memberikan koordinat dimensi dari struktur dengan perintah sebagai berikut

```
&surface  
block FB -location 0 0 0 0 0  
PLANE 0 5 10 15 20 25 -RECT 0 5 8  
END  
&set subt = FB  
cetak FB
```

- 8.c. Run pembuatan model dengan Moses 7.
- 8.d. Untuk menentukan besarnya righthing arm diperlukan inputan berupa berat struktur. Berat struktur dapat diinputkan dengan perintah *&weight -compute* diikuti oleh berat struktur.
- 8.e. Perintah yang digunakan untuk mendefinisikan righthing arm adalah dengan mengetik *&HSTATICS*. Setelah itu menentukan sudut roll yang akan diproses oleh moses dan memasukkan nilai hingga berapa kali sudut yang diinputkan tadi akan terbentuk.

```
HSTATICS  
rarm 2.5 44 -echo n
```

- 8.f. Run penentuan righthing arm dengan menggunakan Moses 6.
- 8.g. Perintah spesifik untuk menampilkan besarnya gaya eksitasi adalah dengan perintah *ST\_EXFORCE HEADING\_90*.
- 8.h. Run penentuan gaya eksitasi pada struktur dengan menggunakan Moses 6.

#### 9. Perhitungan stabilitas

Stabilitas struktur dalam studi ini meliputi stabilitas statis dan stabilitas akibat heeling moment. Stabilitas statis dengan menentukan titik metacenter struktur floating. Pada stabilitas heeling dibandingkan righthing arm moment dengan heeling moment akibat gaya angin.

#### 10. Total gaya horisontal

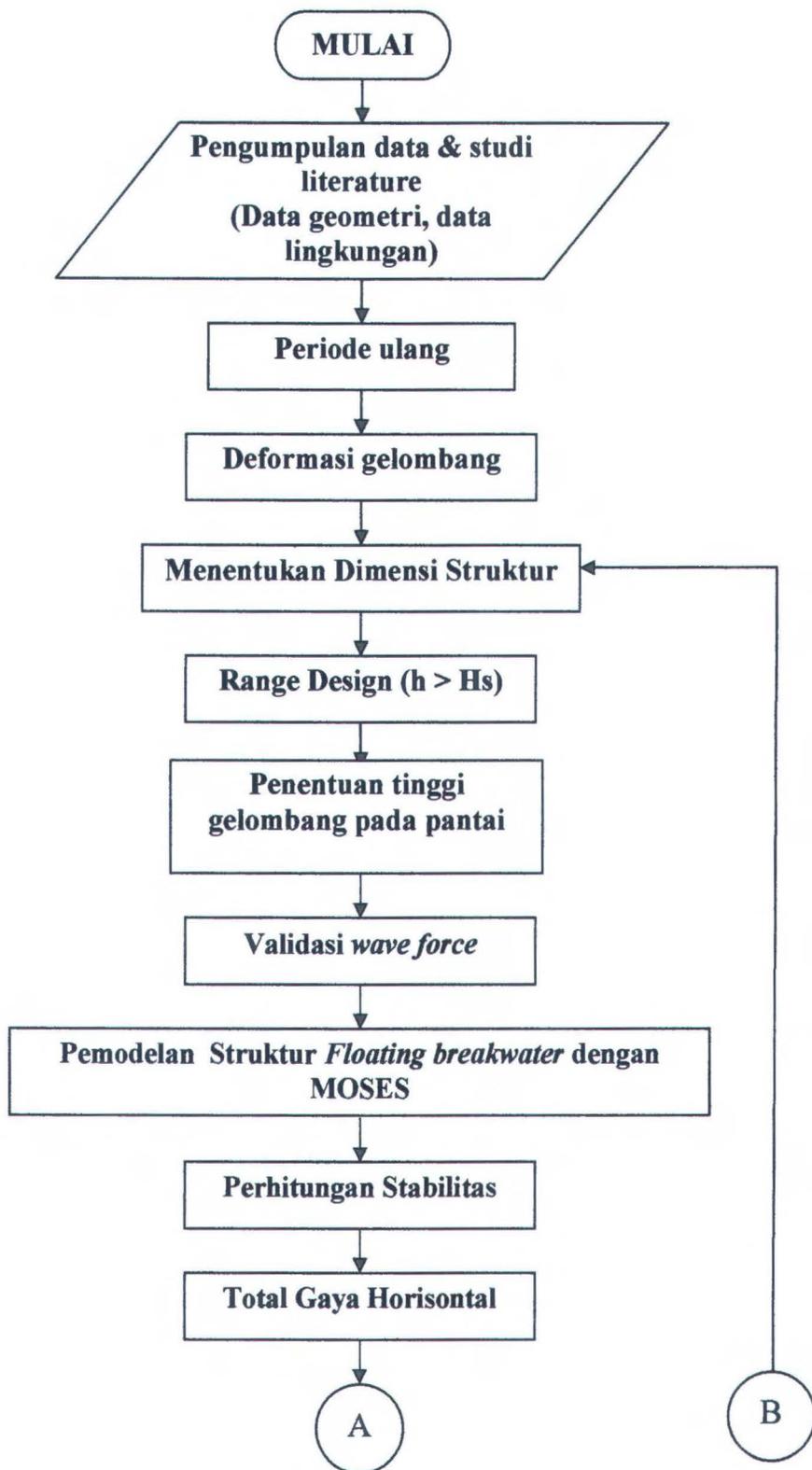
Total gaya horisontal dalam studi ini adalah penjumlahan gaya angin, gaya arus, dan gaya gelombang searah horisontal.

#### 11. Tegangan dan diameter *Chain*.

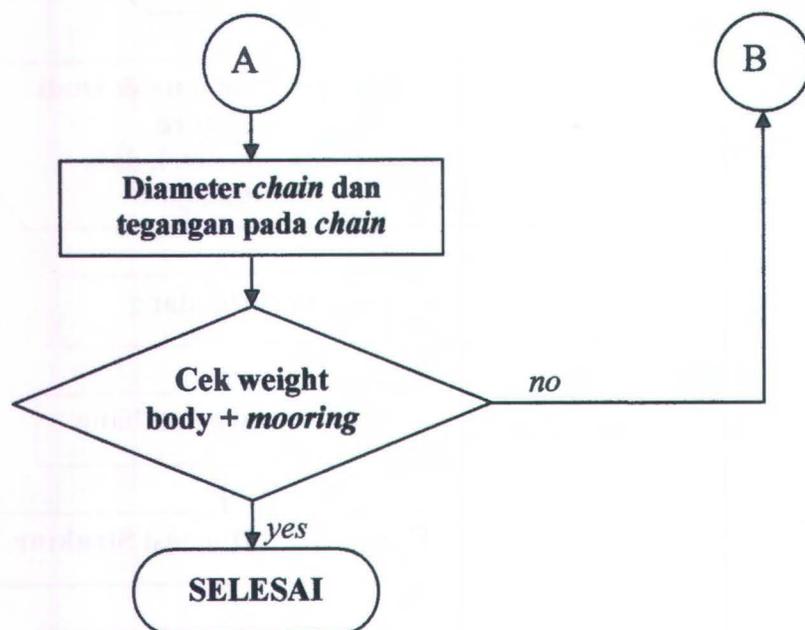
Setelah diketahui total gaya horisontal, maka dapat diketahui tegangan yang akan diterima *mooring line*. Untuk mengetahui tegangan pada *mooring line* maka total tegangan dibagi dengan jumlah *mooring line* yang menahan total gaya horisontal. Dengan tegangan yang terjadi pada *mooring line* maka dapat diketahui diameter *Chain* dengan safety factor 3 – 4 terhadap proff load dan breaking load.

#### 12. Cek total weight

Cek berat total yang dimaksud disini adalah penjumlahan berat struktur dan berat seluruh *mooring* yang membebani. Dari berat total tersebut maka akan menimbulkan *draft* yang baru. Dari *draft* baru tersebut, di masukkan dalam tabel range validasi. Jika *draft* baru masih memenuhi maka perancangan telah selesai.



Gambar 3 Diagram alir pengerjaan tugas akhir



Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir (lanjutan)

## BAB IV

### ANALISA DAN HASIL

#### 4.1. Perencanaan Awal

##### 4.1.1 Pengaruh dimensi terhadap gelombang transmisi

Analisa awal yang dilakukan adalah membuat perhitungan yang telah dilakukan TSinker dengan data geometri dan data gelombang disesuaikan dengan Tsinker (1985). Pada perhitungan T Sinker menggunakan data struktur dan data lingkungan sebagai berikut :

Data struktur :

*Breadth* : 4.9 m

*Draft* : 1.1 m

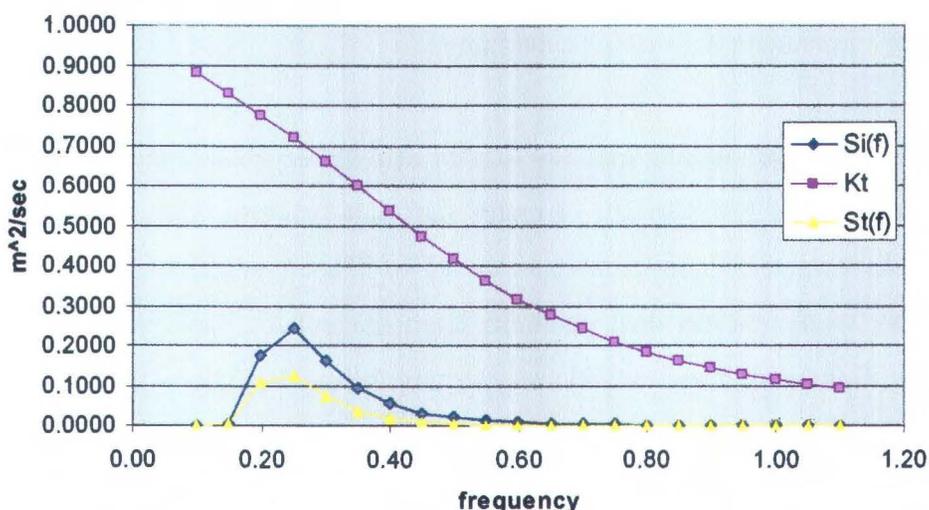
Data lingkungan :

Kedalaman (h) : 6.73 m

Tinggi gelombang signifikan (Hs) : 0.81 m

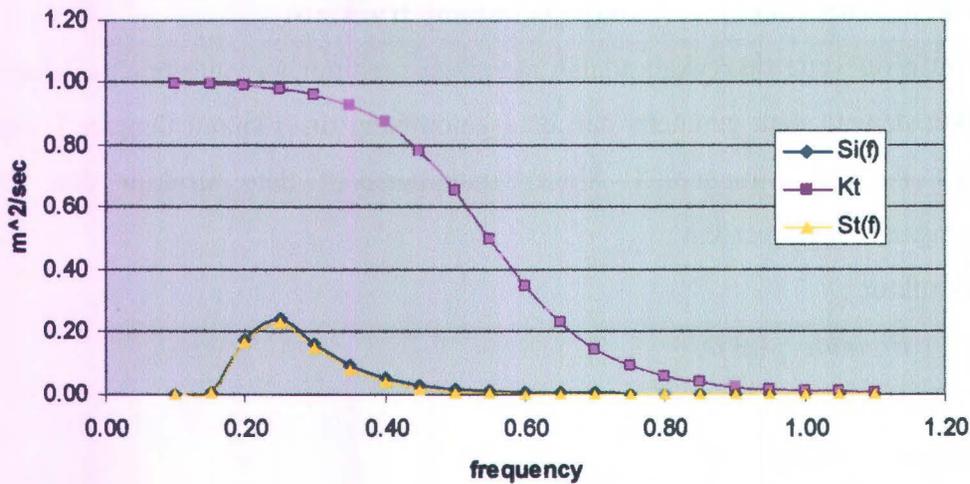
Periode puncak gelombang (Tp) : 4.23 s

Dari data-data tersebut kemudian dilakukan perhitungan dengan teori Carrs dan teori Mocagno dalam mendapatkan spektrum incident wave. Perhitungan yang dilakukan terdapat pada lampiran A.



Gambar 4.1 Hubungan antara frekuensi dengan Si, St, Kt Carr's

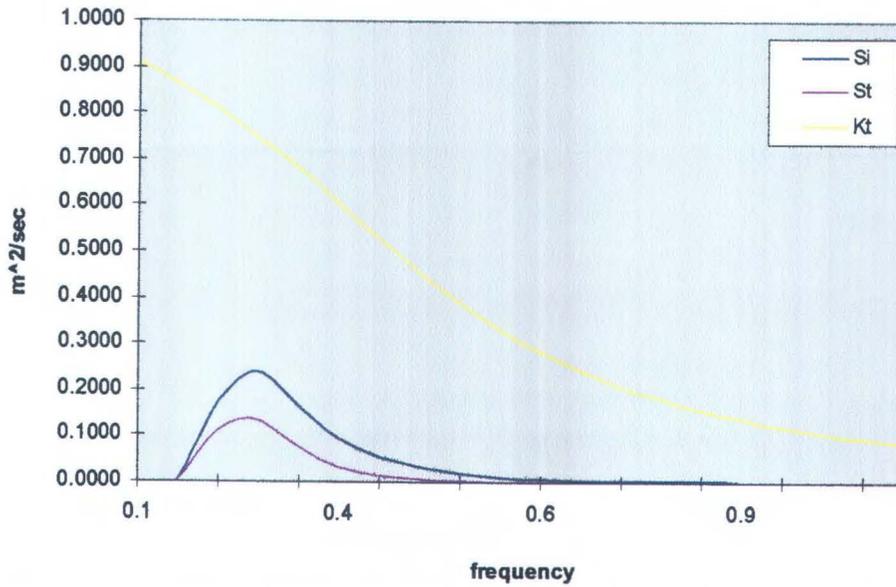
Dari Gambar 4.1 terdapat penurunan spektrum gelombang datang akibat dari pengaruh koefisien redaman. Koefisien redaman dengan teori Carr's ini dipengaruhi oleh bentuk geometri struktur yang berhubungan langsung dengan gelombang datang dalam hal ini *draft* dan lebar.



Gambar 4.2 Hubungan antara frekuensi dengan Si, St, Kt Mocagno's

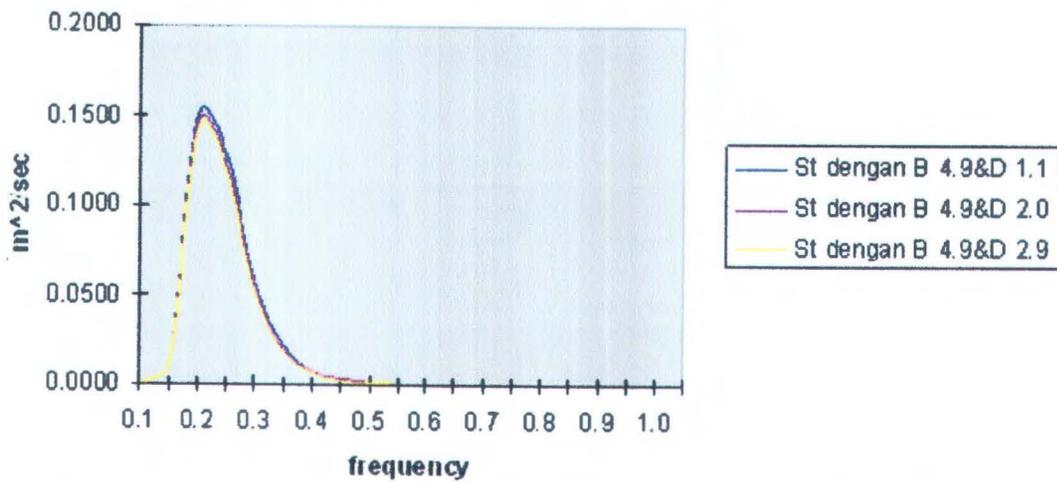
Kemudian dibandingkan antara hasil Perhitungan pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 dengan perhitungan yang dilakukan Tsinker (1985). Hasil yang didapat teori Carr's mendekati dengan hasil perhitungan Tsinker. Sehingga perhitungan besarnya gelombang transmisi dengan teori Carr's dapat digunakan dalam perancangan peredam gelombang selanjutnya.

Dari pengukuran gelombang perairan Remen jenu Tuban Jawa Timur didapat data dengan kedalaman alat SBE 26 18 meter, dari data gelombang diatas didapat Hs 0.81 m, Ts 4.23 s, dengan kedalaman air 25 m. Dari data tersebut dengan teori Carr's dan menggunakan data geometri tetap didapatkan Spektrum gelombang transmisi. Gambar 4.3 menunjukkan kesamaan bentuk spektrum transmisi yang mengenai struktur dengan geometri yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa dengan geometri yang sama akan membentuk koefisien transmisi yang sama dengan tingkat peredaman yang sama.

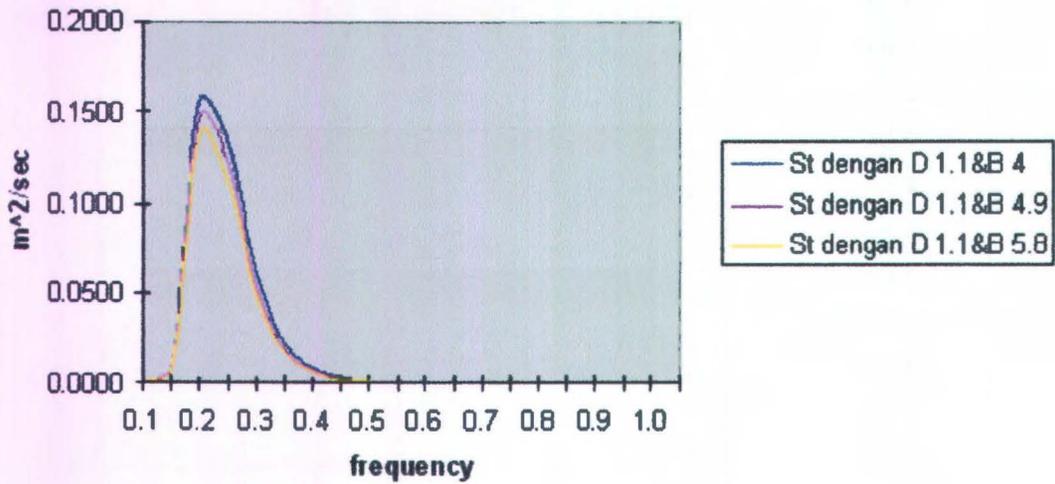


Gambar 4.3. Hubungan antara frekuensi dengan Si, St, Kt Carr's pada pantai Tuban dengan B: 4.9 dan D: 1.1

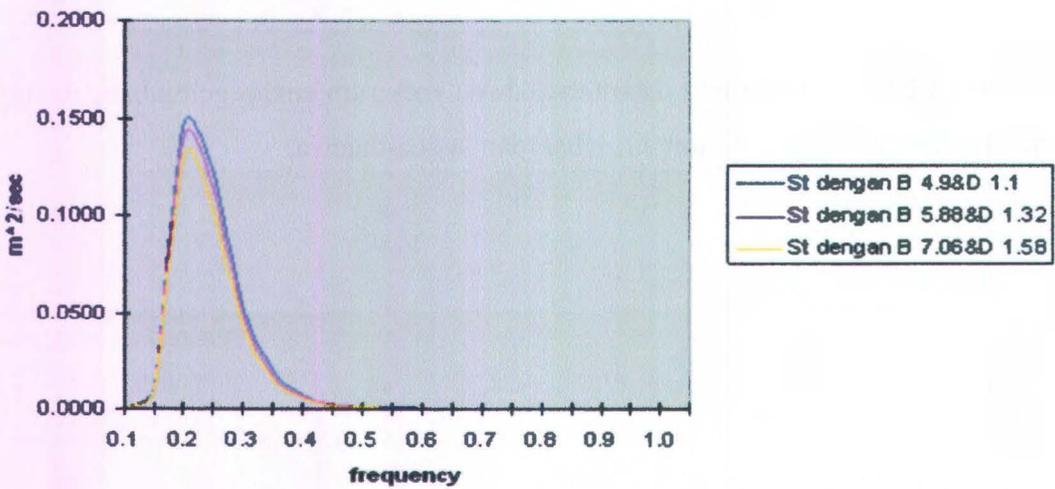
Analisa perbedaan geometri dalam mereduksi spektrum energi gelombang datang dengan mengkonfigurasi sarat air, lebar, dan kedua-duanya.



Gambar 4.4. Perbandingan Spektrum transmisi dengan konfigurasi sarat air



Gambar. 4.5. Perbandingan Spektrum transmisi dengan konfigurasi lebar struktur



Gambar.4.6. Perbandingan Spektrum transmis dengan konfigurasi sarat air dan lebar struktur

Dari perhitungan diatas didapat bahwa dengan memperbesar geometri akan memperbesar koefisien gelombang transmisi sebesar 3 persen dengan kenaikan geometri seperti pada tabel. Sehingga dalam perancangan selanjutnya diperlukan perhitungan gelombang transmisi untuk tiap-tiap *draft*. Sehingga didapat gelombang transmisi yang sesuai dengan kondisi pantai.

#### 4.1.2 Periode ulang

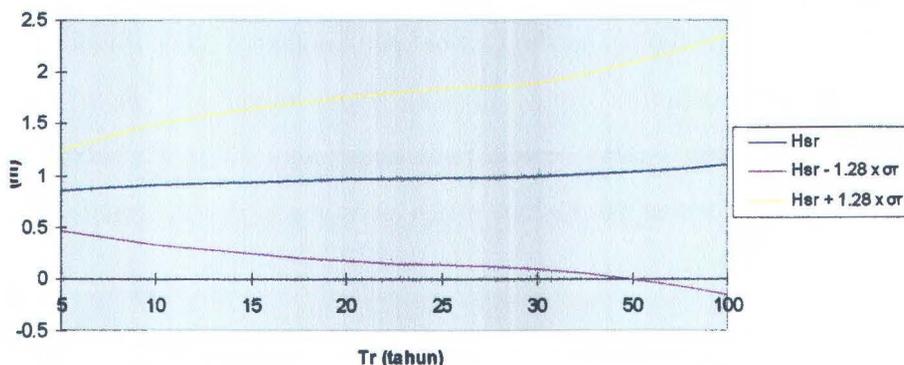
Dalam perancangan struktur lepas pantai diperlukan suatu data gelombang dalam jangka waktu pengukuran beberapa tahun. Tetapi pengukuran dalam jangka waktu panjang jarang dilakukan oleh karena itu diperlukan perhitungan periode ulang untuk mengetahui gelombang yang disamai atau dilampaui satu kali dalam T tahun. Dari data gelombang hasil pengukuran dilakukan perhitungan dalam mendapatkan periode ulang yang ditunjukkan dalam Tabel 4.1 dan Tabel 4.2. Sehingga dapat diketahui tinggi gelombang T tahunan seperti pada Gambar 4.7. Perencana dapat menentukan tinggi minimal *floating breakwater* terhadap muka rerata air laut.

Tabel 4.1 Hitungan gelombang dengan periode ulang metode Weibull

m	$H_{sm}$	k	P	$y_m$	$H_{sm} \times y_m$	$y_m^2$	$(H_{sm} - H_r)^2$	$H_{sm}^k$	$H_{sm} - H_{sm}^k$
1	0.900	1	0.9024	2.327	2.094	5.414	0.006	0.911	-0.151
2	0.860	1	0.7182	1.267	1.089	1.604	0.000	0.825	0.035
3	0.760	1	0.5341	0.764	0.580	0.583	0.004	0.784	0.116
	<b>2.520</b>		<b>2.155</b>	<b>4.357</b>	<b>3.764</b>	<b>7.602</b>	<b>0.010</b>	<b>2.520</b>	<b>0.000</b>

Tabel 4.2 Gelombang dengan periode ulang tertentu metode Weibull

$T_r$ (tahun)	$y_r$ (tahun)	$H_{sr}$ (m)	$\sigma_{nr}$	$\sigma_r$	$H_{sr} - 1.28 \times \sigma_r$ (m)	$H_{sr} + 1.28 \times \sigma_r$ (m)
50	3.912	1.041	11.347	0.818	-0.007	2.088
100	4.605	1.097	13.519	0.975	-0.151	2.345



Gambar 4.7 Grafik periode ulang dengan metode Weibull

Dalam merencanakan bangunan terapung diperlukan kondisi gelombang 100 tahunan sehingga digunakan tinggi gelombang 2.345 m. Hal ini dilakukan agar struktur yang dibuat mempunyai keandalan dalam meredam gelombang 100 tahunan. Dimana tinggi gelombang 2.345 m peluang terjadinya adalah 1 kali dalam 100 tahun.

Dalam pemilihan waktu periode ulang sebaiknya disesuaikan dengan kondisi perairan. Untuk open ocean sebaiknya menggunakan tinggi gelombang 100 tahunan. Karena mengingat *open ocean* lebih daerah pembangkit gelombang karena angin lebih luas, seperti Laut Jawa. Sedangkan untuk *close ocean* seperti daerah selat, sebaiknya menggunakan tinggi gelombang 50 tahunan. Karena daerah pembangkit gelombang terhalang pulau didepannya. Hal ini dilakukan untuk menghindari *over design* pada daerah *close ocean*.

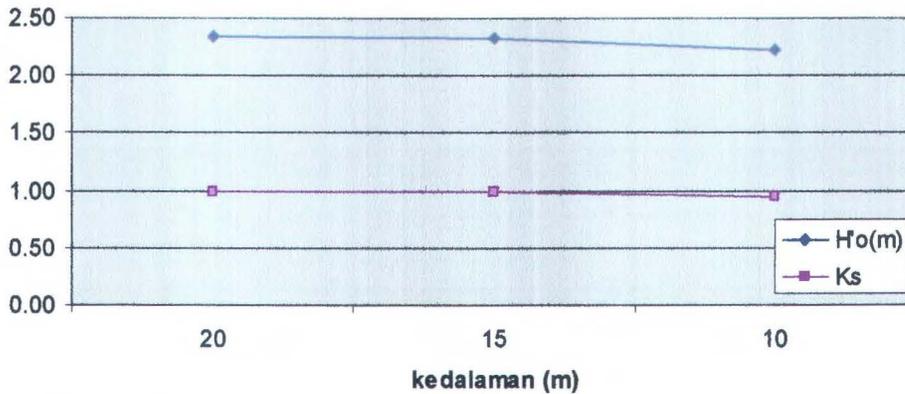
#### **4.1.3 Deformasi Gelombang**

Setelah mengetahui tinggi gelombang 100 tahunan, maka perlu dilakukan peninjauan deformasi gelombang pada kedalaman *floating breakwater* akan dipasang. Hal ini perlu dilakukan karena tinggi gelombang dan periode gelombang dapat berubah karena efek refraksi dan shoaling. Dalam penelitian ini, arah gelombang tegak lurus kontur sehingga efek refraksi memberikan koefisien refraksi sebesar 1. Hal ini berarti bahwa tidak ada pembelokan arah datang gelombang.

Perubahan kontur juga menyebabkan perubahan tinggi gelombang, sehingga dengan menghitung koefisien *shoaling* akibat pendangkalan dapat diketahui tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau. Pada tabel 4.3 dapat diketahui karakteristik gelombang setelah berada pada kedalaman 10 m. Pada Gambar 4.8 ditunjukkan dengan Gambar perubahan tinggi gelombang dan Koefisien shoaling tiap kedalaman.

Tabel 4.3 Tinggi gelombang pada kedalaman tertentu

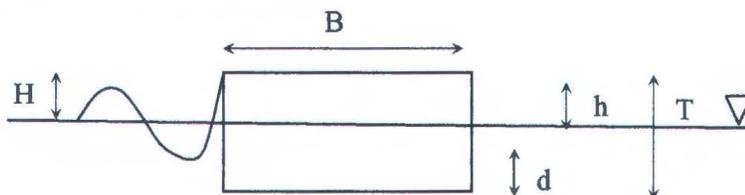
Ho(m)	T(s)	Lo(m)	d (m)	d/Lo	Ks	H'o(m)
2.350	4.440	30.753	20	0.650	0.998	2.3453
2.345	4.440	30.752	15	0.488	0.989	2.3195
2.320	4.429	30.608	10	0.327	0.957	2.2198



Gambar 4.8 Perubahan tinggi gelombang dan Ks pada kedalaman tinjau

#### 4.1.4 Menentukan Dimensi Struktur

Dimensi struktur *floating* breakwater yang digunakan dalam penelitian ini untuk  $L \times B \times T$  adalah  $25\text{m} \times 8\text{m} \times 5\text{m}$ . Setelah menentukan dimensi struktur, maka perlu dilakukan range pemilihan  $d$  dan  $h$ . Hal ini digunakan untuk membatasi perancang agar tinggi *free board* ( $h$ ) tidak melebihi dari tinggi gelombang datang ( $H$ ). Karena jika gelombang datang lebih tinggi akan menyebabkan *overtopping* seperti pada Gambar 4.9. Jika terjadi *overtopping*, maka perlindungan pantai tidak sempurna dan struktur menjadi cepat rusak. Selain batasan dalam menentukan tinggi  $h$ , terdapat pula batasan dalam pemilihan *draft* yang berpengaruh terhadap besarnya gelombang transmisi. Gelombang Transmisi diharapkan dapat menambah sedimentasi pada pantai.

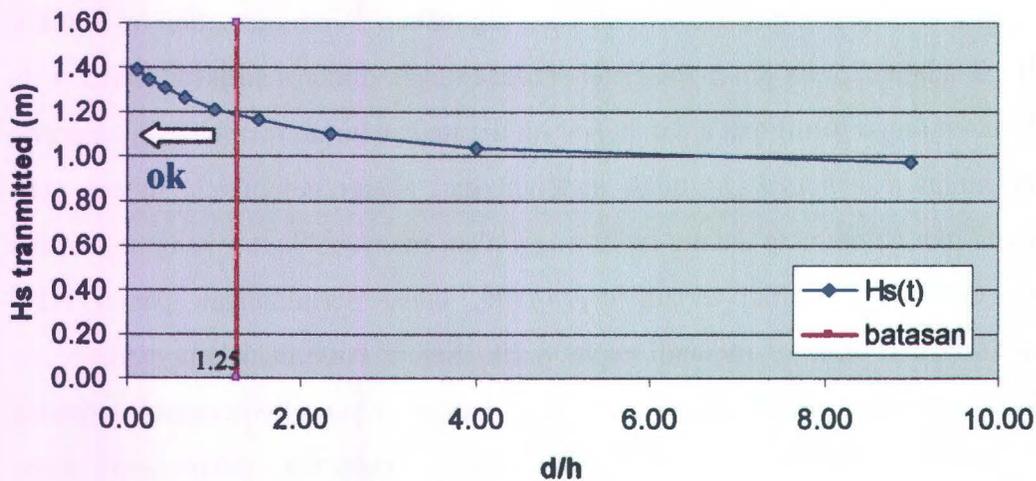


Gambar 4.9 Parameter range pemilihan  $d$  dan  $h$

Dengan kondisi batas *free board* ( $h$ ) tidak boleh kurang dari 2.22 m, karena tinggi gelombang ( $H$ ) maksimum mencapai 2.22 m, sehingga tinggi gelombang dalam keadaan maksimum tidak bisa melampaui permukaan atas struktur. Untuk itu disarankan rasio antara *draft* dengan *free board* ( $d/h$ ) yang tidak boleh melampaui nilai 1.25, ditunjukkan pada Tabel 4.4. Sehingga dalam merancang *floating breakwater* pada kondisi ini harus memilih ratio  $d/h$  yang kurang dari 1.25.

Tabel 4.4 Range pemilihan  $d$  dan  $h$

Kondisi	D	h	d/h	Hs(t)
1	0.5	4.5	0.11	1.39
2	1.0	4.0	0.25	1.35
3	1.5	3.5	0.43	1.31
4	2.0	3.0	0.67	1.26
5	2.5	2.5	1.00	1.21
6	3.0	2.0	1.50	1.16
7	3.5	1.5	2.33	1.10
8	4.0	1.0	4.00	1.04
9	4.5	0.5	9.00	0.97



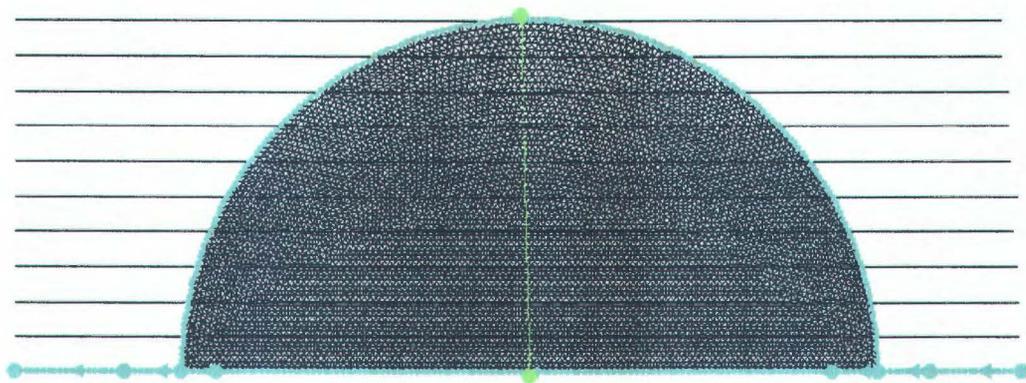
Gambar 4.10 Range pemilihan  $d$  dan  $h$

Pada Tabel 4.4 dapat dilihat rasio yang diperbolehkan dengan warna hijau, sedangkan dengan warna merah adalah rasio yang tidak diperbolehkan. Tetapi perlu diperhatikan *draft* yang digunakan dalam range  $h/d$  adalah *draft* rencana struktur sendiri tanpa berat total dari *mooring line*. Sehingga dalam perhitungan

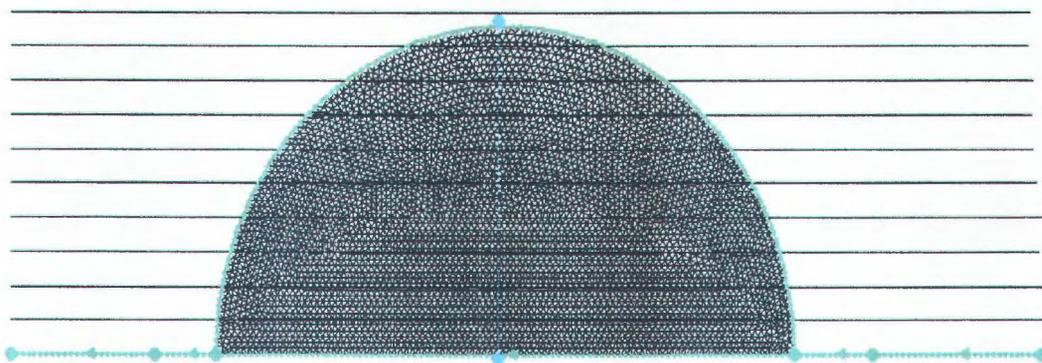
selanjutnya jika *draft* melebihi batasan maka perlu merubah *draft* rencana. Dalam hal ini *draft* rencana adalah *draft* sebelum struktur terbebani dengan *mooring line*. Dengan range diatas pada Gambar 4.10, perencana dapat menentukan *draft* rencana dengan rasio yang lebih kecil dari 1.25. Sehingga ketika total berat struktur ditambah berat *mooring*, menghasilkan sarat yang masih dalam range yang diperbolehkan.

#### 4.1.5 Peninjauan Tinggi gelombang

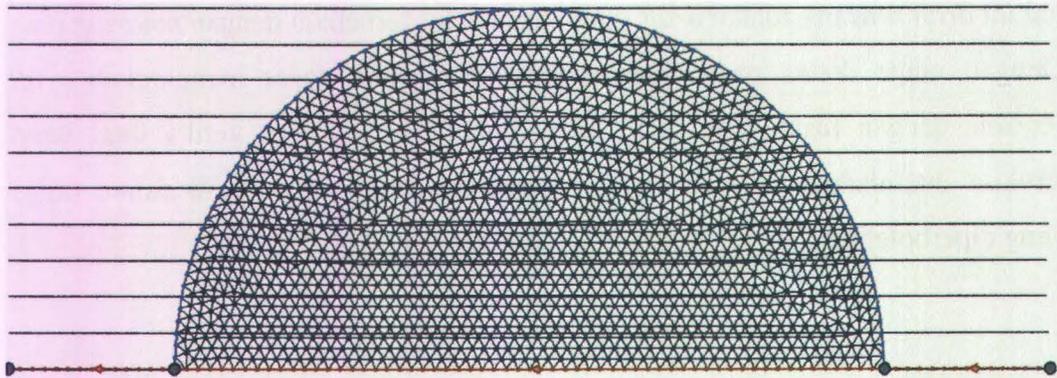
Setelah meninjau tingkat terjadinya akresi dan erosi, maka perlu dilakukan peninjauan terhadap tinggi gelombang dari belakang struktur menuju pantai. Dalam study ini, penulis menggunakan CgWave untuk mengetahui tinggi gelombang pada pantai dengan menggunakan slope 0.3, 0.2, dan 0.17 Hasil pemodelan ditampilkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Model dengan slope 0.17

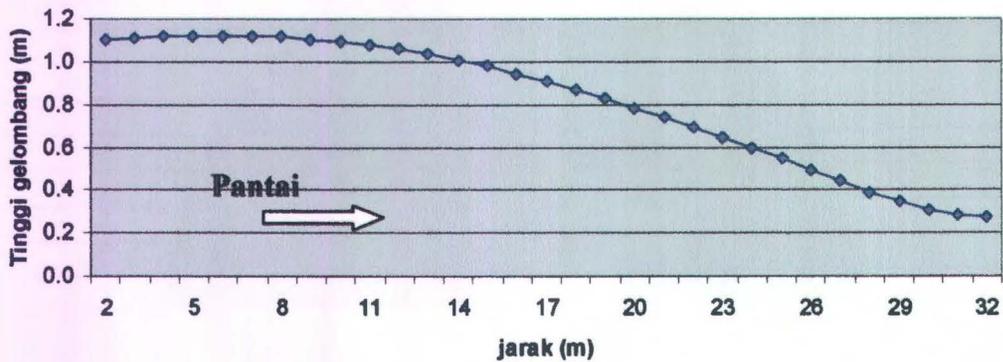


Gambar 4.12 Model dengan slope 0.2

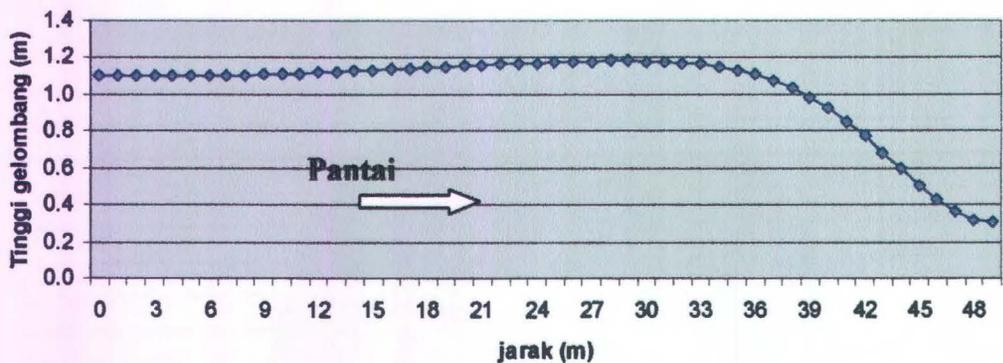


Gambar 4.13 Model dengan slope 0.3

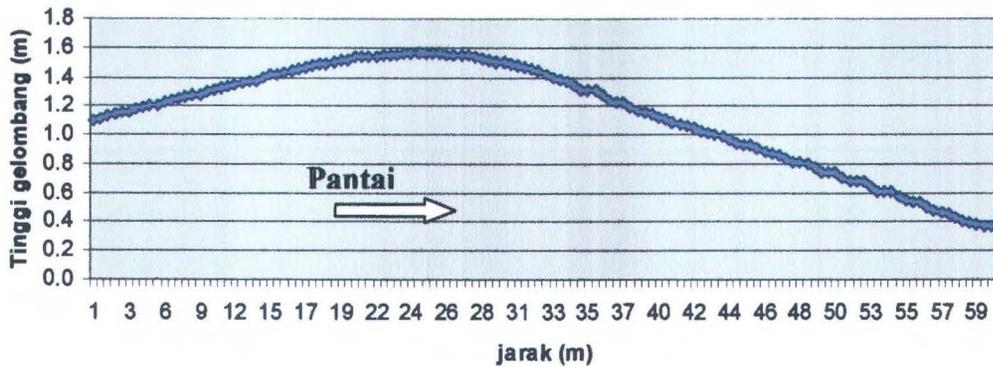
Slope dibentuk dengan kedalaman 10 m sehingga untuk membentuk slope 0.3 memerlukan jarak 30 m, untuk slope 0.2 memerlukan jarak 50 m, untuk slope 0.17 memerlukan jarak 59 m. Dari pemodelan dengan CgWave diatas didapat tinggi gelombang terhadap jarak dengan menggunakan slope 30, 20, 10 diberikan pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.14 Tinggi gelombang dengan slope 0.3



Gambar 4.15 Tinggi gelombang dengan slope 0.2

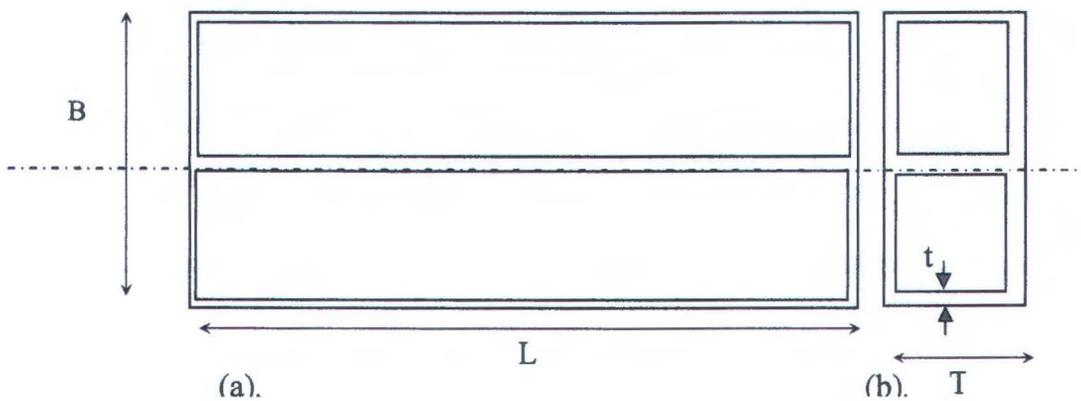


Gambar 4.16 Tinggi gelombang dengan slope 0,17

Pada Gambar 4.14 hingga Gambar 4.16 menunjukkan bahwa pantai dengan slope yang lebih kecil terjadi gelombang pecah, sedangkan dengan slope yang besar atau curam hampir tidak terjadi. Sehingga dengan penempatan *floating breakwater* pada daerah yang memiliki slope curam menjadi sangat tepat.

#### 4.1.6 Pemodelan struktur *Floating breakwater*

Struktur dengan dimensi 25 x 8 x 5 m dengan konfigurasi struktur pada Gambar 2.6, menggunakan bahan ferro cement ( $\rho : 2.5 \text{ ton/m}^3$ ) agar struktur tidak terkorosi dan meminimalkan perawatan. Dimensi struktur diberikan dalam Gambar 4.17.

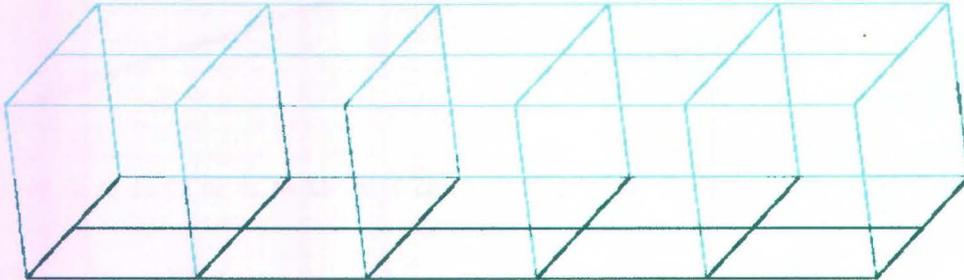


Gambar 4.17 Konfigurasi struktur *floating breakwater*

(a. Tampak atas b. Tampak depan)



Dengan ketebalan (t) struktur 30 cm, maka berat keseluruhan struktur 405.69 Ton dengan *draft* 1.98 m. Pemodelan struktur floating breakwater dilakukan dengan Moses 7. berikut ini hasil pemodelan struktur *floating breakwater*.



Gambar 4.18 Model *floating breakwater*

#### 4.2 Buoyancy dan Stabilitas

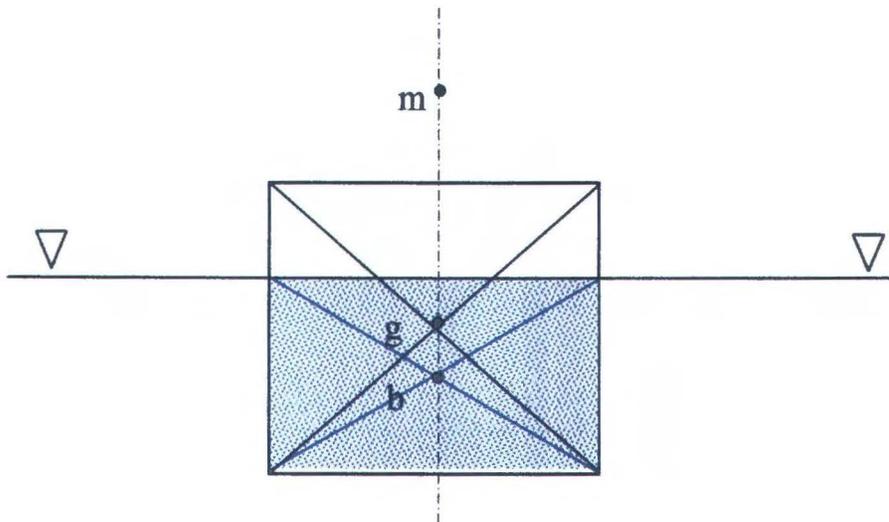
Buoyancy dari struktur dengan dimensi 25m x 8m x 5m yang menggunakan bahan dari ferrocement menghasilkan berat struktur 405.69 ton. Menurut Archimedes gaya tekan keatas (buoyancy) dari suatu benda yang tercelup air sama dengan volume air yang dipindahkan benda tersebut. Sehingga dengan berat struktur tersebut menghasilkan *draft* sebesar 1.98 m

Momen Inertia (I) dari struktur adalah 1066.67 m<sup>4</sup> dan volume air laut yang dipindahkan (V) adalah 395.79 m<sup>3</sup>. Maka Tinggi metecentre (BM) adalah 2.69m, titik metacenter berada diatas center of bouyancy dan center of grafitry sehingga *floating breakwater* STABIL, ditunjukkan pada Gambar 4.20.

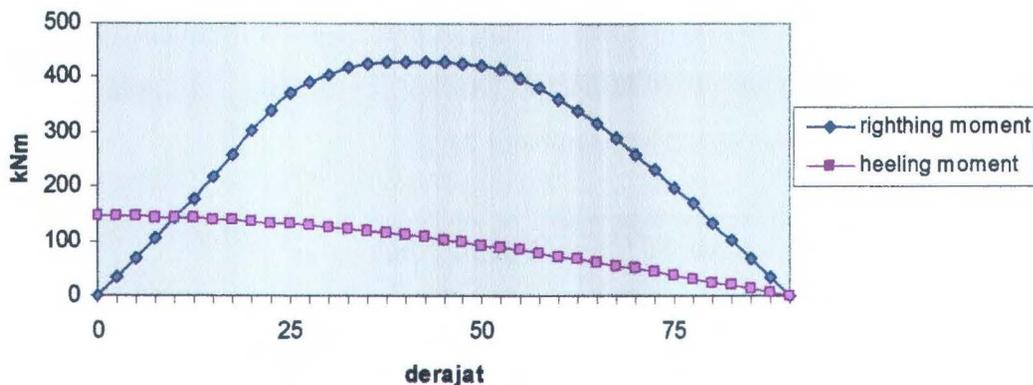
Pemeriksaan stabilitas *floating breakwater* dilakukan dengan membandingkan luasan dibawah kurva *righting moment* dan luasan dibawah kurva *heeling moment*. Data *righting moment* untuk setiap sudut kemiringan didapatkan dari hasil perhitungan stabilitas dengan menggunakan *software* MOSES 7.0, sedangkan data *heeling moment* didapatkan dari perhitungan manual momen gaya angin untuk kecepatan angin 3 m/s.

Struktur dinyatakan memiliki stabilitas yang baik apabila perbandingan antara luasan kurva *righting moment* dengan luasan kurva *heeling moment* (K) memiliki

nilai diatas 1.3 ( $K > 1.3$ ). Dari hasil perhitungan stabilitas yang telah dilakukan, maka didapatkan grafik stabilitas model pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Posisi Metacenter berada diatas titik b dan g

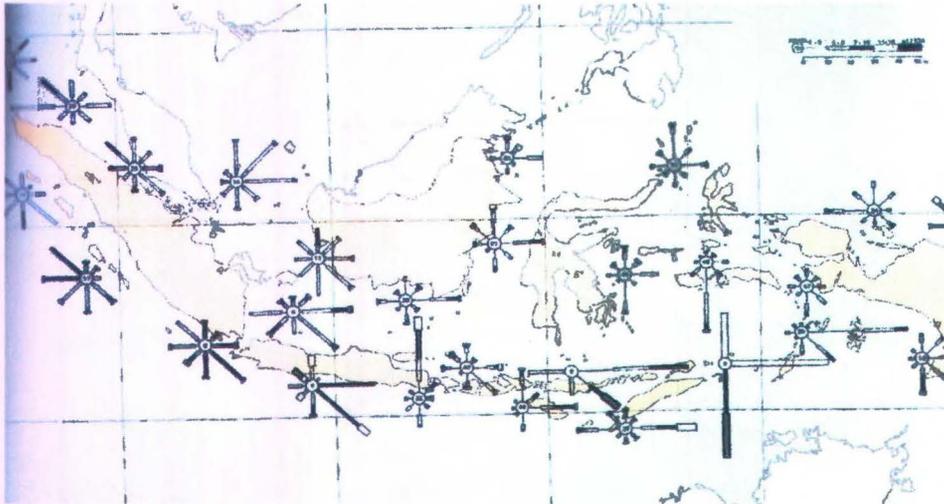


Gambar 4.20 Grafik stabilitas struktur dengan kecepatan angin 3 m/s

Berdasarkan perhitungan kurva hasil perhitungan stabilitas *intact* diatas maka didapatkan nilai perbandingan luasan kurva *righting moment* dan luasan kurva *heeling moment* ( $K$ ) adalah 3, maka struktur *floating breakwater* tersebut aman. Setelah dilakukan perhitungan lebih lanjut dengan penambahan kecepatan dengan angin nilai  $K$ , sebagai berikut :

1. Nilai  $K$  untuk kecepatan angin 4 m/s adalah 1.7 ( $K > 1.3$  , aman)
2. Nilai  $K$  untuk kecepatan angin 5 m/s adalah 1.1 ( $K > 1.3$  , tidak aman)

Berdasarkan nilai K pada setiap kenaikan kecepatan angin, maka struktur tidak aman saat kecepatan angin diatas 4 m/s. Dengan daerah yang sesuai dengan struktur *floating breakwater* ini hampir pada seluruh perairan Indonesia dengan kecepatan rata-rata 3 m/s kecuali pada daerah Nusa Tenggara, Maluku, dan hampir



sepanjang pantai selatan pulau Jawa, karena pada daerah tersebut mempunyai rata-rata kecepatan angin diatas 4 m/s. Sehingga harus merubah dimensi srtuktur jika diperlukan perlindungan pada daerah tersebut. Pernyataan ini dapat dilihat pada peta windrose Indonesia pada Gambar 4.21.

Gambar 4.21 Peta Windrose Indonesia  
(Departemen Meteorologi dan Klimatologi,2003)

### 4.3 Tegangan pada *Mooring*

#### 4.3.1 Horisontal Force

Horisontal force adalah total dari *wind force*, *current force*, dan *wave force*. Pada perhitungan *wave force* menggunakan teori difraksi karena  $D/\lambda > 0.2$ . dengan Moses 6.0 didapat *wave force* yang terjadi (tabel 4.5).

Tabel 4.5 *wave force* dengan teori difraksi

FX	FY(ton)	FZ	MX	MY	MZ
0.05	224.13	202.32	80.67	0.29	0.18

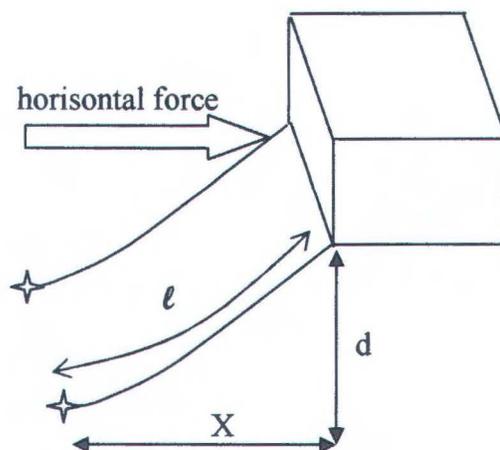
Pada perhitungan *wind force* dengan kecepatan 3 m/s dan luasan yang terkena beban angin sebesar 62.5 ft<sup>2</sup>, sehingga dengan persamaan yang ada *wind force* pada struktur sebesar 0.053 ton atau 0.51 kN. Dengan menggunakan kecepatan arus

pada laut jawa sekitar 1.5 m/s, dengan wetted surface area seluas 165 m<sup>2</sup>. dengan arah arus 90 derajat dari neutral axis struktur maka luasan perpendicular struktur adalah 62.5 m<sup>2</sup>. Sehingga besar *current force* 87.06 kN. Jadi Total horisontal force adalah 2285.01 kN.

#### 4.3.2 Mooring analysis

Dengan total horizontal force 2285.01 ton maka beban yang diterima 2 *mooring line*, ditunjukkan pada Gambar 4.22 masing-masing bernilai 1142.5051 kN. Dengan asumsi sudut kemiringan *mooring line* 30° maka tegangan yang harus ditahan oleh *mooring line* adalah 1319.25 kN.

Dari tegangan pada *mooring line* tersebut ditentukan diameter *chain* 66 mm dengan break load 4200 kN dan proff load 5260 kN. Safety factor untuk break load 3.18 dan Safety factor untuk proof load 3.98, safety factor yang tersebut telah memenuhi syarat safety factor untuk kondisi operasi sebesar 3 - 4. Panjang *mooring* ( $\ell$ ) dengan kedalaman 10 m, berdasarkan persamaan yang diberikan Tirant didapat sepanjang 70 m dan jarak horisontal antar ujung rantai pada struktur dengan ujung rantai pada pile (X) sepanjang 52 m.



Gambar 4.22 *Mooring* yang menahan horizontal force

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diberikan dari analisa hasil dan pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Dengan menambah besarnya dimensi lebar dan *draft* akan menambah besar koefisien transmisi sebesar 3 persen pada tiap penambahan besar dimensi. Oleh karena itu dalam perancangan diharapkan untuk meninjau tinggi gelombang transmisi pada tiap *draft*.
2. Struktur *floating breakwater* dengan data geometri 25m x 8m x 5m memiliki stabilitas statis yang stabil, dan tahan hingga kecepatan angin hingga 4 m/s dengan nilai K sebesar 1,7.
3. Tegangan yang terjadi pada *mooring* line sebesar 1142.5051 kN, sehingga besarnya tegangan ditentukan diameter *chain cable* sebesar 66 mm dan panjang *chain cable* sebesar 70 m.

#### 5.2 SARAN

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut :

1. Memvariasikan konfigurasi *mooring* hingga didapat konfigurasi optimum untuk menahan beban lingkungan.
2. Melakukan analisa jika terjadi kebocoran pada struktur *floating breakwater*.
3. Melakukan analisa gerakan dan tegangan pada conector line terhadap *floating breakwater* yang disusun seri.
4. Studi tentang jangkauan proteksi *floating breakwater* terhadap pantai

## DAFTAR PUSTAKA

- American Petroleum Institute. 2005. *Recommended Practice For Planning and Constructing Fixed Offshore Platform-Working Stress Design*, API Recommended Practice 2A (RP 2A) WSD.
- American Bureau of Shipping (ABS), 2001, *RULES for BUILDING and CLASSING MOBILE OFFSHORE DRILLING UNITS*.
- Bartrop.N.D.P,1998, *Floating Structure: a guide for design and analysis*, The Centre for Marine and Petroleum Technology, England.
- Chakrabarty, S. K. 1987. *Hydrodynamics of Offshore Structure*. Computational Mechanics Publications Southampton, Boston,USA.
- Coastal Engineering Manual (CEM).1992. **Engineering and Design Coastal Littoral Transport**. US ARMY.
- Departemen Meteorologi dan Klimatologi, 2003, *Peta Wind Rose dan Curah Hujan*, Jakarta.
- FDN engineering,2005, *Floathing Breakwater U-block*, Floating Structures Consultants, Netherlands.
- Jones, J.B. 1971. **Transportable breakwaters – A Survey of Concepts**, NTIS, Technical Report AD-887 841, Naval Facilities Engineering Command, Port Hueneme, CA, May.
- J.Zhang,2002. **Field and Numerical Comparassion The RIBS Floathing breakwater**. Coastal and Ocean Engineering D4ision. Texas A & M Univercity.
- Rochani, Imam. 2007, **Kajian Numerik Perancangan Struktur Bangunan Peredam Gelombang Terapung**, Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS.
- Sharpkaya, T. dan Isaacson, M. 1981. **Mechanic of Wave Force on Offshore Structure**. Van Nostrand Reinhold Company, Melbourne,Australia.
- Sorensen, Robert,M. 1938, **Basic Coastal Engeneering**, A willey Interscience Publication, Newyork.

- Tirant Le, Pierre. 1990, *Anchoring Of Floating Structures*, Technip, Paris
- Triatmodjo, Bambang. 1999, *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta.
- Tsinker, Gregory P. 1995, **Marine Structures Engineering: Specialized Application**, An International Thomson publishing Company, New York.
- Standing, R.G., 1988, *Numerical Prediction of Roll Damping and Respons of Ships and Barge based on the Discrete Vortex Method*, Houston.



# LAMPIRAN A

### Lampiran A.1

B : 4.9 m  
D : 1.1 m

h : 6.73 m  
Hs : 0.81 m  
Tp : 4.23 s  
Tp = 1.05 Ts ( U.S. Army Corps of Engineers )  
Ts : 4.03 s

### CARRS

f	Si(f)	Fs	mo	Wgt	Lo	A	B	L	Kt	Wgt x Kt	St(f)	FS	mo
0.10	0.000	1	0.000	0.000	156.21	0.520	1.047	77.582	0.883	0.000	0.000	1	0.000
0.15	0.004	4	0.015	0.005	69.43	0.780	1.113	48.679	0.830	0.004	0.003	4	0.010
0.20	0.174	2	0.347	0.215	39.05	1.040	1.216	33.406	0.777	0.167	0.105	2	0.209
0.25	0.241	4	0.964	0.298	24.99	1.300	1.369	23.737	0.721	0.215	0.125	4	0.500
0.30	0.163	2	0.325	0.201	17.36	1.560	1.587	17.066	0.661	0.133	0.071	2	0.142
0.35	0.094	4	0.376	0.116	12.75	1.821	1.888	12.296	0.599	0.070	0.034	4	0.135
0.40	0.054	2	0.107	0.066	9.76	2.081	2.294	8.855	0.536	0.036	0.015	2	0.031
0.45	0.032	4	0.126	0.039	7.71	2.341	2.830	6.380	0.474	0.019	0.007	4	0.028
0.50	0.019	2	0.038	0.024	6.25	2.601	3.525	4.610	0.416	0.010	0.003	2	0.007
0.55	0.012	4	0.049	0.015	5.16	2.861	4.411	3.349	0.364	0.005	0.002	4	0.006
0.60	0.008	2	0.016	0.010	4.34	3.121	5.522	2.452	0.317	0.003	0.001	2	0.002
0.65	0.005	4	0.022	0.007	3.70	3.381	6.898	1.812	0.276	0.002	0.000	4	0.002
0.70	0.004	2	0.007	0.005	3.19	3.641	8.580	1.353	0.241	0.001	0.000	2	0.000
0.75	0.003	4	0.011	0.003	2.78	3.901	10.614	1.021	0.211	0.001	0.000	4	0.000
0.80	0.002	2	0.004	0.002	2.44	4.161	13.048	0.778	0.185	0.000	0.000	2	0.000
0.85	0.001	4	0.006	0.002	2.16	4.421	15.934	0.600	0.163	0.000	0.000	4	0.000
0.90	0.001	2	0.002	0.001	1.93	4.681	19.328	0.467	0.144	0.000	0.000	2	0.000
0.95	0.001	4	0.003	0.001	1.73	4.941	23.288	0.367	0.128	0.000	0.000	4	0.000
1.00	0.001	2	0.001	0.001	1.56	5.202	27.877	0.291	0.114	0.000	0.000	2	0.000
1.05	0.000	4	0.002	0.001	1.42	5.462	33.160	0.233	0.102	0.000	0.000	4	0.000
1.10	0.000	1	0.000	0.000	1.29	5.722	39.205	0.188	0.092	0.000	0.000	1	0.000
		$\Sigma$	2.4218									$\Sigma$	1.0737
		luas	0.0404						<b>Kt total =</b>	<b>0.6663</b>		luas	0.0179
												Hs <sub>(t)</sub> (m)	0.5351

### Lampiran A.2

B : 4.9000 m  
D : 1.1000 m

h : 6.73 m  
Hs : 0.81 m  
Tp : 4.23 s  
Tp = 1.05 Ts ( U.S. Army Corps of Engineers )  
Ts : 4.03 s

### MOCAGNO

f	Si(f)	Fs	mo	Wgt	Lo	A	B	L	C	D	Kt	Wgt x Kt	St(f)	FS	mo
0.10	0.0000	1	0.000	0.000	156.21	0.520	1.047	77.582	0.146	77.584	0.998	0.000	0.000	1	0.000
0.15	0.004	4	0.015	0.005	69.43	0.780	1.113	48.679	0.233	48.683	0.995	0.005	0.004	4	0.015
0.20	0.174	2	0.347	0.215	39.05	1.040	1.216	33.406	0.340	33.411	0.990	0.213	0.170	2	0.340
0.25	0.241	4	0.964	0.298	24.99	1.300	1.369	23.737	0.478	23.745	0.980	0.293	0.231	4	0.926
0.30	0.163	2	0.325	0.201	17.36	1.560	1.587	17.066	0.665	17.077	0.963	0.194	0.151	2	0.301
0.35	0.094	4	0.376	0.116	12.75	1.821	1.888	12.296	0.924	12.311	0.930	0.108	0.081	4	0.325
0.40	0.054	2	0.107	0.066	9.76	2.081	2.294	8.855	1.283	8.876	0.874	0.058	0.041	2	0.082
0.45	0.032	4	0.126	0.039	7.71	2.341	2.830	6.380	1.783	6.409	0.782	0.031	0.019	4	0.077
0.50	0.019	2	0.038	0.024	6.25	2.601	3.525	4.610	2.473	4.651	0.653	0.016	0.008	2	0.016
0.55	0.012	4	0.049	0.015	5.16	2.861	4.411	3.349	3.416	3.406	0.499	0.008	0.003	4	0.012
0.60	0.008	2	0.016	0.010	4.34	3.121	5.522	2.452	4.698	2.530	0.350	0.003	0.001	2	0.002
0.65	0.005	4	0.022	0.007	3.70	3.381	6.898	1.812	6.437	1.918	0.230	0.002	0.000	4	0.001
0.70	0.004	2	0.007	0.005	3.19	3.641	8.580	1.353	8.811	1.496	0.145	0.001	0.000	2	0.000
0.75	0.003	4	0.011	0.003	2.78	3.901	10.614	1.021	12.112	1.213	0.091	0.000	0.000	4	0.000
0.80	0.002	2	0.004	0.002	2.44	4.161	13.048	0.778	16.862	1.036	0.058	0.000	0.000	2	0.000
0.85	0.001	4	0.006	0.002	2.16	4.421	15.934	0.600	24.059	0.946	0.038	0.000	0.000	4	0.000
0.90	0.001	2	0.002	0.001	1.93	4.681	19.328	0.467	35.734	0.938	0.026	0.000	0.000	2	0.000
0.95	0.001	4	0.003	0.001	1.73	4.941	23.288	0.367	56.297	1.020	0.018	0.000	0.000	4	0.000
1.00	0.001	2	0.001	0.001	1.56	5.202	27.877	0.291	96.038	1.228	0.013	0.000	0.000	2	0.000
1.05	0.000	4	0.002	0.001	1.42	5.462	33.160	0.233	181.163	1.650	0.009	0.000	0.000	4	0.000
1.10	0.000	1	0.000	0.000	1.29	5.722	39.205	0.188	385.680	2.495	0.006	0.000	0.000	1	0.000
		$\Sigma$	2.4218											$\Sigma$	2.0984
		luas	0.0404								<b>Kt total =</b>	<b>0.9301</b>		luas	0.0350
														Hs (m)	0.7480

Perbandingan Spektrum transmisi dengan konfigurasi sarat air

f	St(f)	St(f)	St(f)
0.10	0.0000	0.0000	0.0000
0.15	0.0096	0.0094	0.0093
0.20	0.1503	0.1465	0.1425
0.25	0.1266	0.1220	0.1173
0.30	0.0560	0.0534	0.0507
0.35	0.0210	0.0198	0.0186
0.40	0.0077	0.0072	0.0067
0.45	0.0029	0.0027	0.0025
0.50	0.0011	0.0011	0.0010
0.55	0.0005	0.0004	0.0004
0.60	0.0002	0.0002	0.0002
0.65	0.0001	0.0001	0.0001
0.70	0.0000	0.0000	0.0000
0.75	0.0000	0.0000	0.0000
0.80	0.0000	0.0000	0.0000
0.85	0.0000	0.0000	0.0000
0.90	0.0000	0.0000	0.0000
0.95	0.0000	0.0000	0.0000
1.00	0.0000	0.0000	0.0000
1.05	0.0000	0.0000	0.0000
B - D	4.9 - 1.1	4.9 - 2	4.9 - 2.9

Perbandingan Spektrum transmisi dengan konfigurasi lebar struktur

f	St(f)	St(f)	St(f)
0.10	0.0000	0.0000	0.0000
0.15	0.0098	0.0094	0.0091
0.20	0.1553	0.1465	0.1371
0.25	0.1329	0.1220	0.1110
0.30	0.0598	0.0534	0.0472
0.35	0.0227	0.0198	0.0171
0.40	0.0084	0.0072	0.0061
0.45	0.0032	0.0027	0.0023
0.50	0.0013	0.0011	0.0009
0.55	0.0005	0.0004	0.0004
0.60	0.0002	0.0002	0.0002
0.65	0.0001	0.0001	0.0001
0.70	0.0001	0.0000	0.0000
0.75	0.0000	0.0000	0.0000
0.80	0.0000	0.0000	0.0000
0.85	0.0000	0.0000	0.0000
0.90	0.0000	0.0000	0.0000
0.95	0.0000	0.0000	0.0000
1.00	0.0000	0.0000	0.0000
1.05	0.0000	0.0000	0.0000
B - D	4 - 1.1	4.9 - 1.1	5.8 - 1.1

Perbandingan Spektrum transmisi dengan konfigurasi sarat air dan

Lebar struktur

f	St(f)	St(f)	St(f)
0.10	0.0000	0.0000	0.0000
0.15	0.0094	0.0092	0.0087
0.20	0.1465	0.1404	0.1297
0.25	0.1220	0.1147	0.1027
0.30	0.0534	0.0493	0.0428
0.35	0.0198	0.0180	0.0153
0.40	0.0072	0.0065	0.0054
0.45	0.0027	0.0024	0.0020
0.50	0.0011	0.0009	0.0008
0.55	0.0004	0.0004	0.0003
0.60	0.0002	0.0002	0.0001
0.65	0.0001	0.0001	0.0001
0.70	0.0000	0.0000	0.0000
0.75	0.0000	0.0000	0.0000
0.80	0.0000	0.0000	0.0000
0.85	0.0000	0.0000	0.0000
0.90	0.0000	0.0000	0.0000
0.95	0.0000	0.0000	0.0000
1.00	0.0000	0.0000	0.0000
B - D	4 - 1.1	5.88 - 1.32	7.06 - 1.58



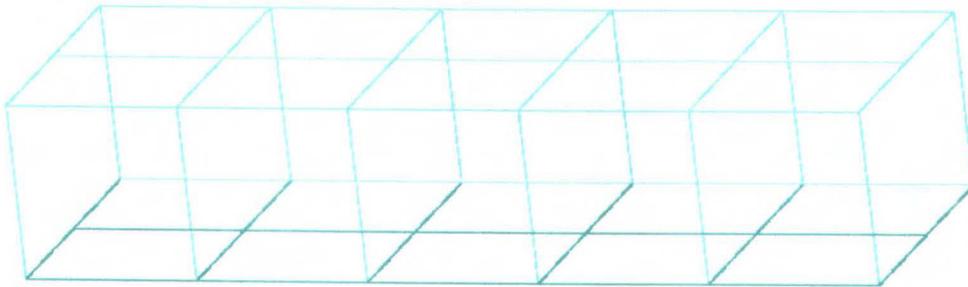
# LAMPIRAN B

## B.1 PEMODELAN STRUKTUR DENGAN MOSES

```
&dimen -save -dimen meters k-nts
&device -cecho y -mecho n -prim screen -secondary device
&title FLOATHING BREAKWATER DESIGN
$
&set demo = .false.
&MACRO CETAK NAMES
&SELEC :N -SEL %NAMES
&IF %DEMO &THEN
&DEVICE -PRIMARY SCREEN
&SUBTITLE %SUBT TAMPAK ISOMETRI
&PICT ISO -parent :N
&LOCAL DUM = &GET(YES/NO )
&IF &STRING(MATCH %DUM% YES) &THEN
&ENDIF
&SUBTITLE %SUBT TAMPAK ATAS
&PICT TOP
&LOCAL DUM = &GET(YES/NO )
&IF &STRING(MATCH %DUM% YES) &THEN
&ENDIF
&SUBTITLE %SUBT TAMPAK DEPAN
&PICT BOW
&LOCAL DUM = &GET(YES/NO )
&IF &STRING(MATCH %DUM% YES) &THEN
&ENDIF
&SUBTITLE %SUBT TAMPAK SAMPING
&PICT STARB
&LOCAL DUM = &GET(YES/NO )
&IF &STRING(MATCH %DUM% YES) &THEN
&ENDIF
&ELSE
&DEVICE -PRIMARY DEVICE
&SUBTITLE %SUBT TAMPAK ISOMETRI
&PICT ISO -parent :N
&SUBTITLE %SUBT TAMPAK ATAS
&PICT TOP
&SUBTITLE %SUBT TAMPAK DEPAN
&PICT BOW
&SUBTITLE %SUBT TAMPAK SAMPING
&PICT STARB
&ENDIF
&ENDMACRO
$
&surface
block FB -location 0 0 0 0 0
PLANE 0 5 10 15 20 25 -RECT 0 5 8
```

```
END
&set subt = FB
cetak FB
$
rename FB
emit FB -body FB
emit FB -piece ' -diftyp 3ddif
&dimen -remember
end
&finish
```

**Hasil Pemodelan Floating Breakwater  
Tampak Isometri**



## B.2 Gaya Gelombang Pada Struktur

```

$=====
$      Floating Breakwater design      =
$      Wave force on Structure         =
$                                       =
$      Engineer:ASP                    =
$=====
&DIMEN -DIMEN METERS M-TONS
&DEVICE -OECHO NO -QUERY NO -PRIMARY DEVICE -AUXIN AYAM.PPO
&PARAM -DEPTH 10

$***** READ MODEL
INMODEL
&APPLY -PERC @ 100

$***** SET TRANSIT CONDITION
&INSTATE -loc FB 0 0 -2.5 0 0 0
&WEIGHT -COMPUTE FB 2.5 0.32*8 0.29*25 0.29*25
&EQUI -ITER_MAX 100
&STATUS B_W -HARD
HYDRO
G_PRESS FB -PERIOD 25.00 20.00 19.00 18.00 17.00 16.00 15.00\
                14.50 14.00 13.50 13.00 12.50 12.00 11.50\
                11.00 10.50 10.00 9.50 9.00 8.50 8.00 7.50\
                7.00 6.00 5.50 5.00 4.00 3.50 3.00 -HEADING 90

END

$***** DEFINE ENVIRONMENT
&ENV HEADING_90 -SEA JONSWAP 90 2.2 4.44 2.5 -DEPTH 10 -TIME 3600 1

$***** DEFINE RAO
freq_resp
$

$***** response
$
rao
$

$***** std post processing
$
fr_point &body(cg FB)
report
end

$***** SPECTRAL RESPONSE
SRESPONSE HEADING_0 -period 25.00 20.00 19.00 18.00 17.00 16.00 15.00\
14.50 14.00 13.50 13.00 12.50 12.00 11.50\
11.00 10.50 10.00 9.50 9.00 8.50 8.00\
7.50 7.00 6.50 6.00 5.50 5.00 4.50\

```

```

4.00 3.50 3.00 -HEADING 90
&TITLE FPSO SPECTRAL RESPONSE FOR GIVEN PERIOD
FR_POINT &BODY(CG FB)
REPORT
END
MATRICES -FILE YES
REPORT
END
EXFORCE -FILE YES
REPORT
END
ST_EXFORCE HEADING_0
REPORT
END
&DCPTIME TO END FRQPOST
end
&FINISH

```

### Hasil Pemodelan Gaya Gelombang

Page 1      Licensee - My Company      Rev 6.00.025      Ser562

```

*****
*****
*                *** MOSES ***                *
*                -----                January 21, 2009 *
*                *                *
*****
*****

```

#### +++BUOYANCY AND WEIGHT FOR FB+++

---

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Results Are Reported In Body System

Draft = 2.50    Roll Angle = 0.00    Pitch Angle = 0.00

Wet Radii Of Gyration

K-X = 2.56    K-Y = 7.25    K-Z = 7.25

GMT = 0.88    GML = 19.58

/-- Center of Gravity ---/ Sounding % Full

Name	Weight	--X--	--Y--	--Z--	-----
------	--------	-------	-------	-------	-------

----- Part FB -----					
LOAD_GRO	512.6	12.50	0.00	2.50	-----
Total	512.6	12.50	0.00	2.50	-----

Buoyancy 512.6 12.50 0.00 1.25

Page 2

Licensee - My Company

Rev 6.00.025

Ser562

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

```

*          *** MOSES ***          *
*          -----          *
*          January 21, 2009 *
*          *
*          *
* Draft = 2.5 Meters      Trim Angle = 0.00 Deg.      GMT = 0.88 Meters      *
* Roll Gy. Radius = 2.6 Meters      Pitch Gy. Radius = 7.3 Meters      Yaw Gy. Radius = 7.2 Meters *
* Heading = 90.00 Deg.      Forward Speed = 0.00 Knots      Linearization Based on 1/20 *
*          *

```

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Of Point X = 12.5 Y = 0.0 Z = 2.5 on Body FB

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

ENCOUNTER	Surge / Wave Ampl.	Sway / Wave Ampl.	Heave / Wave Ampl.	Roll / Wave Ampl.	Pitch / Wave Ampl.	Yaw / Wave Ampl.	Wave						
Ampl.	Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	
0.2513	25.00	0.000	0.	3.931	90.	1.004	0.	0.582	90.	0.000	0.	0.002	-90.
0.3142	20.00	0.000	0.	3.141	90.	1.006	0.	0.734	90.	0.000	0.	0.001	-90.
0.3307	19.00	0.000	0.	2.982	90.	1.007	0.	0.774	90.	0.000	0.	0.001	-90.
0.3491	18.00	0.000	0.	2.824	90.	1.008	0.	0.820	90.	0.000	0.	0.001	-90.
0.3696	17.00	0.000	0.	2.665	90.	1.009	0.	0.871	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.3927	16.00	0.000	0.	2.506	90.	1.011	0.	0.930	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.4189	15.00	0.000	0.	2.347	90.	1.013	0.	0.997	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.4333	14.50	0.000	0.	2.268	90.	1.014	0.	1.036	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.4488	14.00	0.000	0.	2.188	90.	1.015	0.	1.078	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.4654	13.50	0.000	0.	2.108	90.	1.017	0.	1.123	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.4833	13.00	0.000	0.	2.028	90.	1.019	0.	1.173	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.5027	12.50	0.000	0.	1.948	90.	1.021	0.	1.227	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.5236	12.00	0.000	0.	1.868	90.	1.023	1.	1.288	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.5464	11.50	0.000	0.	1.787	90.	1.027	1.	1.357	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.5712	11.00	0.000	0.	1.707	90.	1.030	1.	1.434	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.5984	10.50	0.000	0.	1.626	90.	1.035	1.	1.523	90.	0.001	0.	0.001	-90.
0.6283	10.00	0.000	0.	1.545	90.	1.041	1.	1.626	90.	0.001	-1.	0.001	-90.
0.6614	9.50	0.000	0.	1.463	90.	1.048	1.	1.746	90.	0.001	-1.	0.001	-89.
0.6981	9.00	0.000	0.	1.380	90.	1.059	1.	1.897	90.	0.001	-2.	0.001	-89.
0.7392	8.50	0.000	0.	1.297	90.	1.073	1.	2.098	89.	0.001	-2.	0.001	-89.
0.7854	8.00	0.000	0.	1.213	90.	1.094	1.	2.392	89.	0.001	-4.	0.000	0.
0.8378	7.50	0.000	0.	1.126	91.	1.123	1.	2.913	88.	0.001	-6.	0.000	0.
0.8976	7.00	0.000	0.	1.034	91.	1.166	1.	4.347	83.	0.001	-11.	0.000	0.
1.0472	6.00	0.000	0.	0.889	92.	1.353	-2.	0.208	-79.	0.002	-32.	0.000	0.
1.1424	5.50	0.000	0.	0.792	93.	1.559	-8.	0.915	93.	0.003	-59.	0.000	0.
1.2566	5.00	0.000	0.	0.696	95.	1.907	-24.	1.407	96.	0.006	-135.	0.000	0.
1.5708	4.00	0.000	0.	0.496	103.	0.786	-99.	1.739	104.	0.001	-73.	0.000	0.
1.7952	3.50	0.000	0.	0.379	112.	0.264	-99.	1.669	114.	0.001	-123.	0.000	0.
2.0944	3.00	0.000	0.	0.263	132.	0.064	-81.	1.505	134.	0.000	0.	0.000	0.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

```

*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               January 21, 2009 *                               *
* FPSO SPECTRAL RESPONSE FOR GIVEN PERIOD                               *
*                               *                               *
* Draft = 2.5 Meters           Trim Angle = 0.00 Deg.           GMT = 0.88 Meters *
* Roll Gy. Radius = 2.6 Meters Pitch Gy. Radius = 7.3 Meters   Yaw Gy. Radius = 7.2 Meters *
* JONSWAP Height = 2.2 Meters   Period = 4.4 Sec.             M. Heading = 90.0 Deg. *
* Heading = 90.0 Deg.           S. Coef.=200.0                Gamma = 2.50 *
*                               *                               *

```

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

+++MOTION FOURIER COEFFICIENTS+++

Of Point X = 12.5 Y = 0.0 Z = 2.5 on Body FB

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

/--- ENCOUNTER ---/

Frequency -(Rad/Sec)-	Period -(Sec)-	Surge Ampl.	Surge Phase	Sway Ampl.	Sway Phase	Heave Ampl.	Heave Phase	Roll Ampl.	Roll Phase	Pitch Ampl.	Pitch Phase	Yaw Ampl.
--------------------------	-------------------	----------------	----------------	---------------	---------------	----------------	----------------	---------------	---------------	----------------	----------------	--------------

0.2513	25.00	0.000	0.	0.019	0.	0.000	0.	0.022	179.	0.000	0.	0.000	0.
0.3142	20.00	0.000	0.	0.039	1.	0.000	-2.	0.070	179.	0.000	0.	0.000	0.
0.3307	19.00	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.3491	18.00	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.3696	17.00	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.3927	16.00	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.4189	15.00	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.4333	14.50	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.4488	14.00	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.4654	13.50	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.4833	13.00	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.5027	12.50	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.5236	12.00	0.000	0.	0.000	90.	0.000	1.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.5464	11.50	0.000	0.	0.000	90.	0.000	1.	0.000	0.	0.000	0.	0.000	0.
0.5712	11.00	0.000	0.	0.001	90.	0.001	1.	0.001	88.	0.000	0.	0.000	0.
0.5984	10.50	0.000	0.	0.003	90.	0.002	1.	0.003	87.	0.000	0.	0.000	0.
0.6283	10.00	0.000	0.	0.008	90.	0.006	1.	0.009	87.	0.000	0.	0.000	0.
0.6614	9.50	0.000	0.	0.019	90.	0.014	1.	0.023	87.	0.000	0.	0.000	0.
0.6981	9.00	0.000	0.	0.038	90.	0.029	1.	0.052	86.	0.000	0.	0.000	0.
0.7392	8.50	0.000	0.	0.066	90.	0.054	1.	0.106	85.	0.000	0.	0.000	0.
0.7854	8.00	0.000	0.	0.101	91.	0.091	1.	0.198	84.	0.000	0.	0.000	0.
0.8378	7.50	0.000	0.	0.140	91.	0.140	1.	0.357	81.	0.000	0.	0.000	0.
0.8976	7.00	0.000	161.	0.181	91.	0.204	1.	0.722	71.	0.000	0.	0.000	0.
0.9666	6.50	0.000	156.	0.252	93.	0.317	0.	1.483	-16.	0.000	0.	0.000	0.
1.0472	6.00	0.000	144.	0.314	92.	0.478	-2.	0.071	-65.	0.001	-32.	0.000	0.
1.1424	5.50	0.000	130.	0.278	93.	0.547	-8.	0.318	100.	0.001	-59.	0.000	0.
1.2566	5.00	0.000	97.	0.197	95.	0.541	-24.	0.397	100.	0.002	-135.	0.000	0.
1.3963	4.50	0.000	46.	0.144	98.	0.426	-69.	0.415	105.	0.001	39.	0.000	0.
1.5708	4.00	0.000	-12.	0.109	103.	0.173	-99.	0.383	107.	0.000	0.	0.000	0.
1.7952	3.50	0.000	-60.	0.072	112.	0.050	-99.	0.317	116.	0.000	0.	0.000	0.
2.0944	3.00	0.000	0.	0.025	120.	0.006	-80.	0.136	119.	0.000	0.	0.000	0.

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*  
 \* **\*\*\* MOSES \*\*\*** \*  
 \* ----- January 21, 2009 \*  
 \* **FPSO SPECTRAL RESPONSE FOR GIVEN PERIOD** \*  
 \* \*  
 \* Draft = 2.5 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 0.88 Meters \*  
 \* \*

\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*

+++ ADDED INERTIA COEFFICIENTS +++

Of Point X = 12.5 Y = 0.0 Z = 2.5 on Body FB

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Period Sec.	Values Normalized By Mass of Apearent Weight = 512.6					
	/--- Added Mass Coefficients ---/	/--- Added Radii of Gyration ---/				
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
25.00	0.2771	0.9413	2.7001	1.8	8.6	6.0
20.00	0.2863	0.9320	2.5032	1.8	8.4	5.9
19.00	0.2873	0.9343	2.4551	1.8	8.4	5.9
18.00	0.2883	0.9418	2.3995	1.8	8.4	5.9
17.00	0.2860	0.9449	2.3700	1.8	8.4	5.9
16.00	0.2879	0.9602	2.3297	1.9	8.4	5.9
15.00	0.2877	0.9702	2.2802	1.8	8.4	5.9
14.50	0.2894	0.9787	2.2582	1.8	8.5	5.9
14.00	0.2894	0.9891	2.2259	1.8	8.5	5.9
13.50	0.2908	0.9946	2.2011	1.8	8.5	5.9
13.00	0.2923	1.0069	2.1724	1.8	8.5	5.9
12.50	0.2928	1.0212	2.1355	1.8	8.5	5.9
12.00	0.2944	1.0377	2.0997	1.8	8.5	6.0
11.50	0.2959	1.0536	2.0639	1.8	8.5	6.0
11.00	0.2971	1.0719	2.0220	1.8	8.5	6.0
10.50	0.2983	1.0914	1.9813	1.8	8.5	6.0
10.00	0.2992	1.1156	1.9297	1.8	8.5	6.1
9.50	0.3013	1.1368	1.8816	1.9	8.5	6.1
9.00	0.3016	1.1614	1.8344	1.9	8.5	6.2
8.50	0.3010	1.1817	1.7784	1.9	8.4	6.3
8.00	0.3008	1.2044	1.7209	1.9	8.4	6.4
7.50	0.2973	1.2179	1.6581	1.9	8.3	6.5
7.00	0.2928	1.2090	1.5880	1.9	8.2	6.6
6.50	0.2840	1.1583	1.5112	1.9	8.1	6.8
6.00	0.2737	1.0992	1.4217	1.9	8.0	7.0
5.50	0.2716	0.9592	1.3363	1.9	7.8	7.2
5.00	0.2595	0.7610	1.2534	1.9	7.6	7.3
4.50	0.2551	0.5702	1.2208	1.8	7.4	6.6
4.00	0.2497	0.3317	1.1800	1.8	7.2	5.6
3.50	0.1684	0.2017	1.2129	1.7	7.0	3.7



```

*****
*****
*                               *** MOSES ***                               *
*                               -----                               *
*                               January 21, 2009 *                               *
*                               *                               *
* Draft = 2.5 Meters           Trim Angle = 0.00 Deg.           GMT = 0.88 Meters *
*                               *                               *
*****
*****
    
```

+++TOTAL LINEARIZED DAMPING COEFFICIENTS+++

Of Point X = 12.5 Y = 0.0 Z = 2.5 on Body FB

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Encounter Period Sec.	Values Normalized By Mass of Apearent Weight = 512.6					
	-Surge-	-Sway -	-Heave-	-Roll -	-Pitch-	--Yaw--
25.00	0.0015	0.0031	0.3238	0.7	0.5	0.0
20.00	0.0033	0.0072	0.4374	0.7	0.8	0.1
19.00	0.0039	0.0087	0.4689	0.7	0.8	0.1
18.00	0.0047	0.0107	0.5039	0.7	0.9	0.1
17.00	0.0058	0.0133	0.5396	0.7	1.0	0.1
16.00	0.0072	0.0170	0.5789	0.7	1.1	0.1
15.00	0.0090	0.0219	0.6227	0.7	1.3	0.1
14.50	0.0102	0.0250	0.6436	0.7	1.3	0.1
14.00	0.0116	0.0288	0.6681	0.7	1.4	0.2
13.50	0.0131	0.0334	0.6905	0.7	1.5	0.2
13.00	0.0150	0.0390	0.7144	0.7	1.6	0.2
12.50	0.0172	0.0459	0.7396	0.7	1.7	0.2
12.00	0.0197	0.0544	0.7624	0.7	1.8	0.3
11.50	0.0228	0.0648	0.7864	0.7	1.9	0.3
11.00	0.0264	0.0781	0.8087	0.7	2.1	0.4
10.50	0.0308	0.0948	0.8329	0.7	2.2	0.4
10.00	0.0360	0.1168	0.8497	0.7	2.3	0.5
9.50	0.0423	0.1445	0.8714	0.7	2.5	0.6
9.00	0.0499	0.1811	0.8870	0.7	2.7	0.7
8.50	0.0591	0.2291	0.8993	0.7	2.8	0.8
8.00	0.0700	0.2940	0.9073	0.8	3.0	1.0
7.50	0.0828	0.3805	0.9081	0.8	3.2	1.2
7.00	0.0977	0.4936	0.9016	0.8	3.4	1.6
6.50	0.1141	0.6483	0.8699	0.9	3.5	2.2
6.00	0.1332	0.8288	0.8328	1.0	3.6	2.7
5.50	0.1531	1.0263	0.7772	1.0	3.7	3.7
5.00	0.1727	1.2029	0.6871	1.1	3.7	5.1
4.50	0.2242	1.2239	0.5671	1.1	3.7	6.6
4.00	0.2887	1.2501	0.4171	1.1	3.7	8.1
3.50	0.4067	1.1645	0.2749	1.1	3.3	7.9
3.00	0.4263	1.0462	0.1401	1.1	2.4	7.2

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

```

*           *** MOSES ***           *
*           -----           *
*           January 21, 2009 *
*           FPSO SPECTRAL RESPONSE FOR GIVEN PERIOD           *
*           *
* Draft = 2.5 Meters           Trim Angle = 0.00 Deg.           GMT = 0.88 Meters           *
* Roll Gy. Radius = 2.6 Meters           Pitch Gy. Radius = 7.3 Meters           Yaw Gy. Radius = 7.2 Meters *
* JONSWAP Height = 2.2 Meters           Period = 4.4 Sec.           M. Heading = 90.0 Deg. *
* Heading = 90.0 Deg.           S. Coef.=200.0           Gamma = 2.50           *
*           *

```

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

+++EXCITATION FORCE FOURIER COEFFICIENTS+++

Of Point X = 12.5 Y = 0.0 Z = 2.5 on Body FB

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

/--- ENCOUNTER ---/

Frequency Mom. --/ -(Rad/Sec)- Phase	Period -(Sec)-	- Surge For.	-/- Sway For.	-/- Heave For.	-/- Roll Mom.	-/- Pitch Mom	-/- Yaw
		Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.2513	25.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 180.	0. 0.	0. 0.
0.3142	20.00	0. 0.	0. 180.	0. 0.	1. 180.	0. 0.	0. 0.
0.3307	19.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.3491	18.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.3696	17.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.3927	16.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.4189	15.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.4333	14.50	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.4488	14.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.4654	13.50	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.4833	13.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.5027	12.50	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.5236	12.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.5464	11.50	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.5712	11.00	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.	0. 0.
0.5984	10.50	0. 0.	0. 0.	0. 11.	0. -95.	0. 0.	0. 0.
0.6283	10.00	0. 0.	0. -95.	1. 12.	0. -96.	0. 0.	0. 0.
0.6614	9.50	0. 0.	1. -96.	2. 13.	0. -97.	0. 0.	0. 0.
0.6981	9.00	0. 0.	2. -97.	4. 15.	0. -98.	0. 0.	0. 0.
0.7392	8.50	0. 0.	4. -98.	7. 17.	1. -99.	0. 0.	0. 0.
0.7854	8.00	0. 0.	7. -99.	11. 19.	1. -101.	0. 91.	0. 0.
0.8378	7.50	0. 0.	12. -101.	16. 22.	2. -102.	0. 94.	0. 78.
0.8976	7.00	0. 0.	18. -103.	21. 25.	3. -105.	0. 95.	0. 75.
0.9666	6.50	0. 0.	27. -106.	30. 28.	6. -108.	0. 91.	0. 71.
1.0472	6.00	0. 0.	40. -109.	38. 33.	11. -110.	0. 87.	0. 68.
1.1424	5.50	0. 0.	41. -112.	36. 38.	13. -113.	0. 78.	0. 60.
1.2566	5.00	0. 0.	33. -114.	26. 43.	13. -115.	0. 65.	0. 67.
1.3963	4.50	0. 0.	27. -112.	20. 48.	12. -112.	0. 56.	0. 64.
1.5708	4.00	0. 0.	22. -108.	14. 57.	12. -109.	0. 39.	0. 60.
1.7952	3.50	0. 0.	17. -97.	8. 73.	11. -97.	0. 34.	0. 69.

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

```

*           *** MOSES ***           *
*           -----           *
*           January 21, 2009 *
* FPSO SPECTRAL RESPONSE FOR GIVEN PERIOD *
*
* Draft = 2.5 Meters      Trim Angle = 0.00 Deg.      GMT = 0.88 Meters *
* Roll Gy. Radius = 2.6 Meters  Pitch Gy. Radius = 7.3 Meters  Yaw Gy. Radius = 7.2 Meters *
* JONSWAP Height = 2.2 Meters   Period = 4.4 Sec.      M. Heading = 90.0 Deg. *
* S. Coef.=200.0           Gamma = 2.50 *
*

```

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

+++EXCITING FORCE STATISTICS+++

Of Point X = 12.5 Y = 0.0 Z = 2.5 on Body FB

Maximum Responses Based on a Multiplier of 3.720

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Period	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
4.44	0.05	224.13	202.32	80.67	0.29	0.18

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

```

*           *** MOSES ***           *
*           -----           *
*           January 21, 2009 *
*

```

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

+++INDEX OF OUTPUT+++

BUOYANCY AND WEIGHT FOR FB	1
MOTION RESPONSE OPERATORS	2
MOTION FOURIER COEFFICIENTS	3
ADDED INERTIA COEFFICIENTS	4
TOTAL LINEARIZED DAMPING COEFFICIENTS	5
EXCITATION FORCE FOURIER COEFFICIENTS	6
EXCITING FORCE STATISTICS	7
INDEX OF OUTPUT	8

### B.3 Righting Arm Pada Struktur

```
&DEVICE -PRIMARY DEVICE -OECHO NO -auxin ayam.ppo
&TITLE PERENCANAAN FLOATING BREAKWATER, ENGINEER : ASP
INMODEL
&DIMEN -DIMEN METERS M-TONS
&SET DRAFT = 2
&INSTATE -CON %DRAFT%
&WEIGHT -COMPUTE 2.5 1.4 2.32 2.32
&EQUI -ITER_MAX 1000
$=====
$          STABILITY
$=====
$===== INTACT STABILITY =====
$
&Subtitle 'FLOATING BREAKWATER INTACT STABILITY'
HSTATIC
rarm 2.5 44 -echo n -wind 1

Report
Plot 2 6 8 -Rax 10 -T_X 'Roll Angle (deg)' -T_left 'Righting Arm/Wind Arm' -T_Right 'Area
Ratio'
Save

END
&FINISH
$
```

## Hasil Pemodelan Righting Arm

Page 1

Licensee - My Company

Rev 6.00.025

Ser562

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

```

*
*           *** MOSES ***
*           -----
*           January 31, 2009
*           PERENCANAAN FLOATING BREAKWATER, ENGINEER : ASP
*
*           FLOATING BREAKWATER INTACT STABILITY
*
*

```

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

### +++RIGHTING ARM RESULTS+++

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and M-Tons Unless Specified

Moment Scaled By 293.21, KG = 2.50, and Wind Speed = 1. Knots

Initial: Roll = 0.00, Trim = 0.00 Deg.

Arms About Axis Yawed 0.0 Deg From Vessel X

Condition	Min. Height	Righting	Heeling	Area	Net					
Draft	Roll	Trim	W Tight	NW Tight	Arm	Area	Arm	Area	Ratio	Arm
1.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	
1.43	2.50	0.00	0.00	0.00	0.08	0.11	0.00	0.00 9999.000	0.08	
1.42	5.00	0.00	0.00	0.00	0.17	0.43	0.00	0.00 9999.000	0.17	
1.42	7.50	0.00	0.00	0.00	0.26	0.96	0.00	0.00 9999.000	0.26	
1.41	10.00	0.00	0.00	0.00	0.35	1.72	0.00	0.00 9999.000	0.35	
1.40	12.50	0.00	0.00	0.00	0.44	2.70	0.00	0.00 9999.000	0.44	
1.38	15.00	0.00	0.00	0.00	0.54	3.93	0.00	0.00 9999.000	0.54	
1.36	17.50	0.00	0.00	0.00	0.64	5.40	0.00	0.00 9999.000	0.64	
1.34	20.00	0.00	0.00	0.00	0.75	7.14	0.00	0.00 9999.000	0.75	
1.31	22.50	0.00	0.00	0.00	0.84	9.13	0.00	0.00 9999.000	0.84	
1.27	25.00	0.00	0.00	0.00	0.91	11.32	0.00	0.00 9999.000	0.91	
1.21	27.50	0.00	0.00	0.00	0.96	13.67	0.00	0.00 9999.000	0.96	
1.27	30.00	-0.58	0.00	0.00	1.00	16.13	0.00	0.00 9999.000	1.00	
1.20	32.50	-0.58	0.00	0.00	1.03	18.66	0.00	0.00 9999.000	1.03	
1.11	35.00	-0.58	0.00	0.00	1.05	21.26	0.00	0.00 9999.000	1.05	
1.02	37.50	-0.58	0.00	0.00	1.06	23.89	0.00	0.00 9999.000	1.06	
0.91	40.00	-0.58	0.00	0.00	1.06	26.54	0.00	0.00 9999.000	1.06	
0.86	42.50	-0.88	0.00	0.00	1.06	29.19	0.00	0.00 9999.000	1.06	
0.74	45.00	-0.88	0.00	0.00	1.06	31.85	0.00	0.00 9999.000	1.06	
0.62	47.50	-0.88	0.00	0.00	1.05	34.49	0.00	0.00 9999.000	1.05	
0.52	50.00	-1.01	0.00	0.00	1.04	37.11	0.00	0.00 9999.000	1.04	
0.38	52.50	-1.01	0.00	0.00	1.02	39.68	0.00	0.00 9999.000	1.02	
0.25	55.00	-1.01	0.00	0.00	0.98	42.19	0.00	0.00 9999.000	0.98	
0.12	57.50	-1.01	0.00	0.00	0.94	44.60	0.00	0.00 9999.000	0.94	





# LAMPIRAN C



Righting moment  
displacement = 405.69 Ton

Roll	Arm	Righting moment	fs	rm x fs
0	0	0.000	1	0
2.5	0.08	32.455	4	129.82
5	0.17	68.967	2	137.9338
7.5	0.26	105.479	4	421.915
10	0.35	141.991	2	283.9813
12.5	0.44	178.503	4	714.01
15	0.54	219.071	2	438.1425
17.5	0.64	259.640	4	1038.56
20	0.75	304.266	2	608.5313
22.5	0.84	340.778	4	1363.11
25	0.91	369.176	2	738.3513
27.5	0.96	389.460	4	1557.84
30	1	405.688	2	811.375
32.5	1.03	417.858	4	1671.433
35	1.05	425.972	2	851.9438
37.5	1.06	430.029	4	1720.115
40	1.06	430.029	2	860.0575
42.5	1.06	430.029	4	1720.115
45	1.06	430.029	2	860.0575
47.5	1.05	425.972	4	1703.888
50	1.04	421.915	2	843.83
52.5	1.02	413.801	4	1655.205
55	0.98	397.574	2	795.1475
57.5	0.94	381.346	4	1525.385
60	0.89	361.062	2	722.1238
62.5	0.84	340.778	4	1363.11
65	0.78	316.436	2	632.8725
67.5	0.71	288.038	4	1152.153
70	0.64	259.640	2	519.28
72.5	0.57	231.242	4	924.9675
75	0.49	198.787	2	397.5738
77.5	0.42	170.389	4	681.555
80	0.33	133.877	2	267.7538
82.5	0.25	101.422	4	405.6875
85	0.17	68.967	4	275.8675
87.5	0.08	32.455	2	64.91
90	0	0.000	4	0
92.5	-0.08	-32.455	1	-32.455
			Σ	29826.15
			luasan	24855.12

RATIO = 3.0



Righting moment  
displacement = 405.69 Ton

Roll	Arm	Righting moment	fs	rm x fs
0	0	0.000	1	0
2.5	0.08	32.455	4	129.82
5	0.17	68.967	2	137.9338
7.5	0.26	105.479	4	421.915
10	0.35	141.991	2	283.9813
12.5	0.44	178.503	4	714.01
15	0.54	219.071	2	438.1425
17.5	0.64	259.640	4	1038.56
20	0.75	304.266	2	608.5313
22.5	0.84	340.778	4	1363.11
25	0.91	369.176	2	738.3513
27.5	0.96	389.460	4	1557.84
30	1	405.688	2	811.375
32.5	1.03	417.858	4	1671.433
35	1.05	425.972	2	851.9438
37.5	1.06	430.029	4	1720.115
40	1.06	430.029	2	860.0575
42.5	1.06	430.029	4	1720.115
45	1.06	430.029	2	860.0575
47.5	1.05	425.972	4	1703.888
50	1.04	421.915	2	843.83
52.5	1.02	413.801	4	1655.205
55	0.98	397.574	2	795.1475
57.5	0.94	381.346	4	1525.385
60	0.89	361.062	2	722.1238
62.5	0.84	340.778	4	1363.11
65	0.78	316.436	2	632.8725
67.5	0.71	288.038	4	1152.153
70	0.64	259.640	2	519.28
72.5	0.57	231.242	4	924.9675
75	0.49	198.787	2	397.5738
77.5	0.42	170.389	4	681.555
80	0.33	133.877	2	267.7538
82.5	0.25	101.422	4	405.6875
85	0.17	68.967	4	275.8675
87.5	0.08	32.455	2	64.91
90	0	0.000	4	0
92.5	-0.08	-32.455	1	-32.455
			Σ	29826.15
			luasan	24855.12

RATIO = 1.7



Righting moment  
displacement 405.69 ton

Roll	Arm	Righting moment	fs	rm x fs
0	0	0.000	1	0
2.5	0.08	32.455	4	129.82
5	0.17	68.967	2	137.9338
7.5	0.26	105.479	4	421.915
10	0.35	141.991	2	283.9813
12.5	0.44	178.503	4	714.01
15	0.54	219.071	2	438.1425
17.5	0.64	259.640	4	1038.56
20	0.75	304.266	2	608.5313
22.5	0.84	340.778	4	1363.11
25	0.91	369.176	2	738.3513
27.5	0.96	389.460	4	1557.84
30	1	405.688	2	811.375
32.5	1.03	417.858	4	1671.433
35	1.05	425.972	2	851.9438
37.5	1.06	430.029	4	1720.115
40	1.06	430.029	2	860.0575
42.5	1.06	430.029	4	1720.115
45	1.06	430.029	2	860.0575
47.5	1.05	425.972	4	1703.888
50	1.04	421.915	2	843.83
52.5	1.02	413.801	4	1655.205
55	0.98	397.574	2	795.1475
57.5	0.94	381.346	4	1525.385
60	0.89	361.062	2	722.1238
62.5	0.84	340.778	4	1363.11
65	0.78	316.436	2	632.8725
67.5	0.71	288.038	4	1152.153
70	0.64	259.640	2	519.28
72.5	0.57	231.242	4	924.9675
75	0.49	198.787	2	397.5738
77.5	0.42	170.389	4	681.555
80	0.33	133.877	2	267.7538
82.5	0.25	101.422	4	405.6875
85	0.17	68.967	4	275.8675
87.5	0.08	32.455	2	64.91
90	0	0.000	4	0
92.5	-0.08	-32.455	1	-32.455
			Σ	29826.15
			luasan	24855.12

RATIO = 1.1



# LAMPIRAN D

## DIFFRACTION FORCE

### Jonswap Spectra

#### Rumus

$$\omega_0 = \sqrt{\left(\frac{0.161g}{H_s}\right)}$$

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp\left[-1,25\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^{-4}\right] \exp\left[\frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2\tau^2 \omega_0^2}\right]$$

$$\alpha = \frac{0,0624}{0,230 + 0,0336\gamma - 0,185(1,9 + \gamma)^{-1}}$$

For  $H_s \leq 0.75$  m

$$\gamma = 1.2$$

For  $H_s > 0.75$  m

$$\gamma = 2.5$$

$$\tau = \tau_a = \begin{cases} \square & \mathbf{0.07} \text{ if } \omega \leq \omega_0 \\ \square & \mathbf{0.09} \text{ if } \omega > \omega_0 \end{cases}$$

$$\tau = \tau_b = \begin{cases} \square & \\ \square & \end{cases}$$

## Diffraction Force

Rumus     □

$$\phi_j \approx \frac{Ae^{kz}}{\sqrt{R}} e^{ikR} e^{-i\omega t}$$
$$R = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$F_{(diff)j} = i\omega\rho \int_{S_W} \Phi_j n_i dS$$
$$F_{(diff)j} = -i\omega\rho \int_{S_W} \Phi_j \frac{\partial \phi_0}{\partial n} dS$$

□ □  
□ □

## Dimensi Breakwater

Panjang     =     25     m  
Lebar        =     8     m  
Tinggi       =     5     m

## Data Gelombang

Arah         =     0°  
Ts            =     4.44     sekon  
Hs            =     2.22     m  
 $\rho$             =     1.03     ton  
 $\alpha$          =     0.227



$\omega$ □	$\omega_0$ □	$\alpha$ □	$g$	$\gamma$ □	$\tau$ □	$H_s$ □	$S_{(\omega)}$	Potensial Velocity	FS	Diffraction Force (kN)
0.250	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	1	0.000
0.275	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	4	0.000
0.300	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	2	0.000
0.325	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	4	0.000
0.350	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	2	0.000
0.375	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	4	0.000
0.400	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	2	0.000
0.425	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	4	0.000
0.450	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.000	4.020	2	-0.001
0.475	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.004	4.020	4	-0.028
0.500	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.028	4.020	2	-0.116
0.525	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.132	4.020	4	-1.145
0.550	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	0.432	4.020	2	-1.957
0.575	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	1.070	4.020	4	-10.139
0.600	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	2.157	4.020	2	-10.664
0.625	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	3.732	4.020	4	-38.438
0.650	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	5.786	4.020	2	-30.992
0.675	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	8.336	4.020	4	-92.728
0.700	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	11.485	4.020	2	-66.245
0.725	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	15.428	4.020	4	-184.333
0.750	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	20.326	4.020	2	-125.612
0.775	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	26.016	4.020	4	-332.272
0.800	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	31.646	4.020	2	-208.612
0.825	0.843	0.227	9.81	2.5	0.070	2.220	35.646	4.020	4	-484.644
0.850	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	36.545	4.020	2	-255.966
0.875	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	34.790	4.020	4	-501.676
0.900	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	31.298	4.020	2	-232.110
0.925	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	26.998	4.020	4	-411.553
0.950	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	22.718	4.020	2	-177.834

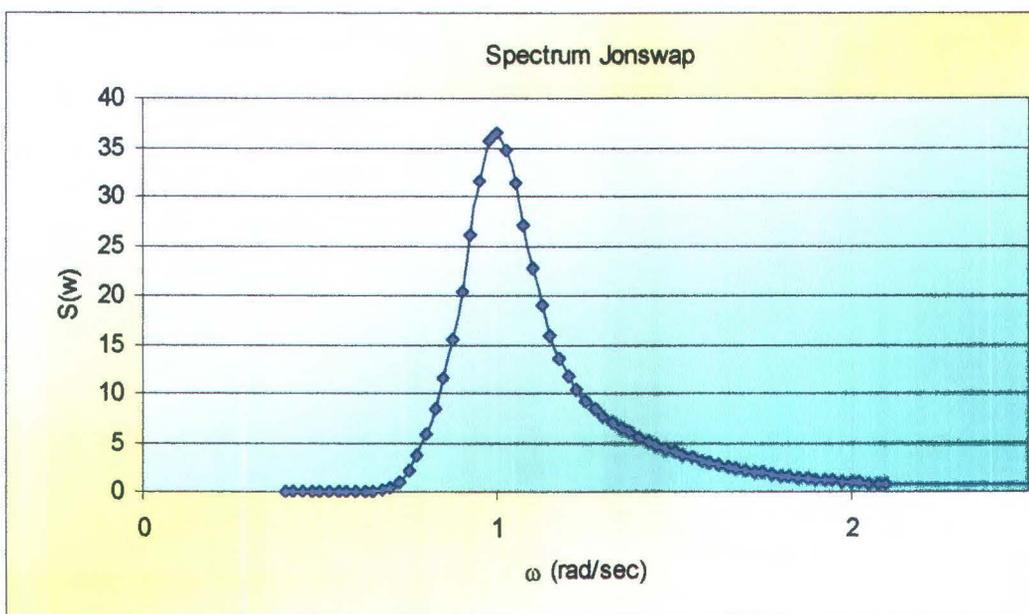
0.975	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	18.963	4.020	4	-304.697
1.000	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	15.915	4.020	2	-131.138
1.025	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	13.547	4.020	4	-228.829
1.050	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	11.739	4.020	2	-101.570
1.075	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	10.356	4.020	4	-183.473
1.100	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	9.276	4.020	2	-84.081
1.125	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	8.406	4.020	4	-155.846
1.150	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	7.678	4.020	2	-72.760
1.175	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	7.049	4.020	4	-136.503
1.200	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	6.491	4.020	2	-64.180
1.225	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	5.986	4.020	4	-120.843
1.250	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	5.525	4.020	2	-56.905
1.275	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	5.102	4.020	4	-107.194
1.300	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	4.712	4.020	2	-50.478
1.325	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	4.354	4.020	4	-95.076
1.350	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	4.025	4.020	2	-44.769
1.375	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	3.722	4.020	4	-84.331
1.400	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	3.443	4.020	2	-39.719
1.425	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	3.187	4.020	4	-74.846
1.450	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	2.952	4.020	2	-35.270
1.475	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	2.736	4.020	4	-66.504
1.500	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	2.537	4.020	2	-31.361
1.525	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	2.355	4.020	4	-59.181
1.550	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	2.187	4.020	2	-27.932
1.575	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	2.033	4.020	4	-52.758
1.600	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.891	4.020	2	-24.925
1.625	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.760	4.020	4	-47.124
1.650	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.639	4.020	2	-22.286
1.675	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.528	4.020	4	-42.179
1.700	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.425	4.020	2	-19.968
1.725	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.331	4.020	4	-37.834

1.750	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.243	4.020	2	-17.930
1.775	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.163	4.020	4	-34.009
1.800	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.088	4.020	2	-16.135
1.825	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	1.019	4.020	4	-30.637
1.850	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.955	4.020	2	-14.551
1.875	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.895	4.020	4	-27.659
1.900	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.840	4.020	2	-13.150
1.925	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.789	4.020	4	-25.023
1.950	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.741	4.020	2	-11.910
1.975	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.697	4.020	4	-22.685
2.000	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.656	4.020	2	-10.808
2.025	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.618	4.020	4	-20.607
2.050	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.582	4.020	2	-9.828
2.075	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.549	4.020	4	-18.757
2.100	0.843	0.227	9.81	2.5	0.090	2.220	0.517	4.020	1	-4.477
<b>Total of Diffraction Force (kN)</b>										<b>-2016.597</b>

**MOSES**

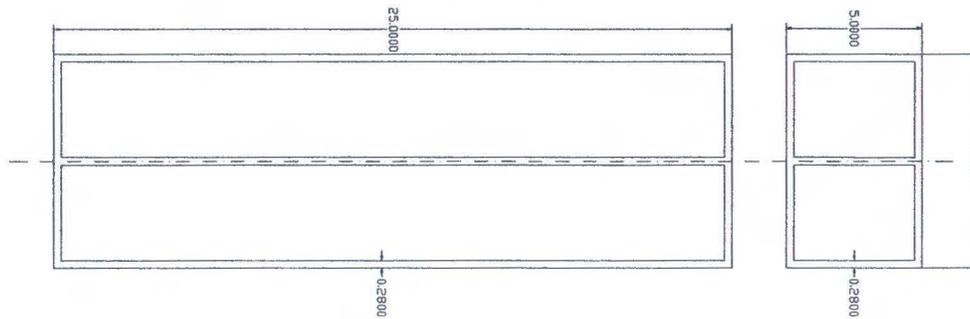
Hitungan

		Value	Unit	Value	Unit		
Periode	=	4.44	sekon				
FX	=	0.05	ton	0.49	kN	Force	Error
FY	=	224.13	ton	2198.72	kN	-2016.6	8.28%
FZ	=	202.32	ton	1984.76	kN	-2016.6	-1.60%
MX	=	80.67	ton	791.37	kN		
MY	=	0.29	ton	2.84	kN		
MZ	=	0.18	ton	1.77	kN		



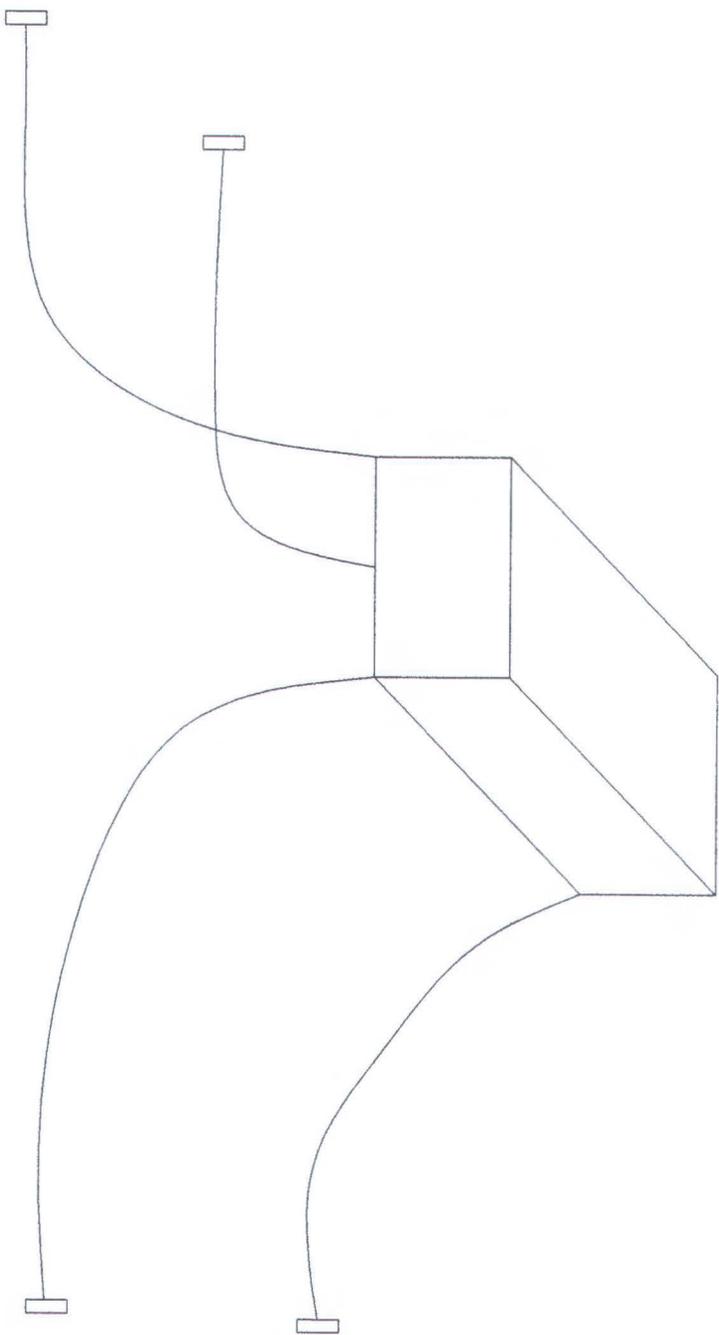


# LAMPIRAN E



Dimensi Struktur	
L	25 m
B	5 m
T	5 m
Tebal	0.28 m

LL 1327 - Tugas Akhir		
Jurusan Teknik Kelautan - Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya		
<b>FLOATING BREAKWATER</b>		
Final by : P	Desain by : Anindita Salim P	Check by : Ir. Susanto Hidayat, M.Eng.
Detail Breakwater		



Data Mooring	
L	70 m
Horizontal distance	55 m
Diameter	0.56 m
Chain Number	4

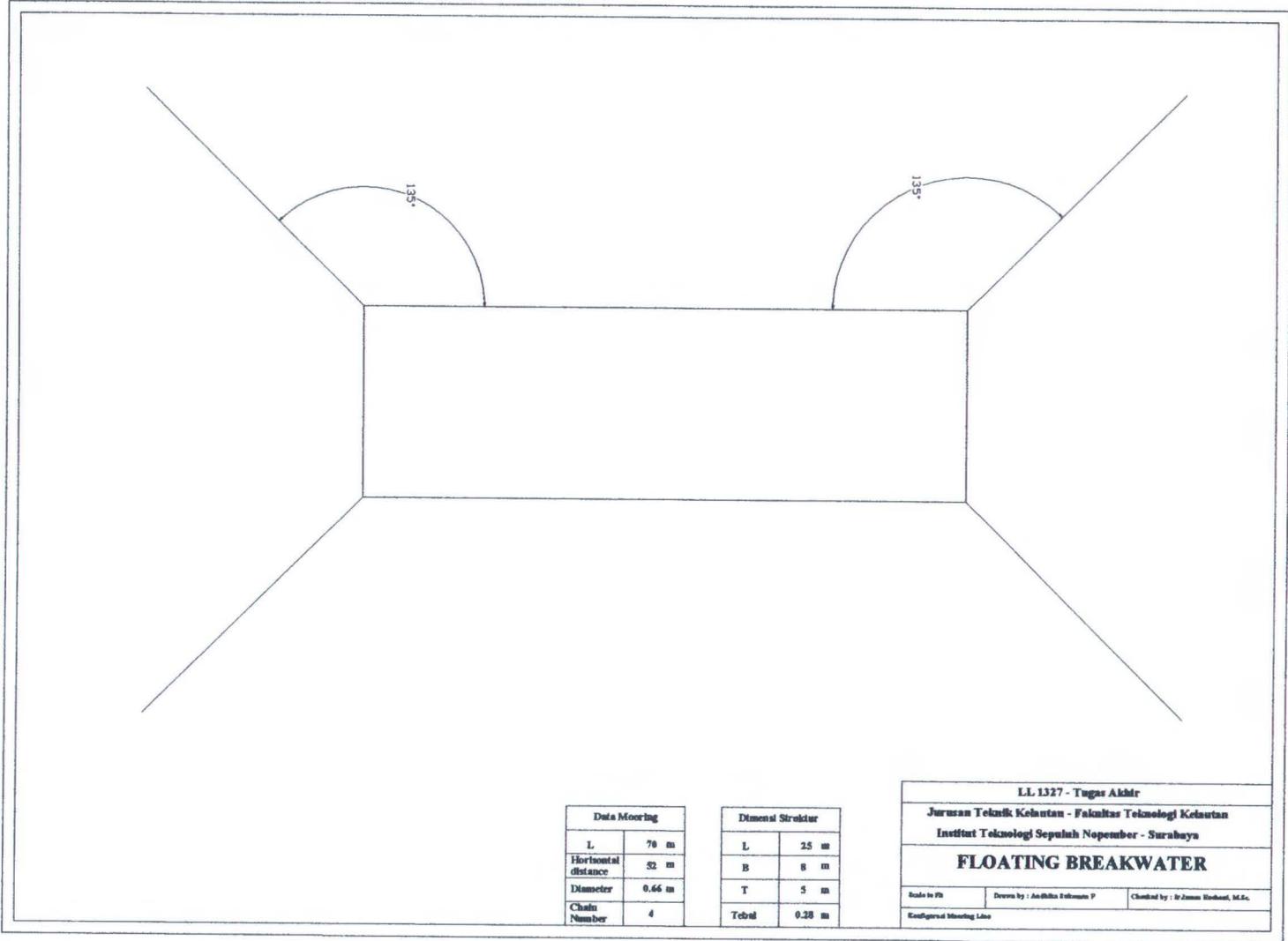
Dimensi Struktur	
L	25 m
B	8 m
T	5 m
Total	4.28 m

LL 1337 - Tugu Akbar

Jurusan Teknik Kelautan - Fakultas Teknologi Kelautan  
 Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya

### FLOATING BREAKWATER

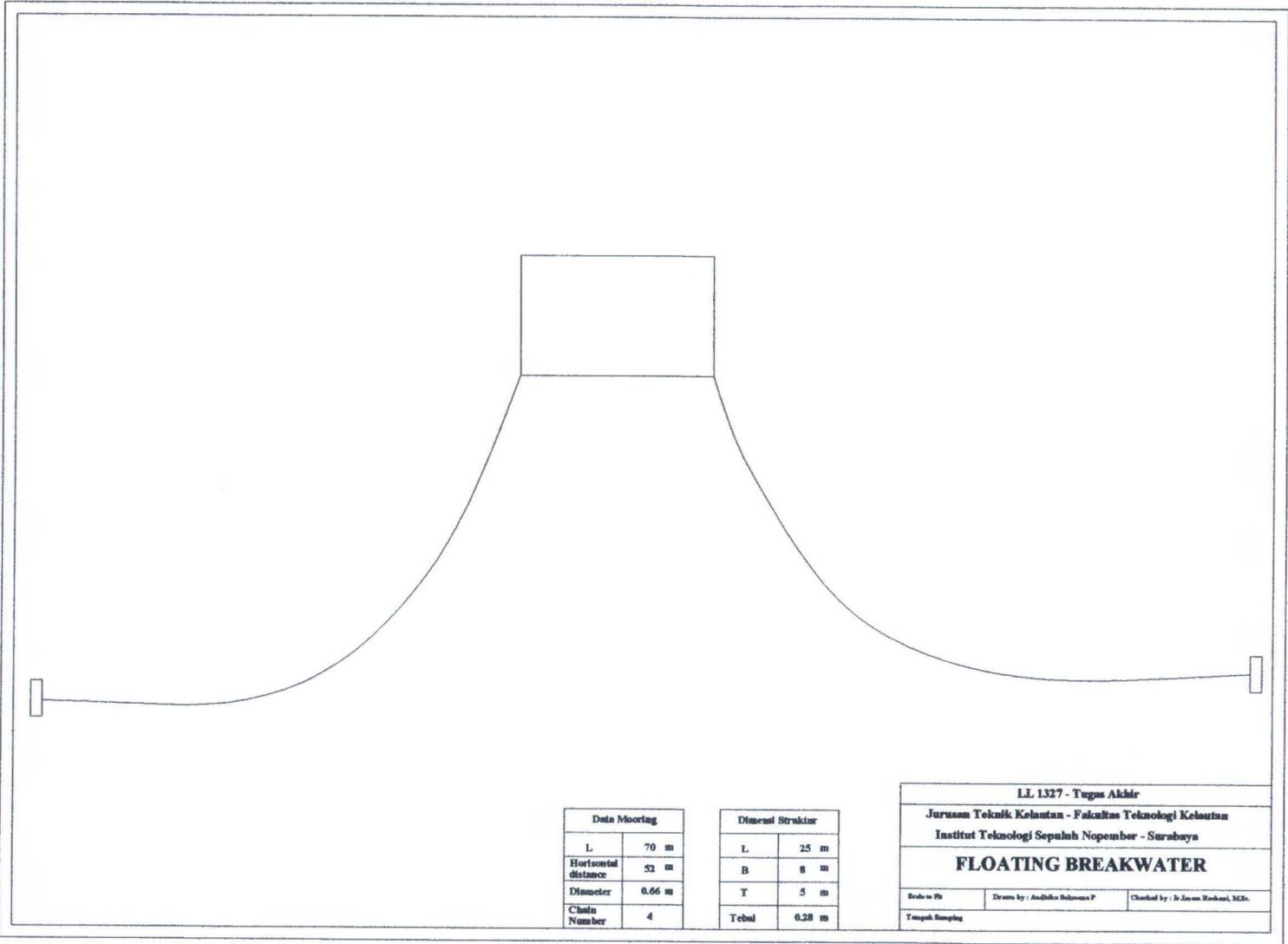
Grade of PK	Project of / tahun kelulusan *	Created by / Nama Pelajar, NIM
Insan		



Data Mooring	
L	70 m
Horizontal distance	32 m
Diameter	0.66 m
Chain Number	4

Dimensi Struktur	
L	25 m
B	8 m
T	5 m
Tebal	0.28 m

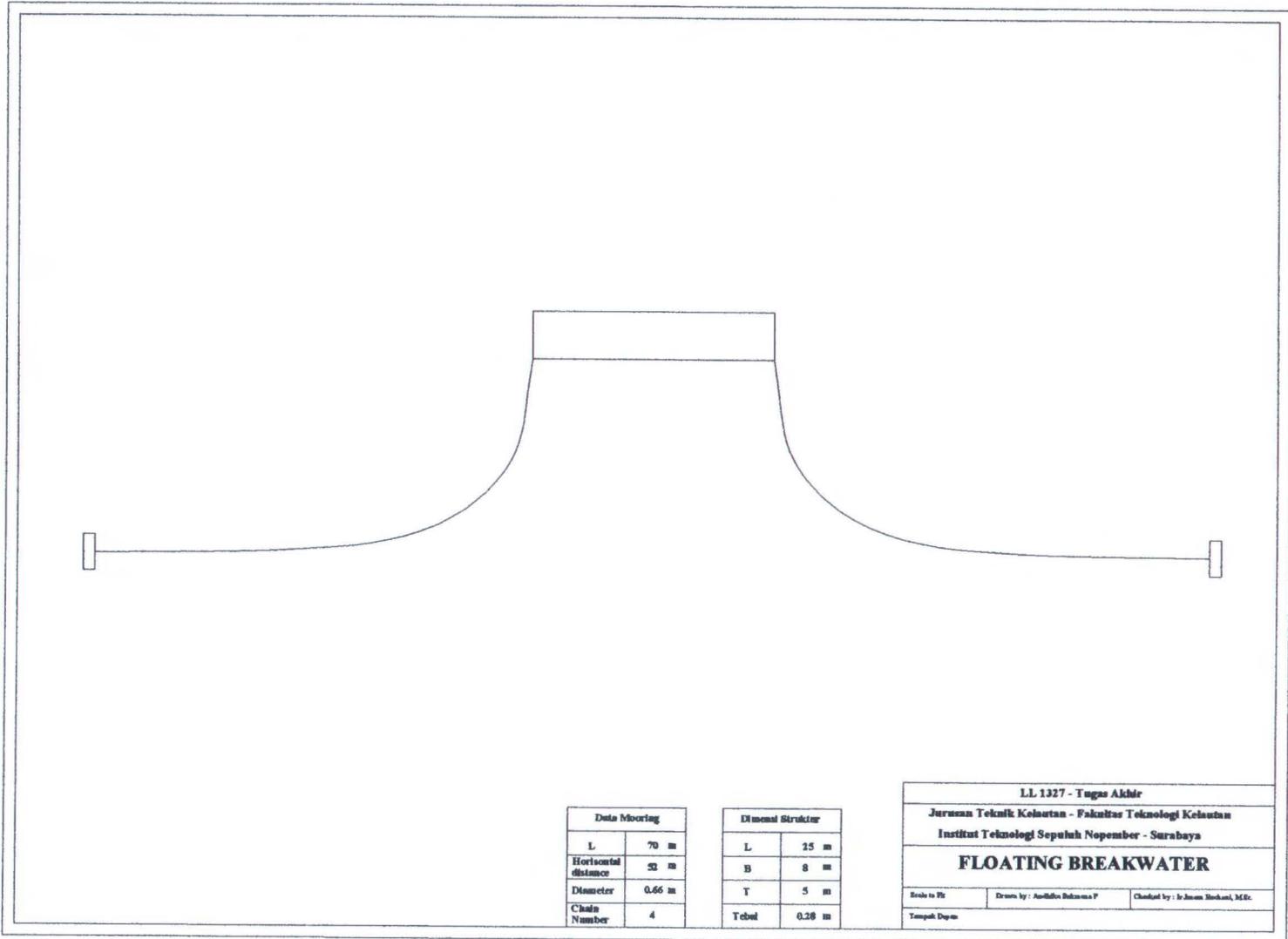
LL.1327 - Tugas Akhir		
Jurusan Teknik Kelautan - Fakultas Teknologi Kelautan		
Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya		
<b>FLOATING BREAKWATER</b>		
Scale in 1/20	Drawn by : Anshika Pratomo P	Checked by : Ir. Jansen Haidah, M.Eng.
Configured Mooring Line		



Data Mooring	
L	70 m
Horizontal distance	52 m
Diameter	0.66 m
Chain Number	4

Dimensi Struktur	
L	25 m
B	8 m
T	5 m
Tebal	0.28 m

LL 1327 - Tugas Akhir		
Jurusan Teknik Kelautan - Fakultas Teknologi Kelautan		
Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya		
<b>FLOATING BREAKWATER</b>		
Scale to Plot	Drawn by : Andhika Rahmawan P	Checked by : Ir. Jansen Rahmadi, M.Eng.
Tanggal Pengantar		



Data Mooring	
L	70 m
Horizontal distance	51 m
Diameter	0.66 m
Chains Number	4

Dimensi Struktur	
L	15 m
B	8 m
T	5 m
Tebal	0.28 m

LL 1327 - Tugas Akhir		
Jurusan Teknik Kelautan - Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember - Surabaya		
<b>FLOATING BREAKWATER</b>		
Scale to 1/20	Drawn by : Anindita Bakusuma P	Checked by : Ir. Jansen Mardiana, M.Eng.
Tempat Dapur		

## BIODATA PENULIS



Penulis lahir di kota Surabaya 11 Juni 1986, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Islam Ananda Tandes-Surabaya, SDN Manukan Kulon VII Surabaya, SMPN 2 Surabaya dan SMUN 9 Surabaya. Kemudian setelah lulus dari SMU tahun 2004, penulis melanjutkan pendidikannya di Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan ITS.

Penulis mengambil bidang keahlian Struktur Bangunan Lepas Pantai. Selama kuliah, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Kelautan. Penulis gemar dalam olah raga selam, hingga mendapat SIM A1. Penulis menjalankan Kerja praktek di PT Petro Kimia Gresik selama satu bulan pada tahun 2008 dan BPPT BPPH LHI selama satu bulan pada tahun 2009 . Motto penulis sebagai insan pembelajar adalah Hidup Sekali Hiduplah yang Berarti .