TUGAS AKHIR – MO 141326

Analisa Permodelan Gelombang Transmisi pada *Floating Breakwater* di Pelabuhan LNG Senoro, Banggai, Sulawesi Tengah

Chandra Maha Putra

NRP. 4311 100 064

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST., M.Sc

Dr. Eng. Kriyo Sambodho, ST., M.Sc

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016

FINAL PROJECT – MO 141326

Wave Transmission Modeling Analysis of Floating Breakwater at LNG Port Senoro, Banggai, Central Sulawesi

Chandra Maha Putra

REG. 4311 100 064

Supervisors:

Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST., M.Sc

Dr. Eng. Kriyo Sambodho, ST., M.Sc

DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2016

ANALISA PERMODELAN GELOMBANG TRANSMISI PADA *FLOATING BREAKWATER* DI PELABUHAN LNG SENORO, BANGGAI, SULAWESI TENGAH

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 Surabaya

Oleh :

CHANDRA MAHA PUTRA
NRP. 4311 100 064

Disetujui oleh :

1. Dr. Eng. Muhammad Zikra, S.T., M.Sc (Pembimbing 1)

.....

2. Dr. Eng. Kriyo Sambodho, S.T., M.Eng. (Pembimbing 2)

.....

3. Sujantoko, S.T., MT. (Penguji 1)

.....

4. Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc. (Penguji 2)

.....

5. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. (Penguji 3)

.....

6. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. (Penguji 4)

.....

SURABAYA, JANUARI 2016

Analisa Permodelan Gelombang Transmisi pada *Floating Breakwater* di Pelabuhan LNG Senoro, Banggai, Sulawesi Tengah

Nama Mahasiswa	**: Chandra Maha Putra**
NRP	**: 4311 100 064**
Jurusan	**: Teknik Kelautan FTK-ITS**
Dosen Pembimbing	**: Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST., M.Sc**
	Dr. Eng. Kriyo Sambodho, ST., M.Sc

ABSTRAK

Senoro Gas Development Project yang berlokasi di Senoro, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah adalah salah satu bagian dari proyek bersama antara PT. Pertamina dan PT. Medco E&P dalam bidang eksplorasi migas. Berdasarkan hasil survey oleh PT.Surveyor Indonesia pada ujung *jetty* Pelabuhan Senoro menunjukan ketinggian gelombang signifikan masih setinggi 2,7 meter, sedangkan persyaratan berlabuh untuk kapal berukuran lebih besar dari 50.000 DWT adalah ketinggian gelombang pada pelabuhan antara 0,7-1,5 meter (CDIT, 2004). Sehingga diperlukan suatu bangunan penahan gelombang. *floating breakwater* menjadi salah satu solusi untuk mengurangi ketinggian gelombang pada kasus ini. Untuk melihat performa *floating breakwater* dilihat dari nilai koefisien transmisi (Kt) yang dihasilkan untuk itu dilakukan analisa menggunakan *software computational fluid dynamic* (CFD), hasil analisa pada model awal *floating breakwater* dengan ukuran panjang 30 meter, lebar 20 meter dan tinggi 16 meter dengan tinggi *freeboard* 1 meter dihasilkan Kt 0,77 dan belum memenuhi standart keamanan sebesar ≤ 0,56. Setelah dilakukan modifikasi jarak *floating breakwater* terhadap *jetty* ditemukan jarak yang menghasilakan nilai Kt yang memenuhi syarat keamanan yakni pada jarak 600 meter dengan nilai Kt= 0,55. Selain itu untuk mencari nilai Kt yang aman dilakukan penambahan ketinggian *freeboard*, permodelan 1 dengan menambahkan balok trapesium di atas *breakwater* dengan penambahan ketinggian 3 meter dicapai nilai koefisien transmisi aman dengan nilai Kt= 0,45. Dengan permodelan 2 dengan menambahkan dua buah balok trapesium di atas *breakwater* pada pada penambahan ketinggian 2 meter dicapai nilai koefisien transmisi aman dengan nilai Kt = 0,48.

Kata kunci : *floating Breakwater*, Pelabuhan, *Computational Fluid Dynamic (CFD),*koefisien transmisi

Wave Transmission Modeling Analysis of Floating Breakwater at LNG port, Senoro, Banggai, Central Sulawesi

Name : **Chandra Maha Putra**

NRP : **4311 100 064**

Department : **Ocean Engineering**

Supervisors : **Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST., M.Sc**

Dr. Eng. Kriyo Sambodho, ST., M.Sc

ABSTRACT

Senoro Gas Development Project which located in Senoro, Banggai city, Central Sulawesi are joint operation project between PT.Pertamina dan PT.Medco E&P in gas exploration sector. Senoro Port is one of the gas distribution Facility which built with 500 meters jetty to accomodate gas carrier and large ship in order to distribute gas. According to survey data from PT.Surveyor Indonesia, the height of significant wave height in end of the jetty is 2,7 meters. While the wave height requirement for 50.000 DWT ship is 0,7-1,5 meters. Therefore, this port need some breakwater structures in order to reducing wave height in this port. In order to answer these problems, floating breakwater can be a solution for reducing wave height in this port. In order to see the performance of a floating breakwater, using the value of the coefficient transmission (Kt) obtained from the analysis using software Computational Fluid Dynamic (CFD), the analysis results in an early model of floating breakwater with a length of 30 meters, width 20 meters and height 16 meters with a height of free surface 1 meter produced coefficient transmission value 0.77 that do not meet the safety standards of ≤ 0.56. After the modification of the distance floating breakwater towards the jetty is found within that produce value coefficient transmission qualified security, that is at a distance of 600 meters with a value of coefficient transmission 0.55. In order to gain a safe value coefficient transmission , from model 1 by increasing the height of trapezoidal beam on the breakwater by 3 meters, we obtained secure coefficient transmission value 0.45 . From model 2 by increasing the height of two trapezoidal beams over breakwater by 2 meters, we obtained secure coefficient transmission value 0,48.

Keywords: Floating Breakwater, Port, Computational Fluid Dynamic (CFD), Coefficient transmission.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, segala syukur penulis persembahkan kepada Allah SWT karena rahmat, izin dan hidayah-Nya tugas akhir **Analisa Permodelan Gelombang Transmisi pada Floating Breakwater di Pelabuhan LNG Senoro, Banggai, Sulawesi Tengah** dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi kemajuan riset tentang kondisi gelombang di Indonesia dan dapat dikembangkan lagi oleh penelitian-penelitian selanjutnya yang melakukan penelitian dengan bidang yang sama. Juga penulis berharap data yang telah tersusun dalam tugas akhir ini dapat digunakan untuk menunjang penelitian-penelitian yang membutuhkan data tinggi gelombang dan kecepatan di Indonesia.

Penulis juga mengucapkan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada semua pihak yang membantu terselesaikannya tugas akhir ini. Penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari pembaca sangat diperlukan agar tulisan ini dapat diperbaiki kedepannya.

Surabaya, Januari 2016

Penulis

DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan iii
Abstrak iv
Abstract v
Kata Pengantar vi
Ucapan Terima Kasih vii
Daftar Isi viii
Daftar Gambar xi
Daftar Tabel xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1.Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan 4
1.4. Manfaat 4
1.5. Batasan Masalah 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI 6
2.1 Tinjauan Pustaka 6
2.1.1 *Floating Breakwater* 6
2.1.2 Keuntungan dan Kekurangan *Floating Breakwater* 7
2.1.2.1. Keuntungan *Floating breakwater* 7
2.1.2.1. Kerugian *Floating breakwater* 7
2.1.3 Klasifikasi *Floating Breakwater* 8
2.1.3.1 Struktur *Reflektif* 8
2.1.3.2 Struktur *Dissipative* 10
2.2 Dasar Teori 13
2.2.1 Gelombang 13
2.2.2 Evaluasi *Layout* Perairan 16
2.2.2.1 Alur Masuk 16
2.2.2.2 Turning Basin 16
2.2.2.3 Basin 17
2.2.3 Teori Gelombang Transmisi 17
2.2.4 Flow-3D 19

2.2.4.1 Manfaat Flow-3D 20
2.2.4.2 Kelebihan Flow-3D 20
2.2.4.3 Kelemahan Flow-3D 20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 22
3.1. Diagram Alir Metode Penelitian 22
3.2. Prosedur Penelitian 23
BAB IV PENGUMPULAN DAN ANALISA DATA 26
4.1. Umum 26
4.2. Data Permodelan 26
4.2.1. Data *Floating Breakwater* 28
4.2.2. Data Gelombang 28
4.2.3. Data Batimetri 29
4.2.4. Layout *Floating Breakwater* 30
4.3. Validasi 31
4.3.1. Data Model Validasi 31
4.3.2. Proses Permodelan 34
4.3.3. Hasil Model Validasi 39
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN 43
5.1. Analisa Performa *Floating Breakwater* 43
5.2. Modifikasi Jarak dan *Freeboard* 45
5.2.1. Modifikasi Jarak *Floating Breakwater* 46
5.2.1.1 Modifikasi Jarak 450 Meter 47
5.2.1.2 Modifikasi Jarak 500 Meter 48
5.2.1.3 Modifikasi Jarak 550 Meter 49
5.2.1.4 Modifikasi Jarak 600 meter 50
5.3. Sekenario Modifikasi Ketinggian *Freeboard* 52
5.3.1. Penambahan Ketinggian *Freeboard* Model 1 52
5.3.2. Penambahan Ketinggian *Freeboard* Model 2 53
5.4. Hasil Analisa dan Perhitungan Modifikasi Ketinggian *Freeboard* 54
5.3.1. Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 1 54
5.3.2. Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 2 56
5.3.1. Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 3 57

5.3.2. Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 2.1 59
5.3.1. Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 2.2 61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 64
6.1 Kesimpulan 64
6.2 Saran 65
DAFTAR PUSTAKA 66
LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi LNG *Plant* 1
Gambar 1.2 Layout *jetty* Pelabuhan Senoro 2
Gambar 1.3 Potongan tampak samping *jetty* 3
Gambar 2.1 *Pontoon Floating breakwater* 6
Gambar 2.2 Jenis *pontoon floating breakwater* 9
Gambar 2.3 *Floating breakwater* tipe *A-Frame* 9
Gambar 2.4 *Floating breakwater* tipe *hinged* 10
Gambar 2.5 *Scrap-tire floating breakwater* 11
Gambar 2.6 *Tethered- Float Breakwater* 11
Gambar 2.7 *Porous- walled floating breakwater* 12
Gambar 2.8 *Flexible membrane floating breakwater* 12
Gambar 2.9 Profil gelombang 14
Gambar 2.10 Wave steppness 14
Gambar 2.11 Daya gelombang yang melewati *floating breakwater* 17
Gambar 4.1 Struktur *floating breakwater* 26
Gambar 4.2 Permodelan Struktur *floating breakwater* pada AutoCad 3 dimensi 27
Gambar 4.3 Layout umum Pelabuhan LNG Senoro 29
Gambar 4.4 Peta bathymetri selatan pelabuhan LNG 30
Gambar 4.5 *Layout* lokasi *floating breakwater* 30
Gambar 4.6 *Layout* jarak *floating breakwater* terhadap *jetty* 31
Gambar 4.7 *single-box floating breakwater* 32
Gambar 4.8 *Double-box floating breakwater* 32
Gambar 4.9 Permodelan *wave tank* 34
Gambar 4.10 Permodelan struktur pada Flow-3D 35
Gambar 4.11 Permodelan struktur yang telah diletakkan pada wave tank 35
Gambar 4.12 Pengaturan *velosity and turbulence* pada Flow-3D 36
Gambar 4.13 Pengaturan *gravity* pada Flow-3D 36
Gambar 4.14 Tampilan boundary condition pada Flow-3D 37
Gambar 4.15 Kolom input ketinggian dan periode gelombang 38
Gambar 4.16 Permodelan *double-box* pada AutoCad 3D 38
Gambar 4.17 Model validasi 3 dimensi pada flow-3d 39

Gambar 4.18 Simulasi model validasi pada flow-3D 40
Gambar 4.19 Simulasi model validasi pada flow-3d 40
Gambar 4.23 Perbandingan koefisien transmisi..... 41
Gambar 5.1 Permodelan struktur yang telah diletakkan pada wave tank 43
Gambar 5.2 Titik pengamatan ketinggian gelombang 44
Gambar 5.3 Ketinggian gelombang berdasarkan titik pengamatan 45
Gambar 5.4 Modifikasi jarak *floating breakwater* terhadap *jetty* 46
Gambar 5.5 Ketinggian gelombang pada jarak *floating breakwater* 450 meter 48
Gambar 5.6 Ketinggian gelombang pada jarak *floating breakwater* 500 meter 49
Gambar 5.7 Ketinggian gelombang pada jarak *floating breakwater* 550 meter..... 50
Gambar 5.8 Ketinggian gelombang pada jarak *floating breakwater* 600 meter..... 51
Gambar 5.9 Perbandingan ketinggian gelombang berdasarkann pengamatan dari *jetty*..... 52
Gambar 5.10 Penambahan ketinggian *freeboard* permodelan 1 53
Gambar 5.11 Penambahan ketinggian *freeboard* permodelan 2 54
Gambar 5.12 Ketinggian gelombang akibat penambahan *freeboard* 1..... 55
Gambar 5.13 Ketinggian gelombang akibat penambahan *freeboard* 2..... 57
Gambar 5.14 Ketinggian gelombang akibat penambahan *freeboard* 3..... 58
Gambar 5.15 Perbandingan ketinggian gelombang berdasarkan titik pengamatan 59
Gambar 5.16 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2.1 60
Gambar 5.17 Perbandingan perubahan ketinggian gelombang *freeboard* 1 dan *freeboard* 2.1 60
Gambar 5.18 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2.2..... 61
Gambar 5.19 Perbandingan perubahan ketinggian gelombang *freeboard* 2 dan *freeboard* 2.2 62
Gambar 5.20 Perbandingan ketinggian gelombang semua hasil permodelan..... 63

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Persyaratan ketinggian gelombang pada pelabuhan 2
Tabel 4.1 Data *floating breakwater* 25
Tabel 4.2 Data gelombang pada pelabuhan LNG Senoro..... 29
Tabel 4.3 Data permodelan *single-box floating brekwater*..... 33
Tabel 4.4 Data permodelan *double-box floating brekwater* 33
Tabel 4.5 Data lingkungan uji coba *single-box* dan *double-box floating brekwater*..... 33
Tabel 4.5 Nilai koefisien transmisi pada *breakwater* untuk validasi..... 41
Tabel 5.1 Ketinggian gelombang dari hasil pengamatan..... 44
Tabel 5.2 Ketinggian gelombang pada jarak 450 meter 47
Tabel 5.3 Ketinggian gelombang pada jarak 500 meter 48
Tabel 5.4 Ketinggian gelombang pada jarak 550 meter 49
Tabel 5.5 Ketinggian gelombang pada jarak 600 meter 51
Tabel 5.6 Data *freeboard* permodelan 1 53
Tabel 5.7 Data *freeboard* permodelan 2 54
Tabel 5.8 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 1 55
Tabel 5.7 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2 56
Tabel 5.8 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 3 58
Tabel 5.9 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2.1 59
Tabel 5.10Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2.2 61

DAFTAR LAMPIRAN

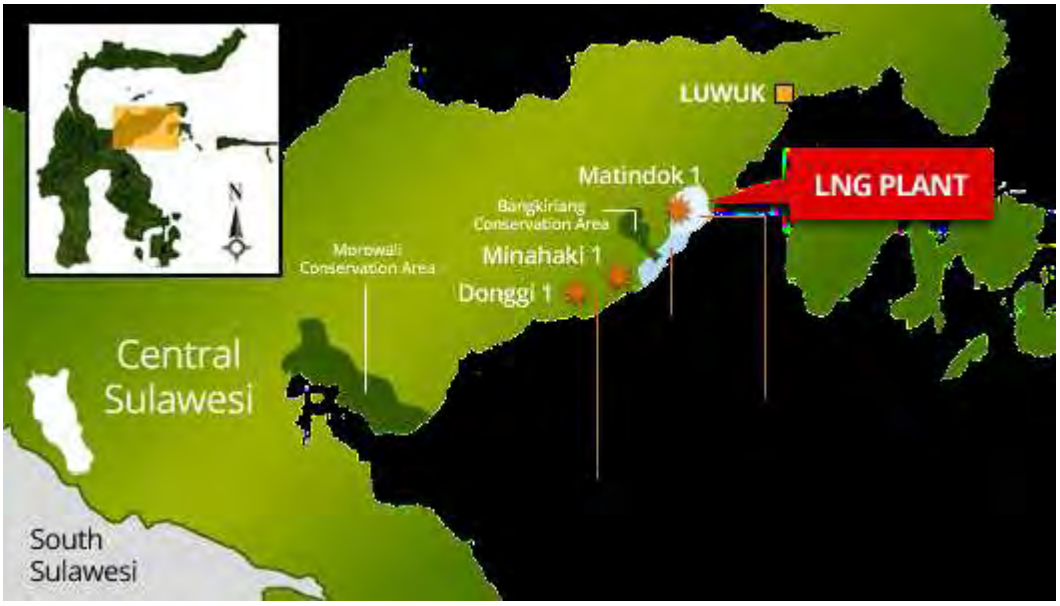
LAMPIRAN PERMODELAN FREEBOARD PADA AUTOCAD

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT DONGGI-SENORO LNG (DSLNG) didirikan sebagai perusahaan PMA (Penanaman Modal Asing) pada tanggal 28 Desember 2007. Kilang tunggal DSLNG memiliki kapasitas produksi sekitar 2 juta ton per tahun dan konstruksi dijadwalkan akan selesai dalam waktu 46 bulan dan kilang dijadwalkan untuk siap beroperasi di tahun 2015. Kilang gas alam cair Donggi Senoro berlokasi di Desa Uso, Kecamatan Batui, Kabupaten Banggai, sekitar 48 kilometer arah barat daya kota Luwuk, di pesisir timur Sulawesi Tengah. Kilang LNG Donggi Senoro berada di sepanjang pesisir yang menghadap Selat Peling. Di Selat Peling itu tersedia rute pelayaran laut dalam dari Surabaya dan Makassar ke Luwuk dan Manado.



Gambar 1.1 Lokasi LNG *Plant* (DSLNG Company Profile, 2015)

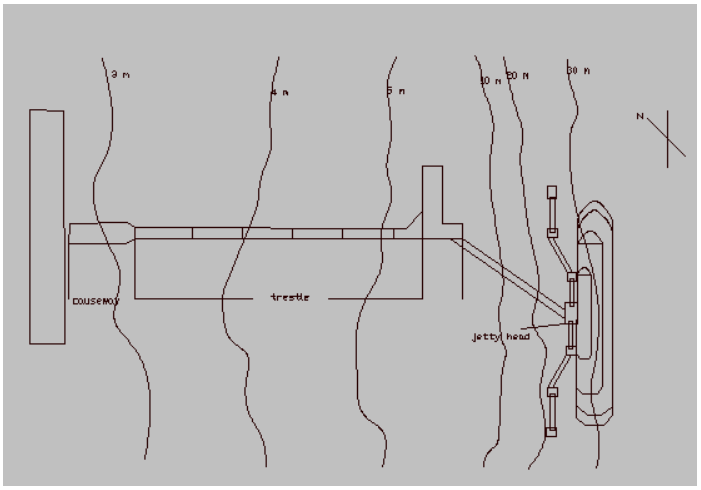
Pelabuhan Senoro ini dibangun dengan menggunakan *jetty* dengan panjang sekitar 500 m dari bibir pantai (Gambar 1.1). Pembangunan *jetty* ini untuk memfasilitasi kapal pengangkut berukuran besar agar bisa bersandar. Survey yang telah

dilakukan oleh PT.Surveyor Indonesia pada ujung *jetty* Pelabuhan Senoro menunjukan ketinggian gelombang signifikan masih setinggi 2,7 m. Persyaratan berlabuh untuk kapal berukuran lebih besar dari 50.000 DWT adalah ketinggian gelombang pada pelabuhan antara 0,7-1,5 m (CDIT, 2004). Oleh karena itu Pelabuhan Senoro membutuhkan suatu bangunan penahan gelombang untuk mengurangi ketinggian gelombang pada ujung *jetty*.

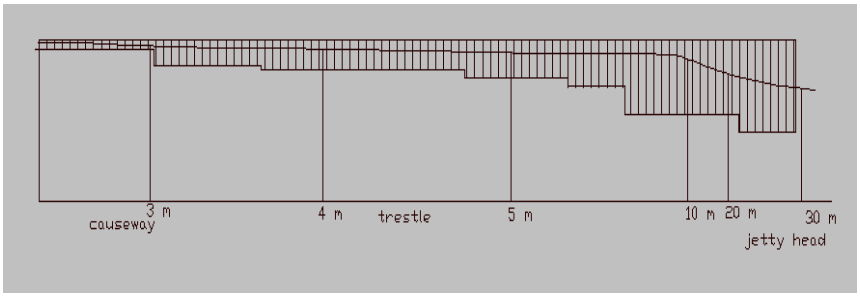
Tabel 1.1 : Persyaratan ketinggian gelombang pada pelabuhan (CDIT, 2004)

Ship type	Threshold wave height for cargo handling works
Small craft	0.3 m
Medium/large ship	0.5 m
Very large ship	0.7-1.5m

Jenis struktur perlindungan pantai yang tepat untuk mereduksi energi gelombang adalah struktur *breakwater*. *Breakwater* merupakan suatu struktur yang dibangun di pantai yang bekerja sebagai alat pertahanan pantai dan juga untuk melindungi pantai dari efek cuaca dan pergeseran *longshore*. Fungsi *breakwater* adalah untuk menurunkan ketinggian gelombang di daerah yang dilindungi, desain akhir tergantung pada kondisi gelombang datang, kriteria perlindungan, biaya, dan pertimbangan lingkungan (Seelig, 1976). *Brekwater* didesain agar memberikan perlindungan terhadap kerusakan pantai yang tepat berada dibelakangnya dengan mengurangi energi gelombang sebelum mencapai garis pantai. *Breakwater* dibangun bisa jauh dari pantai atau bisa juga dibangun dengan salah satu ujung terhubung dengan pantai. Struktur ini dapat memastikan meredam gelombang lebih baik.



Gambar 1.2 Layout *jetty* Pelabuhan Senoro



Gambar 1.3 : Potongan tampak samping *jetty*

Terdapat dua jenis *breakwater*, yaitu *fixed breakwater* dan *floating breakwater* yang dibangun tergantung pada kedalaman air normal dan pasang surut air laut. Struktur *breakwater* dibangun sejajar atau tegak lurus dengan pantai untuk mempertahankan kondisi ketenangan air laut. Konstruksi dari *breakwater* sendiri tergantung pendekatan gelombang dan parameter lingkungan. *Fixed breakwater* digunakan untuk perairan yang dangkal, karena bila digunakan pada perairan yang dalam maka faktor biaya akan menjadi kendala utama. Pada kondisi perairan yang dalam pilihan yang tepat menggunakan *floating breakwater* .

Floating breakwater memiliki keunggulan dibandingkan dengan *fixed breakwater*, antara lain membutuhkan waktu yang lebih singkat dalam membangun struktur, mudah dan dengan biaya yang lebih terjangkau. Selain itu *floating breakawater* dapat dengan mudah dipindahkan dan dirakit kembali

dengan *layouts* yang berbeda juga dapat dipindahkan ke lokasi yang berbeda (Hales, 1981).

Pengujian model fisik *floating breakwater* membutuhkan biaya yang lebih banyak dibandingkan pengujian dengan model numerik. Studi ini mengetahui nilai koefisien transmisi yang dihasilkan oleh *floating breakwater* serta mempelajari pengaruh tinggi *freeboard* untuk mengetahui efektivitas desain *floating breakwater* berdasarkan koefisien transmisinya (Kt)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis membuat rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa nila koefisien transmisi *floating breakwater* di Pelabuhan LNG Senoro, Banggai, Sulawesi Tengah?
2. Bagaimana pengaruh jarak *floating breakwater* dengan ujung *jetty* terhadap nilai koefisien transmisi?
3. Bagaimana pengaruh tinggi *freeboard* terhadap koefisien transmisi *floating breakwater*?

1.3 Tujuan

Berdasarkan perumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nila koefisien transmisi *floating breakwater* di Pelabuhan LNG Senoro, Banggai, Sulawesi Tengah.
2. Mengetahui pengaruh jarak *floating breakwater* dengan ujung *jetty* terhadap nilai koefisien transmisi yang dihasilkan.
3. Mengetahui pengaruh tinggi *freeboard* terhadap koefisien transmisi *floating breakwater* .

1.4 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah membuat analisis numerik tentang efektivitas *floating breakwater dalam* mereduksi gelombang. Permodelan numerik menjadi

alat yang lebih ekonomis untuk memodelkan *floating breakwater* dibandingkan model fisik dalam mendesain model bentuk dan konfigurasi *floating breakwater* yang efektif. Diharapkan model *floating breakwater* yang dibuat dapat menjadi sumbangan ilmu untuk penelitian *floating breakwater* dengan dimensi dan konfigurasi yang lain di Indonesia.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian menggunakan desain *Floating breakwater* di daerah Pelabuhan Senoro.
2. Data lingkungan yang digunakan merupakan data lingkungan di pesisir Blok Senoro – di Desa Uso, Kecamatan Batui, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah
3. Panjang, lebar, tinggi dan bentuk struktur tidak dimodelkan ulang.
4. Sistem tambat *(mooring system)* tidak dianalisa.
5. Gaya angkat diabaikan.
6. Arah sudut datang gelombang tegak lurus terhadap model.
7. Kekuatan struktur *floating breakwater* tidak dianalisa.
8. Permukaan dasar laut diasumsikan datar.
9. Kinerja *floating breakwater* hanya dikaji berdasarkan koefisien transmisi

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1. *Floating Breakwater*

Gambar 2.1: *Pontoon Floating breakwater*
(sumber : www.maritimejurnal.com)

Breakwater memiliki fungsi untuk melemahkan dan mengurangi intensitas gaya pada gelombang. Pemecah gelombang dapat berupa *fixed breakwater* atau *floating breakwater* , penggunaan pemecah gelombang tergantung pada kedalaman air normal, pasang surut, kondisi tanah dan parameter lainnya. Konstruksi *floating breakwater* biasanya dipasang sejajar atau tegak lurus dengan pantai. Terciptanya *floating breakwater* dikembangkan karena adanya kekurangankinerja dari *fixed breakwater* (McCartney, 1985).

Floating breakwater dibuat untuk melindungi area pelabuhan agar perairan tetap tenang untuk memudahkan pengoperasian kapal. Penelitian secara teoritis membuktikan bila struktur dari *floating breakwater* dapat mereduksi gelombang dengan sangat baik dan tidak merusak lingkungan pantai ketika tata letak struktur optimal (Fousert, 2006). Menurut G.H Dong (2008) *floating breakwater* dapat digunakan secara efektif pada area pantai dalam kondisi gelombang yang relatif ringan.

2.1.2. Keuntungan dan Kekurangan dari *Floating Breakwater*

Floating breakwater dapat berfungsi secara maksimal tergantung pada kondisi lokasi dan persyaratan *floating breakwater* dapat memenuhi. Oleh karena itu, dalam penentuan *floating breakwater* cocok atau tidaknya dipertimbangkan dalam keuntungan dan kekurangan dari *floating breakwater* .

2.1.2.1 Keuntungan *Floating Breakwater*

Adapun keuntungan dari *floating breakwater* yaitu :

a. Untuk kedalaman air yang lebih dari 10 ft dalam segi ekonomi lebih murah dibandingkan *fixed breakwater* (Hales, 1981)
b. Dapat dengan mudah dipindahkan serta dapat dipergunakan kembali (Hales , 1981)
c. *Floating breakwater* memiliki nilai estetika dibandingkan *fixed breakwater* (McCartney, 1985)
d. Berlaku pada kondisi tanah yang lebih buruk dibandingkan dengan *fixed breakwater* (Biesheuvel, 2013)
e. Dapat dijadikan fungsi lainnya, seperti dijadikan tempat mooring kapal, jalan, atau fasilitas parkir (Biesheuvel, 2013)
f. Hampir tidak ada gangguan dengan transportasi sedimen dan sirkulasi air (Biesheuvel, 2013)

2.1.2.2 Kerugian *Floating Breakwater*

Pembuatan *floating breakwater* tidak serta merta hanya memiliki keuntungan saja, namun juga terdapat kerugiannya. Penelitian sebelumnya menyebutkan kerugian *floating breakwater* adalah :

a. Memiliki keterbatasan dalam meredam gelombang yang tinggi dengan rentang frekuensi yang terbatas (Foursert, 2006)
b. Memberikan perlindungan yang kurang terhadap gelombang (Biesheuvel, 2013)
c. Kurang efektif untuk gelombang yang panjang (Biesheuvel, 2013)

d. Biaya pemelihanaan yang lebih tinggi karena respon dinamis (Biesheuvel, 2013)
e. *Floating breakwater* mudah mengalami kegagalan struktural selama mengalami kondisi badai (Tsinker, 1995)

2.1.3 Klasifikasi *Floating Breakwater*

Banyak jenis dari *floating breakwater* yang dikembangkan selama bertahun – tahun. Berdasarkan prinsip kerja dari *floating breakwater* untuk mengurangi gelombang, maka dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelas (PIANC, 1994) :

1. Struktur reflektif, yaitu jenis struktur yang merefleksikan gelombang datang dan struktur ini rigid. Istilah rigid menyebutkan bahwa struktur tidak merusak beban gelombang bawah.
2. Struktur dissipative, yaitu jenis struktur yang menghilangkan energi gelombang turbulensi, gesekan dan deformasi non-elastis, struktur ini lebih bersifat fleksibel.

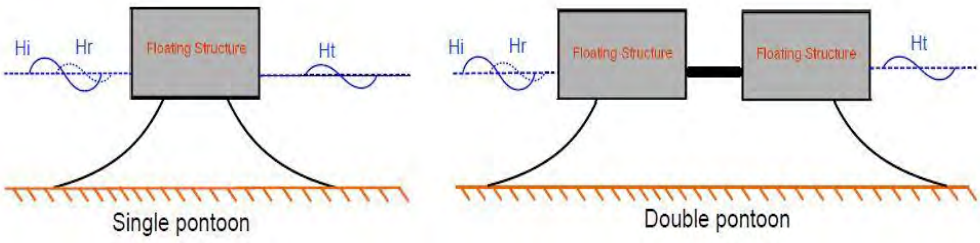
2.1.3.1 Struktur Reflektif

Struktur reflektif pada *floating breakwater* memanfaatkan permukaan vertikal ataupun permukaan yang miring pada struktur untuk merefleksikan energy gelombang datang yang akan dipantulkan kembali ke laut. Efisiensi merupakan hal yang paling sensitif terhadap peristiwa tinggi dan periode gelombang, kedalaman dan sudut permukaan yang direfleksikan dan stabilitas struktur secara keseluruhan.

- ***Pontoon Floating Breakwater***

Kelompok struktur prismatik (*pontoon* tunggal, *pontoon* ganda, atau variasi lainnya) merupakan bentuk sederhana dari *floating breakwater* yang bersifat reflektif. Bentuk prismatik ini memiliki banyak fungsi, diantaranya penggunaan seperti trotoar, penyimpanan, tambahan perahu, dan juga sebagai dermaga. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam kontribusi *pontoon floating breakwater*

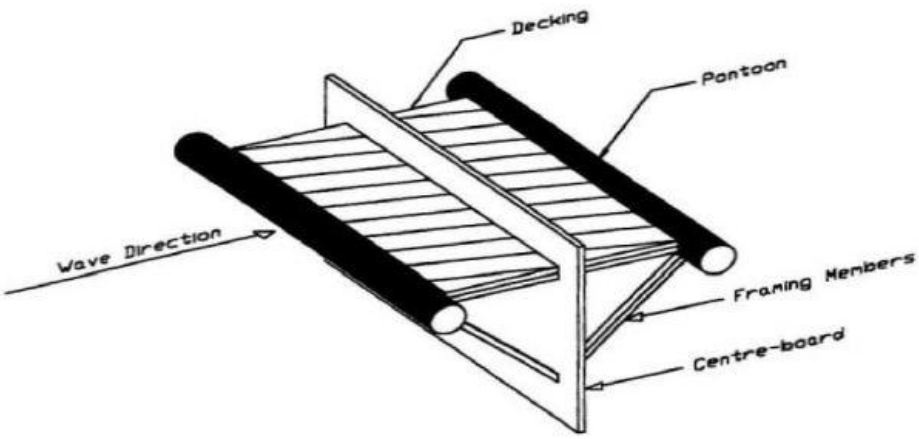
adalah jari – jari rotasi, perangkat *antirolling*, dan pengaruh karakteristik gelombang. Desain dari sistem *double–pontoon* mencoba menggabungkan massa yang relatif besar dan jari – jari besar rotasi, dan konfigurasi *pontoon* ini mampu berfungsi sebagai dermaga apung. Dalam hal ini, stabilitas dan kinerja struktur dalam berbagai kondisi pembebanan akan menjadi pertimbangan utama dalam desain.



Gambar 2.2. Jenis *pontoon floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

- ***A-Frame Floating Breakwater***

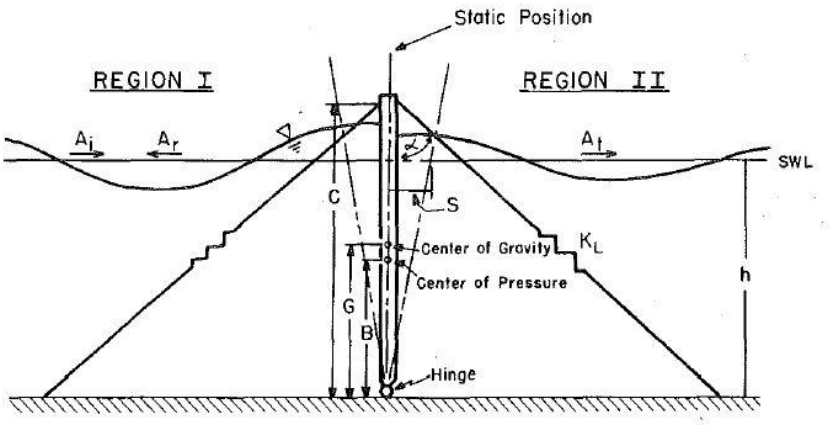
Jenis *floating breakwater* ini banyak diterapkan di banyak bagian Amerika Serikat dan di Kanada. (Hales, 1981) di negara-negara ini ketersediaan kayu sangat besar dimana pemecah gelombang tersebut dapat dibangun. Efektifitasnya dapat ditingkatkan secara signifikan dengan meningkatkan ketinggian metasentrik.



Gambar 2.3. *Floating breakwater* tipe *A-Frame* (Biesheuvel, 2013)

- ***Hinged Floating Breakwater***

Floating breakwater tipe ini adalah dinding vertical yang memanjang melalui tingkatan air dan dihubungkan oleh engsel di bagian bawah. Kabel yang bergerak di bawah sudut 45 derajat relatif terhadap bagian bawah yang menghubungkan bagian atas dinding dengan bagian bawah. Gaya pengembali berasal dari daya apung dinding dan dari kabel.



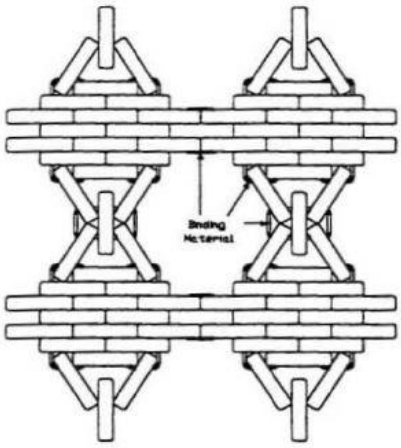
Gambar 2.4. *Floating breakwater* tipe *hinged* (Biesheuvel, 2013)

2.1.3.1 Struktur Dissipative

Pemecah gelombang ini merubah energi gelombang menjadi panas, suara turbulensi maupun gesekan dengan memecah gelombang pada permukaan miring maupun berlawanan dengan member struktural. Efisiensi diatur terutama melalui geometri dan kekangan *mooring* (WHCL, 1981). Hal ini telah digunakan terbatas dalam meredam gelombang dengan bermacam-macam tinggi signifikan tetapi telah digunakan secara ekstensif dalam meredam angin hasil penambatan (EDCL, 1991). Sistem yang termasuk klasifikasi adalah *scrap tires*, *tethered float*, fleksibel membran, dan turbulensi generator.

- ***Scrap-Tire Floating Breakwaters***

Penggunaan ban mobil dan truk yang terakumulasi sangat besar menimbulkan masalah pada polusi pembungan. Industri karet terus mencari metode baru dan inovatif untuk memanfaatkan ban yang sudah tidak terpakai. Beberapa peneliti seperti perusahaan karet dan coastal engineering menyelidiki kemungkinan untuk menyerap energi gelombang dengan karet (Hales, 1981).

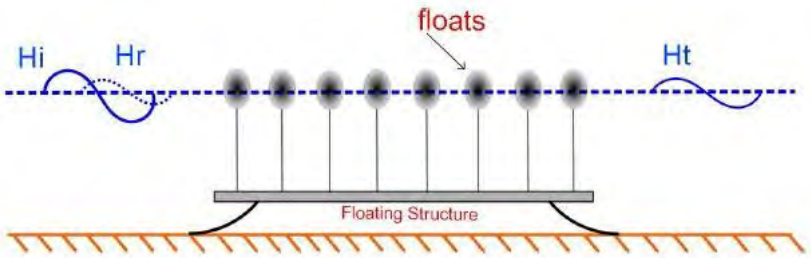


Gambar 2.5. *Scrap-tire floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

- ***Tethered-Float Breakwater***

Tethered-float breakwater terdiri dari *pontoon* tenggelam yang berlabuh dengan kabel ke dasar laut. \ Karena daya apung dari pontoon kabel selalu berada di bawah tekanan. Pada pontoon yang berjumlah besar mengapung melekat dengan kabel. Mengapung dapat berada atau di bawah permukaan air. Efek pelemahan gelombang dapat dicapat sebagai berikut :

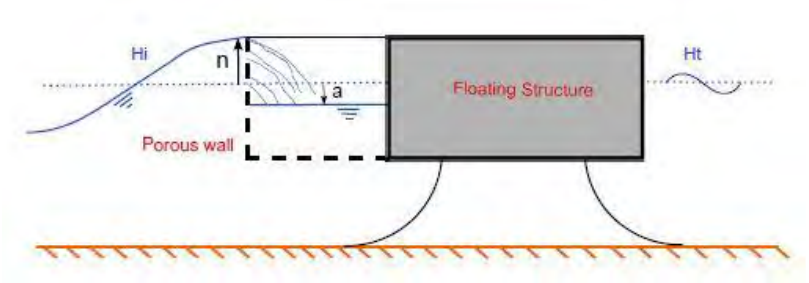
1. Karena tekanan gradien berfluktuasi mengapung akan bergerak sehingga menyebabkan gesekan yang menghilangkan energi (Hales, 1981).
2. Ketika *floating breakwater* bergerak terus oleh gelombang yang deket dengan periode alamnya, kondisi *floating breakwater* cenderung berosilasi keluar dari fase terhadap gelombang datang dan menyebabkan kecepan aliran yang relatif tinggi yang menghasilkan gesekan yang besar, maka energi yang menghilang besar (PIANC, 1994).



Gambar 2.6. *Tethered- Float Breakwater* (Biesheuvel, 2013)

- ***Porous-Walled Floating Breakwater***

Jenis struktur mengapung ini terletak di permukaan air atau tepat di bawah permukaan air dan paling efektif dalam kondisi gelombang yang waktunya singkat. Pelemahan efek gelombang diperoleh dengan menciptakan *drag* dan turbulensi. Pembentukan *major eddy* terjadi ketika fluida bergerak antara breakwater, sehingga meningkatkan energi yang hilang.



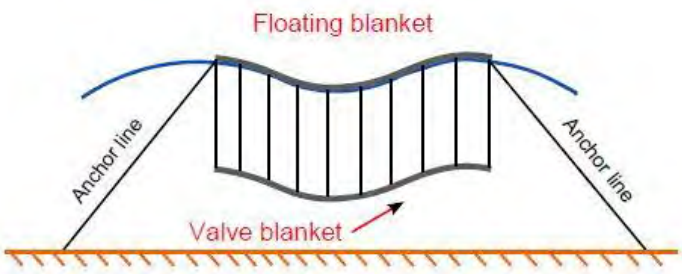
Gambar 2.7. *Porous- walled floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

- ***Flexible Membrane Floating Breakwater***

Untuk gelombang pendek dalam air energi gelombang disajikan pada bagian atas kolom air, oleh karena itu *floating breakwater* tidak perlu memiliki rancangan yang mendalam. Sebuah *floating breakwater* yang fleksibel mungkin menarik untuk diterapkan dalam gelombang pendek dan situasi air yang dalam.

Tipe *flexible-membrane* yang paling sukses untuk gelombang pendek teridiri dari selimut yang mengambang dimana terdapat selimut kedua terpasang oleh *lines.* Selimut terendam memiliki katup yang menciptakan ketahanan maksimum saat naik dan gaya tahan minimum saat jatuh. Amplitudo gelombang akan berkurang

oleh massa air yang besar antara kedua selimut tersebut, dikarenakan gelombang yang masuk cenderung mempercepat massa air.



Gambar 2.8. *Flexible membrane floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Gelombang

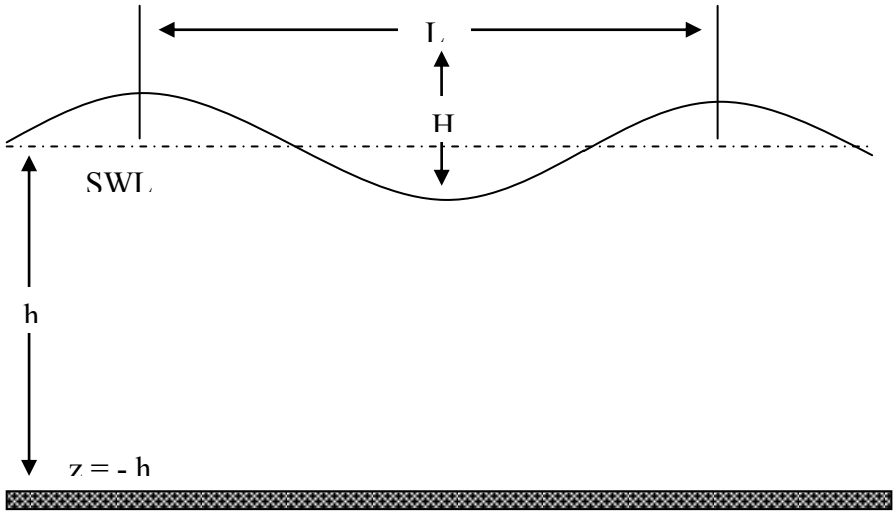
Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa jenis atau tipe gelombang. Yaitu gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang tsunami. Untuk gelombang angin yaitu gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Angin yang bertiup dengan waktu tertentu, baik yang bertiup dari daratan maupun dari laut sehingga menimbulkan gelombang. Gelombang pasang surut merupakan gelombang yang terjadi disebabkan oleh gaya tarik – menarik oleh benda langit terutama matahari dan bulan pada permukaan laut. Gelombang tsunami adalah gelombang yang terjadi di laut akibat dari adanya letusan gunung berapi bawah laut atau disebabkan karena adanya gempa bumi yang mengakibatkan terjadinya patahan pada lemeng bumi ataupun yang disebut juga gempa tektonik.

Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang, dan kedalaman air. Parameter – parameter lain seperti kecepatan dan percepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok di atas.(Pratikto,Armono,dan Suntoyo 1996). Dimana :

- Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara puncak tertinggi dan puncak terendah pada puncak dan lembah gelombang.
- Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melewati titik tertentu.

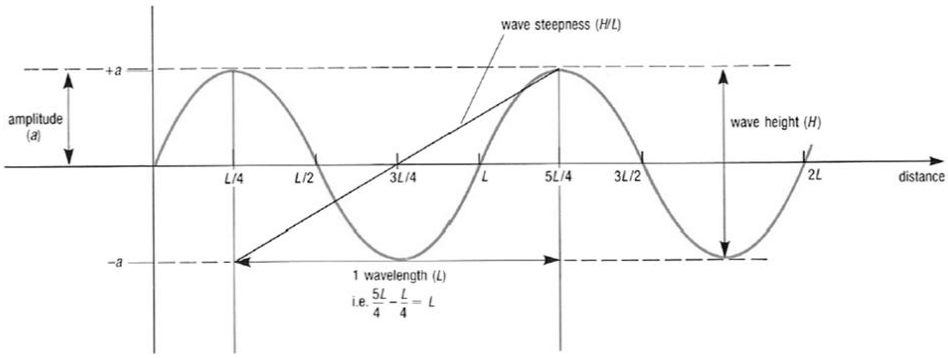
- Kecepatan rambat gelombang (Celerity) (C) merupaan perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T). ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan C. partikel air tidak turut bergerak kearah perambatan gelombang.
- Amplitudo (a) adalah jarak antara puncak/titik tertinggi gelombang atau lembah/titik terendah gelombang dengan muka air tenang (H/2) .(Pratikto,Armono,dan Suntoyo 1996)

Sifat dasar gelombang seperti panjang gelombang dan kecepatan dapat diperkirakan dengan teori gelombang aplitudo kecil. Namun, ketinggian gelombang pecah dan ketinggian *runup* gelombang harus diperhatikan batas amplitudonya. Sifat sifat dasar gelombang dinyatakan sebagai fungsi dari tinggi gelombang, periode dan kedalaman air. Berbagai karakteristik gelombang air dangkal yang diperoleh dari pendekatan pertama oleh gelombang amplitudo kecil.



Gambar 2.9. Profil gelombang (Open University,1989)

Wave steppness adalah suatu perandingan antara tinggi gelombang (H) dengan panjang gelombang (L) (H/L). Frekuensi (α) adalah jumlah puncak gelombang yang melalui suatu titik dalam satu detik sehingga $\alpha = 2\pi/T$ seperti ditunjukan pada gambar di awah ini :



Gambar 2.10. Wave steppness (Open University,1989)

Berdasarkan kedalaman relatif ($\frac{d}{L}$), gelombang diklasifikasikan menjadi 3 tipe gelombang yaitu gelombang di laut dangkal, gelombang di laut transisi, dan gelombnag di laut dalam.

1. Gelombang di laut dangkal jika $d/L \leq 1/20$
   dengan nilai tanh $(2\pi d/L)$ = 1,0 maka

   $$Co = \frac{gT}{2\pi} \quad \text{dan} \quad Lo = \frac{gT^2}{2\pi} \text{.....(1)}$$

   Dimana g = 9,81 m/s^2 sehingga nilai Lo = 1,56 T^2.

2. Gelombang di laut transisi jika 1/20 < d/L < ½
   Dengan nilai tanh $(2\pi d/L) = 2\pi d/L$ maka

   $$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT}{2\pi} \tanh kd \text{.....(2)}$$

   $$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh kd \text{.....(3)}$$

   $$C = \sqrt{gd} \quad \text{dan } L = \sqrt{gd}T = CT \text{.....(4)}$$

3. Gelombang di laut dalam jika $d/L \geq ½$
   Dengan nilai

$$\frac{C}{Co} = \frac{L}{Lo} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (5)$$

Dan

$$\frac{d}{Lo} = \frac{d}{L} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (6)$$

Dengan k = 2π/L jika kedalaman air dan periode gelombang diketahui, maka dengan menggunakan perbandingan iterasi akan didapatkan panjang gelombang (L).

2.2.2 Evaluasi *Layout* Perairan

Evaluasi layout perairan diperlukan sebagai dasar dalam menentukan jarak *floating breakwater* denga *jetty*, selain itu juga diperlukan dalam menentukan titik pantau dalam permodelan numerik.

2.2.2.1 Alur Masuk

Perhitungan alur masuk dimuali dari mulut alur sampai kapal mulai berputar dimana parameter-parameter yang diperlukan untuk penentuan alur masuk ini adalah kedalaman masuk, lebar dan panjang alur masuk. Perumusan untuk kebutuhan lebar alur masuk dapat dilihat pada perumusan berikut:

a. Jika panjang alur masuk tergolong sangat panjang :
   W=1,5Loa
b. Jika alur masuk didesain agar kapal tidak sering berpapasan :
   W=1,5Loa
c. Jika alur masuk didesain agar kapal tidak sering berpapasan
   dan panjang alur masuk tergolong sangat panjang :
   W=2,0Loa

2.2.2.2 Kebutuhan Kolam Putar (Turning Basin)

Kolam putar berda di ujung alur masuk atau dapat diletakan disepanjang alur bila alurnya panjang. Kapal diharapkan dapat bermanuver dengan kecepatan rendah

(mendekati nol) atau dipandu. Areal yang disediakan dibatasi dengan bentuk lingkaran berdiameter Db.

a. Db = 2,0Loa (kapal bermanuver dengan dipandu)
b. Db = 4,0Loa (kapal bermanuver tanpa dipandu)

2.2.2.3 Kolam Dermaga (Basin)

Kolam dermaga berada di depan dermaga dan luasan ini perlu ditentukan agar kapal dapat bersandar dengan baik. Ketinggian gelombang serta kedalam perairan harus memenuhi syarat bila perlu dilakukan pengerukan. Secara keseluruhan ukuran kolam dermaga dapat ditentukan sebagai berikut :

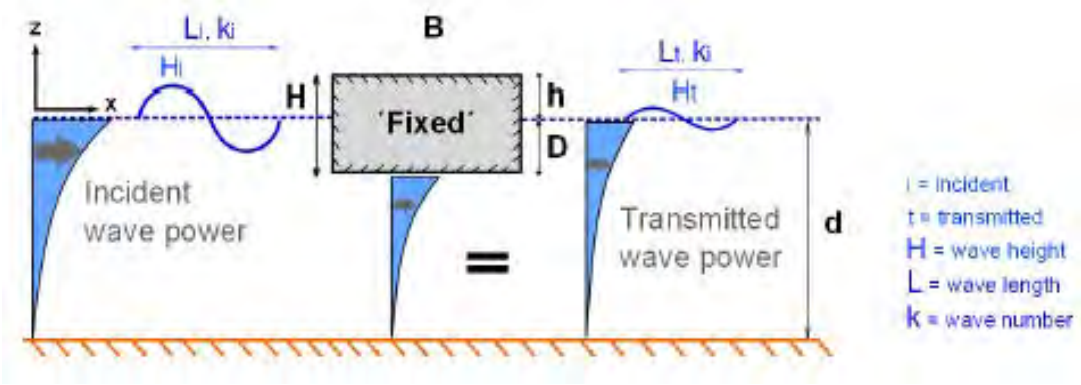
Panjang	= 1,25 x Loa	(bila dengan dibantu kapal pandu)
	= 1,50 x Loa	(bila tanpa dibantu kapal pandu)
Lebar	= 4,00 x B + 50 m	(1 dermaga berhadapan)
	= 2,00 x B + 50 m	(>1 dermaga berhadapan)
	= 1,25 x B	(dermaga bebas)

2.2.3 Teori Gelombang Transmisi

Transmisi gelombang terjadi karena energi gelombang melalui breakwater, menyebabkan energi gelombang berkurang sehingga menghasilkan tinggi gelombang yang lebih kecil pada sisi-sisi struktur. *Floating breakwater* berperan mengurangi energi gelombang yang datang dengan mentransmisikan, mereduksi dan memantulkan gelombang yang datang. Efektivitas dari *floating breakwater* ditentukan dari koefisien transmisinya (Kt). Kt didefinisikan sebagai rasio tinggi gelombang yang datang (H_i) dan tinggi gelombang transmisi dibalakanng breakwater (t). Transmisi gelombang memungkinkan terjadi pada struktur yang permeable. Transmisi gelombang dapat terjadi pada struktur breakwater dengan puncak yang rendah sehingga akan terjadi banyak overtopping.

Permorma breakwater dapat dilihat dari besar kemampuan breakwater tersebut mereduksi energi gelombang yang datang. Energi gelombang akan dipantulkan

(E_r), energi gelombang ditransmisikan (E_t) dan Energi gelombang terdisispasi (E_d) seperti pada gambar dibawah.



Gambar 2.11: Daya gelombang yang melewati *floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

Pada gelombang pendek, energi yang direduksi adalah bagian atas dari kolom air karena pada bagian atas kolom air terdapat jumlah energi yang paling besar. Sedangkan untuk gelombang yang lebih panjang, struktur *floating breakwater* harus dibuat dengan *freeboard* yang lebih besar untuk mereduksi energi yang lebh besar dari kolom air yang datang. *Freeboard* yang besar akan mempengaruhi gaya *mooring* pada struktur. Oleh karena itu dibutuhkan optimasi tinggi *freeboard* dengan panjang gelombang untuk membuat struktur breakwater yang efektif.

Umumnya, performa breakwater dapat didefinisikan dengan koefisien transmisi yang merupakan perbandingan antara tinggi gelombang dibelakang breakwater / *transmitted wave* (Ht) dan tinggi gelombang datang / *incident wave* (Hi).

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (7)$$

Dengan :

K_t : koefisien transmisi

H_t : tinggi gelombang transmisi / *transmitted wave* (m)

H_i : tinggi gelombang datang / *incident wave* (m)

2.2.4 Flow-3D

Flow-3D adalah suatu perangkat lunak yang menaerapkan metode CFD (*computational fluid dynamic*) yakni sebuah metode untuk memecahkan suatu persamaan gerak VOF (*volume of fluid*) dengan menggunakan analisa numerik dan alogaritma. Pada tahun 1975 peneliti Nicholas dan Hurt berhasil menyelesaikan alogaritma metode VOF dan mengembangkan lebih lanjut pada tahun 1981. Metode ini menggunakan sistem koordinat kartesian serta pendekatan metode euler yang digunakan untuk menyelesaikan kondisi batas permukaan bebas.

Persamaan fluida yang diselesaikan Nicholas dan Hurt adalah persamaan Navier-stokes seperti di bawah ini :

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_F}\left[uA_x\frac{\partial u}{\partial x} + vA_y\frac{\partial u}{\partial y}\right] = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + g_y + f_y \text{.....(8)}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_F}\left[uA_x\frac{\partial v}{\partial x} + vA_y\frac{\partial v}{\partial y}\right] = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + g_y + f_y \text{.....(9)}$$

Dimana :

U dan V	: kecepatan fluida pada sumbu (X,Y)
Ax dan Ay	: daerah terbuka fraksional pada aliran dalam axis (X,Y)
Vf	: volume terbuka fraksional pada aliran terbuka
t	: waktu
P	: tekanan
ρ	: densitas air laut
Fx dan Fy	: percepatan viscositas
gx dan gy	: percepatan grafitasi pada axis (X,Y)

karena air laut diasumsikan incompresible, maka harus memenuhi persamaan

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \text{.....(10)}$$

Untuk mengijinkan pengaruh comprebility terbatas maka persamaan 10 diulang pada persamaan kontinuitas umum (hurt dan nicholas 1981 dalam flow science 1995) menjadi :

$$\frac{V_F}{\rho c^2}\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial v A_x}{\partial x} + \frac{\partial v A_y}{\partial y} = 0 \quad (11)$$

F adalah sebuah volume. Fungsi F juga digunakan untuk mengidentifikasi mesh cell yang membuat kerapatan densitas fluida. Sebuah sel fluida akan memiliki nilai F sama dengan 0, satu atau pecahan. Untuk sebuah kasus dimana hanya satu fluida tunggal yang digunakan sel dengan nilai F sama dengan nol maka sel tersebut kosong dan tidak memiliki materi sama sekali. Sebuah sel interface atau sel batas permukaan didefinisikan sebagai sel yang mengandung nilai F bukan nol dan paling tidak mengandung nilai yang mendekati nol. Metode ini jua dapat mendefinisikan rintangan sel dimana fluida tidak dapat bergerak.

2.2.4.1 Manfaat Flow-3D

Flow-3D merupakan software yang dapat dimanfaatkan dalam percobaan ataupun permodelan yang memiliki hibungan dengan aliran fluida. Pada tugas akhir ini software Flow-3D sigunakan untuk memodelkan perairan laut dangkal yang menuju ke pantai dengan adanya *floating breakwater* di perairan tersebut. Output yang diharapkan adalah tinggi permukaan perairan sebelum dan sesudah terkena struktur, akan tetapi selain nilai ketinggian permukaan juga didapatkan output yang lain seperti kondisi tekanan perairan, kecepatan partikel gelombang, *turbulance*, dan masih banyak lagi sesuai dengan kebutuhan. Software ini juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan.

2.2.4.2 Kelebihan Flow-3D

1. Mudah untuk dipahami dalam membuat konfigurasi input untuk sebuah permodelan.
2. Pengamatan hasil running model dapat dilihat secara visual disetiap posisi yang dibutuhkan dan bisa menampilkan output dalam bentuk video ataupun gambar.
3. Tampilan hasil simulasi lebih bagus karena menyerupai kondisi riil.

2.2.4.3 Kelemahan Flow-3D

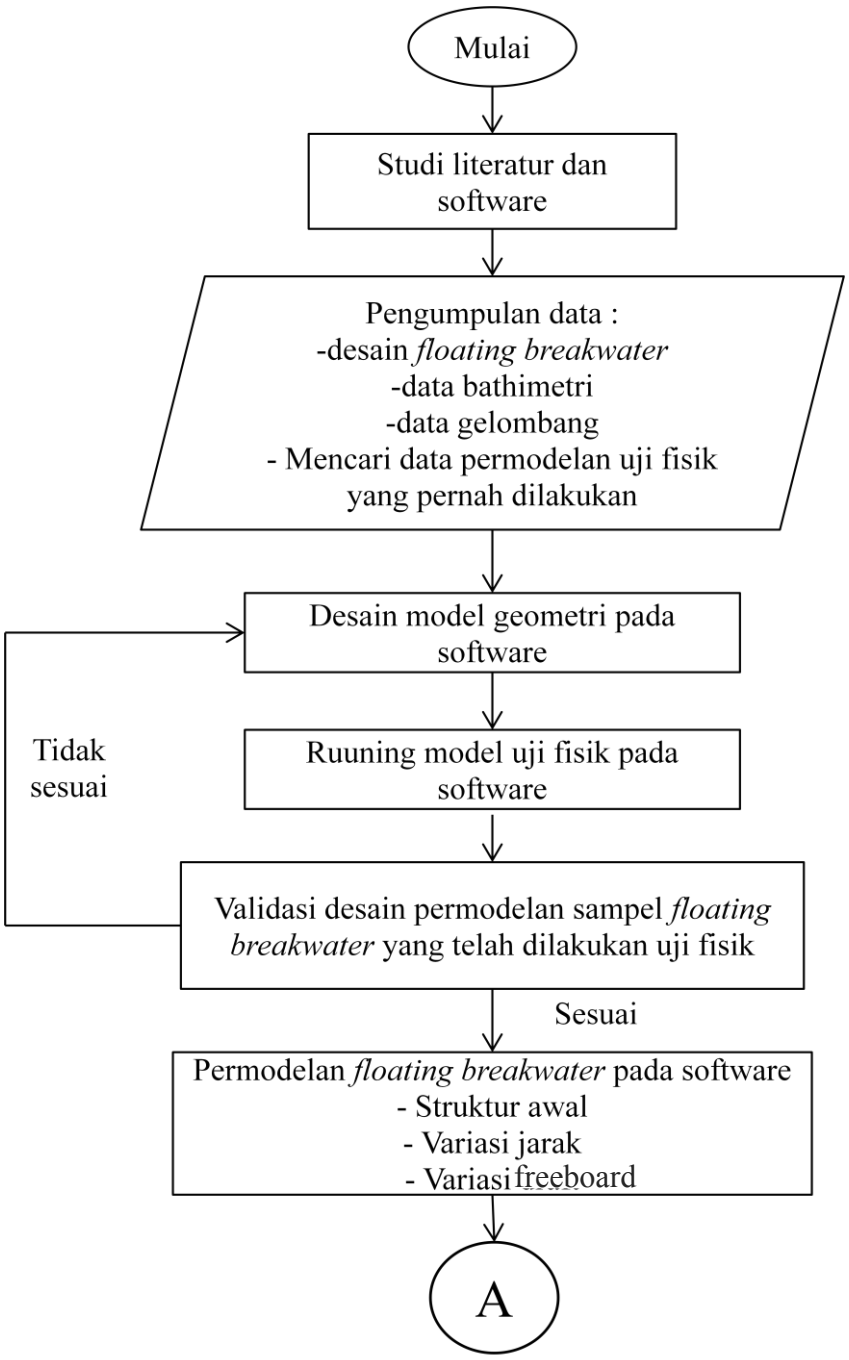
1. Untuk mendapatkan hasil yang detail. Mesh harus dibuat serapat mungkinakan tetapi dengan membuat mesh yang rapat mengakibatkan running yang dilakukan semakin lama serta menghasilkan file yang berukuran sangat besar dan membutuhkan memori dalam komputer yang lebih banyak.
2. Vektor output yang berupa visual muncul disetiap model, semakin rapat mesh maka vektor yang dihasilkan semakin rapat pula sehingga pengamatan arah gerakan partikel gelombang lebih sulit dilakukan.
3. Harus ada bantuan bantuan software lain untuk menginputkan model solid yang memiliki bentuk rumit pada Flow-3D.

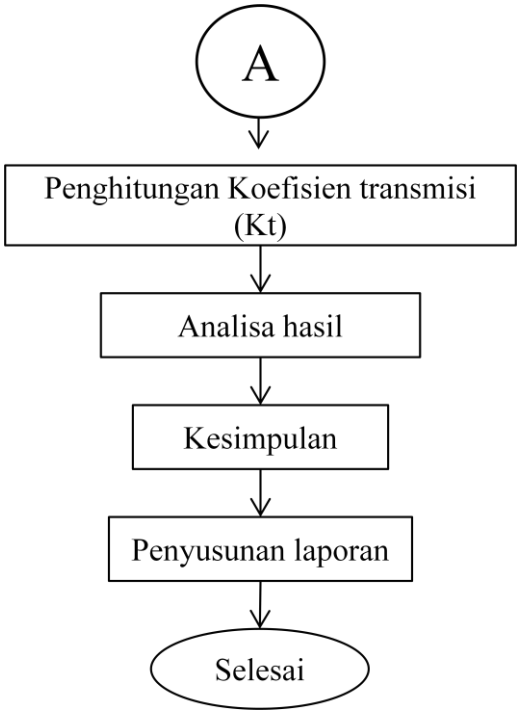
BAB III

METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penelitian

Alur pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :





a. Prosedur Penelitian

1. Studi Literatur dan *Software*

Informasi mengenai *floating breakwater* dan perhitungan koefisien transmisi yang digunakan dalam tugas akhir ini diperoleh dari jurnal, penelitian tugas akhir, buku dan sumber lainnya. Hal ini dilakukan untuk memperjelas masalah yang diangkangkat dalam tugas akhir ini. Selain itu juga mempelajari perangkat lunak yang dibutuhkan untuk membuat model *floating breakwater* dan menghitung tinggi gelombang transmisinya

2. Pengumpulan Data

Data-data yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini meliputi :Data dimensi struktur *floating breakwater* , meliputi panjang, lebar, *freeboard* awal struktur. Data gelombang pada lokasi penelitian, beserta data bathimetri pesisir Blok Senoro – di Desa Uso, Kecamatan Batui, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengah, dan mencari data *floating breakwater* yang telah dilakukan pengujian fisik yang nantinya digunakan untuk membandingkan dengan uji numerik.

3. Desain Model Geometri

Membuat desain meshing atau grid dalam software. Selanjutnya dimasukkan boundary condition serta memasukan variable-variabel lain yang diperlukan dalam permodelan.*floating breakwater* . Hal ini digunakan untuk memudahkan proses permodelan dengan software.

4. Running Model

Setelah data-data telah dimasukan sesuai dengan parameter yang ada, maka selanjutnya melakukan running solver pada sampel *floating breakwater* .

5. Validasi Desain Permodelan

Setelah running selesai tahap selanjutnya adalah melakukan pengambilan data dari output, kemudian dilakukan perhitungan dan pengamatan hasil dari validasi apakah sudah sesuai dengan hasil uji fisik, jika tidak sesuai maka dilakukan desain ulang model geometrid an dilakukan running kembali sampai hasil benar-benar sesuai.

6. Permodelan *Floating Breakwater*

Setelah hasil tervalidasi tahap selanjunya adalah memodelkan struktur *floating breakwater* Blok Senoro – di Desa Uso, Kecamatan Batui, Kabupaten Banggai, Sulawesi Tengahdengan data yang ada. Serta melakukan permodelan *floating breakwater* dengan variasi jarak antara *floating breakwater* dengan *jetty* dan melakukan variasi ketinggian *freeboard* untuk menambah permukaan bebas.

7. Menghitung Koefisien Transmisi

Setelah running selesai tahap selanjutnya adalah melakukan pengamatan dan perhitungan dari output yang dihasilkan, sehingga dapat diketahui koefisien transmisi pada struktur awal *floating breakwater* dan model *floating breakwater* dengan fariasi ketinggian *freeboard*.

8. Analisa Hasil Penelitian

Koefisien transmisi yang telah dihitung berdasarkan hasil *running software* kemudian dianalisis untuk mendapatkan *freeboard floating breakwater* yang paling optimum berdasarkan hasil perhitungan variasi *freeboard*. Serta melakukan variasi permodelan jarak *floating breakwater* terhadap *jetty* agar didapatkan jarak optimum dengan ketinggian *freeboard* awal sehingga mendapatkan nilai Kt yang sesuai.

9. Kesimpulan dan Saran

Hasil analisa akan disajikan dalam bentuk grafik dan hasil permodelan *software* agar bisa dibuat kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

10. Penyusunan Laporan

Penulisan laporan meliputi penulisan mulai dari awal (latar belakang, tujuan, dan sebagainya) sampai saran dan kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan serta pemberian-pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DATA DAN VALIDASI

4.1 Umum

Tahapan pertama yang dilakukan sebelum melaksanakan proses permodelan dan analisa pada software, hal yang harus dilakukan terdahulu yaitu pengumpulan data yang dibutuhkan untuk permodelan *floating breakwater* di daerah Pelabuhan Senoro. Selain itu untuk mengetahui hasil permodelan yang dimodelkan pada flow-3D apakah sesuai atau tidak dengan uji fisik maka perlu adanya perbandingan nilai koefisien transmisi antara uji fisik dan numerik.

4.2 Data Permodelan

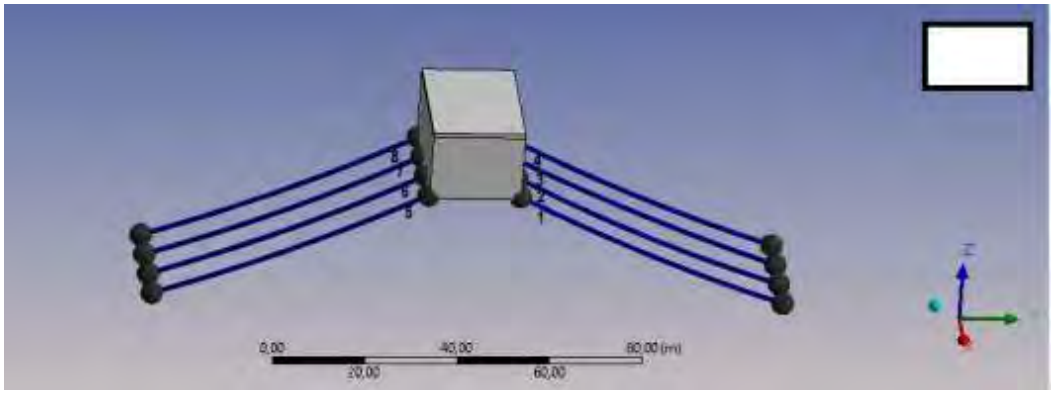
4.2.1. Data *Floating Breakwater*

Data struktur *floating breakwater* terdapat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1. Data *floating breakwater*

Variabel	Nilai	Satuan
L (panjang)	30	m
B (lebar)	20	m
H (tinggi)	16	m
d (draught)	15	m
h (freeboard)	1	m

Pada tabel 4.1 dapat dijelaskan data struktur yang akan digunakan memiliki ukuran panjang 30 meter, memiliki lebar 20 meter, dan tinggi struktur *floating breakwater* 16 meter. *Draught* merupakan tinggi struktur *floating breakwater* yang tercelup oleh air, dan *freeboard* merupakan tinggi struktur di atas permukaan air laut.



Gambar 4.1. Struktur *floating breakwater*

a. Struktur *floating breakwater* tampak 3 dimensi

a. Tampak depan *floating breakwater*

a. Tampak samping *floating breakwater*

Gambar 4.2. Permodelan Struktur *floating breakwater* pada AutoCad 3 dimensi

Struktur *floating breakwater* yang digunkan menggunakan bahan dasay beton ringan atau lightweight concrate yang memiliki berat antara 600 – 1600 kg/m^3. Jumlah moring line yang digunakan adalah 4 buah pada tiap sisinya, dan panjang *mooring line* yang digunakan adalah 63,8 meter. Dengan diameter 56 mm, dan berat di udara sebesar 70,36 kg/m.

4.2.2. Data Gelombang

Gelombang merupakan gerakan yang berasal dari naik turunnya permukaan air laut yang memiliki amplitudo dan panjang gelombang. Gelombang pada permukaan air laut ini disebabkan oleh angin. Data gelombang ini digunakan untuk mengetahui panjang gelombang laut dalam dan sebagai salah satu faktor permodelan *floating breakwater*.

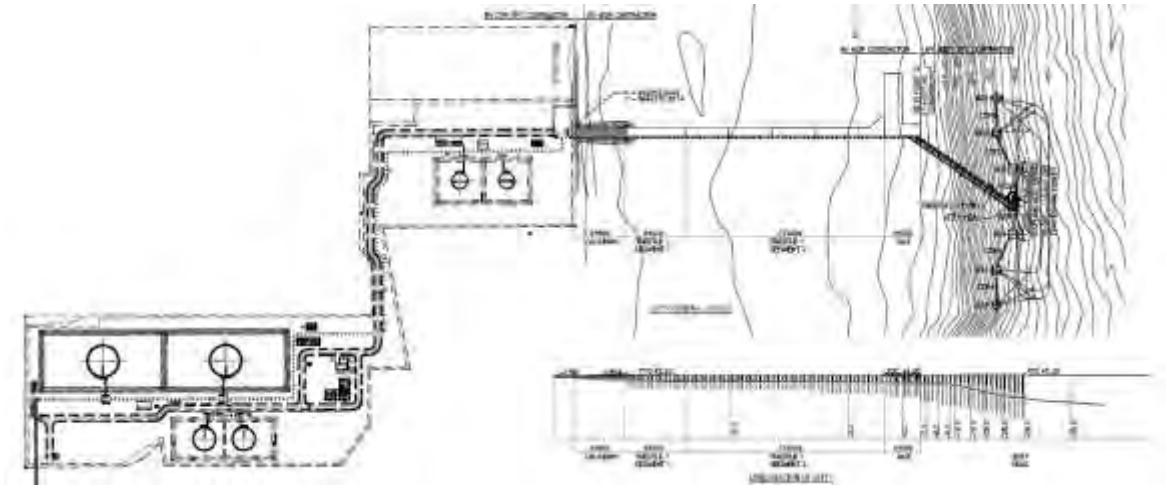
Gelombang yang terjadi berasal dari tiga arah dominan, data gelombang yang paling tinggi dari hasil periode ulang 50 tahunan dari arah selatan dengan ketinggian 2,7 meter dan periodenya 5,04 detik. Untuk periode terlama terjadi pada barat daya sebesar 7,59 detik, namun ketinggian gelombangnya 2,26 meter. Sedangkan dari arah timur tinggi gelombangnya 2,3 meter dan periodenya 4,76 detik.

Tabel 4.2 : Data gelombang pada pelabuhan LNG Senoro

Periode ulang gelombang	Tinggi dan periode gelombang signifikan maksimum					
	Timur		Selatan		Barat daya	
	Hs (m)	Ts (s)	Hs (m)	Ts (s)	Hs (m)	Ts (s)
2 tahun	1,0	3,45	1,5	3,90	0,60	4,01
5 tahun	1,4	3,87	1,9	4,27	1,13	5,16
10 tahun	1,7	4,15	2,1	4,51	1,49	5,92
20 tahun	2,0	4,42	2,4	4,74	1,83	6,64
30 tahun	2,1	4,60	2,5	4,90	2,05	7,14
50 tahun	2,3	4,76	2,7	5,04	2,26	7,59

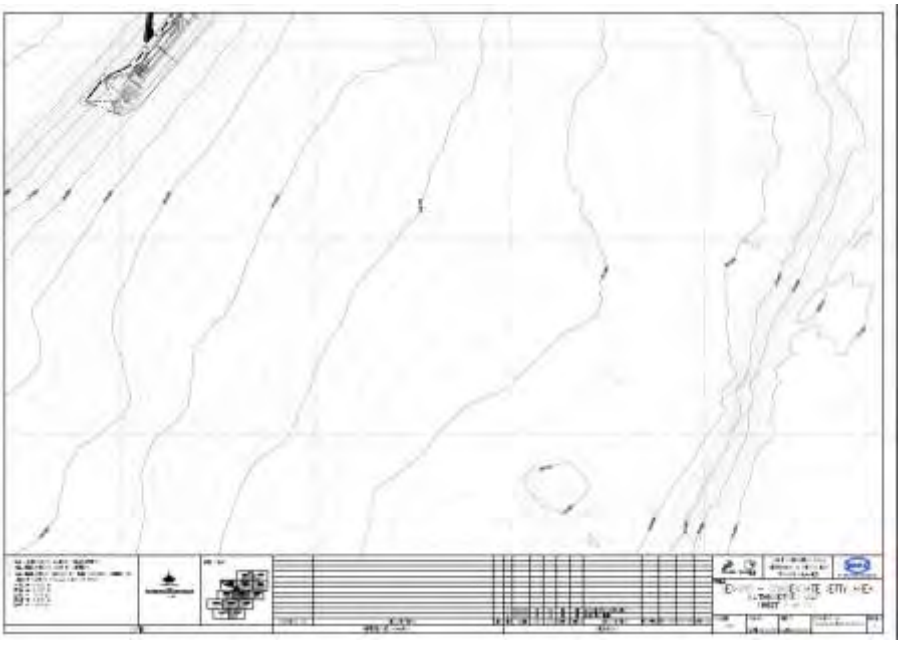
4.2.3 Data Batimetri

Peta Bathymetri menunjukan kontur kedalaman laut yang diukur dari posisi 0,00 LWS. Dari data dapat terlihat kondisi kedalaman perairan di sekitar Pelabuhan LNG Senoro ini bervariasi mulai dari 10-50 m. Pada perencanaan ini lokasi breakwater akan dibangun pada kedalaman 40 m. Gambar 4.5 menunjukan layout umum dari Pelabuhan LNG Senoro



Gambar 4.3. Layout umum Pelabuhan LNG Senoro

(sumber : PT. Surveyor Indonesia, 2014)

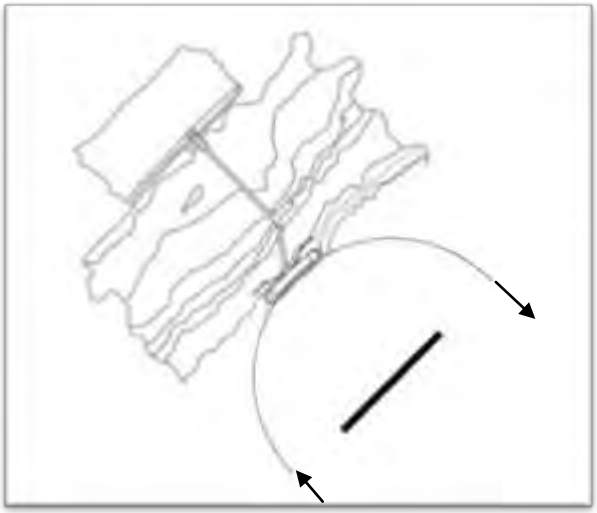


Gambar 4.4. Peta bathymetri selatan pelabuhan LNG

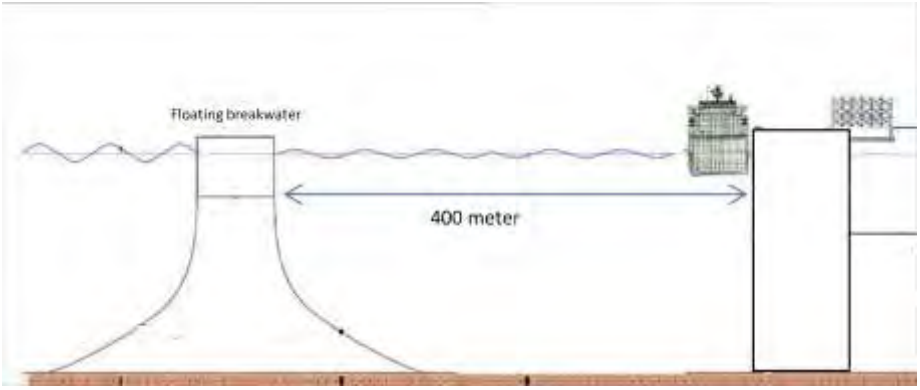
(sumber : PT. Surveyor Indonesia, 2014)

4.2.4 *Layout Floating Breakwater*

Layout yang digunakan merupakan peta bathymetri pelabuhan LNG Senoro. *Layout* untuk *floating breakwater* ini harus direncanakan dengan baik dengan dimensi yang sesuai agar dapat mengurangi ketinggian gelombang air laut.



Gambar 4.5. *Layout* lokasi *floating breakwater*



Gambar 4.6. *Layout* jarak *floating breakwater* terhadap *jetty*

Gambar 4.6 merupakan *layout floating breakwater* dimana letak dari *floating breakwater* yang akan dipasang memiliki kedalaman perairan 40 – 50 meter. Pada kepala pelabuhan atau tempat bersandarnya kapal memiliki kedalaman 30 meter. Setengah lingkaran pada *layout* merupakan area keluar masuk kapal. Pengamatan ketinggian gelombang transmisi dilakukan pada titik 100 meter di belakang breakwater dengan pertimbangan lebar alur masuk kapal di pelabuhan adalah 300 meter dari *jetty*.

4.3. Validasi

4.3.1 Data Model Validasi

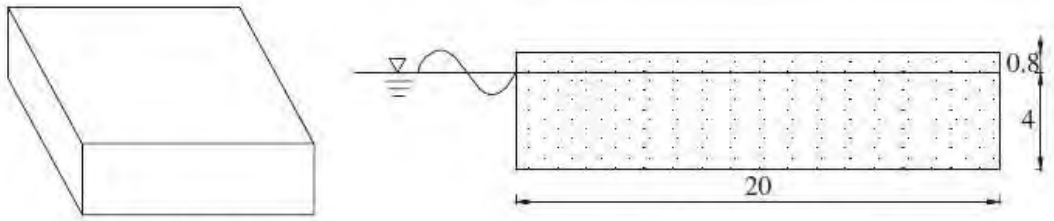
Data pemodelan uji fisik yang akan digunakan untuk melakukan validasi merupakan dua ekspeimen yang telah dilakukan oleh G.H. Dong pada tahun 2007. Pada eksperimen tersebut dilakukan uji fisik untuk mengetahui nilai koefisien transmisi dari sebuah *single-box floating breakwater* dan *double-box floating breakwater* dengan data sebagai berikut :

g = 9,81 m/s^2

d = 20 m

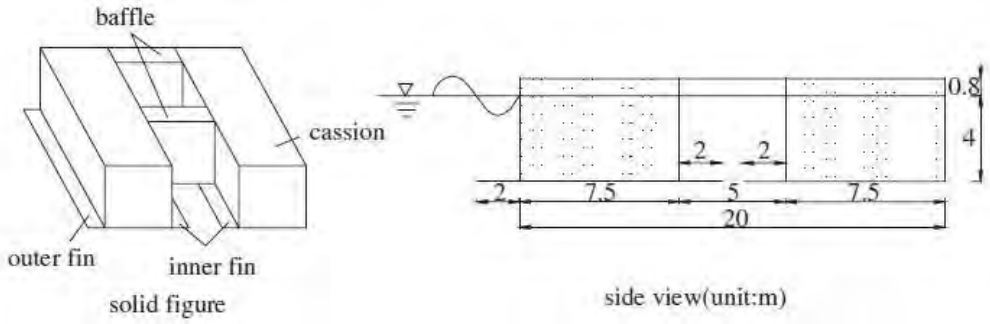
L = 20 m

t = 4,08 m



Gambar 4.7. *Single-box floating breakwater*
(sumber : G.H. Dong, 2007)

Dari gambar 4.7 dan gambar 4.8 dapat dilihat perbedaan antara sigle-box dan double-box adalah dari bentuk dan dimensinya, sedangkan kondisi lingkungan perlakuan yang dilakukan pada saat pengujian adalah sama, hal ini dilakukan agar mendapatkan hasil validasi yang lebih baik dari segi kesebangunan dan perbedaan dimensi.



Gambar 4.8. *Double-box floating breakwater*
(sumber : G.H. Dong, 2007)

Stuktur tersebut di ikat dengan 6 buah chain mooring di setiap sisinya dengan jarak antar ikatannya adalah 18 m, sehingga dapat diketahui bahwa panjang single-box tersebut adalah 90 m. tiap chain mooring tersebut memiliki diameter 0,1 m dengan panjang 60 m dan massa di udara 230 kg/m. Ukuran struktur tersebut dimodelkan untuk dilakukan uji fisik dengan menggunakan sekala perbandingan 1:40 sehingga diperoleh ukuran model sebagai berikut :

Tabel 4.3 : Data permodelan *single-box floating brekwater*

	Ukuran asli	Skala permodelan	Ukuran permodelan	Satuan
D (kedalaman)	20	1 : 40	0,5	m
B (lebar)	20	1 : 40	0,5	m
t (tinggi)	4.8	1 : 40	0,102	m
L (panjang)	90	1 : 40	2,25	m
ΦChain (diameter tali)	100	1 : 40	2,5	mm
LChain (panjang tali)	60	1 : 40	1,5	m
massa tali	230	1 : 40	5,75	Kg/m

Tabel 4.4 : Data permodelan *double-box floating brekwater*

	Ukuran asli	Skala permodelan	Ukuran permodelan	Satuan
D (kedalaman)	20	1 : 40	0,5	m
B (lebar)	20 (7,5+5+7,5)	1 : 40	0,5 (0,1875+0,125+0,1875)	m
t (tinggi)	4.8	1 : 40	0,102	m
L (panjang)	90	1 : 40	2,25	m
ΦChain (diameter tali)	100	1 : 40	2,5	mm
LChain (panjang tali)	60	1 : 40	1,5	m
massa tali	230	1 : 40	5,75	Kg/m

Tabel 4.5 : Data lingkungan uji coba *single-box* dan *double-box floating brekwater*

	Ukuran Asli	Skala permodelan	Ukuran Permodelan
H (tinggi gelombang)	2,5 m	1 : 6.325	0,0625 m
T (periode gelombang)	6 – 10 s	1 : 6.325	0,949 – 1,581 s
V (kecepatan arus)	0.5 m/s	1 :6.325	0,079 m/s

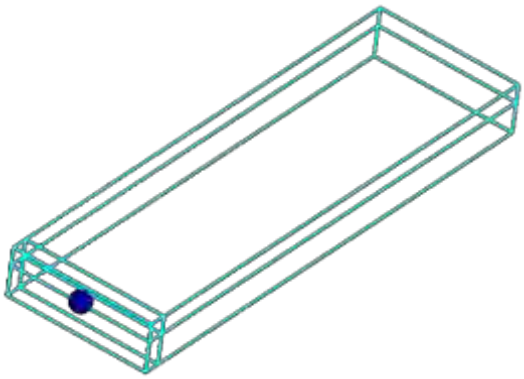
Pada tabel 4.4 dijelaskan besaran tinggi gelombang yang digunakan pada uji fisik adalah sebesar 2,5 m, pada uji *single-box* dan *doble-box* ini dilakukan masing – masing 5 kali *running* dengan variasi perubahan nilai periode yakni dengan periode gelombang 6, 7, 8, 9,dan 10 detik, dengan kecepatan arus 0,5 m/s.

sedangkan untuk pengujian di laboraturium *flumetank* digunakan sekala 1 : 6,325 sehingga digunakan data gelombang sebesar 0,0625 m, periode 0,949 sampai dengan 1,581 detik, dan kecepatan arus 0,079 m/s dengan titik pengamatan berjarak 10 m di belakang struktur.

4.3.2. Proses Permodelan

Pada tahap awal dilakukan permodelan breakwater langsung dengan menggunakan software flow-3D karena bentuk struktur yang tidak terlalu rumit yakni *single-box* dengan ukuran seperti yang telah dijelaskan pada tabel 4.3. sedangkan untuk *double-box* permodelan dilakukan dengan *softweare* AutoCad kemudian di maskukkan pada Flow-3D.

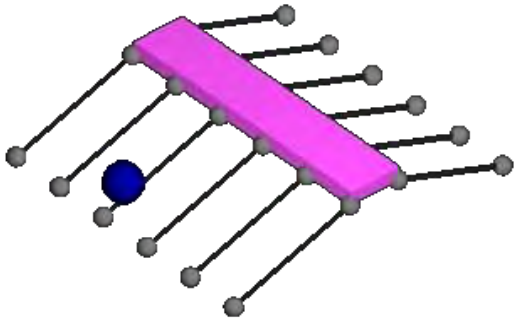
Kemudian langkah selanjutnya adalah membuat membuat model wave tank untuk mempermudah dan mendapatkan hasil yang lebih maksimal maka pada permodelam flow-3D digunakan permodelan dengan skala 1:1, sehingga ukuran wave yang yang dimodelkan memiliki panjang 300 meter yang di bagi menjadi 2 bagian yang pertama memiliki panjan 10 meter untuk tank pembentuk gelomang dan yang ke 2 tank penempatan struktur. lebar 90 meter dengan kedalaman 20 meter. Setelah itu menyusun jumlah mesh, meshing yang digunakan pada permodelan adalah 0,5.



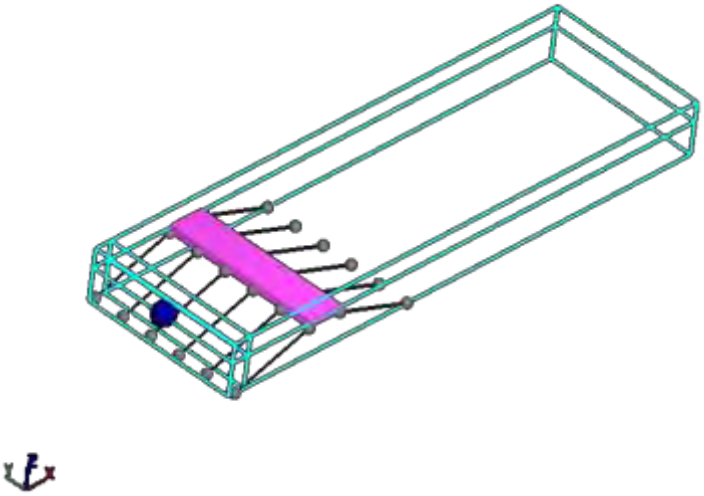
Gambar 4.9 Permodelan *wave tank* pada Flow-3D

Tahap selanjutnya adalah penempatan model geometri. Seperti ditunjukan pada tabel 4.3 mengenai ukuran dari single-box dan tali yang digunakan, maka model

langsung dapat dibuat pada software flow-3D. dan diperoleh permodelan sebagai berikut.



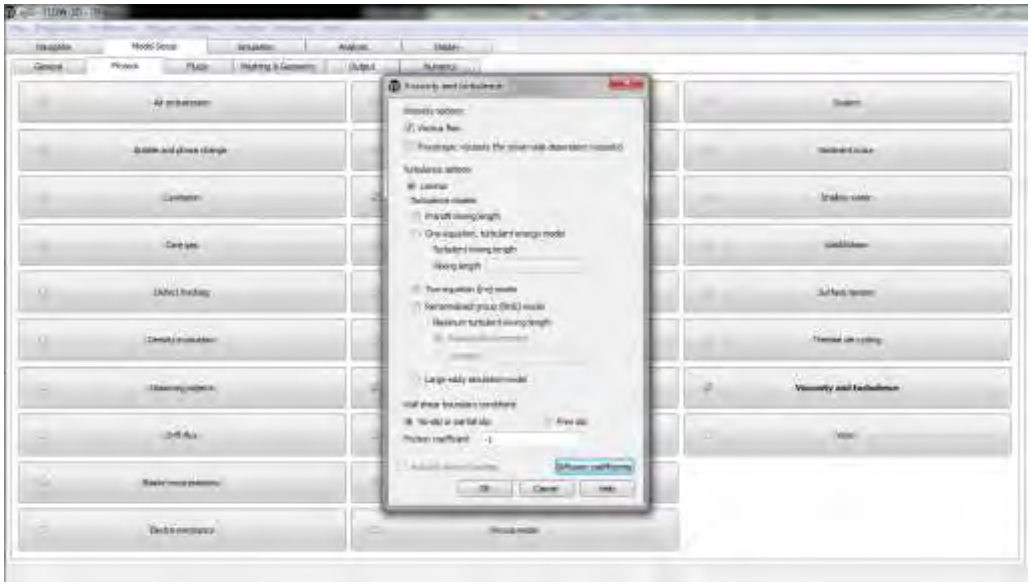
Gambar 4.10. Permodelan struktur pada Flow-3D



Gambar 4.11. Permodelan struktur yang telah diletakkan pada wave tank

Dalam pembuatan model baik dari struktur dan *wave tank* harus disesuaikan dengan kondisi pengujian fisik. Pada pengujian struktur ini digunakan skala 1 : 1 dengan alasan untuk mendapatkan hasil yang lebih sesuai dengan kondisi riil, selain itu untuk mempermudah dalam pengaturan *meshing*.

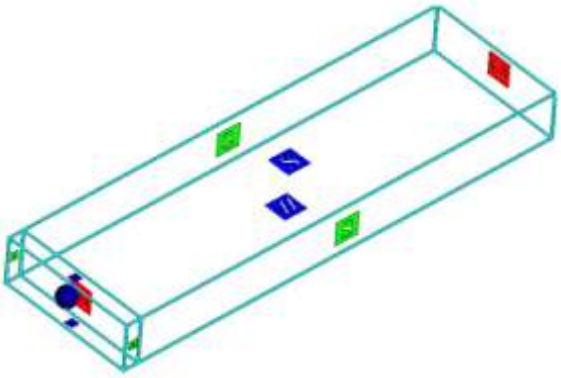
Setelah itu memasukan propertis fluida diantaranya jenis fluida yang digunakan yakni air laut dengan *density* 1025 kg/m^3 gravitasi 9,8 kg/m^2 pada sumbu z, dan gerakan turbulen digunakan aliran laminar.



Gambar 4.12. Pengaturan *velosity and turbulence* pada Flow-3D

Gambar 4.13. Pengaturan *gravity* pada Flow-3D

Setelah itu dilakukan pengaturan *boundary condition* yakni parameter inputan yang menggambarkan kondisi dari objek. Pemberian *boundary condition* tersebut dimaksudkan agar simulasi atau permodelan yang dilakukan dapat menggambarkan kondisi riil atau sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Oleh karena itu pada tahap awal simulasi diperlukan *boundary condition* yang ideal. *Boundary condition* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.11 di bawah ini :

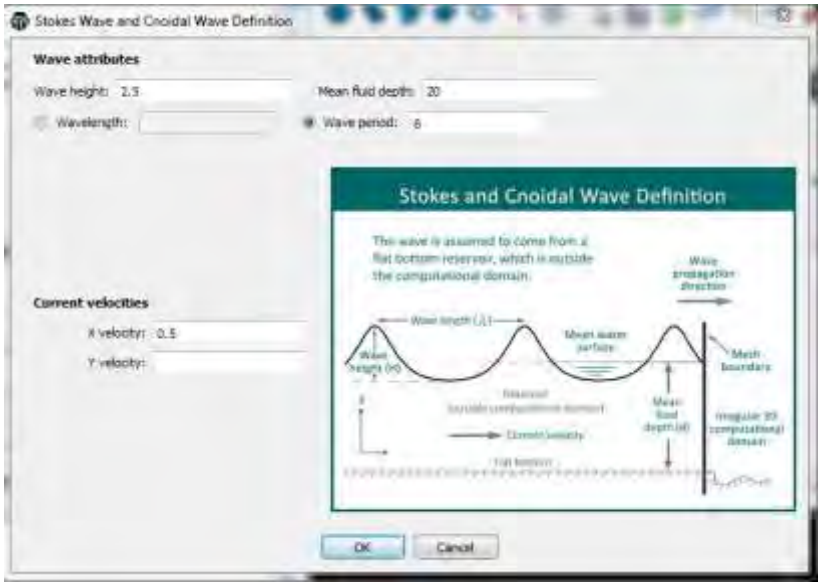


Gambar 4.14. Tampilan boundary condition pada Flow-3D

Boundary coundition yang digunakan pada permodelan ini pada bagian

- *Symmetry* atau kondisi pada batas simetri adalah ketika tidak ada aliran dan flux skalar sepanjang batas.
- *Wall* seluruh dinding yang terdapat pada saluran. Tidak ada nilai yang harus dimasukkan pada kondisi batas ini.
- *Outflow* kondisi batas ini digunakan apabila parameter aliran pada keluaran sama sekali tidak diketahui, dan digunakan untuk fluida inkompresibel.
- *Wave* kondisi batas ini digunakan untuk memproduksi gelombang pada kondisi batas ini nilai dari atribut gelombang dimasukkan.

Pada *boundary condition* untuk pengaturan gelombang dimasukkan data periode gelombang, tinggi gelombang, kecepatan arus, letak titik yang dilakukan analisa ketinggian gelombang, penentuan finish waktu untuk merunning program seperti yang tertera pada tabel 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.15. Kolom input ketinggian dan periode gelombang

Setelah disusun sesuai kebutuhan kemudian di *save all*. Dan siap untuk dilakukan *running* dengan menggunakan perintah *run solver*.

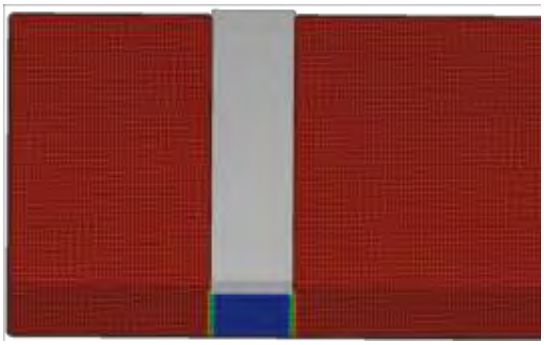
Tahapan yang sama juga dilakukan untuk permodelan *double-box floating breakwater*. Dengan merubah permodelan geometri dari *single-box* menjadi *double-box* kemudian mengatur ulang pengaturan fluida, grafitasi dan pengaturan *boundary condition*. Dan setelah selesai dilakukan *running*.

Gambar 4.16. Permodelan *double-box* pada AutoCad 3 dimensi

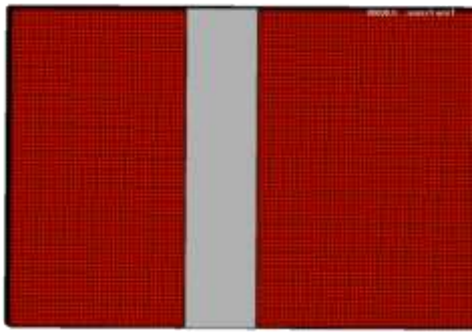
Pada pengujian *double-box* ini dilakukan lima kali *running* yakni dengan perbedaan periode dari 6 detik, 7 detik, 8 detik, 9 detik dan 10 detik. Sehingga pada tahapan validasi ini total dilakukan sepuluh kali *running*.

4.3.3. Hasil Model Validasi

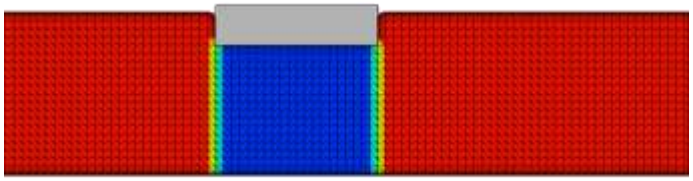
Untuk mengetahui hasil permodelan yang dimodelkan dalam flow-3D apakah sesuai atau tidak dengan hasil uji fisik maka perlu adanya perbandingan nilai koefisien transmisi antara uji fisik dan numerik. Seperti yang tertera pada tabel 4.5 terdapat 5 kondisi variasi periode gelombang (T) sedangkan untuk variable lain seperti tinggi gelombang dan kedalaman nilainya tetap. Dalam permodelan kali ini juga dilakukan 10 kali running, sesuai dengan banyak periode gelombang yang terjadi dengan finish time 50 detik.



a. Tampak 3D

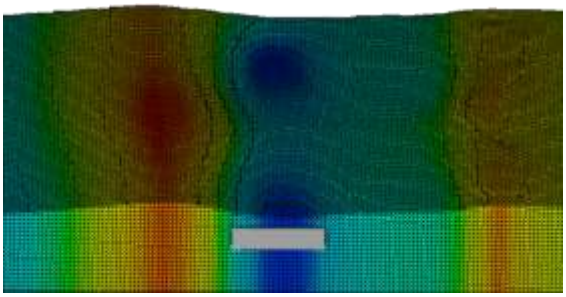


b. Tampak atas

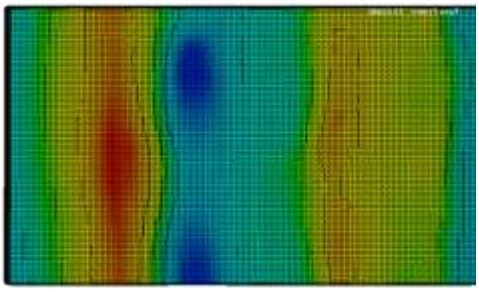


c. Tampak samping

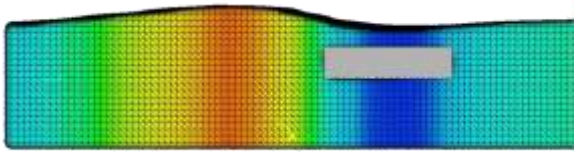
Gambar 4.17. Model validasi 3 dimensi pada flow-3d



a. Tampak 3D

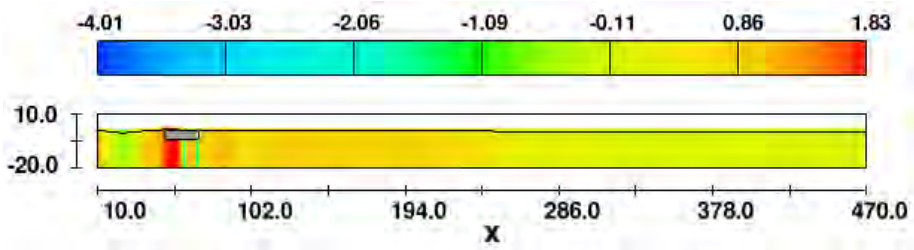


b. Tampak atas



c. Tampak samping

Gambar 4.18. Simulasi model validasi 3 dimensi pada flow-3D



Gambar 4.19. Simulasi model validasi pada flow-3d

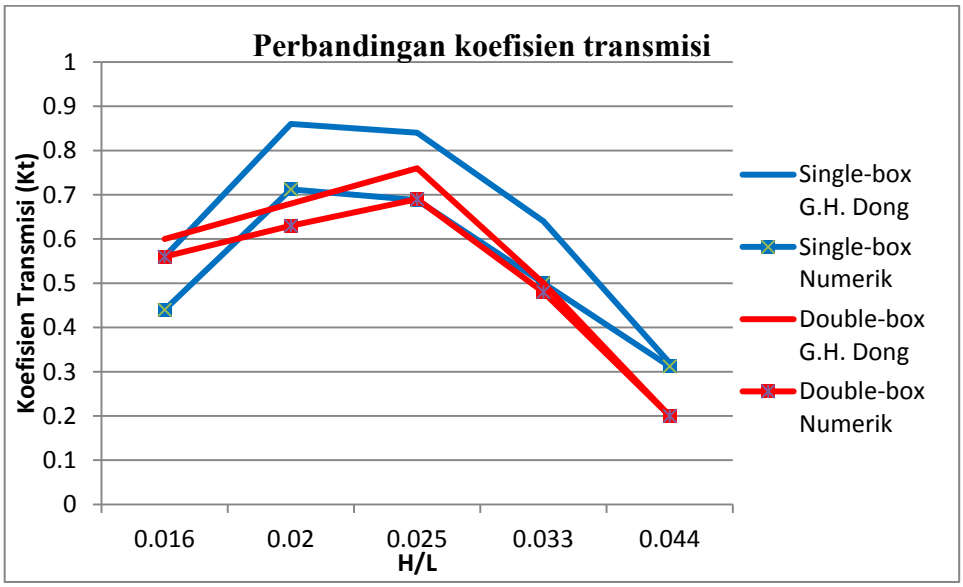
Gambar 4.17 adalah model awal srtuktur *floating breakwater* pada flow-3D pada detik 0 yang belum dikenai gelombang, sedangkan gambar 4.18 adalah hasil simulasi model validasi dalam software flow-3D saat terkena gelombang dan dapat dilihat bahwa di belakang struktur gelombang sudah mulai mengecil. Hal tersebut menunjukan adanya redaman gelombang.

Hasil validasi numerik merupakan perbandingan nilai koefisient transmisi pada permodelan numerik dengan permodelan fisik dari peneitian G.H. Dong. Berikut ini dapat dilihat hasil validasi terlihat adanya perbedaan antara model fisik G.H. Dong dan model numerik.

Tabel 4.5 Nilai koefisien transmisi pada *breakwater* untuk validasi.

H/L	Koefisien transmisi (Kt)			
	G. H. Dong		Numerik	
	Single-box	*Double-box*	*Single-box*	*Double-box*
0,016	0,56	0,6	0,440	0,56
0,020	0,86	0,68	0,712	0,63
0,025	0,84	0,76	0,688	0,69
0,033	0,64	0,5	0,500	0,48
0,044	0,32	0,2	0,312	0,2

Dari Tabel 4.5 dapat digambarkan dengan membentuk sebuah grafik agar lebih mudah untuk pembacaan data bahwa adanya perbedaan antara uji fisik dan numerik dapat dilihat pada gambar 4.23 di bawah ini



Gambar 4.20. Perbandingan koefisien transmisi G.H. Dong dan permodelan numerik

Dapat dilihat pada gambar 4.23 merupakan grafik koefisien transmisi pada penelitian uji fisik hamper sama dengan bentuk permodelan ini. Adapun nilai redaman gelombang pada periode (T) 1,581 dengan H/L 0,44 memberikan nilai

yang hampir sama dengan nilai redaman gelombang pada penelitian uji fisik G.H Dong sehingga dapat diambil kesimpulan bahwa permodelan ini sudah tervalidasi.

Untuk perbedaan hasil uji fisik dan numerik mempunyai selisih hal ini bisa disebabkan karena tingkat ketelitian yang berbeda. Pada uji fisik gelombang bisa saja melalui sisi kiri dan kanan struktur selain itu gerakan dan dimensi pada permodelan uji fisik pada wave tank juga dapat mempengaruhi nilai redaman gelombang.

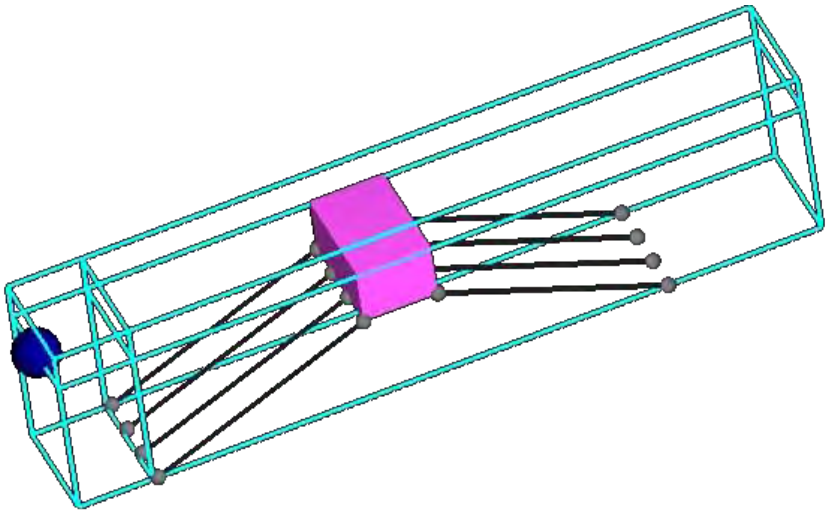
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHSAN

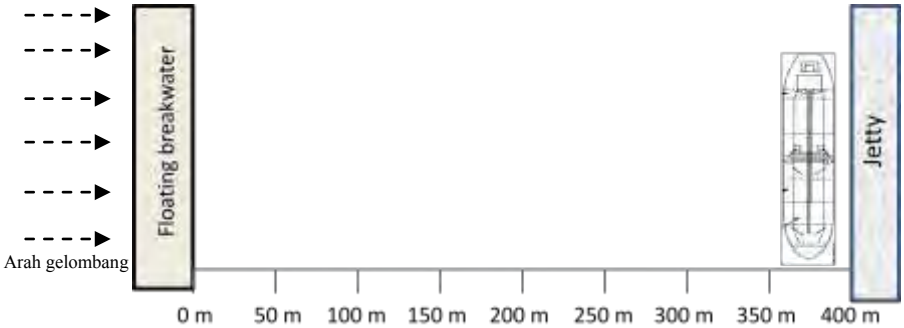
5.1 Analisa Performa *Floating Breakwater* dengan Flow-3D

Simulasi awal dilakukan dengan membuat dua *boundary area* dengan panjang *boundary area* pertama aalah 30 meter dan lebar 30 meter pada *bondary* pertama ini digunakan untuk pembangkit gelombang. *Boundary area* yang ke dua memiliki panjang 500 meter dengan lebar 30 meter. Panjang *boundary area* dibuat lebih panjang untuk menyesuaikan panjang tali *mooring*.



Gambar 5.1. Permodelan struktur yang telah diletakkan pada *wave tank*

Simulasi gelombang dilakukan dengan gelombang stokes sesuai dengan *region of validity* nya. Ketinggian gelombang yang ada pada model memakai gelombang dari arah selatan dengan ketinggian gelombang signifikan 2,7 meter dan periode 5 detik . titik pengamatan berada pada jarak 50 meter sampai dengan 300 meter di depan *jetty* dengan pertimbangan jarak antara *breakwater* dengan *jetty* adalah 400 meter dan luasan kolam yang digunakan kapal bersandar adalah 300 meter dari *jetty*.



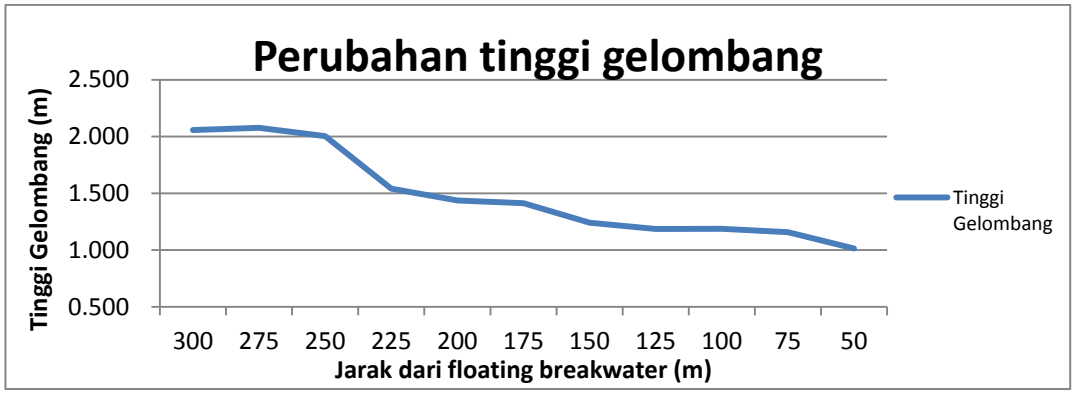
Gambar 5.2. Titik pengamatan ketinggian gelombang

Pengamatan dilakukan pada jarak 100 meter sampai 350 di belakang *floating breakwater*. Kemudian diambil ketinggian gelombang paling tinggi pada tiap titik untuk melihat perubahan ketinggian yang terjadi tiap titik, dan didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 5.1 Ketinggian gelombang dari hasil pengamatan.

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
100	2,057
125	2,077
150	2,003
175	1,542
200	1,437
225	1,413
250	1,241
275	1,187
300	1,188
325	1,158
350	1,014

Untuk mempermudah dalam melihat perubahan ketinggian gelombang yang terjadi pada tiap titik pengamatan dapat dilihat pada gambar 5.2 yang menunjukan penurunan ketinggian gelombang pada tiap titik pengamatan.



Gambar 5.3. Ketinggian gelombang berdasarkan titik pengamatan

Dari tabel 5.1 diatas dapat diketahui ketinggian gelombang yang melebihi batas keamanan gelombang 1,5 meter masih terjadi pada empat titik, dan dari tabel di atas diperoleh nilai koefisien transmisi yang dimiliki *floating breakwater* tersebut adalah

$$Kt = \frac{2{,}057}{2{,}7}$$

$$Kt = 0{,}77$$

Pada titik pengamatan bisa dilihat bahwa ketinggian gelombang sudah berkurang akan tetapi sesuai dengan ketentuan transmisi gelombang berdasarkan aturan *Technical Standart Port and Harbour Facilities in Japan*, yaitu 0,7 – 1,5 m *floating breakwater* tersebut belum memenuhi syarat dengan nilai koefisien transmisi $\leq 0{,}56$.

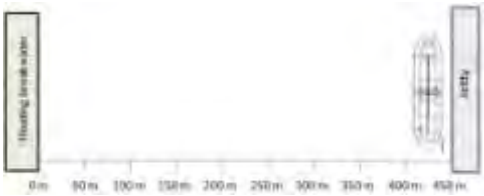
5.2 Modifikasi Jarak dan *Freeboard*

Dari hasil *running* struktur awal *floating breakwater* didapatkan nilai koefisien transmisi (Kt) yang masih belum aman untuk kapal berlabuh. Untuk itu perlu dilakukan perubahan pada *floating breakwater* agar dapat meredam gelombang hingga di bawah batas minimal ketinggian gelombang yang aman untuk berlabunya kapal.

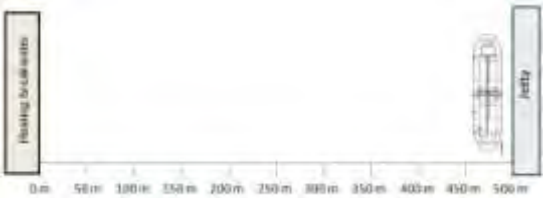
5.2.1. Modifikasi Jarak *Floating Breakwater* terhadap *Jetty*

Solusi pertama adalah menambah jarak antara *floating brekwater* terhadap *jetty*, hal tersebut dilakukan karena melihat semakin jauh jarak pemecah gelombang dengan titik pengamatan maka ketinggian gelombang akan semakin turun. Dalam pengujian kali ini dilakukan penambahan jarak *floating breakwater* dengan *jetty* pada jarak dasar laut yang tidak melebihi 50 meter.

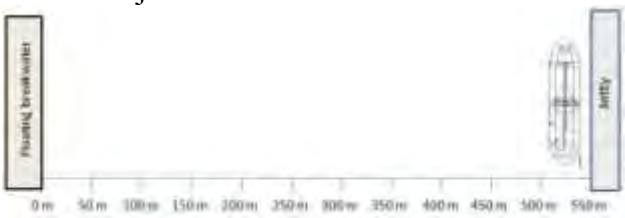
Pada simulasi perubahan jarak dilakukan empat perubahan jarak, 450 m, 500 m, 550 m, dan 600 m karena pada jarak >600 meter kedalaman air sudah melebihi 50 meter sehingga *floating breakwater* tidak dapat digunakan.



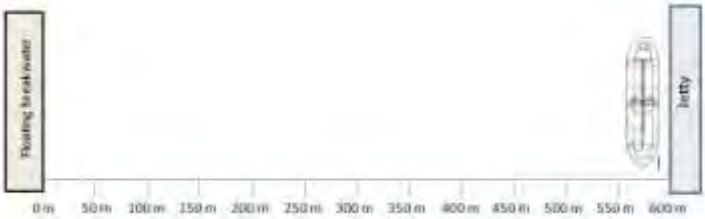
a. Fariasi jarak 450 meter



b. Fariasi jarak 500 meter



c. Fariasi jarak 550 meter



d. Fariasi jarak 600 meter

Gambar 5.4. Modifikasi jarak *floating breakwater* terhadap *jetty*

5.2.1.1 Modifikasi Jarak 450 Meter

Perubahan dilakukan dengan merubah nilai X max pada proses modeling pada Flow-3D dari 400 meter menjadi 450 meter dan menentukan titik pantau pada jarak 100 sampai dengan 350 meter dari *breakwater*. Dari hasil *running* dan pengamatan didapatkan data ketinggian gelombang tertinggi pada tiap titik pengamatan seperti yang ditunjukan pada tabel 5.2 :

Tabel 5.2 Ketinggian gelombang pada jarak 450 meter

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
150	2,030
175	1,990
200	1,578
225	1,487
250	1,488
275	1,265
300	1,265
325	1,186
350	1,147
375	1,115
400	1,145

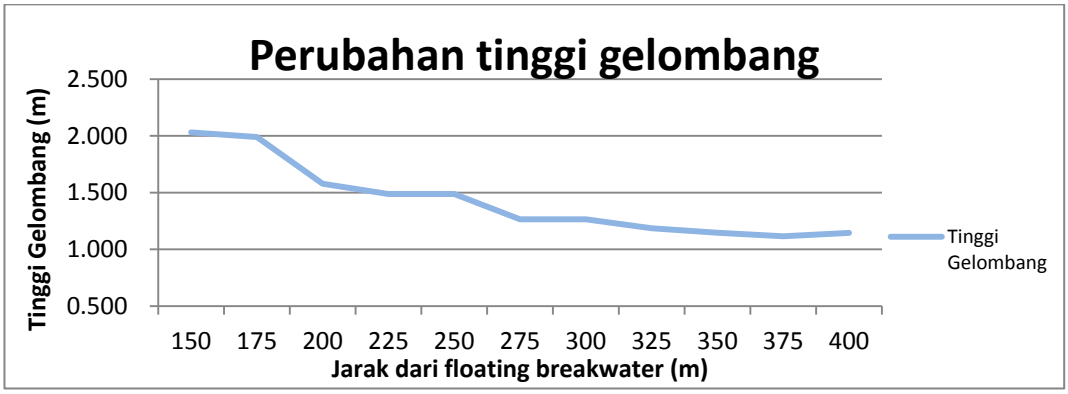
Dari tabel di atas dapat dilihat nilai ketinggian gelombang yang melebihi syarat aman untuk kapal berlabuh masih terjadi pada titik pantau 150 meter sampai dengan 200 meter. Ketinggian maksimum yang tercatat adalah pada jarak 150 meter di belakang *floating breakwater* dengan nilai 2,030 m, sehingga nilai Kt yang terjadi adalah :

$$Kt = \frac{2{,}030}{2{,}7}$$

$$Kt = 0{,}75$$

Nilai tersebut belum memenuhi syarat aman kapal untuk berlabuh akan tetapi jika dibandingkan dengan ketinggian gelombang yang dihasilkan pada jarak

breakwater 400 meter perubahan ketinggian yang dihasilkan pada jarak 450 meter secara umum terjadi penurunan seperti ditunjukan pada gambar 5.3.



Gambar 5.5. Ketinggian gelombang pada jarak *floating breakwater* 450 meter

5.2.1.2 Modifikasi Jarak 500 Meter

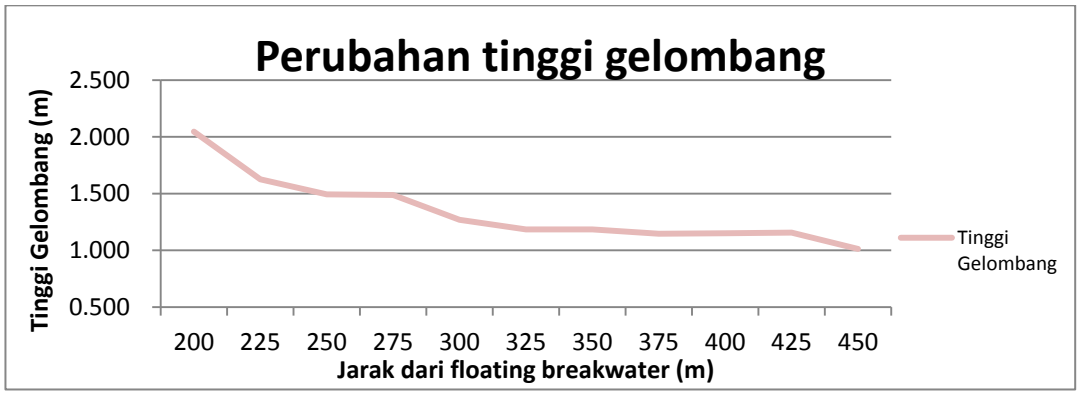
Sama seperti pada tahap sebelumnya nilai X Max pada Flow-3D diubah menjadi 500 meter untuk mengetahui nilai perubahan ketinggian gelombangnya, dan dari hasil running dan pengamatan didapatkan nilai ketinggian gelombang tertinggi pada titik pengamatan seperti pada tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5.3 Ketinggian gelombang pada jarak 500 meter

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
200	2,047
225	1,626
250	1,493
275	1,487
300	1,269
325	1,185
350	1,185
375	1,147
400	1,150
425	1,156
450	1,012

Perubahan ketinggian gelombang pada tiap titik pengamatan dapat dilihat pada gambar 5.5 pada titik pengamatan 200 meter terjadi kenaikan hal tersebut terjadi karena pada hasil *running* dan pengamatan pada jarak 200 meter terjadi puncak

gelombang sedangkan pada hasil *running* dan analisa sebelumnya tidak terjadi puncak gelombang.



Gambar 5.6. Ketinggian gelombang pada jarak *floating breakwater* 500 meter

Ketinggian maksimum yang tercatat adalah pada titik pengamatan adalah pada jarak 150 meter di belakang *floating breakwater* dengan nilai 2,047 m, seingga nilai Kt yang terjadi adalah :

$$Kt = \frac{2{,}047}{2{,}7}$$

$$Kt = 0{,}76$$

Nilai Kt tersebut belum memenuhi syarat aman untuk kapal berlabuh.

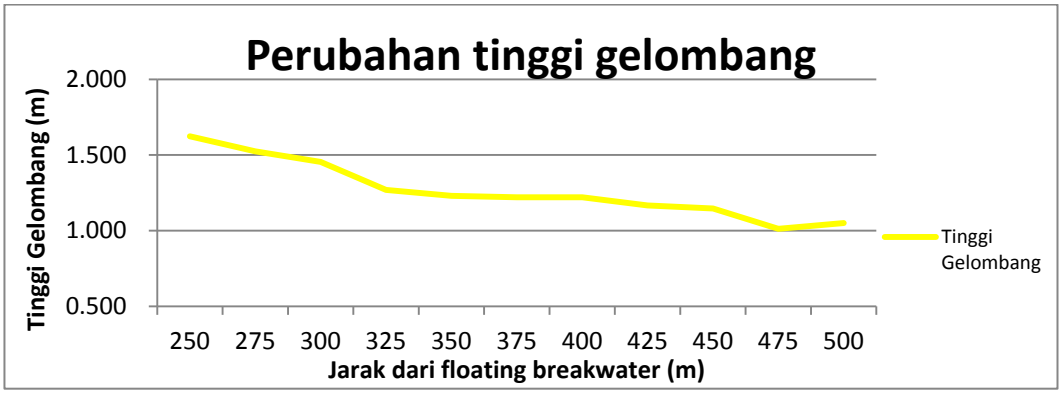
5.2.1.3 Modifikasi Jarak 550 Meter

Dari hasil *running* dan analisa pada jarak 550 meter didapatkan data seperti yang ditunjukkan pada tabel 5.4 dibawah ini :

Tabel 5.4 Ketinggian gelombang pada jarak 550 meter

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
250	1,623
275	1,525
300	1,454
325	1,269
350	1,231
375	1,221
400	1,221
425	1,167
450	1,147
475	1,012
500	1,050

Ketinggian gelombang secara umum terjdi penurunan akan tetapi pada titik pengamatan 450 meter terjadi puncak gelombang sehingga pada gambar 5.7 menunjukan kenaikan ketinggian gelombang.



Gambar 5.7. Ketinggian gelombang pada jarak *floating breakwater* 550 meter

Ketinggian maksimum yang tercatat adalah pada titik pengamatan 200 meter di belakang *floating breakwater* dengan nilai 1,623 m, seingga nilai Kt yang terjadi adalah :

$$Kt = \frac{1{,}623}{2{,}7}$$

$$Kt = 0{,}60$$

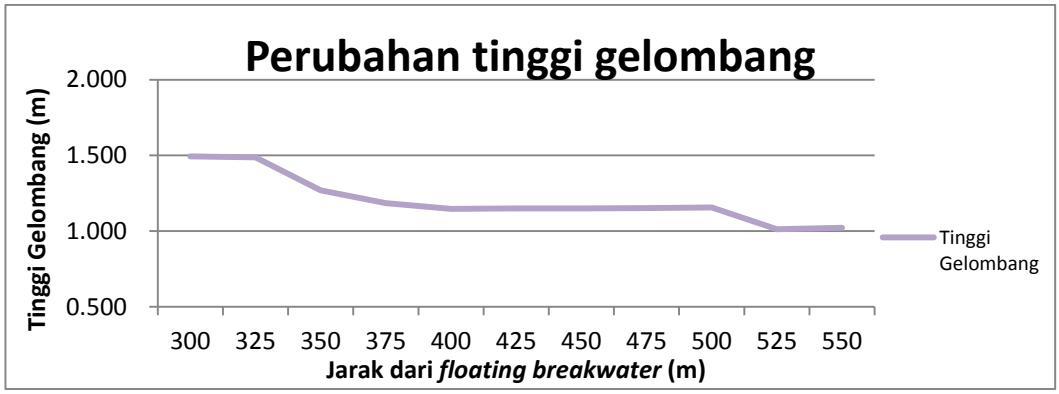
Nilai tersebut belum memenuhi syarat untuk kapal berlabuh.

5.2.1.4 Modifikasi Jarak 600 Meter

Dari hasil *running* dan pengamatan yang dilakukan pada penambahan jarak 600 meter ketinggian gelombang sudah memenuhi syarat kapal untuk berlabuh. Seperti yang ditunjukan pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Ketinggian gelombang pada jarak 600 meter

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
300	1,493
325	1,487
350	1,269
375	1,185
400	1,147
425	1,150
450	1,150
475	1,152
500	1,156
525	1,012
550	1,022



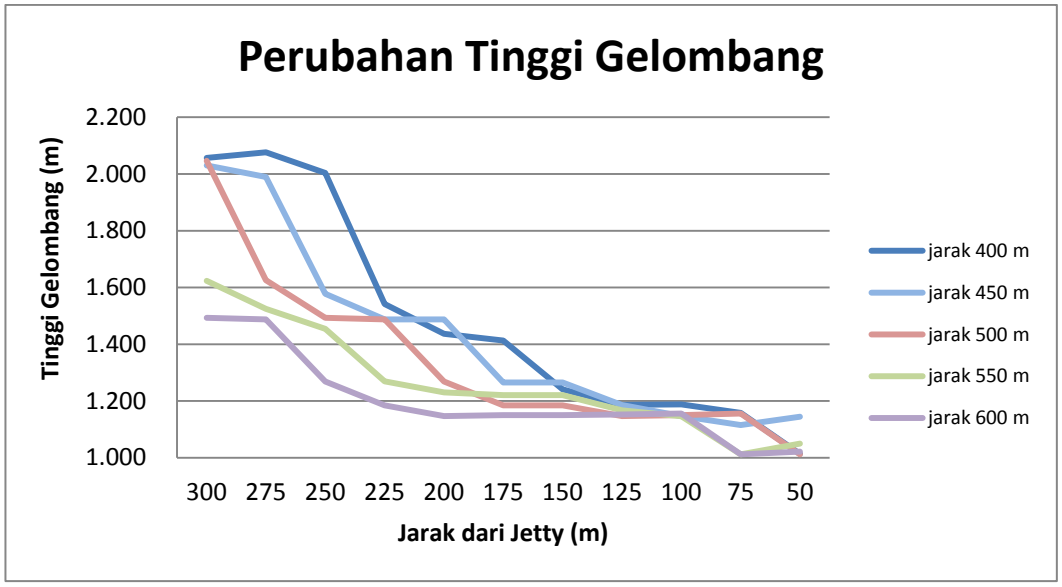
Gambar 5.8. Ketinggian gelombang pada jarak *floating breakwater* 600 meter

Pada gambar 5.8 ditunjukan bahwa titik tertinggi terjadi pada titik pengukuran 250 meter di belakang *breakwater* dengan nilai ketinggian 1,493 meter sehingga nilai Kt yang terjadi adalah :

$$Kt = \frac{1{,}493}{2{,}7}$$

$$Kt = 0{,}55$$

Nilai tersebut sudah memenuhi syarat Kt untuk kapal bersandar yakni ≤ 0,56. dan jika jarak titik pantau dari ke lima perubahan jarak *floating breakwater* tadi diubah menjadi jarak dari *jetty* maka didapatkan perbandingan perubahan tinggi gelombang berdasarkan titik pengamatan sebagai berikut :



Gambar 5.9. Perbandingan ketinggian gelombang berdasarkan titik pengamatan dari *jetty*.

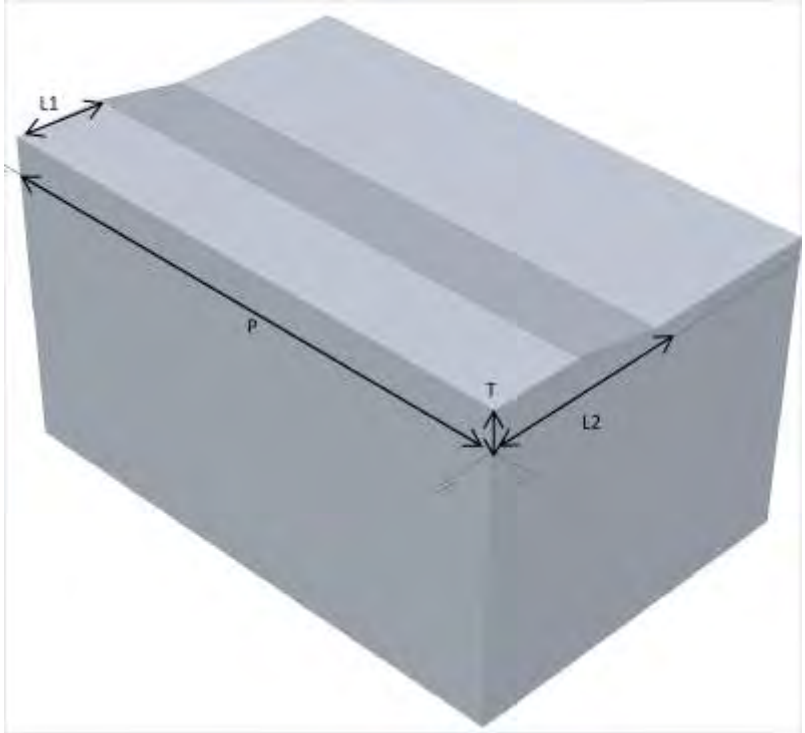
5.3 Sekenario Modifikasi Ketinggian *Freeboard*

Selain penambahan jarak solusi lain untuk mengurangi ketinggian gelombang maka dilakukan penambahan balok trapesium diatas *breakwater* sehingga menambah *freeboard* pada *breakwater*.

5.3.1. Penambahan Ketinggian *Freeboard* Model 1

Penambahan ketinggian *freeboard* dengan menambahkan balok berbentuk trapesium di atas bagian depan *floating breakwater*. Dan untuk membuat struktur tetap stabil dalam proses runnung maka berat bagian belakang ditambah agar simbang dengan berat yang dihasilkan oleh penambahan balok trapesium.

Penambahan dilakukan sebanyak tiga kali yaitu penambahan *freeboard* 1 meter, 2 meter, dan 3 meter. Dengan spesifikasi sebagai berikut :



Gambar 5.10. Penambahan ketinggian *freeboard* permodelan 1.

Tabel 5.6 Data *freeboard* permodelan 1

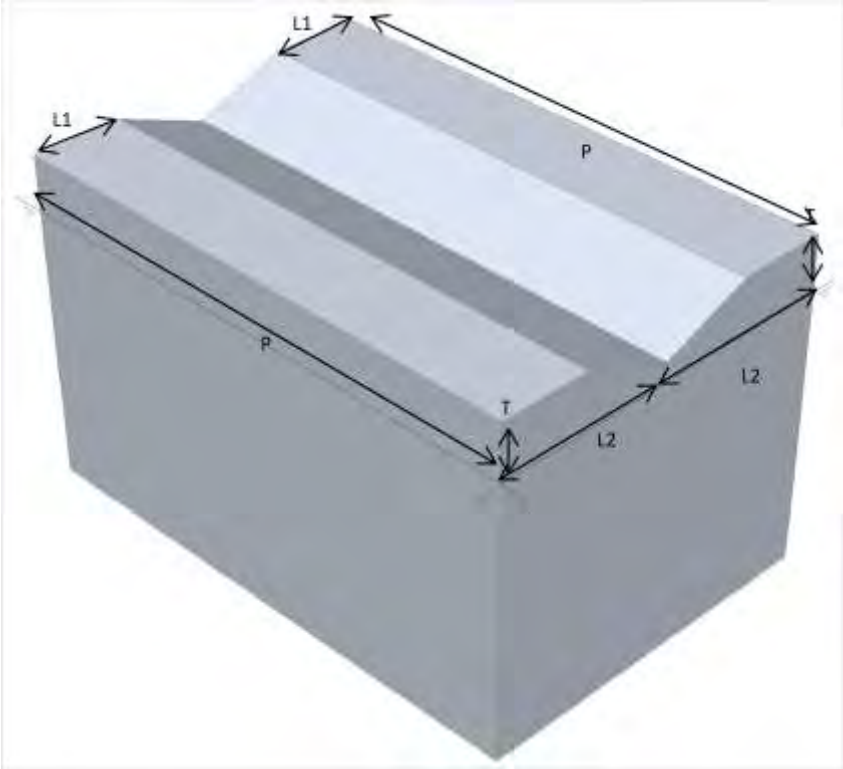
	Freeboard 1 (m)	*Freeboard 2* (m)	*Freeboard 3* (m)
Panjang (P)	30	30	30
Lebar atas (L1)	5	5	5
Lebar bawah (L2)	10	10	10
Tinggi	1	2	3
Tinggi *freeboard*	2	3	4

5.3.2. Penambahan Ketinggian *Freeboard* Model 2

Penambahan ketinggian *freeboard* dengan menambahkan blok berbentuk prisma trapesium yang saling berlawanan di atas *floating breakwater* hal ini dilakukan selain untuk mempermudah didalam mengatur keseimbangan *floating breakwater* juga melihat pengaruh perubahan bentuk penampang atas pada perubahan koefisien yang terjadi.

Penambahan ketinggian *freeboard* dengan model ke dua ini dengan menambahkan dua buah balok trapesium di atas *floating breakwater*. Pada model ini hanya

dilakukan dua kali permodelan dikarenakan dengan penambahan yang kedua sudah dicapai ketinggian gelombang yang aman untuk kapal berlabuh. Untuk spesifikasi model dapat dilihat pada tabel berikut :



Gambar 5.11. Penambahan ketinggian *freeboard* permodelan 2

Sama seperti pada permodelan 1, pada permodelan 2 ini perubahan hanya dilakukan pada ketinggian *freeboard* nya saja akan tetapi penambahan tersebut dilakukan pada kedua sisi di atas *floating breakwater*. Berikut ini merupakan ukuran dalam permodelan 2:

Tabel 5.7 Data permodelan *freeboard* model 2

	***Freeboard 2.1* (m)**	***Freeboard 2.2* (m)**
Panjang (P)	30	30
Lebar atas (L1)	5	5
Lebar bawah (L2)	10	10
Tinggi	1	2
Tinggi *freeboard*	2	3

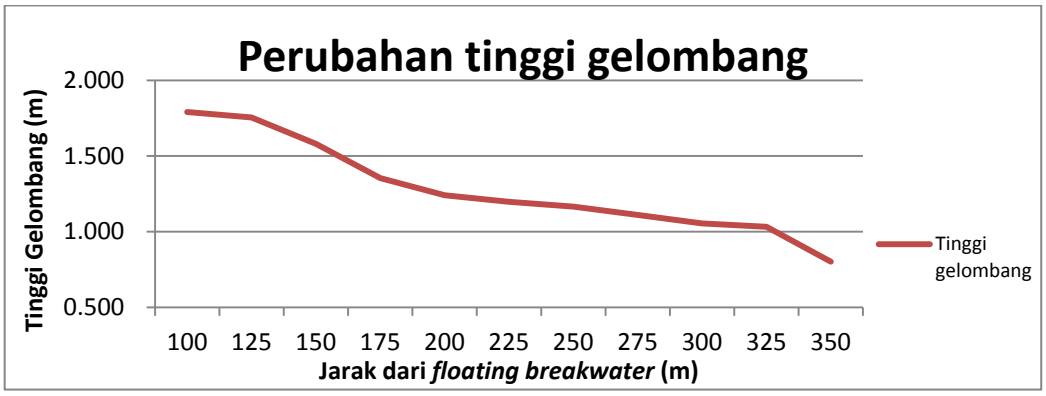
5.4 Hasil Analisa dan Perhitungan Modifikasi Ketinggian *Freeboard*

5.4.1. Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 1

Penambahan awal pada bagian depan di atas srtuktur ditambahkan balok trapesium dengan ukuran panjang bagian atas 5 meter dan dibagian bawah 10 meter dengan ketinggian 1 meter. Dengan proses dan tahapan serta analisa yang sama pada tahapan permodelan dengan *software* Flow-3D didapatkan hasil nilai ketinggian sebagai berikut :

Tabel 5.8 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 1

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
100	1,791
125	1,755
150	1,580
175	1,354
200	1,241
225	1,198
250	1,165
275	1,111
300	1,055
325	1,032
350	0,802



Gambar 5.12. Ketinggian gelombang akibat penambahan *freeboard* 1

Dari gambar 5.12 diatas dapat diketahui ketinggian gelombang yang melebihi batas keamanan gelombang 1,5 meter masih terjadi pada tiga titik, dan dari tabel

5.8 di atas diperoleh nilai koefisien transmisi yang dimiliki *floating breakwater* tersebut adalah:

$$Kt = \frac{1,791}{2,7}$$

$$Kt = 0,66$$

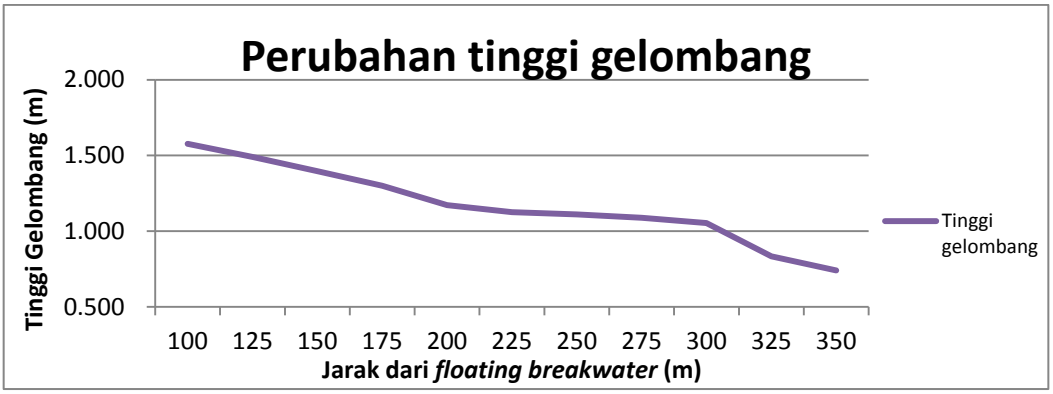
Nilai tersebut belum memenuhi persyaratan nilai Kt yang seharusnya dibawah 0,55.

5.4.2 Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 2

Karena pada penambahan *freeboard* sebesar 1 meter belum memenuhi persyaratan sehingga ketinggian balok dilakukan penambahan menjadi 2 meter. Hasil dari *running* dan pengamatan model dengan penambahan *freeboard* sebesar 2 meter didapatkan nilai ketinggian maksimum pada tiap titik pengamatan seperti ditunjukan pada tabel 5.9 di bawah ini.

Tabel 5.9 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
100	1,577
125	1,490
150	1,396
175	1,300
200	1,172
225	1,126
250	1,111
275	1,088
300	1,054
325	0,834
350	0,740



Gambar 5.13. Ketinggian gelombang akibat penambahan *freeboard* 2

Dari gambar 5.13 di atas dapat diketahui ketinggian gelombang yang melebihi batas keamanan gelombang 1,5 meter masih terjadi pada satu titik yaitu pada titik pengamatan 100 meter dibelakang *breakwater* dengan nilai 1,577 meter. Sehingga diperoleh nilai koefisien transmisi yang dihasilkan *floating breakwater* tersebut adalah

$$Kt = \frac{1{,}577}{2{,}7}$$

$$Kt = 0{,}58$$

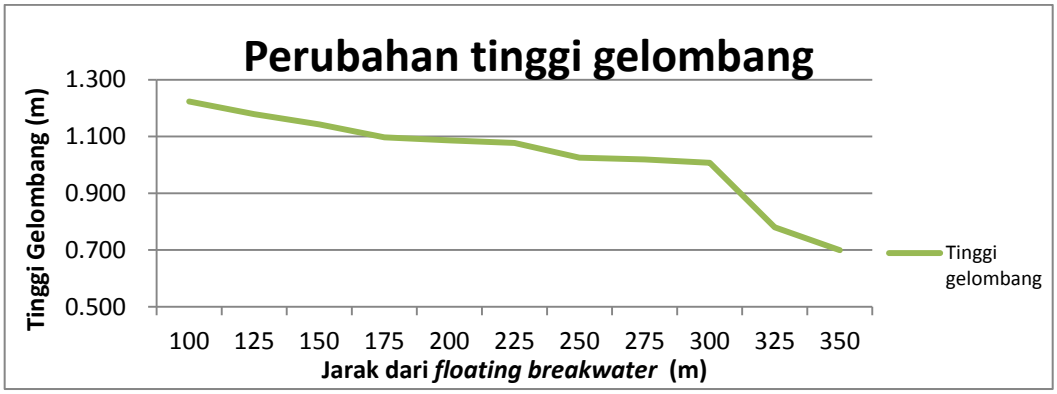
Nilai koefisien transmisi tersebut masih belum memenuhi syarat kapal untuk berlabuh.

5.4.3 Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 3

Seperti halnya pada penambahan ketinggian sebelumnya pada penambahan ketinggian *freeboard* ini dilakukan penambahan 3 meter pada bagian depan balok trapesium. Setelah dilakukan *running* pada Flow-3D didapatkan nilai ketinggian gelombang tertinggi pada tiap titik pengamatan sepeti yang ditunjukan pada tabel 5.10 di bawah ini.

Tabel 5.10 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 3

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
100	1,223
125	1,179
150	1,142
175	1,097
200	1,086
225	1,077
250	1,025
275	1,019
300	1,007
325	0,780
350	0,699



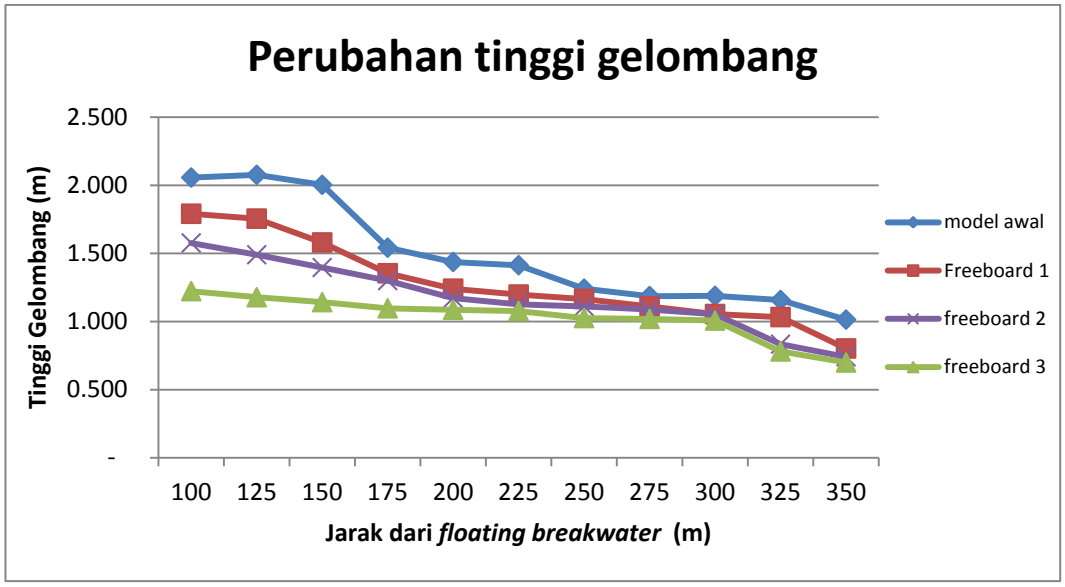
Gambar 5.14. Ketinggian gelombang akibat penambahan *freeboard* 3

Dari data di atas dapat diketahui ketinggian gelombang tertinggi terlihat pada titik pengamatan 100 meter di belakang *breakwater* sebesar 1,233 meter, sehingga diperoleh nilai koefisien transmisi yang dihasilkan adalah:

$$Kt = \frac{1{,}233}{2{,}7}$$

$$Kt = 0{,}45$$

Pada penambahan ketingian *freeboard* 3 ketinggian gelombang dan nilai koefisien transmisi sudah memenuhi syarat ketinggian gelombang untuk kapal berlabuh. Dan jiak dibandingkan dengan penambahan ketinggian *freeboard* sebelumnya, terlihat semakin tinggi *freeboard* maka nilai koefisien transmisi yang dihasilkan semakin kecil seperti yang terlihat pada gambar 5.15 di bawah ini.



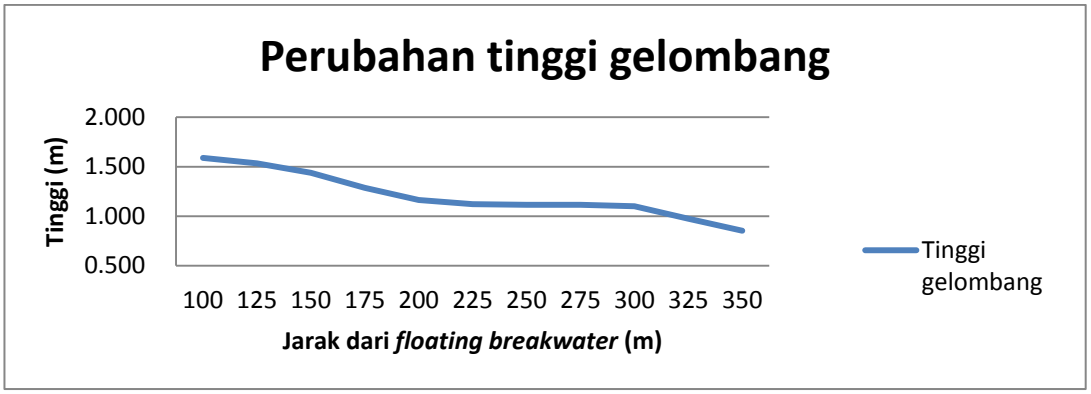
Gambar 5.15. Perbandingan ketinggian gelombang berdasarkan titik pengamatan

5.4.4 Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 2.1

Setelah membuat permodelan sesuai dengan tabel 5.7 dan dilakukan *running* dan pengamatan didapatkan ketinggian gelombang tertinggi pada tiap titik pengamatan yang ditunjukkan pada tabel 5.11 dibawah ini.

Tabel 5.11 Ketinggian gelombang model 2 dengan penambahan *freeboard* 2.1

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
100	1,589
125	1,534
150	1,439
175	1,287
200	1,163
225	1,121
250	1,115
275	1,115
300	1,100
325	0,974
350	0,853



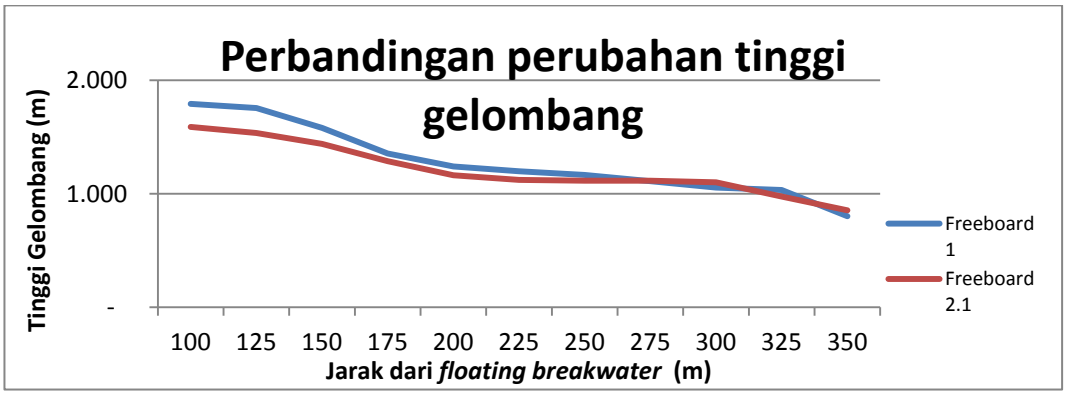
Gambar 5.16. Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2.1

Dari data diatas dapat diketahui ketinggian gelombang yang melebihi batas keamanan gelombang 1,5 meter masih terjadi pada dua titik yaitu pada titik pengamatan 100 meter dan 125 meter di belakang *breakwater*, dan koefisien transmisi yang dimiliki *floating breakwater* tersebut adalah

$$Kt = \frac{1{,}589}{2{,}7}$$

$$Kt = 0{,}59$$

Nilai koefisien yang dihasilkan masih belum memenuhi persyaratan untuk kapal bersandar, akan tetapi jika dibandingkan dengan permodelan 1 nilai pengurangan ketinggian gelombang maka pada permodelan 2 ini lebih baik, hal tersebut dapat dilihat pada gambar berikut :



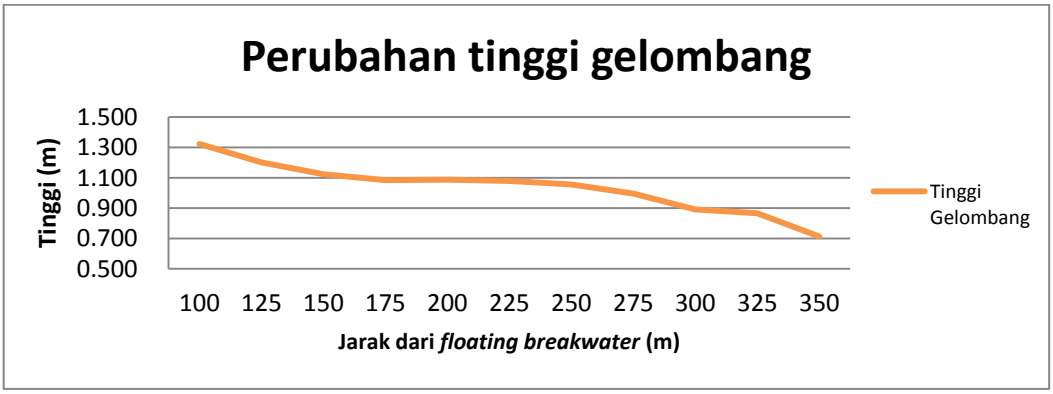
Gambar 5.17. Perbandingan perubahan ketinggian gelombang *freeboard* 1 dan *freeboard* 2.1

5.4.5 Hasil Analisa dan Perhitungan *Freeboard* 2.2

Dengan mengulang metode yang sama pada penambahan *freeboard* 1 meter sebelumnya pada penambahan 2 meter ini didapatkan data ketinggian gelombang tertinggi pada tiap titik pengamatan sebagai berikut:

Tabel 5.12 Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2.2

Jarak (m)	Tinggi gelombang (m)
100	1,322
125	1,201
150	1,124
175	1,084
200	1,088
225	1,079
250	1,056
275	0,996
300	0,891
325	0,866
350	0,713



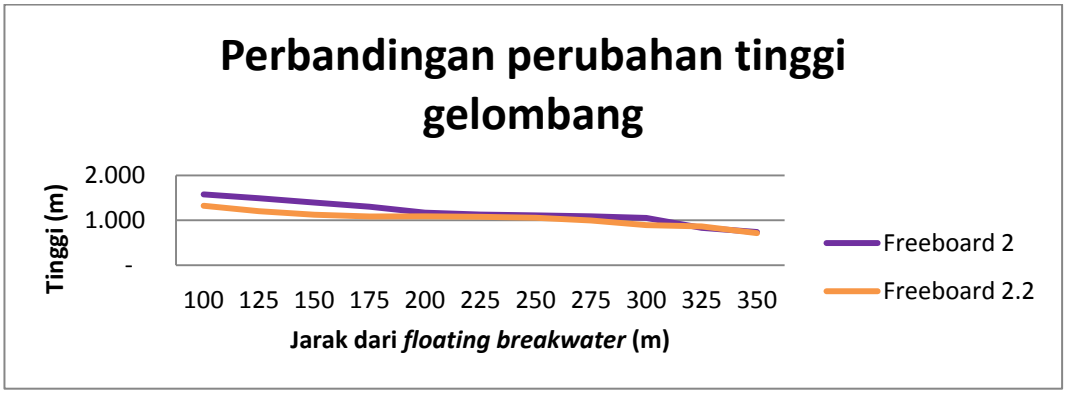
Gambar 5.18. Ketinggian gelombang dengan penambahan *freeboard* 2.2

Dari data diatas dapat diketahui ketinggian gelombang yang melebihi batas keamanan gelombang 1,5 meter tidak terjadi, dan dari tabel di atas diperoleh nilai koefisien transmisi yang dimiliki *floating breakwater* tersebut adalah:

$$Kt = \frac{1{,}322}{2{,}7}$$

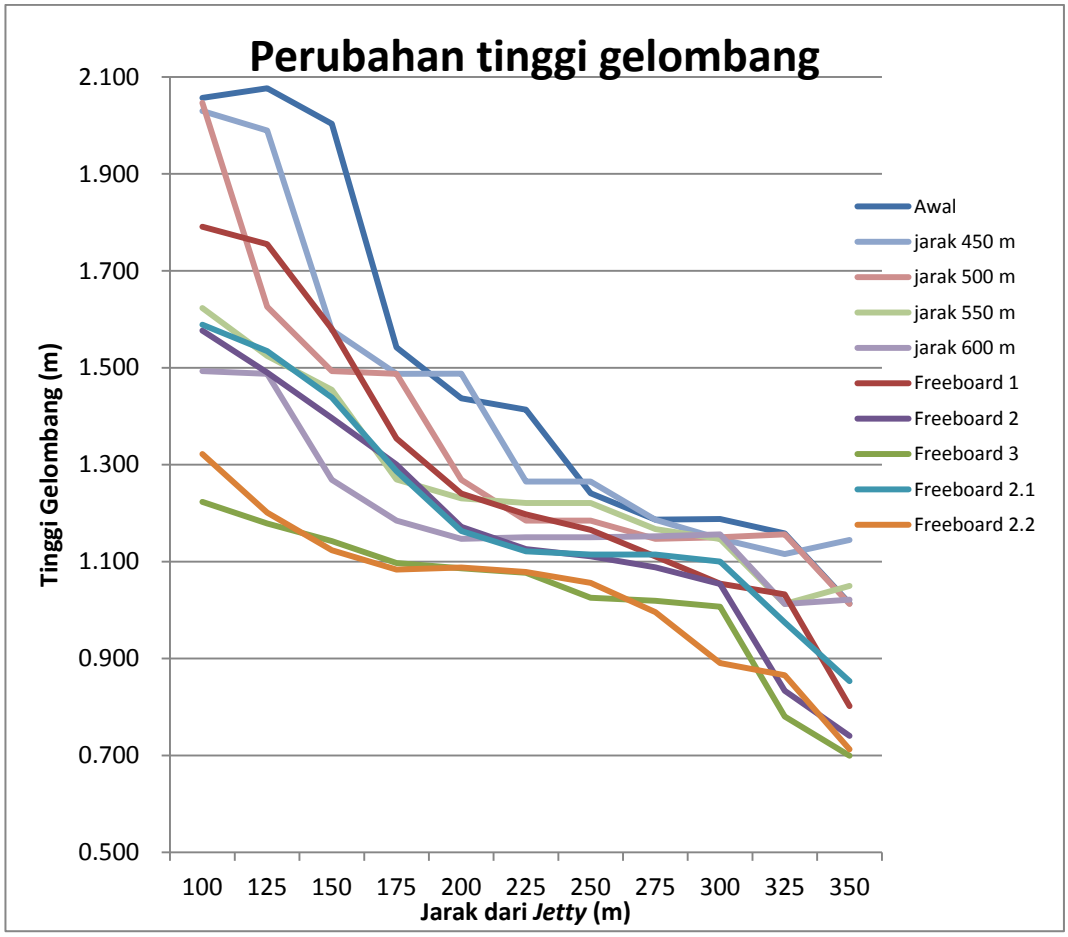
$$Kt = 0{,}48$$

Jika dibandingkan antara model 2 dengan model yang pertama pada gambar 5.23 terlihat penurunan ketinggian gelombang pada jarak 100 sampai 175 meter pada model 2 ini lebih efisien dalam meredam ketinggian gelombang.



Gambar 5.19. Perbandingan ketinggian gelombang model *freeboard* 2 dan *freeboard* 2.2

Jika dari semua hasil permodelan baik dari model awal, perubahan jarak, permodelan pertama dan permodelan ke dua dibandingkan maka akan menghasilkan grafik seperti yang ditunjukan pada gambar 5.20. pada gambar tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa solusi yang dapat memenuhi persyaratan kapal untuk berlabuh adalah penambahan jarak menjadi 600 meter, penambahan ketinggian permukaan bebas menjadi 4 meter dengan permodelan *freeboard* 3, dan penambahan ketinggian permukaan bebas menjadi 3 meter dengan permodelan *freeboard* 2.2.



Gambar 5.20. Perbandingan ketinggian gelombang semua hasil permodelan.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan dalam penelitian ini adalah jawaban dari rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini. Berdasarkan hasil analisa permodelan untuk melihat performa *floating breakwater* dalam meredam gelombang baik dari model awal, pengaruh jarak *floating breakwater* dengan *jetty*, serta pengaruh *freeboard* maka kesimpulan performa dari desain *floating breakwater* ini adalah.

1. Dari hasil *running* dan analisa pada titik pengamatan, ketinggian gelombang berkurang hingga ketinggian gelombang dari 2,7 meter menjadi 2,07 meter. Ketinggian gelombang tersebut belum memenuhi ketentuan dari OCDI yang mensyaratkan ketinggian gelombang 0,7-1,5 meter untuk kapal berukuran besar. Hasil dari perhitungan koefisien transmisi menunjukan Kt = 0,77.
2. Hasil dari *running* dan pengamatan untuk penambahan jarak didapatkan hasil sebagai berikut: Pada jarak 450 m ketinggian gelombang menjadi 2.030 meter dengan nilai koefisien transmisi 0,75. Jarak 500 meter ketinggian gelombang menjadi 2,047 meter dan nilai koefisien transmisi 0,76. Jarak 550 meter ketinggian gelombang menjadi 1,632 meter dengan nilai koefisien transmisi 0,60. Pada jarak 600 meter ketinggian gelombang menjadi 1,493 meter dengan nilai koefisien transmisinya 0,55. Dari keempat permodelan jarak tersebut pada jarak 600 meter lah yang memenuhi syarat ketinggian gelombang untuk kapal berlabuh yaitu dibawah 1,5 meter.
3. Hasil dari sekenario modifikasi ketinggian *freeboard* didapatkan hasil sebagai berikut.: Model *freeboard* 1 nilai ketinggian gelombang 1,791 meter dengan nilai Kt 0,66. Model *freeboard* 2 ketinggian gelombang 1,577 dan nilai Kt 0,58. Dan pada Model *freeboard* 3 didapatkan nilai

ketinggian gelombang 1,223 meter dengan nilai Kt 0,45. Model *freeboard* 2.1 nilai ketinggian gelombang menjadi 1,589 meter dengan nilai koefisien transmisi 0,59. Dan pada Model *freeboard* 2.2 didapatkan ketinggian gelombang menjadi 1,322 meter dengan nilai koefisien transmisi 0,49. Dengan demikian permodelan yang sudah memenuhi persyaratan ketinggian gelombang untuk kapal berlabuh adalah pada permodelan *freeboard* 3 dan permodelan *freeboard* 2.2

6.2 Saran

Penulis memahami bahwa dalam penelitian ini banyak sekali kekurangan yang menjadi hambatan. Oleh karena itu penelitian lebih lanjut dibutuhkan untuk bisa melengkapi penelitian ini agar nantinya bisa lebih bermanfaat. Saran dari penulis untuk kegiatan penelitian selanjutnya adalah

1. Melakukan penelitian di setiap arah gelombang di pelabuhan senoro ini.
2. Mempertimbangkan faktor mooring system dan analisa kekuatan dari struktur *floating breakwater* yang sudah memenuhi persyaratan.
3. Membuat model baru penambahan ketinggian *freeboard* untuk melihat pengaruh dari perbedaan permodelan tersebut pada koefisien transmisi yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

Biesheuvel, A. C. 2013. *Effectiveness of Floating Breakwaters*. Delft University of Technology

Coastal Development Institute of Technology (CDIT). 2004. *Impact Evaluation Manual for long-period waves in ports.* Coastal Technology Library No. 21, CDIT,86p.

Dong, G. H. 2008. *Experiments on wave transmission coefficient of floating breakwater* **.** Ocean Engineering 35. 931–938.

Eastern Designers and Company Limited. 1991. Breakwaters. *Planning Guidelines for Comercial Fishing Harbours* . Atlantic Canada

Fousert, M. W. 2006. *Floating breakwater : a Theoretical Study of a Dynamic Wave Attenuating System*, Section of Hidraulic Engineering. Faculty of Civil Engineering and Geosciences. Delft University of Technology. Netherland.

Hales, L. Z., 1981. *Floating breakwater s State of The Art Literature Review.* Mississipi : Waterway Experiment Station, Corps of Engineer

JOB Pertamina-Medco E&P. *Senoro Gas Development Project Civil/Structural Design Criteria*. 2011. Tomori Sulawesi

JOB Pertamina-Medco E&P. *Senoro Gas Development Engineering Design Data of Marine Facility*. 2013. Tomori Sulawesi

McCartney, B. FL. 1985. *Floating breakwater Design, Journal of Waterway*, Port. Coastal and Ocean Engineering. Vol. 111. No. 2.

PIANC. 1994. *Floatings Breakwater A Practical Guide for Design and Construction*. Report of Working Group No.13 of The Permanent. Technical Comitte II. Brussel. Belgium

Pratikto,Armono,dan Suntoyo, 1996, *Diktat Kuliah, Perencanaan Fasilitas Pantai dan Lautan*, Kerjasama Segitiga Biru T. Kelautan ITS, Surabaya

PT. Surveyor Indonesia, 2014, *Soil Investigation and Survey Blanket Contract Senoro & Sulawesi Area*, Jakarta

Seelig, W. N. 1976. *A Simplified Method for Determining Vertical Breakwater Crest Elevation Considering Wave Height Transmitted by Overtopping*. U.S. Army Coastal Engineering Research Center. Fort Belvoir, Va. 22060

Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Falkutas Teknik Universitas Gajah Mada

Tsinker,G. P. 1995. *Marine Structures Engineering: Specialized Application*. An International Thomson publishing Company. NewYork.

Tsinker, G.P. 1986, *Floating Port: Design and Contruction Practices*. Gulf Publishing Company Texas.

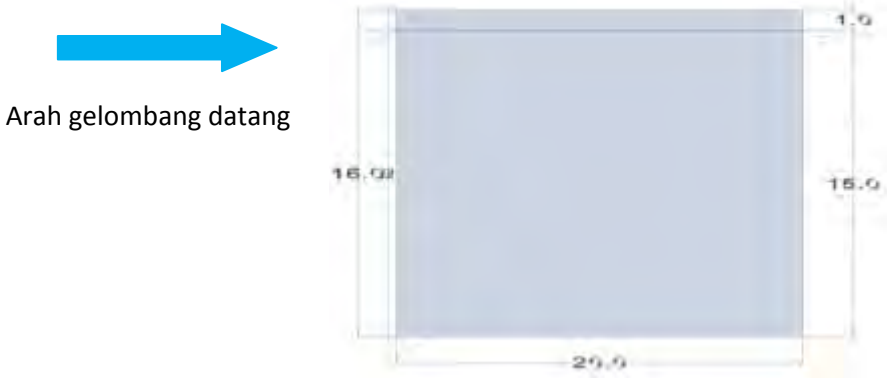
WCHL, Western Canada Hydraulic Laboratories. 1981, *Development of manual for the Design of Floating Breakwaters*. Canadian manuscript report of Fisheries and Aquatic Sciences, Ottawa.

Wicaksono, M. A. 2015, *Analisis Kekuatan Anchor Pada offshore Floating breakwater Untuk Pelabuhan LNG senoro, Banggai, Sulawesi Tengah*. Tugas Akhir. Institut Teknologi sepuluh nopember, Surabaya.

FREEBOARD AWAL

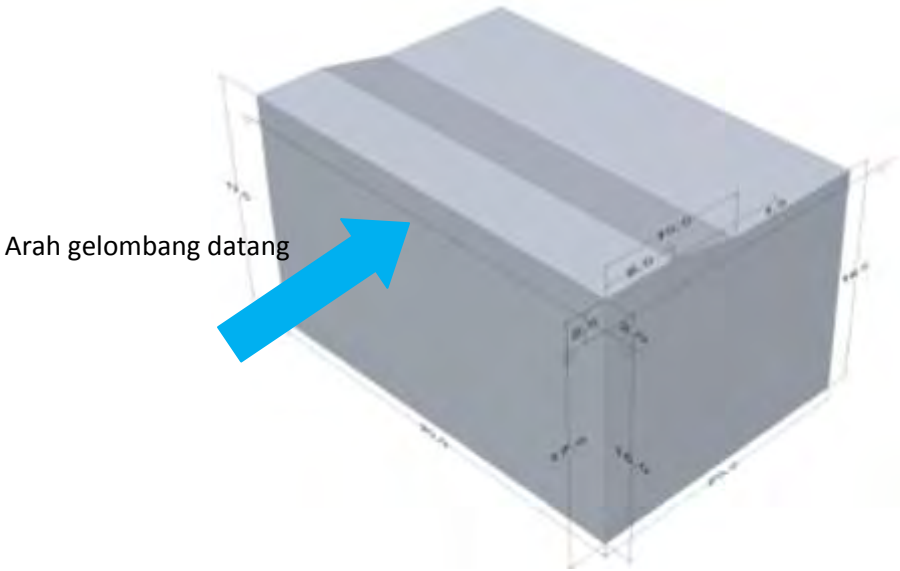
3 dimensi

Tampak depan



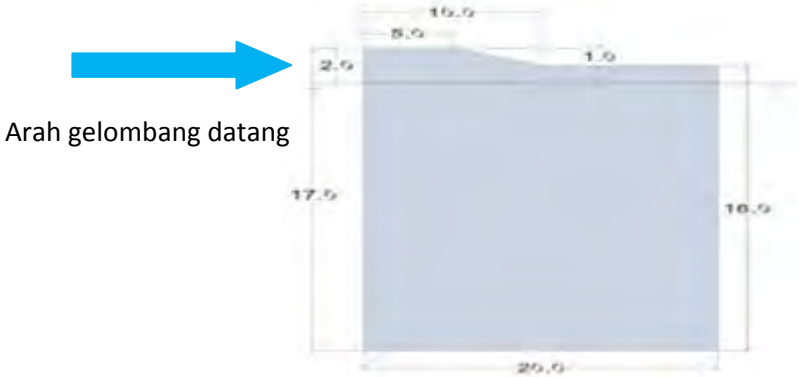
Tampak samping

FREEBOARD 1



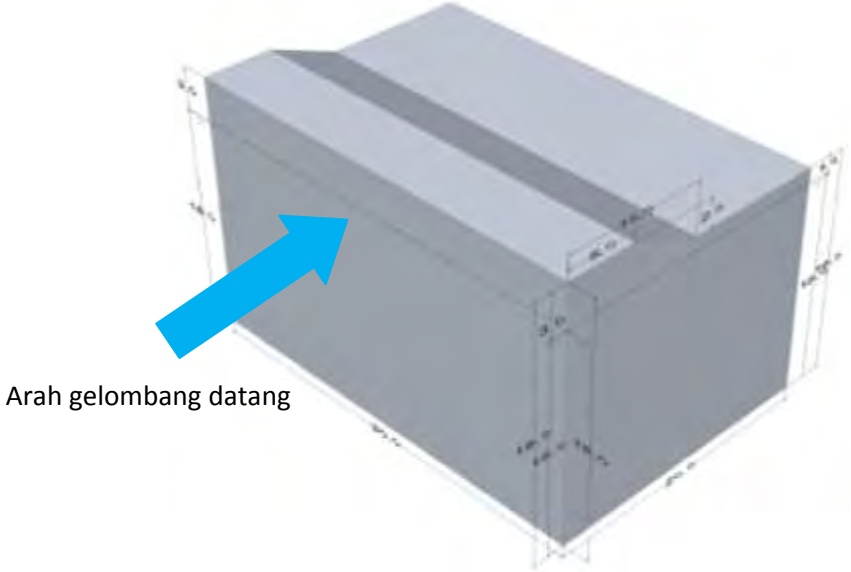
3 Dimensi

Tampak depan



Tampak samping

FREEBOARD 2

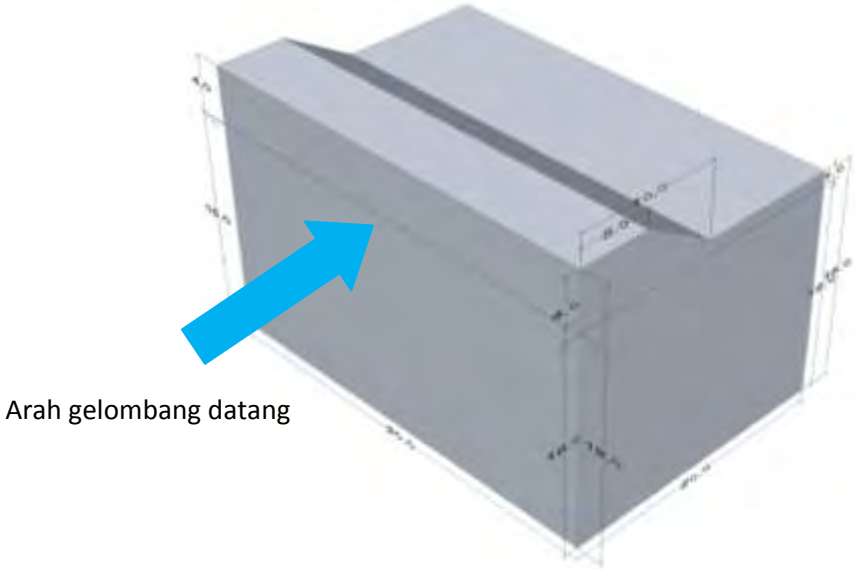


3 Dimensi

Tampak depan

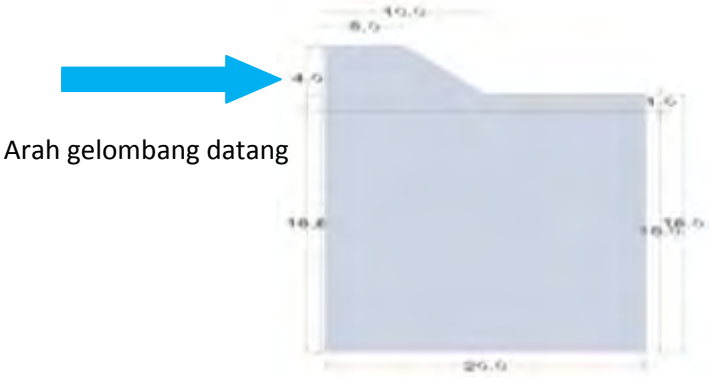
Tampak samping

FREEBOARD 3



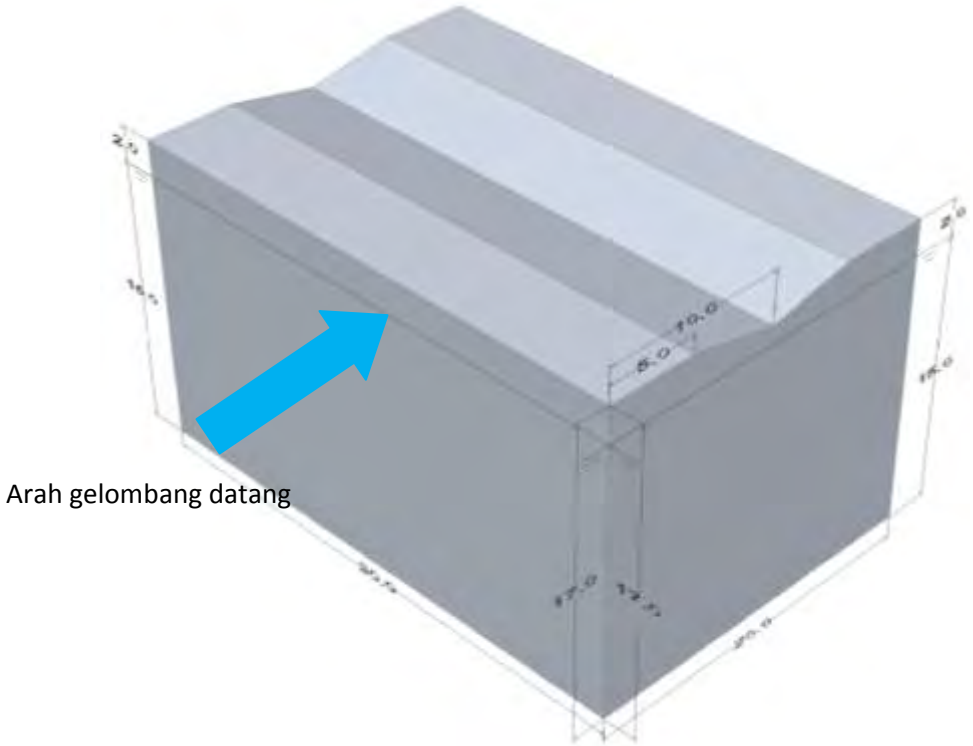
3 Dimensi

Tampak depan

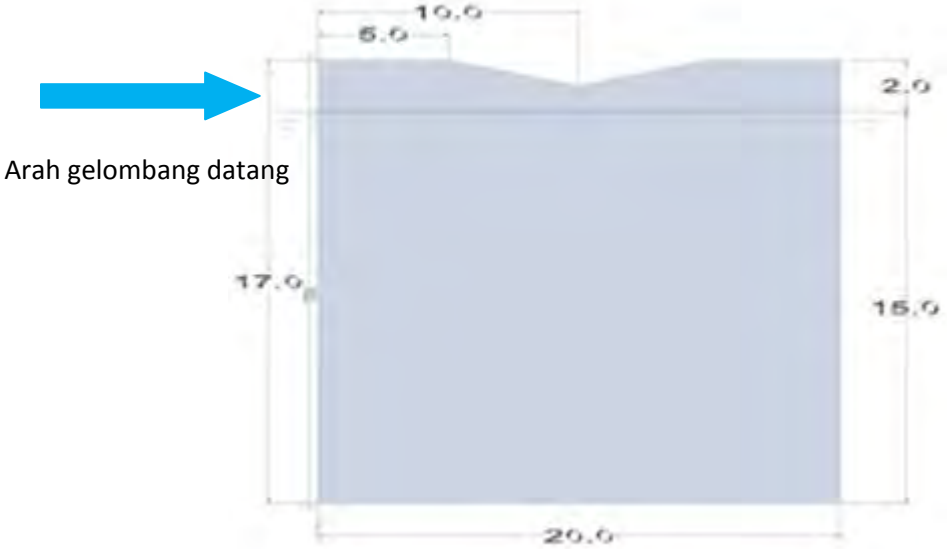


Tampak samping

FREEBOARD 2.1

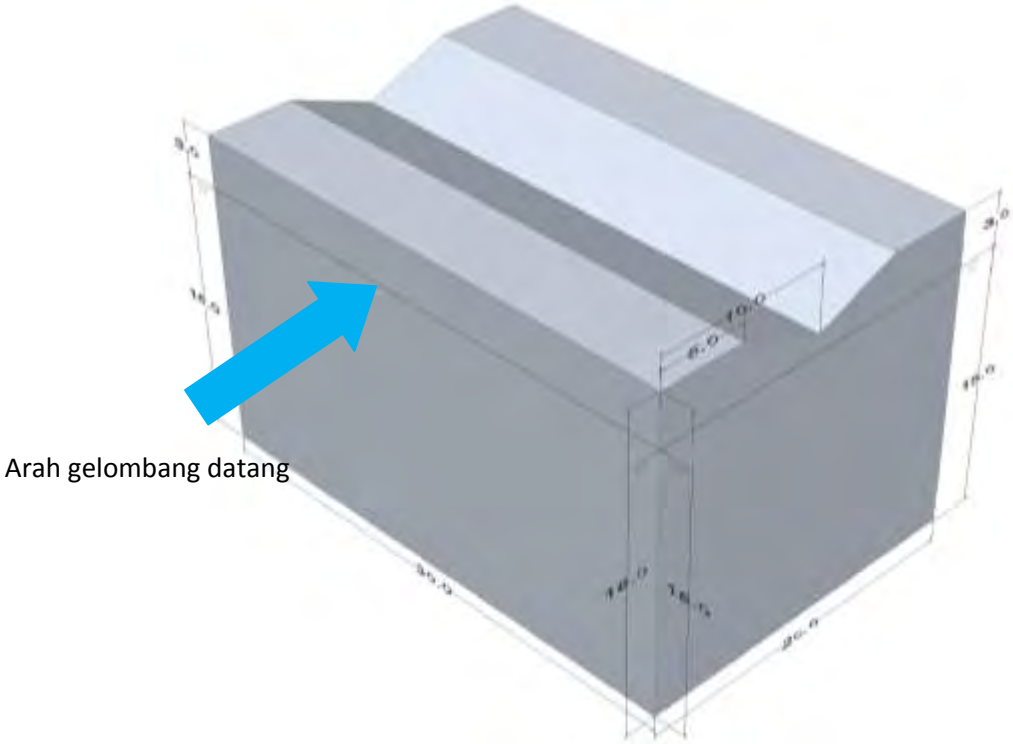


3 Dimensi

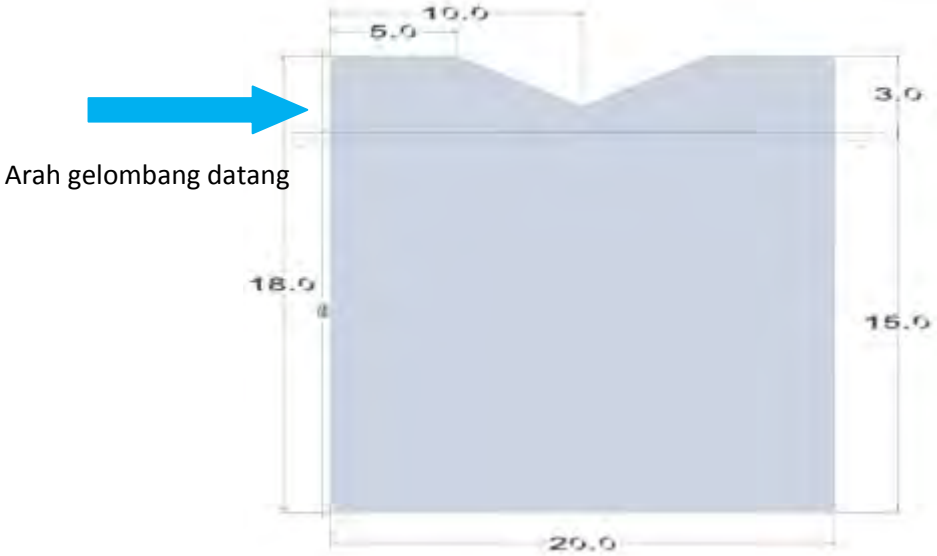


Tampak samping

FREEBOARD 2.2



3 Dimensi



Tampak Samping

BIODATA PENULIS

Chandra Maha Putra lahir di Ngawi, 23 Oktober 1992. Merupakan anak terakhir dari dua bersaudara Menempuh pendidikan formal sejak SD sampai SMA di Ngawi Pendidikan di SDN Sidolaju 5 Widodaren Ngawi, SMPN 2 Ngawi, dan SMAN 2 Ngawi. Pada tahun 2011 penulis diterima sebagai Mahasiswa Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui jalur tes tulis dan terdaftar dengan NRP. 4311 100 064. Selama menjadi mahasisiwa penulis aktif dalam kegiatan keilimiahan dan kepanitiaan. Penulis sempat menjadi Kakak Pendamping Keilmiahan Jururusan Teknik Kelautan pada tahun 2012 – 2013. Selain itu penulis juga aktif dalam kegiatan kepanitiaan, penulis menjadi ketua dalam kegiatan Bursa Karir ITS sebanyak tiga kali, yakni Bursa Karir ITS ke-28 tahun 2014, Bursa Karir ITS ke-29 tahun 2015, dan terakhir menjadi Ketua pada Bursa Karir ITS ke-30 pada tahun 2015. Sebagai syarat kelulusan pendidikan strata 1 penulis mengambil Tugas Akhir dengan judul **"Analisa Permodelan Gelombang Transmisi pada *Floating Breakwater* di Pelabuhan LNG Senoro, Banggai, Sulawesi Tengah"** dan berhasil diselesaikan selama 1 semester dengan IPK 3,19 dari sekala 4.