



## TUGAS AKHIR - MO184804

*Analisa Redaman Gelombang Pada Struktur Floating Breakwater Tipe Pontoon Menggunakan Software Flow 3D*

Tito Biaperi

NRP.04311540000049

Dosen Pembimbing :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM

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

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2020



## FINAL PROJECT - MO184804

### Wave attenuation analysis of Pontoon Floating Breakwater Structure using Flow-3D Software

Tito Biaperi

NRP. 04311540000049

Supervisors :

Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM

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

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

MARINE TECHNOLOGY FACULTY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

2020

# LEMBAR PENGESAHAN

## ANALISA REDAMAN GELOMBANG PADA STRUKTUR FLOATING BREAKWATER TIPE PONTOON MENGGUNAKAN SOFTWARE FLOW 3D

### TUGAS AKHIR

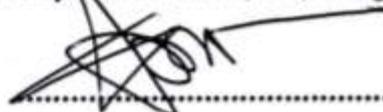
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik pada Program S-1 Departemen Teknik Kelautan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

Tito Biaperi                      0431154000049

Disetujui oleh:

1. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM                      (Pembimbing 1)



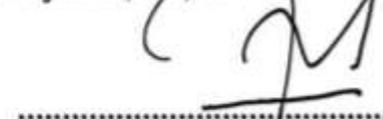
2. Dr. Eng. M. Zikra, S.T., M.Sc.                      (Pembimbing 2)



3. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D                      (Penguji 1)



4. Sujantoko, S.T., M.T                      (Penguji 2)



5. Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.                      (Penguji 3)





**ANALISA REDAMAN GELOMBANG *FLOATING BREAKWATER*  
TIPE PONTOON MENGGUNAKAN *SOFTWARE FLOW 3D***

**Nama** : Tito Biaperi  
**NRP** : 0431154000049  
**Departemen** : Teknik Kelautan  
**Dosen Pembimbing** : Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D, IPM.  
Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc.

**ABSTRAK**

Indonesia adalah salah satu negara maritim yang memiliki luas wilayah perairan 6.315.222 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 99.093 km serta jumlah pulau 13.466 yang bernama dan berkoordinat. Wilayah pesisir tersebut dimanfaatkan menjadi area wisata, pelabuhan, tempat pelelangan ikan, pemukiman, dan industri. Demi menunjang keamanan fasilitas yang berada pada daerah pesisir pantai dari erosi dan terjangan gelombang diperlukan bangunan pengaman pantai. *Breakwater* merupakan bangunan pelindung pantai yang berfungsi untuk meredam energi gelombang datang sebelum mencapai pantai. Salah satu jenis *breakwater* adalah *floating breakwater*, struktur ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan *fixed breakwater*. Penelitian mengenai *floating breakwater* sudah banyak dikembangkan dengan tujuan utama yaitu struktur yang paling efisien dan dapat meredam gelombang dengan baik. Pada tugas akhir ini dilakukan pemodelan struktur *floating breakwater* berbentuk pontoon dengan 4 model struktur untuk mendapatkan nilai koefisien transmisi (Kt). Model pontoon *floating breakwater* dimodelkan dengan gelombang reguler dengan ketinggian gelombang (H) dan periode gelombang (T) yang berbeda. Adapun variasi dari H adalah 0.025m;0.0375m;0.05m;0.05m dan T yaitu 0.791;0.664;0.648;0.569. Dari 4 Model variasi panjang sirip (*Skirts*) didapatkan Kt pada Model 1 dengan rata-rata nilai Kt sebesar 0.713; Model 2 sebesar 0.680; Model 3 sebesar 0.643; dan Model 4 sebesar 0.594. Dari nilai tersebut menandakan bahwa pada Model 4 adalah bentuk yang optimal dalam meredam gelombang datang.

Kata Kunci— pemecah gelombang, pontoon, terapung, FLOW 3D

**WAVE ATTENUATION ANALYSIS OF PONTOON FLOATING  
BREAKWATER STRUCTURE USING FLOW-3D SOFTWARE**

**Name** : **Tito Biaperi**  
**NRP** : **0431154000049**  
**Department** : **Teknik Kelautan**  
**Supervisors** : **Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D, IPM.**  
**Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc.**

**ABSTRACT**

Indonesia is one of the maritime countries that has an area of 6,315,222 km<sup>2</sup> of water with a coastline length of 99,093 km<sup>2</sup> and a number of 13,466-named and coordinate islands. The coastal area is used to be a tourist area, harbor, fish auction Place, settlement, and industry. In order to support the safety of facilities located on coastal areas of erosion and a wave of needed beach security buildings. Breakwater is a beach protective building that serves to dampen wave energy coming before reaching the beach. One type of breakwater is floating breakwater, this structure has advantages compared to fixed breakwater. The research on floating breakwater has been widely developed with the main objective of the most efficient and well-dampening structure. At this final task was modeling a pontoon-shaped floating breakwater structure with 4 model structures to get the value of transmission coefficient (Kt). Models of floating breakwater pontoon are modeled with regular waves with a wave height (H) and different wave periods (T). The variation of H is 0.025 m; 0.0375 m; 0.05 m; 0.05 m and T i.e. 0.791; 0.664; 0.648; 0.569. Of the 4 models of fin length variation (Skirts) obtained Kt on Model 1 with average Kt value of 0.713; Model 2 of 0.680; Model 3 of 0.643; and Model 4 of 0.594. From that value indicates that on the Model 4 is the optimal form in the dampening of waves coming.

Keywords: breakwater, pontoon, floating, FLOW 3D

## **KATA PENGANTAR**

Assalamualaikum Wr.Wb

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena berkat limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan Judul ‘Analisa Redaman Gelombang pada Floating Breakwater Tipe Pontoon Menggunakan Software Flow 3D’ dengan baik.

Penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu bentuk tanggung jawab dalam memperoleh gelar Sarjana serta syarat kelulusan yang wajib ditempuh mahasiswa Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Demikian pengantar yang dapat penulis sampaikan. Apabila ada kesalahan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini terdapat kesalahan penulisan, penulis meminta maaf. Kritik dan saran sangat diperlukan penulis guna evaluasi diri serta perbaikan ilmu untuk kemajuan kemaritiman Indonesia.

Wassalamualaikum Wr. Wb.

Surabaya, 01 Januari 2020

Tito Biaperi

## UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini dan sekaligus ingin menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, diantaranya kepada:

1. Ibu dan Ayah penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan.
2. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., IPM selaku dosen pembimbing 1 yang selalu memberi masukan dan bantuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga penulis mampu menyelesaikannya dengan baik.
3. Bapak Dr. Eng. M. Zikra, ST., M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 yang selama masa pengerjaan Tugas Akhir juga selalu memberi masukan agar lebih baik lagi dalam mengerjakannya.
4. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D, Sujantoko, S.T., M.T, dan Dr. Ir. Hasan Ikhwani., M.Sc., selaku dosen penguji yang selalu memberikan saran agar Tugas Akhir ini menjadi lebih baik
5. Teman-teman "TRITONOUS" angkatan 2015 (P-55 L-33) yang telah menemani penulis selama menjalani studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember ini.
6. Teman-teman sesama Grader Laboratorium Pantai dan Lingkungan Laut.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka .....	5
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.2 Gelombang .....	9
2.2.3 Kedalaman Relatif.....	10
2.2.4 Gelombang Transformasi.....	11
2.2.5 Pendangkalan Gelombang ( <i>Wave Shoaling</i> ).....	12
2.2.6 Refraksi Gelombang.....	13
2.2.7 Koefisien Difraksi .....	14
2.2.8 Koefisien Refleksi.....	16
2.2.9 Koefisien Transmisi .....	17
2.2.10 Pengukuran Hasil Prediksi.....	18
2.3 Software Flow 3D .....	19
2.3.1. Manfaat <i>Flow-3D</i> .....	20
2.3.2. Kelebihan <i>Flow-3D</i> .....	21
2.3.3. Kelemahan <i>Flow-3D</i> .....	21
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	23
3.1 Metode Penelitian.....	23
3.2 Prosedur Penelitian.....	24

3.3 Langkah Pengerjaan .....	32
3.3.1    Pemodelan Menggunakan Autocad.....	32
3.3.2    Pemodelan menggunakan Flow-3D .....	32
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1.1 Analisa Pengaruh $H/gT^2$ Terhadap Koefisien Transmisi Model 1 (Tanpa Skirts) .....	41
4.1.2 Analisa Pengaruh $H/gT^2$ Terhadap Koefisien Transmisi Model 2.....	43
4.1.3 Analisa Pengaruh $H/gT^2$ Terhadap Koefisien Transmisi Model 3.....	44
4.1.4 Analisa Pengaruh $H/gT^2$ Terhadap Koefisien Transmisi Model 4.....	46
4.2    Perbandingan Hasil Pengujian Terhadap $H/gT^2$ .....	49
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	53
5.1    Kesimpulan.....	53
5.2    Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA .....	55
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pemecah gelombang terapung.....	2
Gambar 2.1 Jenis <i>pontoon floating breakwater</i> (Biesheuvel, 2013).....	7
Gambar 2.2 Bentuk <i>floating breakwater</i> (McCartney, 1985).....	8
Gambar 2.3 Profil gelombang (Triatmodjo, 1999).....	10
Gambar 2.4 Refraksi gelombang (Triatmodjo,1999).....	13
Gambar 2.5 Difraksi gelombang di belakang rintangan (Triatmodjo,1999).....	15
Gambar 2.6 Gelombang yang melewati <i>floating breakwater</i> (Biesheuvel, 2013)	18
Gambar 3.1 Diagram alir pengerjaan tugas akhir .....	23
Gambar 3.2 Dimensi <i>floating breakwater</i> (Dong, 2008).....	24
Gambar 3.3 Peletakan <i>probe</i> 1 dan 2 .....	25
Gambar 3.4 Bentuk <i>floating breakwater</i> tipe <i>pontoon</i> .....	26
Gambar 3.5 Validasi model fisik dan numerik, koefisien transmisi terhadap $H/L28$	
Gambar 3.6 Validasi model fisik dan numerik, koefisien transmisi terhadap $H/gT^2$ .....	30
Gambar 3.7 <i>Submenu workspace Flow-3D</i> .....	33
Gambar 3.8 <i>Submenu simulation</i> .....	34
Gambar 3.9 Menu model <i>setup</i> .....	34
Gambar 3.10 <i>Submenu general</i> .....	35
Gambar 3.11 <i>Submenu physics</i> .....	35
Gambar 3.12 <i>Submenu fluids</i> .....	36
Gambar 3.13 Posisi <i>wave probe</i> .....	37
Gambar 3.14 <i>Output</i> model.....	38
Gambar 3.15 <i>Sub menu numerics</i> .....	38
Gambar 3.16 Pengolahan data dengan WAVAN.....	39
Gambar 3.17 Diagram alir pengolahan data menggunakan WAVAN.....	40
Gambar 4.1 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ Model 1 .....	42
Gambar 4.2 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ Model 2 .....	44
Gambar 4.3 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ Model 3 .....	46
Gambar 4.4 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ Model 4 .....	47
Gambar 4.5 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ dan keseluruhan model.....	48
Gambar 4.6 Perbandingan dengan penelitian sebelumnya .....	50

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien difraksi gelombang .....	16
Tabel 3.1 Dimensi model floating breakwater (Dong, 2008) .....	24
Tabel 3.2 Kondisi lingkungan (Dong, 2008) .....	25
Tabel 3.3 Dimensi <i>wave flume</i> (Dong, 2008) .....	25
Tabel 3.4 Dimensi <i>floating breakwater</i> tipe pontoon tanpa sirip ( <i>skirts</i> ) .....	26
Tabel 3.5 Parameter gelombang uji .....	27
Tabel 3.6 Nilai koefisien transmisi pengujian numerik dan fisik .....	28
Tabel 3.7 Nilai koefisien transmisi pengujian numerik dan fisik .....	29
Tabel 3.8 Eksplorasi panjang sirip <i>floating breakwater</i> .....	31
Tabel 3.9 Eksplorasi tinggi gelombang dan periode gelombang .....	31
Tabel 4.1 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ pada Model 1 .....	41
Tabel 4.2 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ pada Model 2 .....	43
Tabel 4.3 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ pada Model 3 .....	45
Tabel 4.4 Pengaruh $H/gT^2$ terhadap $K_t$ pada Model 4 .....	47
Tabel 4.5 Data perbandingan dengan penelitian lain .....	50

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Indonesia adalah salah satu negara maritim yang memiliki luas wilayah perairan 6.315.222 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 99.093 km serta jumlah pulau 13.466 yang bernama dan berkoordinat. Wilayah pesisir tersebut dimanfaatkan menjadi area wisata, pelabuhan, tempat pelelangan ikan, pemukiman, dan industri. Demi menunjang keamanan fasilitas yang berada pada daerah pesisir pantai dari erosi dan terjangan gelombang diperlukan bangunan pengaman pantai. Salah satu struktur yang melindungi pantai dari gelombang adalah pemecah gelombang (*breakwater*). Jenis ini dapat efisien meredam gelombang datang. Apabila gelombang yang datang terlalu besar maka akan dapat menyebabkan erosi dan rusaknya fasilitas yang berada pada wilayah pesisir. Pemecah gelombang (*breakwater*) adalah bangunan pengaman pantai yang sejajar dengan pantai dan berada pada jarak tertentu. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak dibelakangnya dari serangan gelombang (Triatmodjo,2000).

Ada 2 jenis pemecah gelombang (*breakwater*) yaitu *fixed breakwater* dan *floating breakwater*. Penggunaan pemecah gelombang jenis *fixed breakwater* biasanya di perairan < 10 *feet* sedangkan *Floating Breakwater* digunakan pada perairan >10 *feet*. Pemecah gelombang mempunyai fungsi untuk menurunkan ketinggian gelombang di daerah yang dilindungi, desain akhir tergantung pada kondisi gelombang datang, kriteria perlindungan, biaya, dan pertimbangan lingkungan (Seelig, 1976). Pada *floating breakwater* memiliki kelebihan dari pada *fixed breakwater* antara lain waktu dalam pembangunan struktur lebih singkat karena sudah dikerjakan dalam fabrikasi dan *floating breakwater* dapat dengan mudah dipindahkan dan dirakit kembali dengan *layouts* yang berbeda serta dapat dipindahkan ke lokasi yang berbeda (Hales, 1981). *Floating breakwater* lebih memungkinkan apabila digunakan pada kondisi tanah yang berlumpur daripada struktur *breakwater* tetap yang berat, karena *floating breakwater* tidak

menyebabkan adanya tekanan tanah yang bisa menyebabkan *sliding* yang berakibat terjadinya kegagalan pada struktur, tapi bagaimanapun *floating breakwater* harus menggunakan *anchored* yang ditaruh didasar laut. (Fousert, 2006).



**Gambar 1.1** Pemecah gelombang terapung  
(Sumber: sfmarina.us)

Akan tetapi penggunaan *floating breakwater* yang banyak digunakan adalah bentuk *pontoon* yang disusun dan dihubungkan sedemikian rupa serta tali (*mooring*) di tambatkan ke dasar laut. Oleh sebab itu pemecah gelombang terapung (*floating breakwater*) yang ditambat harus dirancang dan diperhitungkan kehandalannya untuk memastikan pengurangan energi gelombang yang datang menuju wilayah pantai. *System mooring* yang digunakan harus dapat menjaga struktur ini tetap berada pada posisi mengingat karena *floating breakwater* merupakan struktur terapung yang rentan berpindah posisi.

Pada penelitian yang dilakukan penulis akan menganalisa dan menghitung redaman gelombang untuk *floating breakwater* berbentuk *pontoon* dengan menggunakan *Software Flow 3D*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

1. Berapakah besar nilai koefisien transmisi gelombang *floating breakwater* berbentuk *pontoon*?
2. Bagaimana pengaruh sirip (*skirts*) pada setiap *model Floating Breakwater* jenis *pontoon* agar efektif dalam meredam gelombang datang?

## **1.3 Tujuan**

1. Dapat mengetahui panjang sirip (*skirts*) pada berbagai variasi model *Floating Breakwater* berbentuk *pontoon* yang efektif dalam meredam gelombang datang.
2. Dapat mengetahui kemampuan efektivitas peredaman gelombang yang terjadi pada *floating breakwater* berbentuk *pontoon*.

## **1.4 Manfaat**

1. Mengetahui seberapa besar energi yang dapat direduksi/diredam oleh *floating breakwater*.
2. Menjadikan *floating breakwater* pilihan paling efektif, efisien, dan ekonomis untuk digunakan sebagai bangunan pelindung pantai khususnya di kawasan pesisir wilayah Indonesia.

## **1.5 Batasan Masalah**

Batasan Masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Pemodelan Struktur menggunakan *Software Flow 3D*
2. Menggunakan data Eksperimen yang sudah ada
3. Penulis Menggunakan gelombang reguler
4. Tinggi dan Periode Gelombang ditentukan menurut skenario penulis
5. Sistem tambat diabaikan
6. Gerakan 6 (enam) derajat kebebasan tidak dianalisa
7. Arah sudut datang gelombang tegak lurus dengan model
8. Kekuatan struktur model tidak dianalisa
9. Gesekan yang terjadi didasar laut diabaikan

10. Kondisi perairan rata dan kedap

### **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan dalam penelitian ini adalah:

#### **BAB 1. PENDAHULUAN**

Pada Bab I menjelaskan mengenai latar belakang penelitian yang akan dilakukan oleh penulis, perumusan masalah yang akan diangkat menjadi penelitian, tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, manfaat yang didapatkan untuk pengembangan oleh civitas akademi maupun praktisi, batasan masalah untuk tetap focus pada inti permasalahan, dan sistematika penulisan laporan yang akan dibuat.

#### **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

Pada Bab II menjelaskan mengenai tinjauan pustaka yang dijadikan acuan/referensi untuk penelitian tugas akhir dan dasar teori yang diambil dari buku/diktat, jurnal, maupun tugas akhir sebelumnya yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini.

#### **BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN**

Bab III menjelaskan diagram alir mengenai langkah-langkah pengerjaan dalam tugas akhir beserta metode yang digunakan.

#### **BAB 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Bab IV menjelaskan tentang pengolahan data yang sebelumnya diperoleh, kemudian pemodelan struktur dengan menggunakan *software*. Selanjutnya, dalam BAB IV juga dilakukan pembahasan dan pengolahan output yang diperoleh dari hasil pengerjaan menggunakan *software*.

#### **BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab V menjelaskan uraian yang singkat padat dan jelas mengenai hasil dari melakukan penelitian. Uraian ini diharapkan dapat menjawab rumusan masalah yang sudah ada pada Bab I. Pada Bab V juga berisikan saran yang dimaksudkan agar ada kelanjutan pengembangan/inovasi untuk peneliti selanjutnya.

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

#### 2.1 Tinjauan Pustaka

Pada umumnya *floating breakwater* berfungsi untuk melindungi pantai yang terletak dibelakangnya, dari serangan gelombang yang dapat mengakibatkan erosi pada pantai. Perlindungan oleh *floating breakwater* terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan, karena pemecah gelombang ini dibuat terpisah ke arah lepas pantai tetapi masih di dalam zona gelombang pecah (*breaking zone*). Maka bagian sisi luar pemecah gelombang memberikan perlindungan dengan meredam energi gelombang sehingga gelombang dan arus di belakangnya dapat dikurangi (Triatmodjo, 1999).

Penahan gelombang berfungsi untuk mengurangi *intensitas* dari hempasan gelombang di perairan dekat pantai dimana bertujuan mengurangi *erosi* pantai. Pemecah gelombang dapat berupa *fixed* atau *floating*, penggunaan jenis pemecah gelombang tergantung pada kedalaman air normal, pasang surut, kondisi tanah dan *parameter* lainnya (McCartney, 1985). Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (*refleksi*), sebagian diteruskan (*transmisi*) dan sebagian dihancurkan (*dissipasi*) melalui pecahnya gelombang, kekentalan fluida, gesekan dasar dan lain-lainnya. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan, dihancurkan dan diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang diantaranya periode gelombang (T), tinggi gelombang (H), kedalaman air (d). Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung akan mengurangi pengiriman sedimen di daerah tersebut.

Sedangkan menurut PIANC (1994), dari *floating breakwater* yang sudah dikembangkan selama bertahun-tahun prinsip kerja dari *floating breakwater* adalah untuk mengurangi/mereduksi gelombang yang datang, maka dari itu *floating breakwater* dapat diklasifikasikan ke dalam dua kelas yaitu:

1. Struktur reflektif, yaitu jenis struktur yang merefleksikan gelombang datang dan struktur ini rigid. Istilah rigid yang dimaksud adalah 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.

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)

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

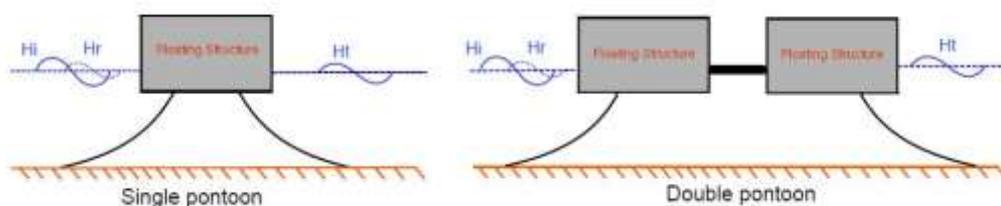
- a. Memiliki keterbatasan dalam meredam gelombang yang tinggi dengan rentang frekuensi yang terbatas (Foursert, 2006)
- b. Memberikan perlindungan yang kurang terhadap gelombang (Biesheuvel, 2013)
- c. Kurang efektif untuk gelombang yang panjang (Biesheuvel, 2013)
- d. Biaya pemeliharaan yang lebih tinggi karena respon dinamis (Biesheuvel, 2013)

- e. *Floating breakwater* mudah mengalami kegagalan struktural selama mengalami kondisi badai (Tsinker, 1995)

Menurut Dong (2008) *floating breakwater* dapat digunakan secara efektif pada area pantai dengan kondisi gelombang yang relatif ringan. Percobaan yang dilakukannya untuk menemukan tipe sederhana dan relatif murah, dengan mempelajari 3 jenis struktur diantaranya berbentuk kotak tunggal, kotak ganda dan papan berjaring yang bertujuan untuk keramba ikan serta sebagai peredam gelombang.

Pada pengerjaan tugas akhir ini *floating breakwater* berbentuk *pontoon*. Dimana *pontoon floating breakwater* termasuk kelompok struktur prisma ( *pontoon* tunggal, *pontoon* ganda, atau variasi lainnya) merupakan bentuk sederhana dari *floating breakwater* yang bersifat reflektif. Bentuk prisma ini memiliki banyak fungsi, diantaranya penggunaan seperti trotoar, penyimpanan, tambatan perahu, dan juga sebagai dermaga apung.

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.



**Gambar 2.1** Jenis *pontoon floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

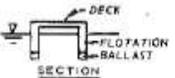
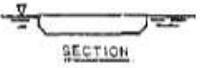
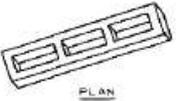
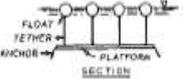
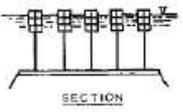
## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Pemecah Gelombang Terapung (*Floating Breakwater*)

*Floating breakwater* adalah salah satu dari tipe pemecah gelombang yang dipasang dalam kondisi terapung dan mempunyai *system* tambat agar struktur tidak berpindah apabila diterjang oleh gelombang. Konstruksi *floating breakwater* dikembangkan karena adanya keterbatasan dari struktur *fixed breakwater* dan

biaya pembuatan yang mahal. Susunan *floating breakwater* biasanya dipasang sejajar atau tegak lurus pantai untuk menjaga kondisi gelombang yang menuju pesisir tetap stabil di pelabuhan. Sebagian besar pembuatan *floating breakwater* tergantung pada pendekatan gelombang dan mempertimbangkan beberapa parameter lingkungan lainnya. Hubungan *draft*–lebar adalah faktor yang paling penting yang menentukan kinerja *floating breakwater* (Fousert, 2006). Pemilihan tipe *floating breakwater* yang menjadi pertimbangan adalah faktor redaman gelombang yang paling kecil.

Ada beberapa bentuk *floating breakwater* yang telah diteliti dan diaplikasikan penggunaannya yaitu *floating breakwater box*, *pontoon*, *mat* dan *tethered float* (McCartney, 1985).

Tipe Box			Tipe Pontoon		
<i>Solid Rectangel</i>		Umumnya terbuat dari beton bertulang	<i>Twin Pontoon</i>		Seperti perahu dengan 2 lambung
<i>Barge</i>		Bangkai kapal tongkang	<i>Open Compartment</i>		Sering disebut juga tipe alaska
Tipe Mat			Tipe Tethered Float		
<i>Tire Mat</i>		Susunan ban bekas yang diikat bersamaan	<i>Sphere</i>		Struktur disusun berjajar
<i>Log Mat</i>		Susunan kayu yang diikat bersamaan	<i>Tire</i>		Sama seperti tipe sphere namun menggunakan drum

**Gambar 2.2** Bentuk *floating breakwater* (McCartney, 1985)

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

1. Memiliki kinerja yang baik dalam mereduksi energi gelombang yang datang.
2. Mempunyai mobilitas yang tinggi.

3. Instalasi yang cepat dan mudah serta *removal* yang tidak rumit
4. Struktur yang digunakan harus aman pada kondisi badai
5. Ekonomis

### 2.2.2 Gelombang

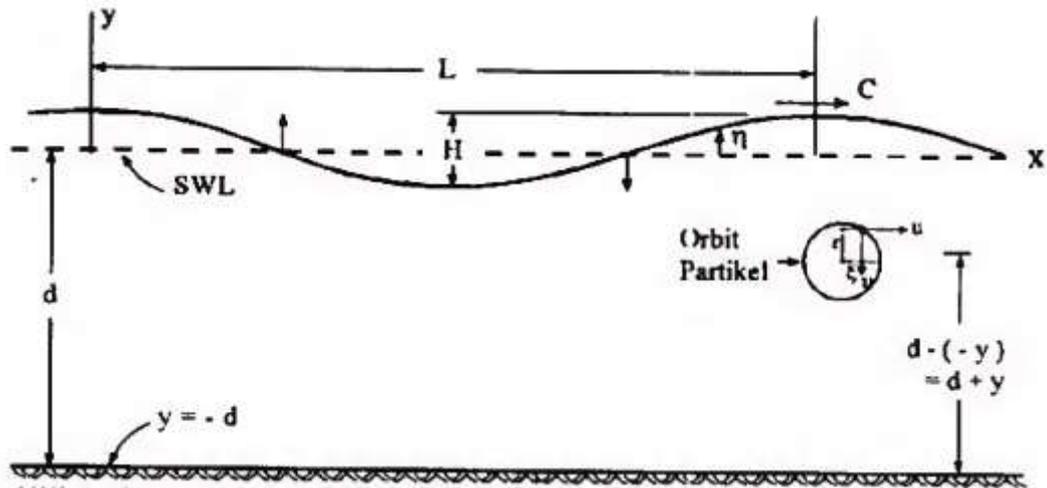
Gelombang di laut dapat dibedakan menjadi beberapa jenis atau tipe gelombang yaitu gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang tsunami. Untuk gelombang angin yaitu gelombang yang dibangkitkan oleh angin. Angin yang bertiup dengan waktu tertentu, baik yang bertiup dari daratan maupun dari laut 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 letusan gunung berapi bawah laut atau disebabkan adanya gempa bumi yang pada kedalaman laut sehingga terjadi patahan pada lempeng bumi ataupun yang disebut juga gempa tektonik.

Parameter yang menjelaskan gelombang adalah panjang gelombang, tinggi gelombang, dan kedalaman air. Parameter lain seperti kecepatan dan percepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok di atas, dimana :

1. Periode gelombang ( $T$ ) adalah interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya
2. Amplitudo ( $a$ ) adalah jarak antara puncak/titik tertinggi gelombang atau lembah/titik terendah gelombang dengan muka air tenang ( $H/2$ )
3. Panjang gelombang ( $L$ ) adalah jarak horizontal antara puncak tertinggi dan puncak terendah pada puncak dan lembah gelombang.
4. Kecepatan rambat gelombang (Celerity) ( $C$ ) merupakan perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang ( $L/T$ ). Ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan  $C$ . Partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang.

Sifat dasar gelombang seperti panjang gelombang dan kecepatan dapat diperkirakan dengan teori gelombang amplitudo 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 2.3** Profil gelombang (Triatmodjo, 1999)

Gelombang merupakan parameter penting karena dapat menjelaskan gelombang air yang berupa panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air. Banyak parameter yang dapat digunakan untuk mencari panjang gelombang laut. Pendekatan menggunakan rumus untuk mencari panjang gelombang sebagai berikut :

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

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right) \quad (2.1)$$

Keterangan:

L = panjang gelombang (m)

T = periode gelombang (s)

g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

h = kedalaman air (m)

### 2.2.3 Kedalaman Relatif

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

1. Gelombang di laut dangkal jika  $d/L \leq 1/20$

dengan nilai  $\tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) = 1,0$  maka:

$$C_o = \frac{gT}{2\pi} \text{ dan } L_o = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (2.2)$$

Dimana  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  sehingga nilai  $L_o = 1,56 T^2$ .

2. Gelombang di laut transisi jika  $1/20 < d/L < 1/2$

Dengan nilai  $\tanh(2\pi d/L) = 2\pi d/L$  maka

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT}{2\pi} \tanh kd \quad (2.3)$$

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh kd \quad (2.4)$$

$$C = \sqrt{gd} \text{ dan } L = \sqrt{gd} T = CT \quad (2.5)$$

3. Gelombang di laut dalam jika  $d/L \geq 1/2$

Dengan nilai

$$\frac{C}{C_o} = \frac{L}{L_o} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.6)$$

dan

$$\frac{d}{L_o} = \frac{d}{L} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (2.7)$$

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

#### 2.2.4 Gelombang Transformasi

Gelombang transformasi adalah energi yang bergerak melalui medium tertentu. Gelombang tidak selalu berjalan secara konstan seperti yang diasumsikan pada teori gelombang. Pada kedalaman yang tetap gelombang linier tidak mengalami perubahan selama tidak kehilangan energi atau perubahan energi ke bentuk lain (disipasi). Pada keadaan nyata dasar perairan tidak selalu rata kedalamannya. Laut sangat bervariasi kedalamannya hal tersebut mempengaruhi

perambatan gelombang. Dikarenakan hubungan antara energi kinetik dan potensial gelombang yang dipengaruhi kedalaman, kekasaran permukaan, struktur dll.

Transformasi gelombang di laut dapat berupa perubahan panjang dan tinggi gelombang akibat perubahan kedalaman (shoaling) dan perubahan arah gelombang yang dapat diakibatkan perbedaan kedalaman (refraksi) dan menabrak struktur (refleksi, difraksi) dan transmisi

### 2.2.5 Pendangkalan Gelombang ( *Wave Shoaling* )

Pendangkalan Gelombang dikarenakan terjadi adanya pengaruh perubahan kedalaman dasar laut. Pendangkalan gelombang mempunyai fungsi yang sama dengan refraksi gelombang yaitu untuk menentukan tinggi gelombang di suatu tempat berdasarkan karakteristik gelombang datang. Kecepatan gerak gelombang juga berkurang seiring dengan pengurangan kedalaman di dasar laut, sehingga menyebabkan puncak gelombang yang berada di perairan dangkal bergerak lebih lambat dibandingkan puncak gelombang yang berada perairan yang lebih dalam. Terjadilah pembelokan arah gerak puncak gelombang mengikuti kontur kedalaman dasar laut dimana terjadi juga perubahan tinggi gelombang. Proses ini disebut dengan refraksi. Pendangkalan dan refraksi gelombang disebabkan oleh pendangkalan dasar laut. Namun pada pendangkalan lebih ditekankan pada perubahan langsung tinggi gelombang karena pendangkalan, sementara refraksi ditekankan pada perubahan tinggi gelombang karena pembelokan arah gerak dari puncak gelombang. Persamaan untuk koefisien *shoaling* sebagai berikut:

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o L_o}{nL}} \quad (2.8)$$

Keterangan:

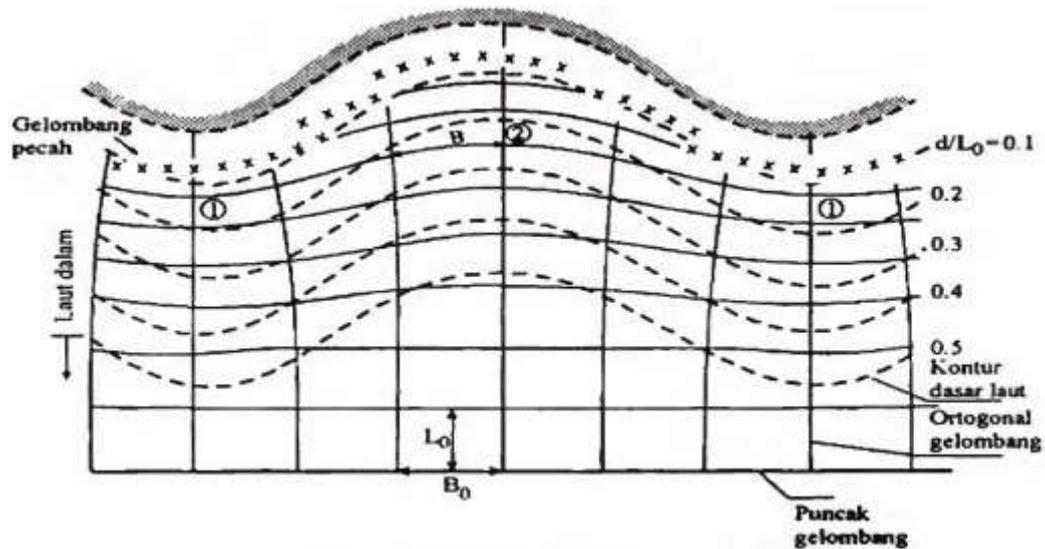
$K_s$ : Koefisien pendangkalan

$L$  : Panjang gelombang (m)

$L_o$ : Panjang gelombang di laut dalam (m)

### 2.2.6 Refraksi Gelombang

Refraksi Gelombang adalah peristiwa berbeloknya arah gerak gelombang yang memasuki perairan dangkal yang disebabkan karena sebagian gelombang masih merambat dengan kecepatan gelombang laut dalam pada waktu masuk ke laut dangkal. Refraksi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap tinggi dan arah gelombang serta distribusi energi gelombang di sepanjang pantai. Perubahan arah gelombang karena refraksi mempengaruhi energi gelombang yang terjadi pada suatu tempat dimana kedalaman perairan lebih besar dari setengah panjang gelombang. Proses refraksi gelombang sama dengan refraksi cahaya yang terjadi karena cahaya melintasi dua media perantara yang berbeda.



**Gambar 2.4** Refraksi gelombang (Triatmodjo,1999)

Asumsi yang digunakan pada refraksi gelombang adalah sebagai berikut:

1. Energi antara dua ortogonal adalah konstan.
2. Arah perambatan gelombang tegak lurus pada puncak gelombang.
3. Cepat rambat gelombang tergantung pada kontur/kedalaman perairan daerah yang ditinjau.
4. Gelombang mempunyai puncak yang panjang, periode konstan dan amplitudo kecil.
5. Pengaruh angin, arus, refleksi dan perubahan kedalaman dasar laut diabaikan.

6. Perubahan kedalaman laut secara tidak terlalu signifikan.

Berikut adalah persamaan untuk koefisien refraksi:

$$K_r = \sqrt{\frac{\cos a_0}{\cos a}} \quad (2.9)$$

Dimana pada hukum *Snell* berlaku apabila ditinjau gelombang datang di laut dalam dan di suatu titik yang ditinjau, yaitu:

$$\sin a = \left(\frac{c}{c_0}\right) \sin a_0 \quad (2.10)$$

Keterangan:

$K_r$ : Koefisien refaksi

$a$  : sudut antara garis puncak gelombang dan garis kontur dasar laut dititik yang ditinjau ( $^\circ$ )

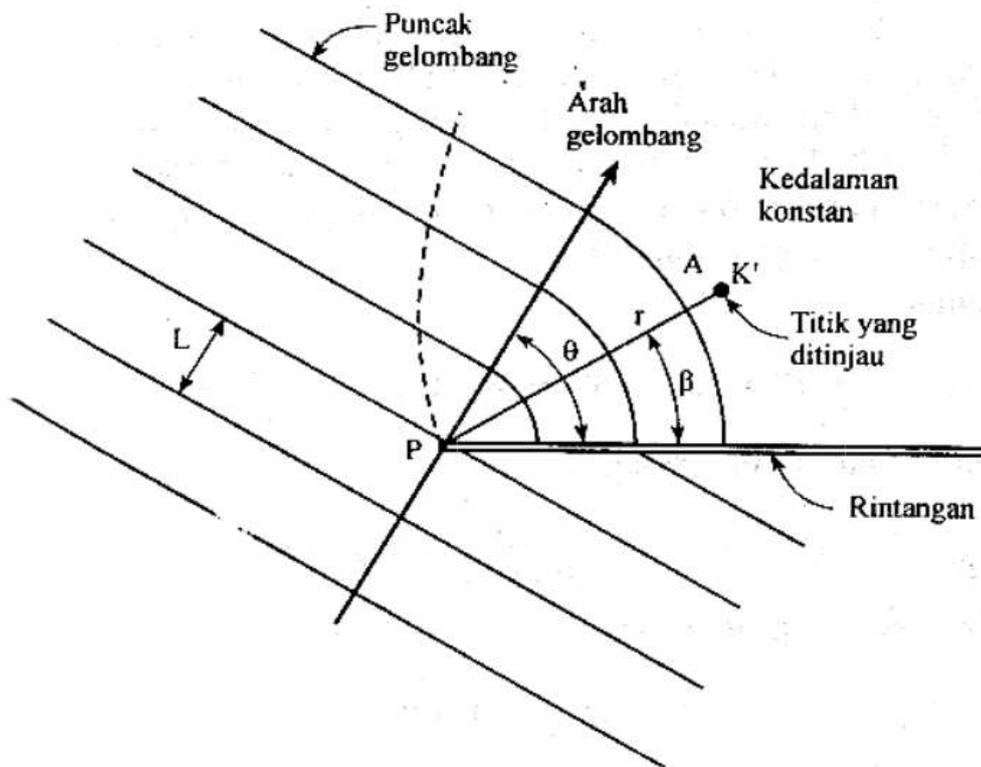
$a_0$  : sudut antara garis puncak gelombang di laut dalam dan garis pantai ( $^\circ$ )

$C$  : kecepatan rambat gelombang (m/d)

$C_0$  : kecepatan rambat gelombang dilaut dalam (m/d)

### 2.2.7 Koefisien Difraksi

Difraksi gelombang terjadi bila gelombang datang terhalang oleh suatu rintangan seperti pemecah gelombang atau pulau, maka gelombang tersebut akan membelok di sekitar ujung rintangan dan masuk di daerah terlindung di belakangnya. Difraksi terjadi apabila tinggi gelombang di suatu titik pada garis puncak gelombang lebih besar daripada titik di dekatnya, yang menyebabkan perpindahan energi sepanjang puncak gelombang ke arah tinggi gelombang yang lebih kecil.



**Gambar 2.5** Difraksi gelombang di belakang rintangan (Triatmodjo,1999)

Pada *breakwater* tunggal, tinggi gelombang di satu tempat di daerah terlindung tergantung pada jarak titik tersebut dengan ujung rintangan  $\beta$  dan sudut antara arah penjalaran gelombang dan rintangan  $\theta$ . Perbandingan antara tinggi gelombang dititik yang terletak di daerah terlindung dan tinggi gelombang datang disebut koefisien difraksi  $K'$ .

$$H_A = K' H_p \quad (2.11)$$

$$K' = f(\theta, \beta, r/L) \quad (2.12)$$

Dengan A adalah titik yang ditinjau dibelakang rintangan dan P ujung pemecah gelombang. Nilai  $K'$  untuk  $\theta$ ,  $\beta$ ,  $r/L$  tertentu diberikan pada tabel di bawah ini yang didasarkan pada penyelesaian matematis untuk difraksi cahaya. Difraksi gelombang air ini merupakan analog dengan difraksi cahaya, sehingga tabel dibawah ini juga dapat digunakan untuk memperkirakan pola garis puncak gelombang dan variasi tinggi gelombang yang mengalami difraksi.

Tabel 2.1 Koefisien difraksi gelombang

$\alpha/L$	$\beta$ (dalam rad)											$\alpha/L$	$\beta$ (dalam grad)														
	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150		165	180	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
	$\theta = 15^\circ$													$\theta = 105^\circ$													
1/2	0.49	0.79	0.83	0.90	0.97	1.01	1.03	1.02	1.01	0.99	0.99	1.00	1.00	1/2	0.28	0.28	0.29	0.32	0.33	0.41	0.49	0.59	0.72	0.85	0.97	1.01	1.00
1	0.38	0.73	0.83	0.95	1.04	1.04	0.99	0.98	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1	0.20	0.20	0.24	0.23	0.27	0.33	0.42	0.56	0.75	0.95	1.06	1.04	1.00
2	0.21	0.68	0.86	1.05	1.03	0.97	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	2	0.14	0.14	0.13	0.17	0.20	0.25	0.35	0.54	0.83	1.08	1.03	0.97	1.00
5	0.13	0.63	0.99	1.04	1.03	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	1.00	1.00	1.00	5	0.09	0.09	0.10	0.11	0.13	0.17	0.27	0.52	1.02	1.04	1.04	1.02	1.00
10	0.35	0.58	1.16	1.05	0.98	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	10	0.07	0.06	0.08	0.08	0.09	0.12	0.20	0.52	1.14	1.07	0.97	0.99	1.00
	$\theta = 30^\circ$													$\theta = 120^\circ$													
1/2	0.61	0.63	0.68	0.76	0.87	0.97	1.03	1.03	1.03	1.01	0.99	0.95	1.00	1/2	0.25	0.26	0.27	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.60	0.73	0.87	0.97	1.00
1	0.50	0.53	0.63	0.78	0.95	1.06	1.05	0.98	0.98	1.01	1.01	0.97	1.00	1	0.18	0.19	0.19	0.21	0.23	0.27	0.33	0.43	0.57	0.76	0.95	1.04	1.00
2	0.40	0.44	0.59	0.84	1.07	1.03	0.96	1.02	0.98	1.01	0.99	0.95	1.00	2	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.36	0.55	0.83	1.07	1.03	1.00
5	0.27	0.32	0.55	1.00	1.04	1.04	1.02	0.99	0.99	1.00	1.01	0.97	1.00	5	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.03	1.00
10	0.20	0.24	0.54	1.12	1.06	0.97	0.99	1.01	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	10	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.09	0.13	0.20	0.52	1.13	1.06	0.98	1.00
	$\theta = 45^\circ$													$\theta = 135^\circ$													
1/2	0.49	0.50	0.55	0.63	0.73	0.85	0.96	1.04	1.06	1.04	1.00	0.99	1.00	1/2	0.24	0.24	0.25	0.25	0.26	0.28	0.32	0.36	0.42	0.52	0.63	0.76	1.00
1	0.39	0.47	0.59	0.76	0.95	1.07	1.06	0.98	0.97	1.01	1.01	1.00	1.00	1	0.18	0.17	0.18	0.18	0.19	0.21	0.23	0.28	0.34	0.44	0.59	0.78	1.00
2	0.29	0.31	0.39	0.56	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	1.00	2	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14	0.17	0.20	0.26	0.37	0.56	0.84	1.00
5	0.18	0.20	0.29	0.54	1.01	1.04	1.03	1.03	1.00	0.99	1.01	1.00	1.00	5	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.09	0.11	0.13	0.17	0.28	0.54	1.00	1.00
10	0.13	0.15	0.22	0.53	1.13	1.07	0.96	0.98	1.02	0.99	1.00	1.00	1.00	10	0.05	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.13	0.21	0.53	1.12	1.00
	$\theta = 60^\circ$													$\theta = 150^\circ$													
1/2	0.40	0.41	0.45	0.52	0.60	0.72	0.85	1.13	1.04	1.06	1.03	1.01	1.00	1/2	0.23	0.23	0.24	0.25	0.27	0.29	0.33	0.38	0.45	0.55	0.68	0.83	1.00
1	0.31	0.32	0.36	0.44	0.57	0.75	0.96	1.08	1.06	0.98	0.98	1.01	1.00	1	0.16	0.17	0.17	0.18	0.19	0.22	0.24	0.29	0.36	0.47	0.63	0.83	1.00
2	0.22	0.23	0.28	0.37	0.55	0.83	1.08	1.04	0.96	1.03	0.98	1.01	1.00	2	0.12	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15	0.18	0.22	0.28	0.39	0.59	0.86	1.00
5	0.14	0.15	0.18	0.28	0.53	1.01	1.04	1.05	1.03	0.99	0.99	1.00	1.00	5	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08	0.10	0.11	0.13	0.18	0.29	0.55	0.99	1.00
10	0.10	0.11	0.13	0.21	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	1.00	10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.10	0.13	0.22	0.54	1.10	1.00
	$\theta = 75^\circ$													$\theta = 165^\circ$													
1/2	0.34	0.35	0.38	0.42	0.50	0.59	0.71	0.85	0.97	1.04	1.05	1.02	1.00	1/2	0.23	0.23	0.23	0.24	0.26	0.28	0.31	0.35	0.41	0.50	0.63	0.79	1.00
1	0.25	0.26	0.29	0.34	0.43	0.56	0.75	0.93	1.02	1.06	0.98	0.98	1.00	1	0.16	0.16	0.17	0.17	0.19	0.20	0.23	0.26	0.32	0.40	0.53	0.73	1.00
2	0.18	0.19	0.22	0.26	0.36	0.54	0.83	1.09	1.04	0.96	1.03	0.99	1.00	2	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.16	0.19	0.23	0.31	0.44	0.68	1.00
5	0.12	0.12	0.13	0.17	0.27	0.52	1.01	1.04	1.03	1.03	0.99	0.99	1.00	5	0.07	0.07	0.07	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.15	0.20	0.32	0.63	1.00
10	0.08	0.08	0.10	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.98	1.01	1.00	1.00	10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.11	0.11	0.21	0.58	1.00	
	$\theta = 90^\circ$													$\theta = 180^\circ$													
1/2	0.31	0.31	0.33	0.36	0.41	0.49	0.59	0.71	0.85	0.96	1.03	1.03	1.00	1/2	0.20	0.25	0.23	0.24	0.25	0.28	0.31	0.34	0.40	0.49	0.61	0.78	1.00
1	0.22	0.22	0.24	0.28	0.33	0.42	0.56	0.73	0.96	1.07	1.05	0.99	1.00	1	0.10	0.17	0.16	0.18	0.18	0.23	0.22	0.25	0.31	0.38	0.50	0.70	1.00
2	0.16	0.16	0.18	0.20	0.26	0.35	0.54	0.69	1.08	1.04	0.96	1.02	1.00	2	0.02	0.09	0.12	0.12	0.13	0.18	0.16	0.18	0.22	0.29	0.40	0.60	1.00
5	0.10	0.10	0.11	0.13	0.16	0.27	0.53	1.01	1.04	1.05	1.02	0.99	1.00	5	0.02	0.06	0.07	0.07	0.07	0.08	0.10	0.12	0.14	0.18	0.27	0.46	1.00
10	0.07	0.07	0.08	0.09	0.13	0.20	0.52	1.14	1.07	0.96	0.99	1.01	1.00	10	0.01	0.05	0.05	0.04	0.06	0.07	0.07	0.08	0.10	0.13	0.20	0.56	1.00

(Sumber: Triatmodjo, 1999)

## 2.2.8 Koefisien Refleksi

Refleksi gelombang adalah pemantulan gelombang akibat membentur suatu halangan yang diakibatkan adanya struktur (*breakwater, jetty, groin, dll*). Dalam analisa pembangunan struktur pantai perlu mempertimbangkan refleksi terutama untuk bangunan pelabuhan. Dikarenakan fluktuasi muka air laut akibat refleksi menyebabkan perairan pelabuhan tidak tenang. Untuk mengurangi refleksi dilakukan pembuatan struktur yang dapat mengurangi energi gelombang yaitu dengan struktur dibuat miring. Struktur terbuat dari tumpukan batu yang dibuat miring dan berpori dapat mengurangi refleksi gelombang. Semakin tegak suatu dinding atau struktur maka koefisien refleksi yang terjadi mendekati satu. Pada dinding tegak yang tidak *permeable* gelombang dipantulkan seluruhnya ( $K_r = 1$ ). Pada kondisi diatas gelombang di depan penghalang dua kali lebih tinggi dari gelombang datang.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang dapat diketahui dengan menghitung koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi  $H_r$  dan tinggi gelombang datang  $H_i$ .

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \quad (2.12)$$

$H_r$  didapat dari pengukuran gelombang yang terpantul didepan struktur.  $H_r$  dapat dibedakan dengan  $H_i$  yaitu,  $H_r$  memiliki arah yang berlawanan dengan  $H_i$  sehingga sangat jelas terlihat perbedaannya.

Koefisien refleksi bangunan diestimesi berdasarkan uji coba model di laboratorium Koefisien refleksi beberapa tipe bangunan disajikan dalam Tabel 2.1 sebagai berikut:

**Tabel 2.1** Koefisien refleksi

Tipe bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak diatas air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,6
Tumpukan balok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan perbedaan energi	0,05 – 0,2

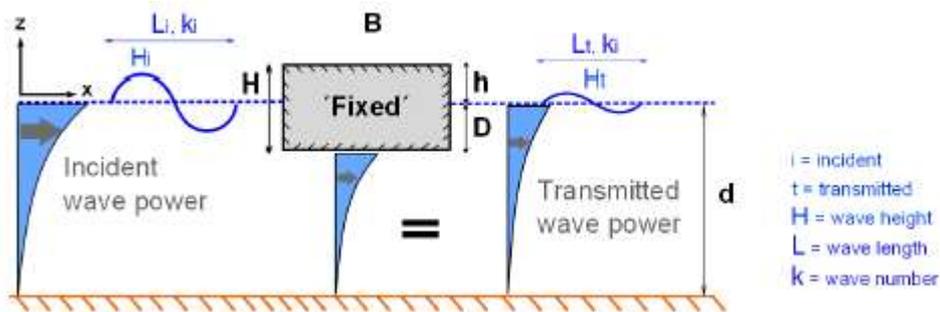
(Sumber: Triatmodjo, 1999)

### 2.2.9 Koefisien Transmisi

Transmisi gelombang terjadi karena energi gelombang melewati *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 ( $K_t$ ). Koefisien Transmisi didefinisikan sebagai rasio tinggi gelombang yang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang transmisi dibelakang *breakwater* ( $H_t$ ). Transmisi gelombang memungkinkan terjadi pada struktur yang *permeable*. Transmisi gelombang dapat terjadi pada struktur *breakwater* dengan puncak yang rendah sehingga akan terjadi *overtopping*.

Performa *Floating 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 terdisipasi ( $E_d$ ) seperti pada gambar dibawah.



**Gambar 2.6** Gelombang yang melewati *floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

Gelombang yang pendek, energi yang dapat direduksi yaitu bagian atas dari kolom air sebab 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 lebih 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 ( $H_t$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ).

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad (2.13)$$

dengan,

$K_t$ : koefisien transmisi

$H_t$ : tinggi gelombang transmisi

$H_i$ : tinggi gelombang datang

### 2.2.10 Pengukuran Hasil Prediksi

Nilai prediksi tidak ada yang memiliki tingkat keakuratan 100%, karena yang dinamakan prediksi pasti ada kemungkinan terjadi kesalahan. Untuk dapat

mengerti metode prediksi dengan tingkat akurasi tinggi, maka diperlukan perhitungan untuk mengetahui tingkat kesalahan nilai prediksi. Semakin kecil tingkat kesalahan yang dihasilkan maka akan semakin baik nilai prediksi tersebut.

Metode pengukuran kesalahan nilai prediksi sebenarnya sangat banyak, tetapi yang umum digunakan untuk nilai presentase tingkat akurasi adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \quad (2.14)$$

Nilai MAPE digunakan untuk menganalisa kinerja proses prediksi seperti yang tertera pada Tabel 2.2

**Tabel 2.2** Nilai MAPE untuk evaluasi prediksi (Gustriansyah, 2017)

Nilai MAPE	Akurasi Prediksi
MAPE ≤ 10%	Tinggi
10% < MAPE ≤ 20%	Baik
20% < MAPE ≤ 50%	<i>Reasonable</i>
MAPE > 50%	Rendah

### 2.3 Software Flow 3D

Pada pengerjaan penelitian ini menggunakan *software* sebagai berikut:

*Software Flow 3D* merupakan *software* penganalisa beban lokal pada karakteristis fluida yang bergerak pada struktur dengan metode elemen hingga, interface yang dihasilkan dalam simulasi numerik dari *Flow 3D*. *Software* ini menerapkan metode *Computational Fluid Dynamics (CFD)* yaitu sebuah metode yang memecahkan persamaan gerak *Volume of Fluid (VOF)*. Metode ini menggunakan system koordinat kartesian dengan pendekatan Metode Euler untuk menyelesaikan kondisi batas permukaan bebas, permukaan didefinisikan sebagai sel yang mengandung nilai F bukan nol dan paling tidak mengandung nilai yang mendekati nol. Metode ini juga dapat mendefinisikan rintangan sel dimana fluida tidak dapat bergerak.

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

$$\frac{\partial u}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[ uA_x \frac{\partial u}{\partial x} + vA_y \frac{\partial u}{\partial y} \right] = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g_y + f_y \quad (2.15)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{V_F} \left[ uA_x \frac{\partial v}{\partial x} + vA_y \frac{\partial v}{\partial y} \right] = - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + g_y + f_y \quad (2.16)$$

karena air laut diasumsikan incompressible, maka harus memenuhi persamaan:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (2.17)$$

Untuk mengijinkan pengaruh compressibility terbatas maka persamaan 10 diulang pada persamaan kontinuitas umum (Hurt dan Nicholas 1981 dalam *flow science* 1995) menjadi:

$$\frac{V_F}{\rho c^2} \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial vA_x}{\partial x} + \frac{\partial vA_y}{\partial y} = 0 \quad (2.18)$$

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.

### 2.3.1. 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 digunakan 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, *turbulence*, dan masih banyak lagi sesuai dengan kebutuhan. Software ini juga memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan.

### **2.3.2. Kelebihan *Flow-3D***

1. Memiliki tampilan yang mudah dipahami dalam membuat konfigurasi input untuk sebuah permodelan.
2. Pengamatan hasil *running* model dapat dilihat secara visual disetiap posisi yang dibutuhkan *output* yang ditampilkan berupa gambar dan video.
3. Untuk hasil tampilan simulasi bagus karena menyerupai kondisi riil.

### **2.3.3. Kelemahan *Flow-3D***

1. Untuk mendapatkan hasil yang mendetail mesh harus dibuat rapat tetapi dengan membuat mesh rapat mengakibatkan proses *running* yang dilakukan lama serta menghasilkan *file* yang berukuran besar dan membutuhkan penyimpanan dalam komputer yang banyak.
2. Pemodelan yang menggunakan bentuk *Solid 3D*, membutuhkan prosedur yang lama dan rumit ketika menginputkan koordinat model *solid*
3. Harus ada bantuan *software* lain seperti AutoCAD untuk menginputkan model *solid* yang memiliki bentuk rumit pada *Flow-3D*.

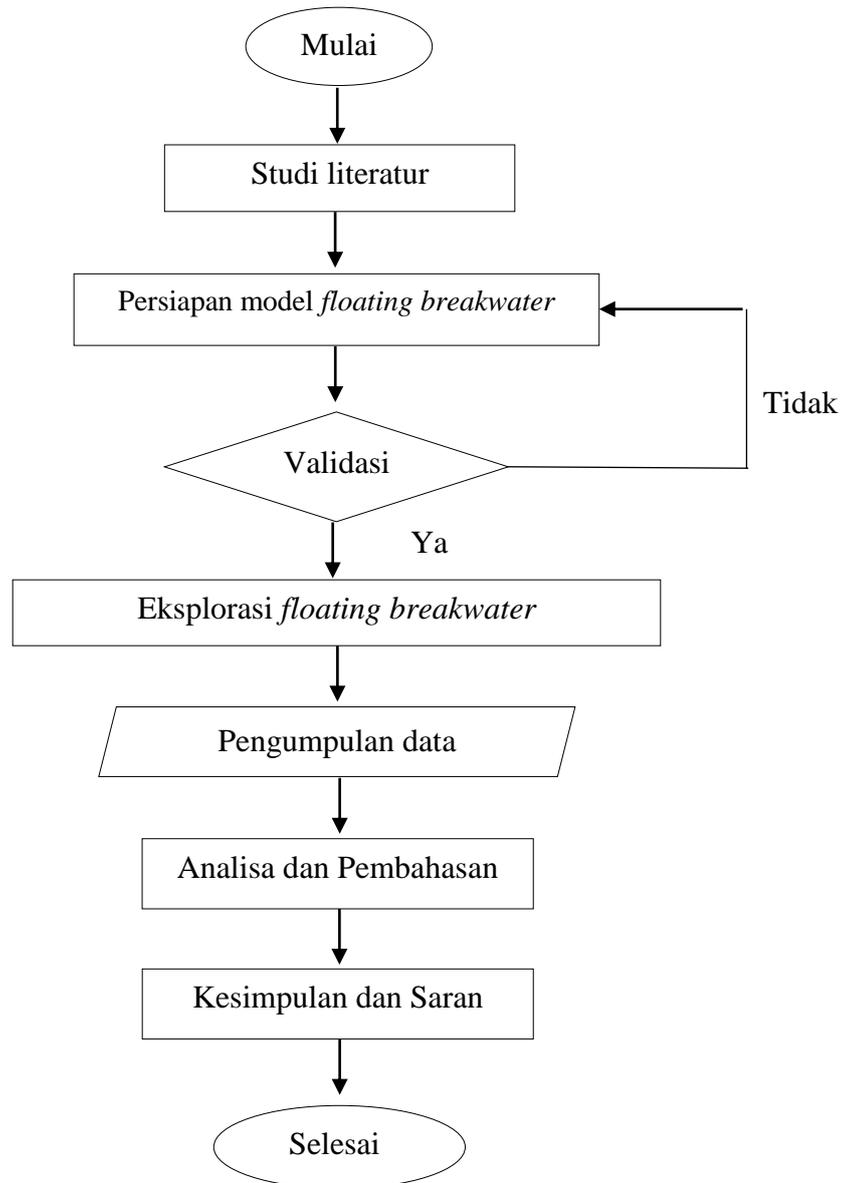
*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

# BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Metodologi penelitian yang digunakan selama pengerjaan tugas akhir ini dapat dijabarkan pada diagram alir sebagai berikut :



**Gambar 3.1** Diagram alir pengerjaan tugas akhir

### 3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian Tugas Akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

#### a. Studi Literatur

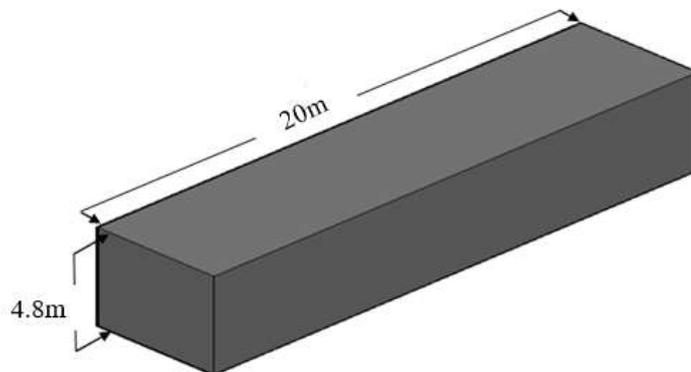
Studi literatur ini dilakukan untuk mencari studi pustaka, dasar teori, dari penelitian terbaru, mempelajari, serta memahami, jurnal dan buku-buku yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini. Dapat juga mempelajari panduan *software* Flow 3D yang akan menunjang pengerjaan tugas akhir ini.

#### b. Pengumpulan Data

Melakukan pengumpulan data penelitian sebelumnya berupa jurnal internasional yang telah dilakukan uji fisik yang nantinya akan digunakan dalam proses validasi. Jurnal yang digunakan berjudul “*Experiment on Wave Transmissions Coefficient of Floating Breakwater*” (Dong, 2008). Hasil pemodelan fisik yang dibuat oleh Dong nantinya akan digunakan untuk proses validasi pada *input Software Flow 3D*. Berikut ini adalah data yang nantinya akan digunakan untuk proses validasi antara lain:

**Tabel 3.1** Dimensi model floating breakwater (Dong, 2008)

Dimensi	Prototype (m)	Skala (m)	Model (m)
Panjang	20	1:40	0.5
Lebar	6	1:40	0.15
Tinggi	4.8	1:40	0.12



**Gambar 3.2** Dimensi *floating breakwater* (Dong, 2008)

**Tabel 3.2** Kondisi lingkungan (Dong, 2008)

Dimensi	Prototype	Skala	Model
Tinggi Gelombang	2.5 m	1:40	0.0625 m
Periode	6 detik	$1:\sqrt{40}$	0.949 detik
	7 detik		1.107 detik
	8 detik		1.265 detik
	9 detik		1.423 detik
	10 detik		1.581 detik

a. Material Floating Breakwater

Material yang digunakan pada pengujian fisik oleh Dong pada Jurnal “*Experiments on Wave Transmissions Coefficients of Floating Breakwaters*” menggunakan bahan *poliethyliene (PE)* dengan massa jenis sekitar  $790\text{kg/m}^3$ - $850\text{kg/m}^3$

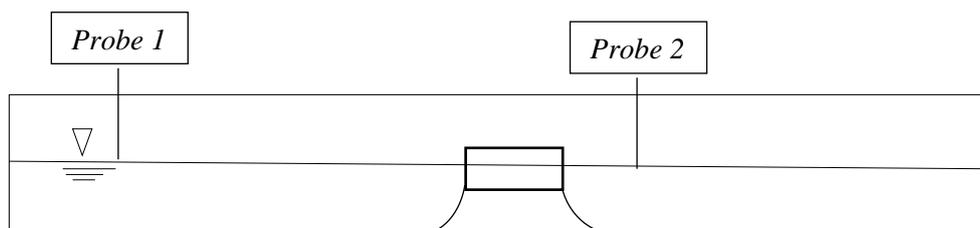
b. Wave Flume

Data yang digunakan untuk kolam (*wave flume*) pengujian fisik berada di Dalian University of Technology.

**Tabel 3.3** Dimensi *wave flume* (Dong, 2008)

Dimensi	Ukuran (m)
Panjang	50
Lebar	3
Tinggi	1
Kedalaman Air	0.5

Untuk peletakan *probe* pada penelitian ini terdapat pada koordinat arah gelombang datang dan gelombang setelah mengenai struktur. Peletakan *probe* berada pada elevasi ketinggian muka air agar pengambilan data akurat.



**Gambar 3.3** Peletakan *probe* 1 dan 2

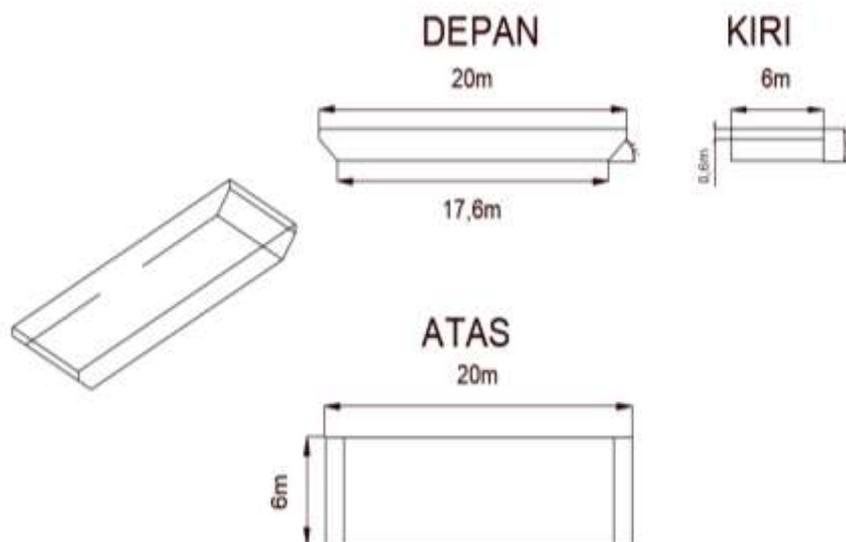
Pada Gambar 3.3 untuk pembangkit gelombang bergerak dari arah kiri menuju ke kanan mengenai struktur *floating breakwater*. Pada belakang struktur dipasang *probe* sebagai pengambilan data gelombang yang telah ditransmisikan. Data gelombang yang diolah adalah tinggi gelombang setelah mengenai struktur dibanding dengan tinggi gelombang datang dan hasilnya akan disebut sebagai transmisi gelombang.

### 3. Persiapan Model *Floating Breakwater*.

Pada tahap ini model dibuat dengan *Software AutoCad 3D*. Selain itu model dibuat jenis *solid* agar bisa terbaca oleh *Software Flow 3D*. Model *Floating Breakwater* ini berbentuk *Pontoon* dengan variasi panjang sirip (*skirts*). Setelah itu gambar disimpan kedalam format *.stl*. Kemudian membuat desain *meshing* atau *grid* dalam *software*. Selanjutnya dimasukkan *boundary condition* serta memasukan variabel lain yang diperlukan dalam permodelan *floating breakwater*. Hal ini digunakan untuk memudahkan proses permodelan dengan *software*. Berikut model *Floating Breakwater* yang dibuat oleh penulis.

**Tabel 3.4** Dimensi *floating breakwater* tipe pontoon tanpa sirip (*skirts*)

Dimensi (m)	Ukuran (m)
Panjang	20
Lebar	6
Tinggi	1.8



**Gambar 3.4** Bentuk *floating breakwater* tipe pontoon

#### 4. Validasi Model *Breakwater* Terapung

Tahap selanjutnya memvalidasi hasil uji fisik yang sudah dilakukan apakah *Software Flow 3D* dapat memodelkan uji fisik tersebut. Hasil tersebut berupa perhitungan koefisien transmisi dari *output (Free Surface Elevation)* yang diperoleh dari hasil simulasi setiap model. *Output* yang didapat berupa *file.srfht* yang kemudian dibuat menjadi grafik sehingga dapat dihitung tinggi gelombang transmisinya. Setelah didapat tinggi gelombang transmisinya kemudian dihitung tinggi gelombang signifikan pada masing-masing struktur dan periodenya. Setelah mendapat tinggi gelombang transmisi signifikan maka kita dapat menghitung koefisien transmisinya. Setelah dilakukan perhitungan dan pengamatan hasil dari validasi apakah sudah sesuai dengan hasil uji fisik, jika tidak sesuai maka dilakukan desain ulang model geometri dan dilakukan simulasi kembali sampai hasil benar-benar sesuai.

Setelah membuat model struktur dan kolam sama dengan pengujian fisik yang sebelumnya dilaksanakan oleh (Dong, 2008), Penulis melakukan simulasi untuk proses validasi pemodelan numerik dengan pemodelan fisik apakah di dalam *Software Flow 3D* dapat memodelkan penelitian tersebut. Untuk dapat memvalidasi struktur perlu dibandingkan nilai Koefisien Transmisi (Kt) pemodelan numerik dengan pemodelan fisik. *Variable* uji fisik yang dimasukkan ke *software* harus sama dengan data pemodelan fisik yang sudah pernah dilakukan. Pemodelan numerik dalam proses validasi ini menggunakan *single box pontoon* dengan tinggi gelombang 0.0625 meter serta periode gelombang 0,949-1,581 detik. Berikut data yang dimasukkan pada *Software Flow 3D*.

**Tabel 3.5** Parameter gelombang uji

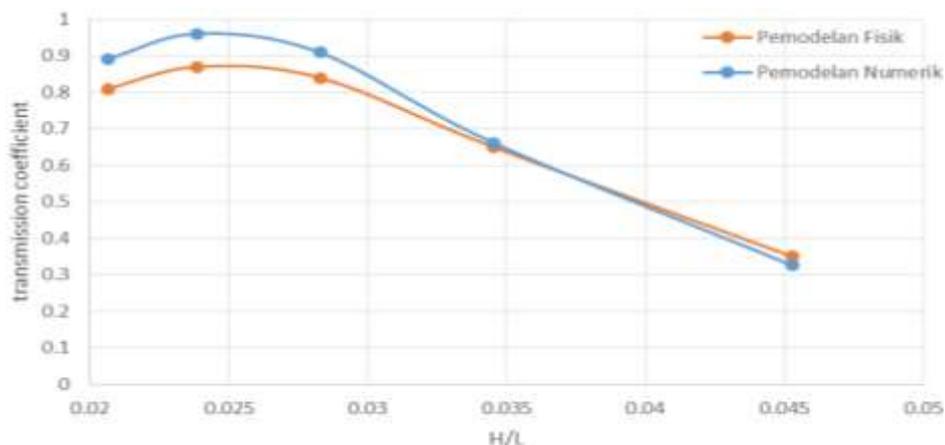
<b>Dimensi</b>	<b>Variable Input Software</b>
Tinggi Gelombang	0.0625 m
Periode Gelombang	0.949 detik
	1.107 detik
	1.265 detik
	1.425 detik
	1.581 detik
Kedalaman	0.5 m

Tabel 3.5 diatas menunjukkan bahwa terdapat 5 periode gelombang yang berbeda namun dengan 1 tinggi gelombang serta kedalaman kolam sama. Penulis melakukan simulasi 5 kali dengan variabel tersebut. Setelah itu didapat nilai Koefisien Transmisi antara model numerik dengan model fisik beserta nilai kesalahan yang terjadi pada saat simulasi. Dibawah ini tabel simulasi yang telah dikerjakan penulis.

**Tabel 3.6** Nilai koefisien transmisi pengujian numerik dan fisik

H(m)	T(dtk)	H/L	Koefisien Transmisi		Kesalahan
			Numerik	Fisik	
0.0625	0.949	0.0452	0.325	0.356	7%
0.0625	1.107	0.0345	0.661	0.654	2%
0.0625	1.265	0.0282	0.908	0.844	8%
0.0625	1.424	0.0238	0.960	0.873	10%
0.0625	1.581	0.0206	0.891	0.815	10%

Dari Tabel 3.6 diatas menjelaskan pada setiap simulasi menggunakan ketinggian gelombang yang sama yaitu setinggi 0.0625m sedangkan yang membedakan adalah periode gelombangnya. Untuk periode gelombang 0.949 detik terjadi kesalahan sebesar 7%, periode 1,107 detik terjadi kesalahan 2%, periode 1.265 detik terjadi kesalahan 8% dan pada periode 1.426 detik dan 1.581 detik terjadi kesalahan sebesar 10%. Dibawah ini merupakan grafik perbandingan Koefisien Transmisi Pemodelan Numerik dengan Pemodelan Fisik terhadap nilai H/L.



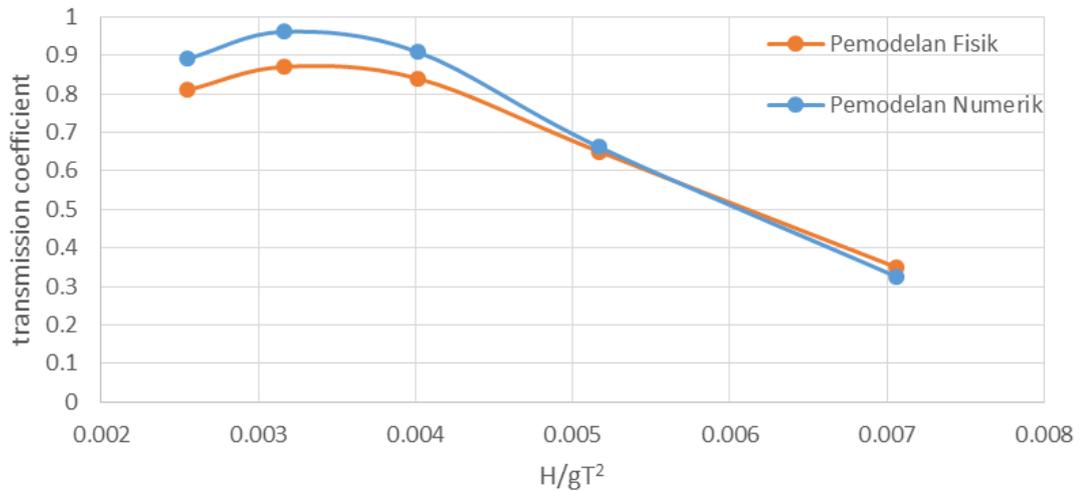
**Gambar 3.5** Validasi model fisik dan numerik, koefisien transmisi terhadap H/L

Pada Gambar 3.5 diatas menjelaskan bahwa hubungan kecuraman gelombang dengan nilai H/L pada sumbu-x dan koefisien transmisi pada sumbu-y antara pemodelan numerik dengan hasil pemodelan fisik memiliki kemiripan sebaran data yang hampir sama akan tetapi terdapat perbedaan nilai koefisien transmisi yang terjadi pada pemodelan numerik dengan maksimal kesalahan sebesar 10% , hal ini disebabkan oleh beberapa faktor meliputi: kesalahan manusia (*human error*), perbedaan pencatatan gelombang pada *wave probe*. Grafik perbandingan koefisien transmisi terhadap H/L menunjukkan semakin besar nilai H/L maka memiliki nilai koefisien transmisi yang kecil. Selain perbandingan nilai H/L, penulis juga membuat perbandingan nilai  $H/gT^2$ . Berikut ini nilai perbandingan Koefisien Transmisi dengan  $H/gT^2$ .

**Tabel 3.7** Nilai koefisien transmisi pengujian numerik dan fisik

H(m)	T(dtk)	H/gT <sup>2</sup>	Koefisien Transmisi	
			Numerik	Fisik
0.0625	0.949	0.007	0.325	0.356
0.0625	1.107	0.005	0.661	0.654
0.0625	1.265	0.004	0.908	0.844
0.0625	1.425	0.003	0.960	0.873
0.0625	1.581	0.002	0.891	0.815

Dari Tabel 3.7 diatas menggunakan tinggi gelombang dan periode gelombang yang sama dengan pemodelan fisik yang telah dilakukan yaitu dengan tinggi gelombang 0.0625 meter dan periode gelombang dari 0.949 detik sampai 1.581 detik. Pada periode 0.949 detik nilai  $H/gT^2$  adalah sebesar 0.007, periode 1,107 detik nilai  $H/gT^2$  adalah sebesar 0.005, periode 1.265 detik nilai  $H/gT^2$  adalah sebesar 0.004, periode 1.426 detik nilai  $H/gT^2$  adalah sebesar 0.003 dan periode 1.581 detik nilai  $H/gT^2$  adalah sebesar 0.002. Dibawah ini merupakan grafik perbandingan Koefisien Transmisi Pemodelan Numerik dan Pemodelan Fisik dengan menggunakan nilai  $H/gT^2$ .



**Gambar 3.6** Validasi model fisik dan numerik, koefisien transmisi terhadap  $H/gT^2$

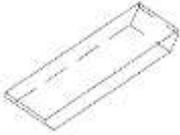
Grafik perbandingan nilai kecuraman gelombang  $H/gT^2$  pada sumbu-x dan koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada sumbu-y terhadap Tabel 3.10 dan Gambar 3.10 memiliki *trend* nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang hampir sama dengan perbandingan  $K_t$  terhadap  $H/L$ , hal membedakan disini adalah nilai kecuraman gelombang  $H/gT^2$ . Pada grafik perbandingan ini mempunyai rentang nilai yang cukup lebar. Perbedaan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) antara pemodelan numerik dengan pemodelan fisik disebabkan karena faktor kesalahan manusia (*human error*) dan terbatasnya kondisi *wave flume* saat pemodelan fisik. Penentuan meshing juga memiliki pengaruh terhadap hasil dari pemodelan, sehingga terdapat perbedaan dengan hasil eksperimen. Hasil simulasi pada gelombang di belakang struktur mengalami redaman yang disebabkan gelombang datang mengenai struktur sehingga gelombang yang di hasilkan lebih kecil dibandingkan dengan gelombang yang di depan struktur.

#### 5. Eksplorasi Floating Breakwater

Tahap eksplorasi dimaksudkan untuk mengetahui bentuk dari *floating breakwater* yang efektif dalam meredam energy gelombang. Oleh karena itu dilakukan penelitian dengan menggunakan panjang sirip. Setelah itu hasil dari perhitungan koefisien transmisi yang didapat dari tahap eksplorasi dibandingkan dengan hasil yang diperoleh pada tahap validasi. Jika pada tahap eksplorasi terdapat struktur yang mempunyai koefisien transmisi yang lebih kecil dibandingkan dengan tahap validasi maka struktur pada tahap eksplorasi

mempunyai kemampuan yang lebih baik dibandingkan struktur pada jurnal ilmiah tersebut dan dapat digunakan sebagai pedoman dalam mendesain *floating breakwater*. Selanjutnya adalah mengeksplorasi bentuk struktur lainnya untuk mengetahui nilai koefisien transmisi pada setiap variasi model. Berikut merupakan Bentuk Eksplorasi *Floating Breakwater Tipe Pontoon*.

**Tabel 3.8** Eksplorasi panjang sirip *floating breakwater*

No.	Nama	Dimensi		
		Panjang (m)	Lebar (m)	Panjang Sirip (m)
1.	Model 1 Tanpa Sirip 	20	6	0
		20	6	0
		20	6	0
2.	Model 2 	20	6	0.6
		20	6	0.6
		20	6	0.6
3.	Model 3 	20	6	0.9
		20	6	0.9
		20	6	0.9
4.	Model 4 	20	6	1.2
		20	6	1.2
		20	6	1.2

Selain itu penulis juga melaksanakan eksplorasi tinggi dan periode gelombang untuk menguji pengaruh struktur terhadap redaman gelombang. Berikut adalah data yang digunakan untuk proses pengujian struktur.

**Tabel 3.9** Eksplorasi tinggi gelombang dan periode gelombang

<b>H(m)</b>	<b>T(dtk)</b>	<b>H/gT<sup>2</sup></b>
0.0250	0.791	0.0041
0.0375	0.664	0.0087
0.0500	0.648	0.0121
0.0500	0.569	0.0157

#### 6. Analisa dan Pembahasan

Analisa dan pembahasan dilakukan untuk menganalisa hasil output yang didapat untuk validasi antara uji fisik dan numerik yang nantinya untuk mencapai tujuan yaitu mencari nilai koefisien transmisi

#### 7. Kesimpulan dan Saran

Hasil analisa akan diolah/disajikan dalam bentuk grafik agar dapat dibuat kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.

### 3.3 Langkah Pengerjaan

Adapun langkah – langkah pengerjaan simulasi model numerik *floating breakwater* adalah sebagai berikut ini :

#### 3.3.1 Pemodelan Menggunakan Autocad

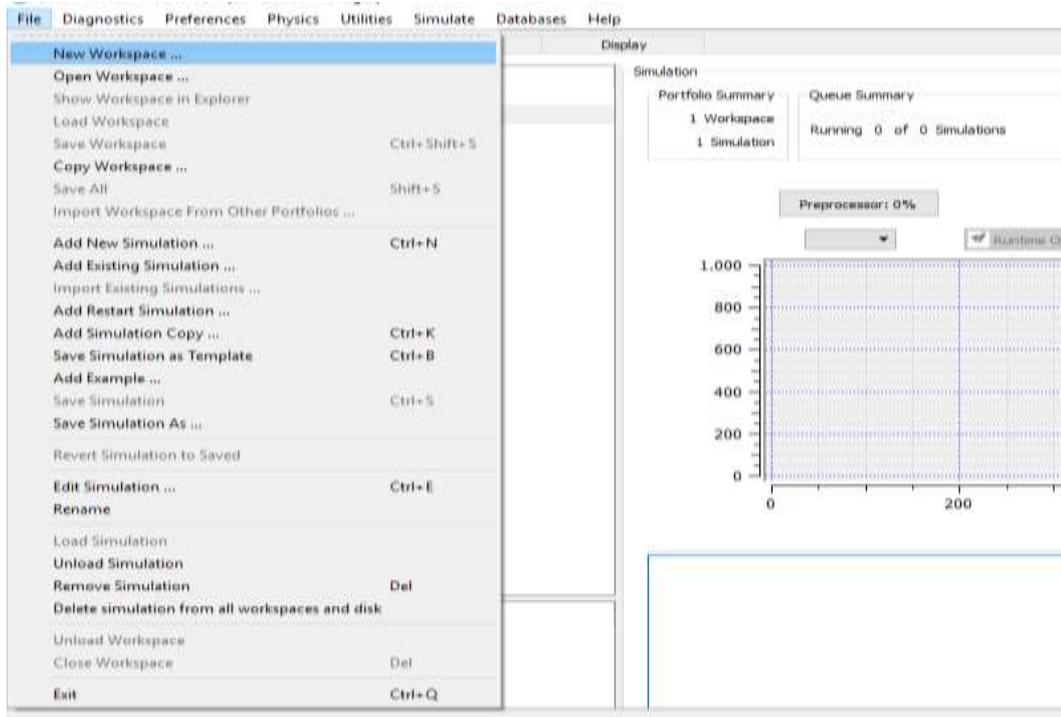
Tahap pemodelan yang dilakukan pertama kali adalah memodelkan stuktur *floating breakwater* model validasi dan model konfigurasi menggunakan *AutoCad 3D* dengan koordinat (0,0,0) agar memudahkan di proses selanjutnya, setelah selesai memodelkan struktur maka di ekspor ke format \*STL. Model yang akan divalidasi adalah model pada percobaan eksperimen (Dong,2008).

#### 3.3.2 Pemodelan menggunakan Flow-3D

Pemodelan pada *software Flow-3D* digunakan untuk mensimulasikan model secara numerik pada *floating* dengan berdasarkan model uji eksperimen yang telah dilakukan. Adapun beberapa tahapan dalam pemodelan *Flow-3D* adalah sebagai berikut:

##### 1. Pembuatan *Workspace* dan *Simulation*

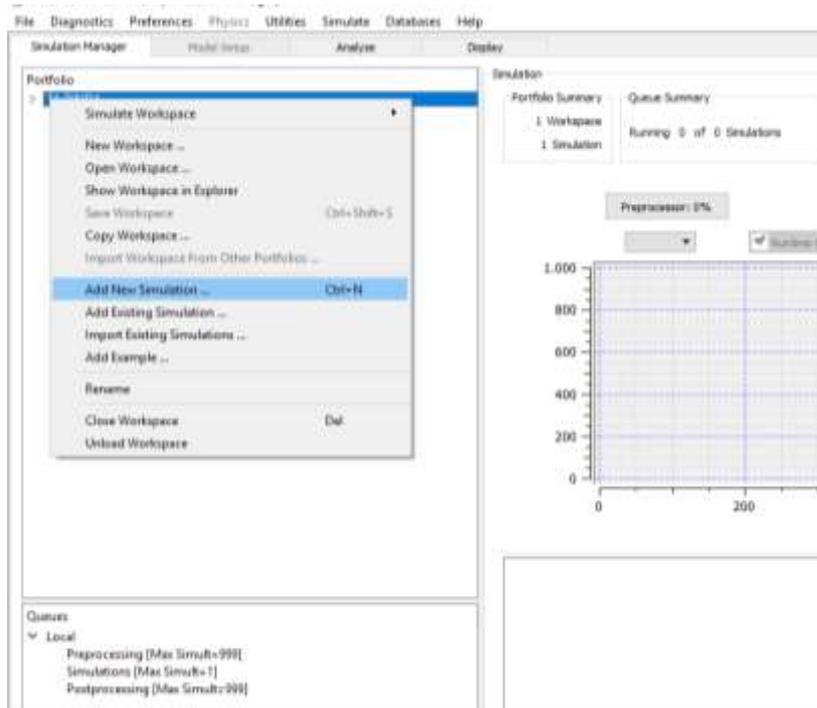
Pada tampilan awal *Flow-3D* pilih menu *file* di *toolbar* dan pilih *sub menu new workspace* seperti pada gambar 3.11. *Workspace* merupakan tempat kerja untuk *file* simulasi pada *software Flow-3D*.



**Gambar 3.7** Submenu workspace *Flow-3D*

## 2. Pembuatan Simulation

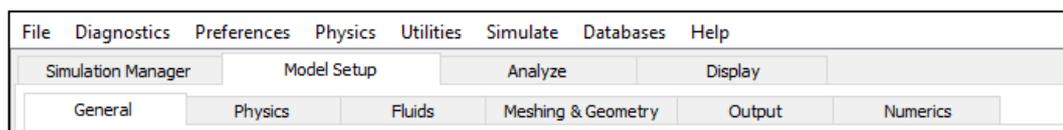
Apabila *workspace* telah terbuat, klik kanan pada *workspace* maka akan muncul *sub menu* lalu pilih “*New Simulation*” dan berikan nama pada simulasi yang akan dilakukan seperti pada gambar 3.12 dibawah ini. *Simulation* digunakan untuk membuat pemodelan yang akan dilakukan.



**Gambar 3.8** Submenu simulation

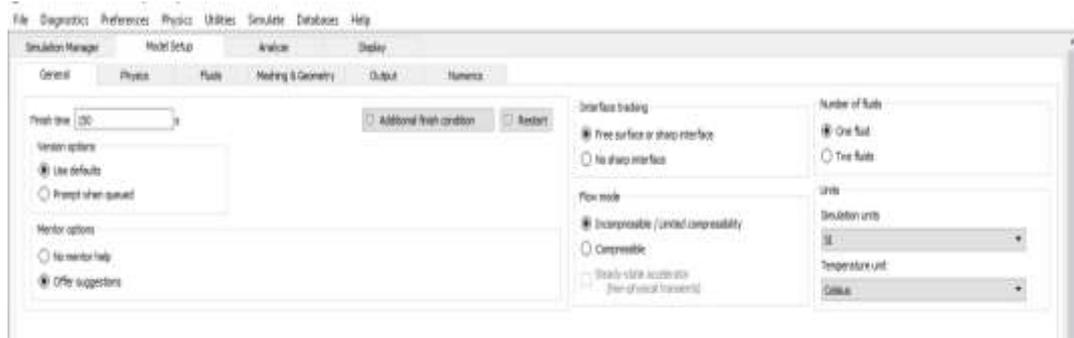
### 3. Pengaturan Menu *Model Setup*

Setelah lembar simulasi terbuat maka akan muncul *sub menu* simulasi model *setup*, yaitu *sub menu* yang digunakan untuk memodelkan *flume*, struktur dan parameter yang akan di *input* kan untuk menjalankan analisa model numerik *floating breakwater* . Pada model *setup* terdapat 6 pilihan *sub menu* seperti gambar 3.13 dibawah ini.



**Gambar 3.9** Menu model *setup*

Pada setiap *sub menu* kita meng-*input* parameter-parameter yang diperlukan. Pada tab “*General*”, *finish time* yang digunakan adalah 100s dan pengaturan satuan yang digunakan dalam *Flow-3D* adalah satuan SI. Untuk menu lainnya tidak diubah atau *default* seperti pada gambar 3.14.



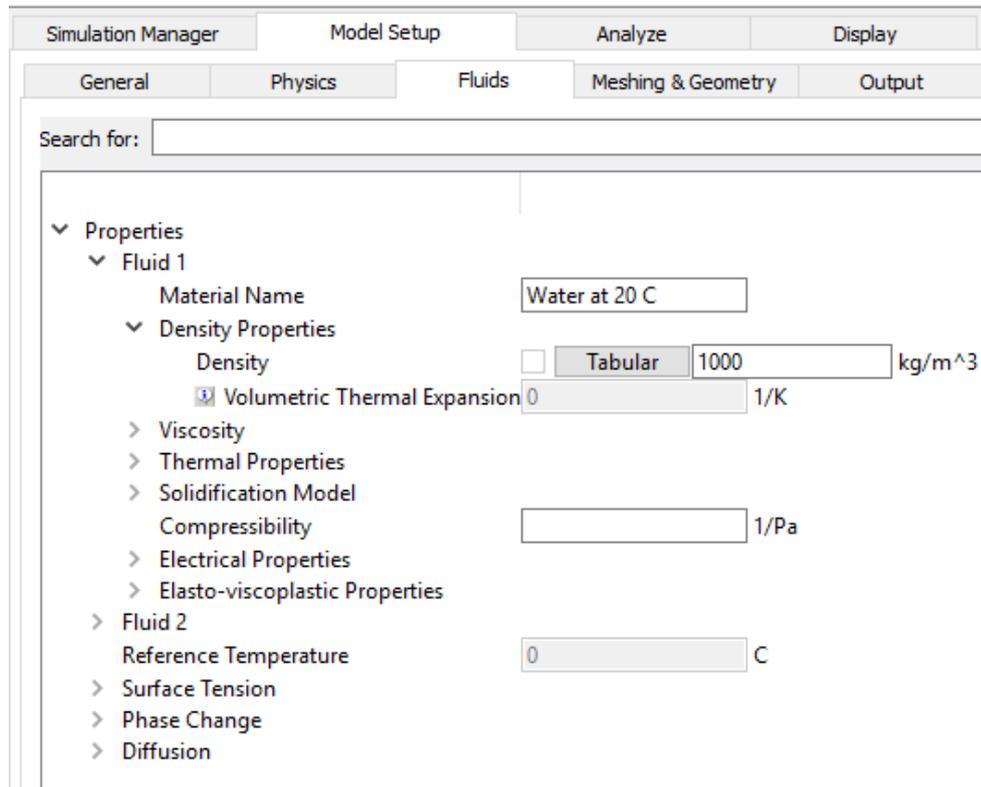
**Gambar 3.10** Submenu general

Pada sub menu “Physics” akan muncul pilihan mengenai parameter yang dapat dilakukan analisa oleh Flow-3D. Pada penelitian ini kita aktifkan parameter *Gravity and Non-inertial Reference Frame* pada parameter ini kita inputkan nilai gravity sebesar  $-9,81$  , *Moving and simple deforming objects* untuk mendefinisikan bahwa struktur itu dapat bergerak dan *Viscosity and Turbulance* pada parameter ini untuk mengaktifkan parameter jenis aliran fluida.



**Gambar 3.11** Submenu physics

Setelah itu pengaturan di tab “Fluid” dimana pada tab ini memasukan parameter karakteristik fluida yang akan digunakan. Untuk eksperimen ini yang digunakan adalah air tawar sehingga nilai densitasnya adalah  $1000\text{kg/m}^3$ .



**Gambar 3.12** Submenu fluids

Selanjutnya adalah Sub Menu “Meshing and Geometry”. Pada sub menu ini berisi beberapa fungsi window yang digunakan untuk *input* data dan parameter simulasi model *floating breakwater*.

Dalam sub menu ini kita memilih *Geometry window* yang berfungsi untuk meng-*input* model geometri struktur kedalam simulasi. Struktur yang di inputkan berupa ekstensi file “.STL”

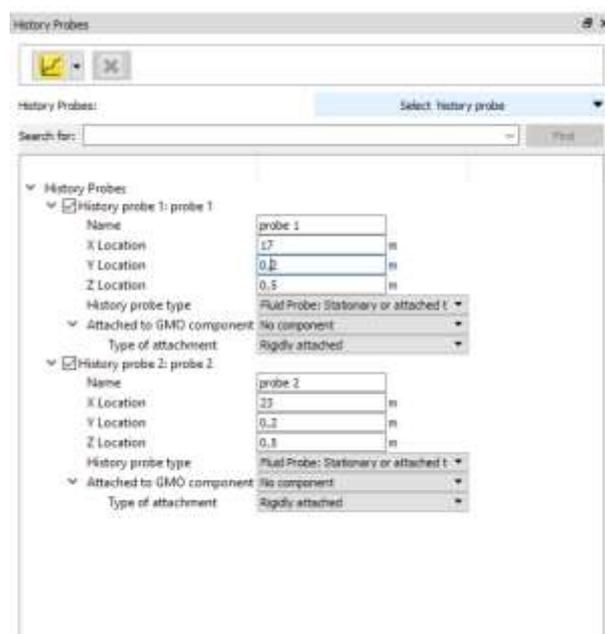
Selanjutnya membuat *mesh block* yang digunakan untuk menentukan batasan yang akan dimodelkan. Semakin rapat *meshing* maka akan semakin detail namun serta membuat ukuran *file output* yang semakin besar dan simulasi berjalan lebih lama. Pemodelan *floating breakwater* menggunakan 1 *mesh Block* dengan ukuran *meshing* 0.04 m, panjang *mesh cartesian* menyesuaikan *flume* pada sumbu X= 50 m, lebar sumbu Y= 0.4 m, dan sumbu Z= 1m.

Setelah membuat *mesh block* langkah selanjutnya adalah membuat *boundary condition*. Tujuan dari *boundary condition* ini adalah untuk menentukan

batas dalam pemodelan *Flow-3D*. Dalam setiap *mesh block* ada 6 *boundary condition*.

Pada *sub menu boundary condition*  $X_{\min}$  yang dipilih adalah *wave*, dimana  $X_{\min}$  merupakan daerah pembangkitan gelombang datang pada sisi  $X$  min. Variabel gelombang yang digunakan adalah gelombang reguler dengan tinggi gelombang dan periode gelombang serta elevasi ketinggian air yang digunakan didalam *flume* sebesar 0.5m.

Langkah selanjutnya adalah memilih *sub menu history probes window* digunakan untuk merekam datangnya gelombang terhadap waktu. Pada pemodelan ini digunakan dua *wave probes*. *Wave Probe 1* diletakkan pada daerah pembentukan gelombang sebelum mengenai struktur, sedangkan *wave probe 2* diletakkan setelah melewati struktur. Peletakan *wave probe* sendiri menggunakan titik koordinat yang berada di flume. Peletakan *wave probe* harus berada di permukaan air atau nilai  $Z$  *wave probe* sama dengan nilai  $Z$  untuk *initial condition*, sehingga pencatatan data dimulai pada keadaan *Mean Water Level*. *Sub menu history probes* dapat dilihat pada gambar 3.15.

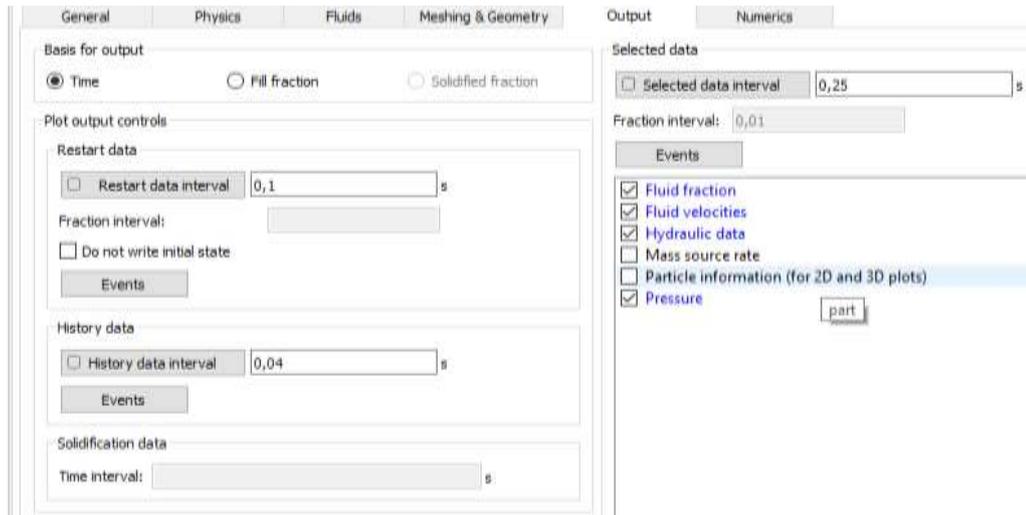


**Gambar 3.13** Posisi *wave probe*

#### 4. Pengaturan *Sub Menu Output*

*Sub menu output* digunakan untuk mencatat data pemodelan serta mengatur *interval* waktu yang dibutuhkan. Pada menu *output* juga dapat emilih *event* yang

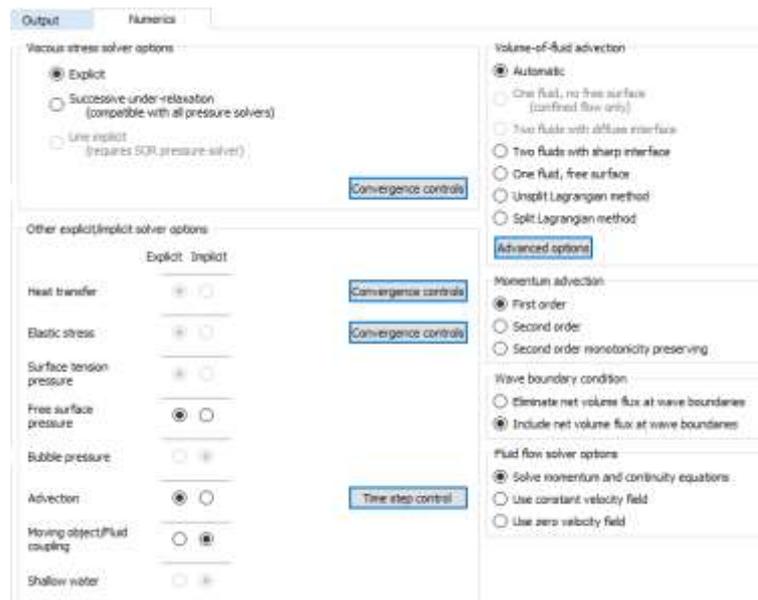
ingin ditunjukkan dalam data proses simulasi. Contoh *output* adalah seperti pada gambar 3.16 dibawah ini.



**Gambar 3.14** *Output* model

## 5. Numerics

Selanjutnya adalah *sub menu Numerics*, yang berfungsi untuk mengatur model numerik simulasi agar sesuai dengan hasil yang diinginkan. Pada *sub menu numerics* ini dapat dibiarkan *default* sehingga *Flow-3D* dapat menyesuaikan dengan simulasi yang dilakukan.



**Gambar 3.15** *Sub menu numerics*

## 6. Hasil simulasi model

Setelah meng-*input* semua parameter yang diperlukan untuk simulasi *floating breakwater* selanjutnya adalah memulai *simulasi* model. Hasil dari simulasi model akan ditampilkan pada *Sub menu analyze* dan *software flowsight*.

## 7. Pengolahan Gelombang Hasil simulasi Menggunakan *wave analisys*

Setelah didapatkan data yang tercatat pada *wave probe* 1 dan 2 untuk selanjutnya data harus diolah kedalam *Microsoft Excel* agar dapat mengetahui nilai tinggi gelombang datang dan gelombang transmisi. Pada penelitian ini tinggi gelombang yang digunakan adalah tinggi gelombang rata-rata ( $H_{average}$ ). Data tersebut di analisis menggunakan wavan agar didapatkan nilai tinggi gelombang rata-rata dan parameter lain.

Metode program WAVAN (*Wave Analysis*) versi 1.1 *Copyright (c) J.W. Kamphuis 2000* dalam mendapatkan nilai  $H_{average}$  dan  $T_{average}$ , pertama yang harus dilakukan adalah data hasil simulasi yang berbentuk *extension (\*xls)* diubah ke *notepad, extension (\*txt)*. Kemudian *file extension (\*txt)* tersebut menjadi input file *wave analysis* (nama *file*, jumlah kolom data, jumlah data, dll). Untuk mengeluarkan output statistik gelombang pertama kita harus memilih metode penentuan perhitungan gelombang yaitu *zero up-crossing*, *zero down-crossing*, atau *average*. Setelah memilih metode penentuan perhitungan gelombang akan menampilkan data berupa nilai jumlah gelombang,  $H_s$ ,  $T_{avg}$ ,  $H_{max}$ ,  $H_{avg}$ ,  $H_{rms}$ ,  $H_{1/10}$ .



```
Copyright Windows
New: MATLAB Worksheet Editor - [Untitled] - [Untitled] - [Untitled]
Program WAVAN
Wave Analysis

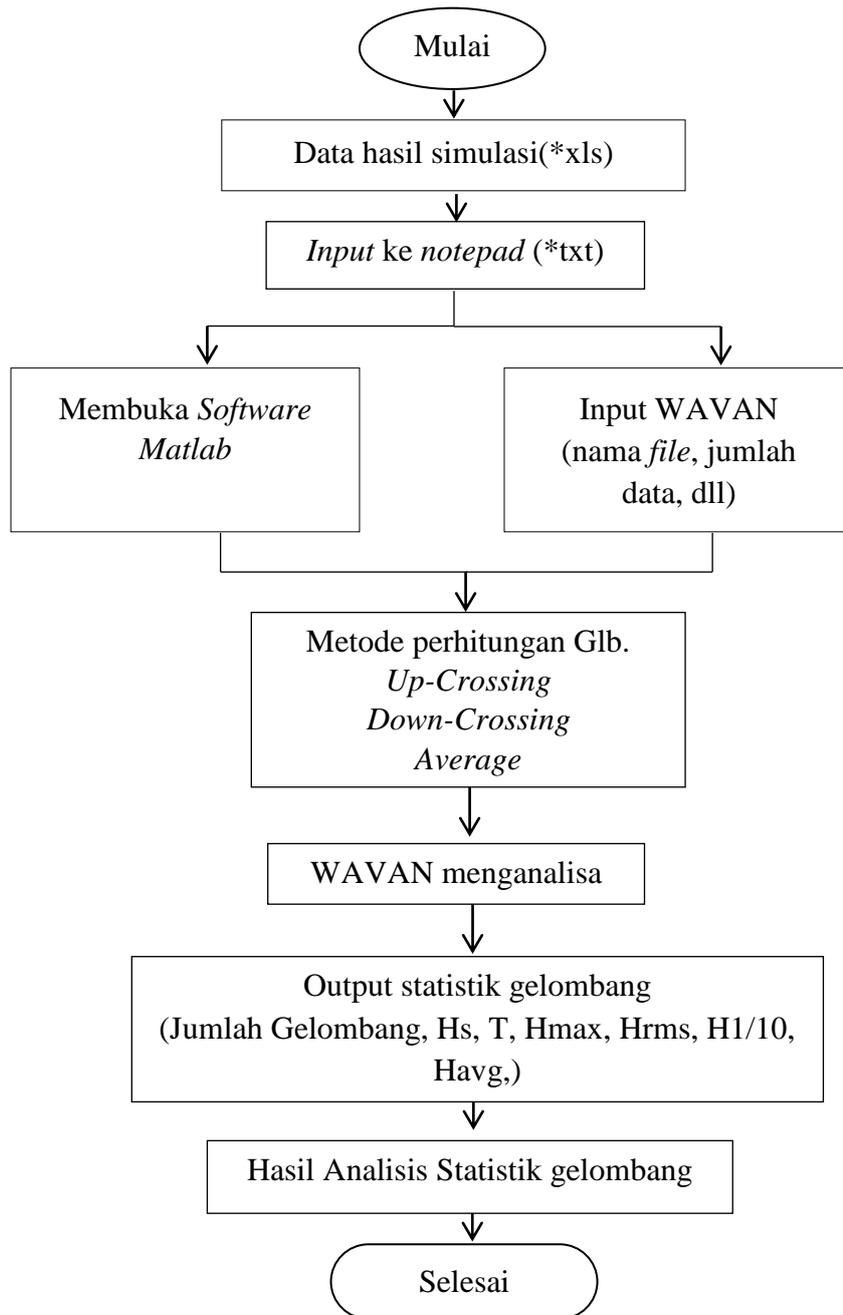
INPUT
enter input filename: zep1c005.txt
Enter Number of Columns in Input File: 1
Enter Sampling Time, Delta: 0.04
Enter No. of Points (Multiple of 8): 400
Do you want plots? - Yes=1, No=0: 1
Remove Mean (1) or Trend (2)? : 2
Enter Desired Resolution, M: 4

Enter Number of Bins for Histogram: 10

Basic Output
Mean Water Level = 0.9408 centimetres
Water Level Trend = 0.0164 cm/a
Sigma = 2.610 centimetres

Wave Statistics
```

**Gambar 3.16** Pengolahan data dengan WAVAN



**Gambar 3.17** Diagram alir pengolahan data menggunakan WAVAN

## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Pengaruh Kecuraman Gelombang Terhadap Koefisien Transmisi Model Eksplorasi

Setelah *Software Flow 3D* sudah dapat memodelkan pengujian fisik yang telah dilaksanakan sebelumnya dan tervalidasi, selanjutnya penulis memodelkan struktur hasil simulasi. Di sini penulis menggunakan beberapa variasi tinggi gelombang dan periode gelombang yang berbeda serta ada 4 struktur yang diuji oleh penulis diantaranya Model 1 tanpa sirip, Model 2 dengan panjang sirip 0.6 meter, Model 3 dengan panjang sirip 0.9 meter dan Model 4 dengan panjang sirip 1.2 meter. Selain itu penulis masih tetap menggunakan dimensi *wave flume* yang telah divalidasi sebelumnya. Tinggi gelombang datang dan periode gelombang yang digunakan untuk merumuskan hubungan antara  $H/gT^2$  pada sumbu-x terhadap pengaruh koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada sumbu-y dari setiap model. Untuk mengetahui pengaruh koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap  $H/gT^2$ , maka nilai  $H/gT^2$  bisa didapatkan setelah menghitung semua variabel yang diketahui. Panjang sirip pada *floating breakwater* tipe pontoon ini memiliki beberapa variasi. Jadi semakin panjang sirip dari *floating breakwater* tipe *pontoon* maka akan mendapatkan nilai koefisien transmisi yang semakin kecil.

##### 4.1.1 Analisa Pengaruh $H/gT^2$ Terhadap Koefisien Transmisi Model 1 (Tanpa Skirts)

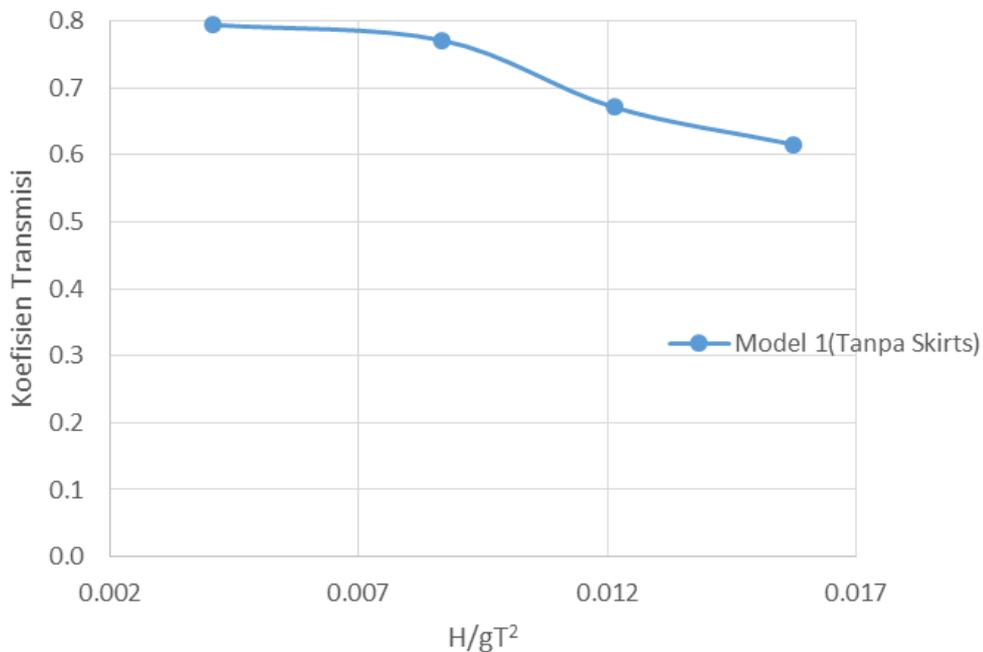
Pada hasil simulasi *floating breakwater* Model 1 struktur tanpa sirip dengan nilai perhitungan  $H/gT^2$  yang telah didapatkan. Kemudian dibuat tabel dan grafik untuk memperjelas perbandingan kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien transmisi. Berikut adalah perbandingan kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien transmisi pada struktur Model 1.

**Tabel 4.1** Pengaruh  $H/gT^2$  terhadap  $K_t$  pada Model 1

H (m)	T (dtk)	$H/gT^2$	$K_t$
-------	---------	----------	-------

<b>H (m)</b>	<b>T (dtk)</b>	<b>H/gT<sup>2</sup></b>	<b>K<sub>t</sub></b>
0.0250	0.791	0.004	0.794
0.0375	0.664	0.009	0.771
0.0500	0.648	0.012	0.671
0.0500	0.569	0.016	0.615

Dari Tabel 4.1 diatas menunjukkan Model 1 tanpa sirip dengan H0.0250 meter dan T 0.791 detik dengan kecuraman gelombang 0.004 mendapatkan nilai K<sub>t</sub> sebesar 0.794, Model 1 tanpa sirip dengan H0.0375 meter dan T0.664 detik dengan kecuraman gelombang 0.009 mendapatkan nilai K<sub>t</sub> sebesar 0.771, Model 1 tanpa sirip dengan H0.0500 meter dan T0.648 detik dengan kecuraman gelombang 0.012 mendapatkan nilai K<sub>t</sub> sebesar 0.671, Model 1 dengan H0.0500 meter dan T0.569 detik dengan kecuraman gelombang 0.016 mendapatkan nilai K<sub>t</sub> sebesar 0.615. Kemudian dapat dibuat grafik untuk mengetahui perubahan koefisien transmisi pada Model 1. Berikut gambar grafik perubahan nilai koefisien transmisi yang dipengaruhi oleh H/gT<sup>2</sup>.



**Gambar 4.1** Pengaruh H/gT<sup>2</sup> terhadap K<sub>t</sub> Model 1

Pada Gambar 4.1 menunjukkan hubungan nilai kecuraman gelombang pada sumbu-x dan koefisien transmisi pada sumbu-y, dari hasil analisa penulis sebaran data garis berwarna biru mendapatkan nilai koefisien transmisi pada Model 1 tanpa sirip yang memiliki *trend* menurun, terlihat bahwa nilai koefisien

transmisi terendah 0.615 terdapat pada nilai  $H/gT^2$  paling tinggi yaitu 0.016 sedangkan dengan nilai  $K_t$  tertinggi 0.794 terdapat pada nilai  $H/gT^2$  paling rendah yaitu 0.004. Penurunan nilai koefisien transmisi dipengaruhi perubahan nilai kecuraman  $H/gT^2$  dimana pada kondisi  $H/gT^2$  besar maka nilai koefisien transmisi menjadi semakin kecil dan begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai kecuraman gelombang  $H/gT^2$  maka semakin besar nilai koefisien transmisinya. Selain itu pada Model 1 tanpa sirip menghasilkan nilai koefisien transmisi yang relatif besar dibandingkan dengan Model 2, Model 3, dan Model 4.

#### 4.1.2 Analisa Pengaruh $H/gT^2$ Terhadap Koefisien Transmisi Model 2

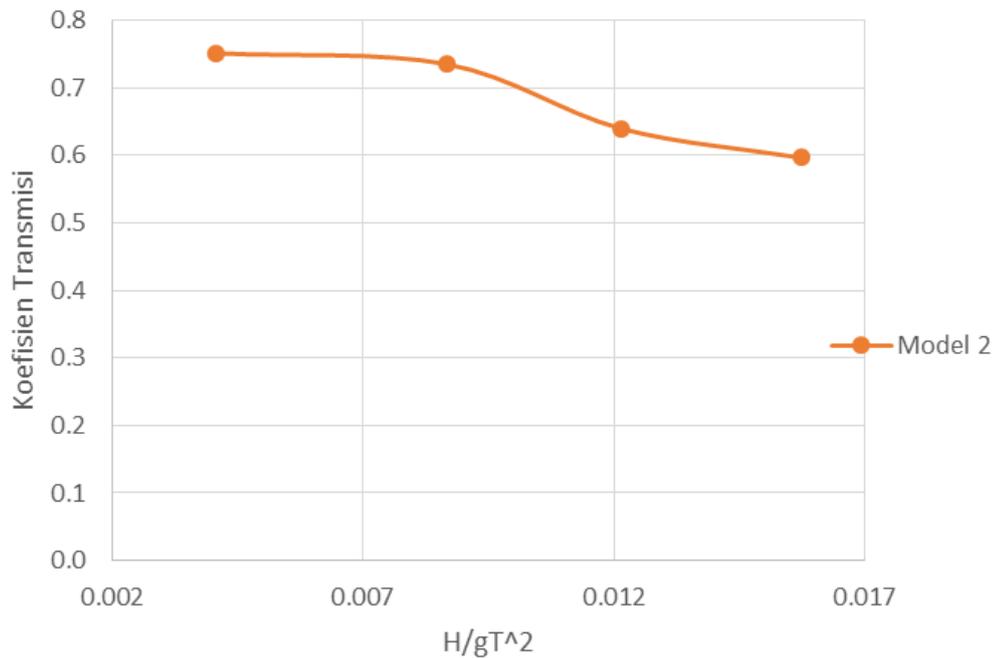
Pada hasil simulasi *floating breakwater* Model 2 dengan struktur panjang sirip 0.6 meter dengan nilai perhitungan kecuraman gelombang  $H/gT^2$  yang telah didapatkan. Kemudian dibuat tabel dan grafik untuk memperjelas perbandingan kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien transmisi. Berikut adalah perbandingan kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien transmisi pada struktur Model 2 dengan panjang sirip 0.6 meter.

**Tabel 4.2** Pengaruh  $H/gT^2$  terhadap  $K_t$  pada Model 2

H (m)	T (dtk)	$H/gT^2$	$K_t$
0.0250	0.791	0.004	0.751
0.0375	0.664	0.009	0.735
0.0500	0.648	0.012	0.640
0.0500	0.569	0.016	0.596

Dari Tabel 4.2 diatas menunjukkan hubungan kecuraman gelombang pada sumbu-x dan koefisien transmisi pada sumbu-y pada Model 2 dengan H0.0250 meter dan T0.791 detik dengan kecuraman gelombang 0.004 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.751, Model 2 dengan H0.0375 meter dan T0.664 detik dengan kecuraman gelombang 0.009 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.735, Model 2 dengan H0.0500 meter dan T0.648 detik dengan kecuraman gelombang 0.012 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.640, Model 2 dengan H0.0500 meter dan T0.569 detik dengan kecuraman gelombang 0.016 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.596. Kemudian dibuat grafik untuk mengetahui perubahan koefisien transmisi

pada Model 2. Berikut gambar grafik perubahan nilai koefisien transmisi yang dipengaruhi oleh  $H/gT^2$ .



**Gambar 4.2** Pengaruh  $H/gT^2$  terhadap  $K_t$  Model 2

Pada Gambar 4.2 dari hasil analisa penulis mendapatkan hubungan kecuraman gelombang pada sumbu-x dan koefisien transmisi pada sumbu-y, persebaran data garis berwarna jingga mendapatkan nilai koefisien transmisi pada Model 2 dengan panjang sirip 0.6 meter yang relatif menurun, terlihat bahwa nilai  $K_t$  terendah 0.596 terdapat pada  $H/gT^2$  paling tinggi yaitu 0.016 sedangkan dengan nilai Koefisien transmisi tertinggi 0.751 terdapat pada nilai  $H/gT^2$  paling rendah yaitu 0.004. Penurunan nilai  $K_t$  dipengaruhi perubahan nilai  $H/gT^2$  dimana pada kondisi  $H/gT^2$  besar maka nilai koefisien transmisi akan semakin kecil dan begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai  $H/gT^2$  maka akan semakin besar nilai  $K_t$ . Selain itu panjang sirip pada *floating breakwater* pada tipe ini mempengaruhi hasil dari koefisien transmisi, jadi semakin panjang sirip yang berada pada struktur *floating breakwater* maka semakin efektif kemampuan dari *floating breakwater* dalam meredam gelombang datang.

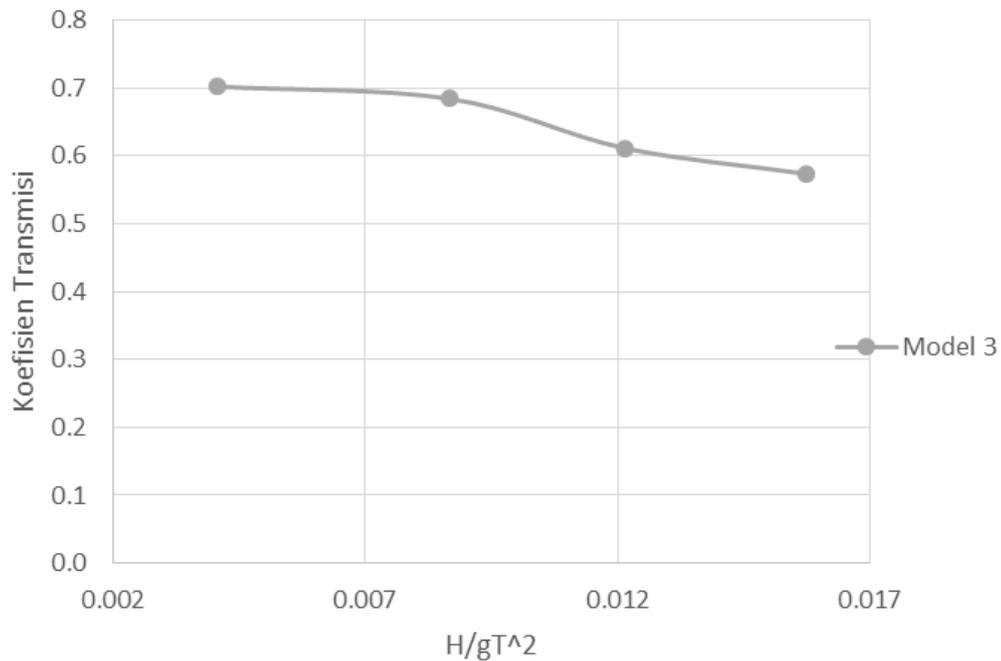
#### 4.1.3 Analisa Pengaruh $H/gT^2$ Terhadap Koefisien Transmisi Model 3

Pada hasil simulasi *floating breakwater* Model 3 dengan struktur dengan panjang sirip 0.9m dengan nilai perhitungan  $H/gT^2$  yang telah didapatkan. Kemudian dibuat tabel dan grafik untuk memperjelas perbandingan kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien transmisi. Berikut adalah perbandingan kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien transmisi pada struktur Model 3.

**Tabel 4.3** Pengaruh  $H/gT^2$  terhadap  $K_t$  pada Model 3

<b>H (m)</b>	<b>T (dtk)</b>	<b><math>H/gT^2</math></b>	<b><math>K_t</math></b>
0.0250	0.791	0.004	0.702
0.0375	0.664	0.009	0.684
0.0500	0.648	0.012	0.611
0.0500	0.569	0.016	0.573

Dari Tabel 4.3 diatas menunjukkan hubungan kecuraman gelombang pada sumbu-x dan koefisien transmisi pada sumbu-y pada Model 3 panjang sirip 0.9 meter dengan H0.0250 meter dan T0.791detik serta nilai kecuraman gelombang 0.004 mendapatkan nilai koefisien transmisi sebesar 0.702, Model 3 dengan H0.0375 meter dan T0.664 detik dengan kecuraman gelombang 0.009 mendapatkan nilai koefisien transmisi sebesar 0.684, Model 3 dengan H0.0500 meter dan T0.648 detik dengan kecuraman gelombang 0.012 mendapatkan nilai koefisien transmisi sebesar 0.611, Model 3 dengan H0.0500 meter dan T0.569 dengan kecuraman gelombang 0.016 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.573. Kemudian dapat dibuat grafik untuk mengetahui perubahan koefisien transmisi pada Model 3. Berikut gambar grafik perubahan nilai koefisien transmisi yang dipengaruhi oleh  $H/gT^2$ .



**Gambar 4.3** Pengaruh  $H/gT^2$  terhadap  $K_t$  Model 3

Pada Gambar 4.3 dari hasil analisa penulis mendapatkan hubungan kecuraman gelombang pada sumbu-x dan koefisien transmisi pada sumbu-y nilai koefisien transmisi pada Model 3 yang relatif menurun, terlihat bahwa nilai  $K_t$  terendah 0.573 terdapat pada  $H/gT^2$  paling tinggi yaitu 0.016 sedangkan dengan nilai  $K_t$  tertinggi 0.702 terdapat pada nilai  $H/gT^2$  paling rendah yaitu 0.004. Penurunan nilai  $K_t$  dipengaruhi perubahan nilai  $H/gT^2$  dimana pada kondisi  $H/gT^2$  besar maka nilai koefisien transmisi akan semakin kecil dan begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai  $H/gT^2$  maka akan semakin besar nilai  $K_t$ . Selain itu panjang sirip pada *floating breakwater* pada tipe ini mempengaruhi hasil dari koefisien transmisi, jadi semakin panjang sirip yang berada pada struktur *floating breakwater* maka semakin efektif kemampuan dari *floating breakwater* dalam meredam gelombang datang.

#### 4.1.4 Analisa Pengaruh $H/gT^2$ Terhadap Koefisien Transmisi Model 4

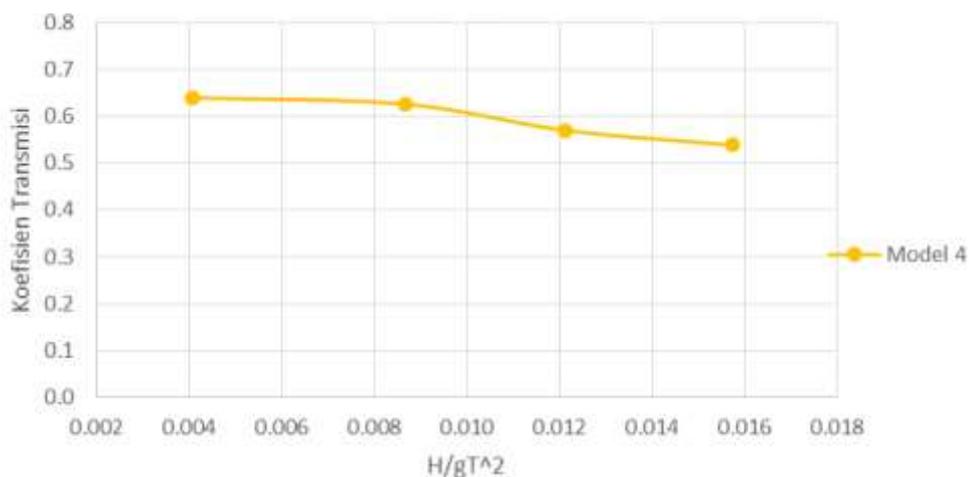
Pada hasil simulasi *floating breakwater* Model 4 dengan struktur dengan panjang sirip 1.2m dengan nilai perhitungan  $H/gT^2$  yang telah didapatkan. Kemudian dibuat tabel dan grafik untuk memperjelas perbandingan kecuraman

gelombang terhadap nilai koefisien transmisi. Berikut adalah perbandingan kecuraman gelombang terhadap nilai koefisien transmisi pada struktur Model 4.

**Tabel 4.4** Pengaruh  $H/gT^2$  terhadap  $K_t$  pada Model 4

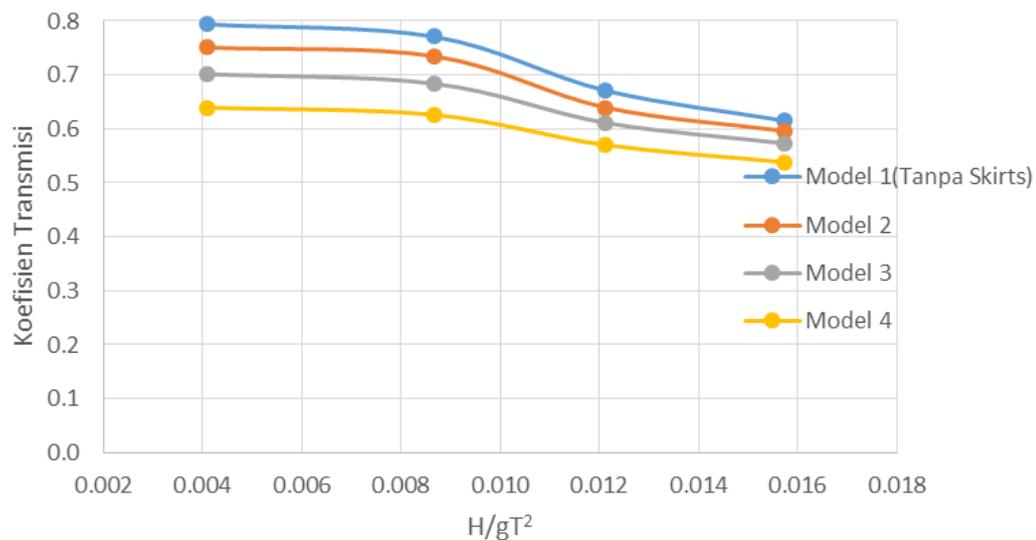
<b>H (m)</b>	<b>T (dtk)</b>	<b><math>H/gT^2</math></b>	<b><math>K_t</math></b>
0.0250	0.791	0.004	0.640
0.0375	0.664	0.009	0.626
0.0500	0.648	0.012	0.570
0.0500	0.569	0.016	0.538

Dari Tabel 4.4 diatas menunjukkan Model 4 dengan H0.0250 meter dan T 0.791 detik dengan kecuraman gelombang 0.004 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.640, Model 4 dengan H0.0375 meter dan T0.664 detik dengan kecuraman gelombang 0.009 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.626, Model 4 dengan H0.0500 meter dan T0.648 detik dengan kecuraman gelombang 0.012 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.570, Model 4 dengan H0.0500 meter dan T0.569 detik dengan kecuraman gelombang 0.016 mendapatkan nilai  $K_t$  sebesar 0.538. Kemudian dapat dibuat grafik untuk mengetahui perubahan koefisien transmisi pada Model 4. Berikut gambar grafik perubahan nilai koefisien transmisi yang dipengaruhi oleh  $H/gT^2$ .



**Gambar 4.4** Pengaruh  $H/gT^2$  terhadap  $K_t$  Model 4

Pada Gambar 4.4 dari hasil analisa penulis mendapatkan hubungan kecuraman gelombang pada sumbu-x dan koefisien transmisi pada sumbu-y nilai dari koefisien transmisi pada Model 4 yang relatif menurun, terlihat bahwa nilai  $K_t$  terendah 0.538 terdapat pada  $H/gT^2$  paling tinggi yaitu 0.016 sedangkan dengan nilai  $K_t$  tertinggi 0.640 terdapat pada nilai  $H/gT^2$  paling rendah yaitu 0.004. Penurunan nilai  $K_t$  dipengaruhi perubahan nilai  $H/gT^2$  dimana pada kondisi  $H/gT^2$  besar maka nilai koefisien transmisi akan semakin kecil dan begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai  $H/gT^2$  maka akan semakin besar nilai  $K_t$ . Selain itu panjang sirip pada *floating breakwater* pada tipe ini mempengaruhi hasil dari koefisien transmisi, jadi semakin panjang sirip yang berada pada struktur *floating breakwater* maka semakin efektif kemampuan dari *floating breakwater* dalam meredam gelombang datang.



**Gambar 4.5** Pengaruh  $H/gT^2$  terhadap  $K_t$  dan keseluruhan model

Pada Gambar 4.5 menunjukkan hubungan kecuraman gelombang pada sumbu-x dan koefisien transmisi pada sumbu-y pada kedalaman 0.5 meter dengan nilai *input* H dan T yang berbeda. Nilai koefisien transmisi pada Model 1 tanpa sirip berkisar antara 0.615-0.794, Nilai koefisien transmisi pada Model 2 dengan panjang sirip 0.6 meter berkisar antara 0.596-0.751, Nilai koefisien transmisi pada Model 3 dengan panjang sirip 0.9 meter berkisar antara 0.573-0.702, Nilai koefisien transmisi pada Model 4 dengan panjang sirip 1.2 meter berkisar antara 0.538-0.640. Hasil *trend* nilai koefisien transmisi pada keseluruhan model relatif

menurun. Kemudian dengan bertambahnya panjang sirip pada setiap model mempengaruhi hasil redaman yang dilakukan oleh *floating breakwater* tipe pontoon ini. Semakin panjang sirip *floating breakwater* maka akan semakin memperkecil nilai koefisien transmisinya. Dari Gambar 4.5 juga dapat diketahui bahwa masing-masing model memiliki *trend* nilai koefisien transmisi yang terus menurun dengan bertambah kecuraman gelombangnya.

Peningkatan nilai kecuraman gelombang menyebabkan penurunan nilai koefisien gelombang transmisi. Hal ini dikarenakan semakin curam gelombang atau semakin tinggi gelombang dibandingkan dengan panjangnya, efek dari struktur bawah air semakin terasa, bahkan dapat menyebabkan gelombang pecah pada saat mengenai struktur. Energi gelombang setelah pecah akan berkurang secara signifikan karena adanya turbulensi, sehingga energi gelombang yang diredam semakin besar.

Penurunan nilai koefisien transmisi pada Model 2, 3, 4 juga dipengaruhi oleh adanya transformasi gelombang dan perubahan ketinggian struktur yang tercelup ke dalam kolam. Tinggi gelombang di tempat pembentukan gelombang menjalar mengenai struktur, yang pada akhirnya gelombang tersebut akan mengalami difraksi, refleksi dan transmisi ketika mengenai struktur.

#### **4.2 Perbandingan Hasil Pengujian Terhadap $H/gT^2$**

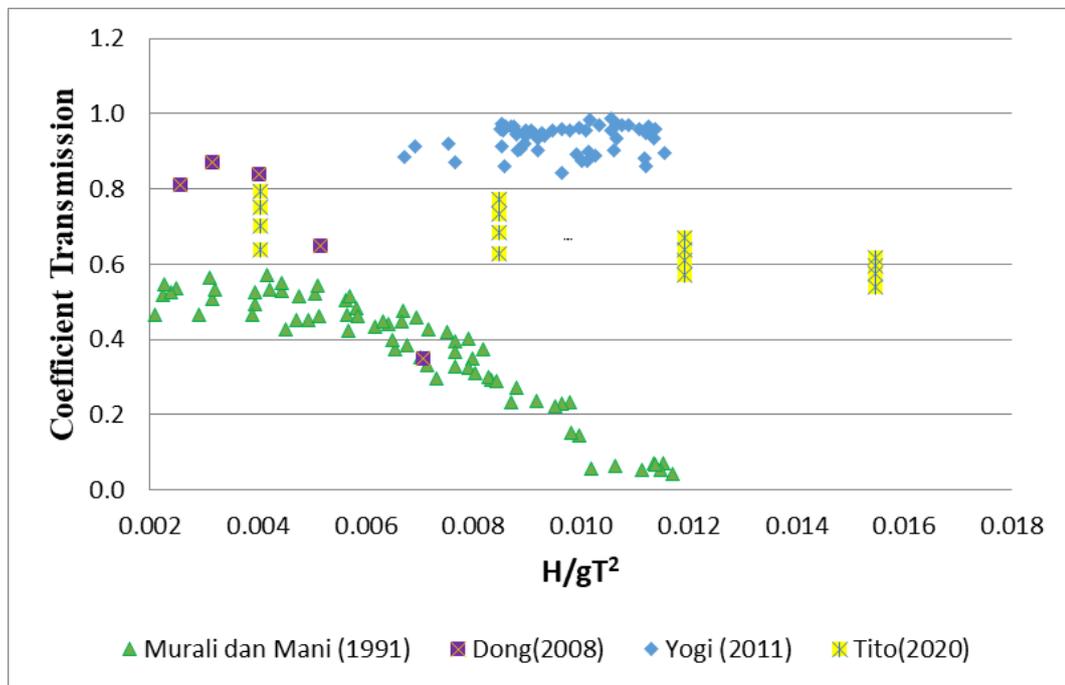
Agar mengetahui perbandingan struktur *floating breakwater* ini efektif dalam meredam gelombang maka perlu adanya pembandingan dengan penelitian lain yang mempunyai bentuk struktur *floating*. Dalam penelitian ini, data pembandingan yang digunakan adalah penelitian yang dilakukan oleh Murali dan Mani (1997), Dong (2008), Rezkirana (2011).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Murali dan Mani (1997) menggunakan struktur *cage floating breakwater* yang terdiri dari dua pontoon yang berbentuk trapesium dengan barisan pipa vertikal. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh Dong (2008) menggunakan *floating breakwater* yang berbentuk *single Box*, *double Box* dan *Board Net*, Dalam penelitian Rezkirana (2011), menggunakan bentuk model *floaton* berbentuk persegi panjang yang memiliki konfigurasi zig-zag.

**Tabel 4.5** Data perbandingan dengan penelitian lain

Peneliti	Model <i>Floating breakwater</i>			
	Tipe	Dimensi	Data kondisi lingkungan	Variasi
Murali dan Mani (1997)	Cage <i>floating breakwater</i>	B = 20 m; L = 20,30 dan 40 m;	Gelombang irreguler; Tinggi gelombang H= 4-24 m; T= 0,8-2,0	Lebar <i>pontoon</i> dan gap
G.H. Dong (2008)	<i>Pontoon</i>	B= 24 m ; L= 20 m ; H= 12m	Gelombang reguler H=2.5m; 4,5m; 6,0 m	Variasi <i>pontoon box</i>
Yogi Rezkirana (2011)	<i>Floaton</i>	B= 5 m; L= 5 m; H = 4 m	Gelombang irreguler H= 4m, 5, dan 6 m; T= 1,1 s;1,3 s;1,5 s	kemiringan sudut mooring dan draft
Tito Biaperi (2020)	<i>Pontoon Floating breakwater</i>	B= 6 m ; L= 20 m ; H=1.8-3m	Gelombang reguler H=1m; 1,5m; 2 m	Variasi Panjang Sirip

Perbandingan grafik hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa kecuraman gelombang memberikan perubahan terhadap nilai koefisien transmisi.



**Gambar 4.6** Perbandingan dengan penelitian sebelumnya

Pada penelitian yang dilakukan oleh Murali dan Mani (1997), nilai  $H/gT^2$  memberikan pengaruh yang cukup signifikan, dimana jika nilai  $H/gT^2$  semakin besar maka nilai koefisien transmisi yang dihasilkan cenderung akan semakin kecil. Eksperimen uji fisik yang dilakukan oleh Dong (2008) mendapatkan hasil yaitu persebaran data atau *trend* yang sama dengan penelitian Murali dan Mani (1997), semakin tinggi  $H/gT^2$  maka nilai koefisien transmisi yang dihasilkan akan semakin rendah. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Rezkirana (2011), perubahan nilai  $H/gT^2$  yang semakin besar tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai koefisien transmisi. Terakhir, penelitian tentang *floating breakwater* tipe *pontoon* dengan variasi panjang sirip yang dilakukan oleh penulis mendapatkan *trend* yang sama dengan percobaan yang telah dilakukan oleh Murali dan Mani (1991) serta Dong (2008). Variasi panjang sirip *floating breakwater* akan mempengaruhi ketinggian struktur yang tercelup air. Sehingga semakin panjang sirip dari *floating breakwater*, maka semakin rendah nilai koefisien transmisi yang dihasilkan. Dari keempat penelitian yang sudah dilakukan, menghasilkan pola grafik yang memiliki *trend* hampir sama. Kesimpulan yang dapat diambil yaitu bahwa *floating breakwater* tipe *pontoon* dengan variasi panjang sirip lebih efektif dalam meredam gelombang jika dibandingkan dengan *floaton* dan *box*.

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan pemodelan *floating breakwater* tipe *pontoon* yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari pemodelan numerik *floating breakwater* tipe *pontoon* dengan variasi panjang sirip memiliki hasil yang bervariasi. Model struktur *floating breakwater* tanpa sirip mendapatkan hasil Koefisien Transmisi yang paling rendah yaitu rata-rata 0.713, sedangkan model *floating breakwater* dengan panjang sirip 1.2m mendapatkan nilai  $K_t$  tertinggi yaitu dengan rata-rata 0.594. Perbedaan tinggi dan periode gelombang serta panjang sirip mempengaruhi nilai  $K_t$  yang didapat.
2. Pengaruh panjang sirip (Model 1 tanpa sirip, Model 2 panjang sirip 0.6m, Model 3 panjang sirip 0.9m, dan Model 4 panjang sirip 1.2m) dan koefisien transmisi sangat berkaitan.
  - a. Model 1 (tanpa sirip): untuk variasi tinggi dan periode gelombang Model 1  $H=0.025m$   $T=0.79dtk$ ;  $H=0.375m$   $T=0.66dtk$ ;  $H=0.05m$   $T=0.65dtk$ ;  $H=0.05m$   $T=0.57dtk$ , memperoleh nilai  $K_t$  *floating breakwater* secara berurutan sebesar 0.794; 0.771; 0.671; 0.615.
  - b. Model 2 (panjang sirip 0.6m): untuk variasi tinggi dan periode gelombang Model 2  $H=0.025m$   $T=0.79dtk$ ;  $H=0.375m$   $T=0.66dtk$ ;  $H=0.05m$   $T=0.65dtk$ ;  $H=0.05m$   $T=0.57dtk$ , memperoleh nilai  $K_t$  *floating breakwater* secara berurutan sebesar 0.751; 0.735; 0.640; 0.596.
  - c. Model 3 (panjang sirip 0.9m): untuk variasi tinggi dan periode gelombang Model 3  $H=0.025m$   $T=0.79dtk$ ;  $H=0.375m$   $T=0.66dtk$ ;  $H=0.05m$   $T=0.65dtk$ ;  $H=0.05m$   $T=0.57dtk$ , memperoleh nilai  $K_t$  *floating breakwater* secara berurutan sebesar 0.702; 0.684; 0.611; 0.573.

- d. Model 4 (panjang sirip 1.2m): untuk variasi tinggi dan periode gelombang Model 4  $H=0.025\text{m}$   $T=0.79\text{dtk}$ ;  $H=0.375\text{m}$   $T=0.66\text{dtk}$ ;  $H=0.05\text{m}$   $T=0.65\text{dtk}$ ;  $H=0.05\text{m}$   $T=0.57\text{dtk}$ , memperoleh nilai  $K_t$  *floating breakwater* secara berurutan sebesar 0.640; 0.626; 0.570; 0.538.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti, ada beberapa saran yang perlu dilakukan untuk keberlanjutan penelitian sejenis adalah sebagai berikut:

1. Membuat pemodelan *floating breakwater* ini dengan gelombang *irregular*.
2. Menganalisa kekuatan struktur dan sistem tambat *floating breakwater*
3. Memerlukan analisa mengenai *six degree of freedom (SDOF)* pada *floating breakwater* jenis ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Biesheuvel, A. C. 2013. *Effectiveness of Floating Breakwaters*. Delft University of Technology
- Dong, G. H. 2008. *Experiments on wave transmission coefficient of floating breakwater*. *Ocean Engineering* 35. 931–938.
- Fousert, M. W. 2006. *Floating breakwater: a Theoretical Study of a Dynamic Wave Attenuating System*, Section of Hydraulic Engineering. Faculty of Civil Engineering and Geosciences. Delft University of Technology. Netherland.
- Gustriansyah, R., 2017. “*Analisis Metode Single Exponential Smoothing Dengan Brown Exponential Smoothing Pada Studi Kasus Memprediksi Kuantiti Penjualan Produk Farmasi Di Apotek*”, Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Multimedia, STMIK AMIKOM Yogyakarta.
- Hales, L. Z., 1981. *Floating breakwater s State of The Art Literature Review*. Mississippi: Waterway Experiment Station, Corps of Engineer
- Jones, J.B. 1971. *Transportable Breakwaters-A survey o Concepts*, NTIS, Technical Report AD-887 841, Naval Facilities Engineering Command, Port Huenence, CA
- Mani, J.S., 1991.”*Design of Y-Frame Floating breakwater*”. *Journal of Waterway, Port Coast Ocean Eng.* 117 (2). 105-118
- 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

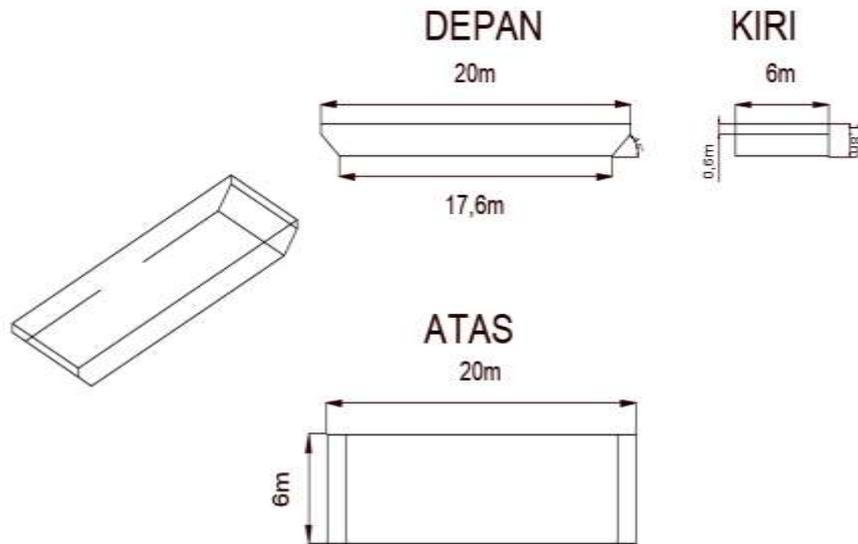
- Rezkirana, Yogi, *et al.* 2011. "Transmisi Gelombang pada Floating breakwater Polyethylene Bentuk Zig Zag", Digilib ITS, Surabaya
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Falkutas Teknik Universitas Gajah Mada
- Tsinker, G. P. 1995. *Marine Structures Engineering: Specialized Application*. An International Thomson publishing Company. New York.
- 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



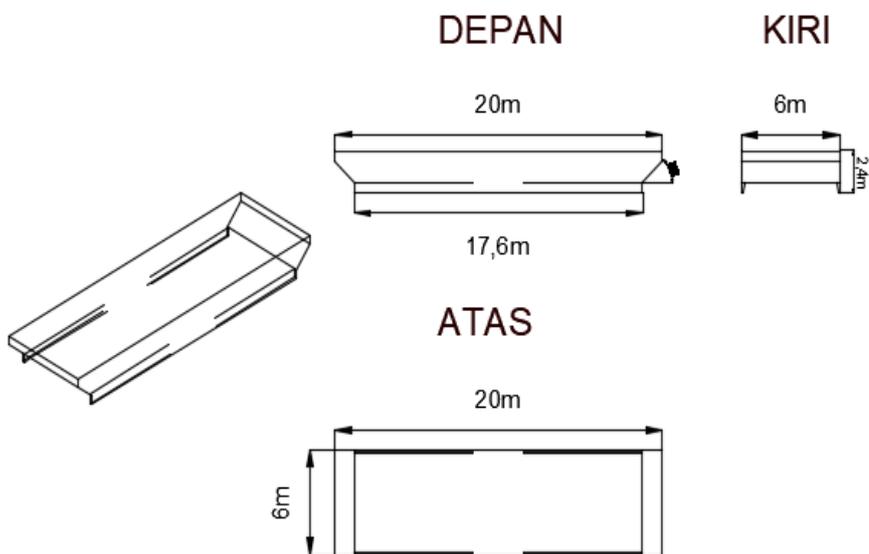
# LAMPIRAN A

## DESAIN MODEL FLOATING BREAKWATER

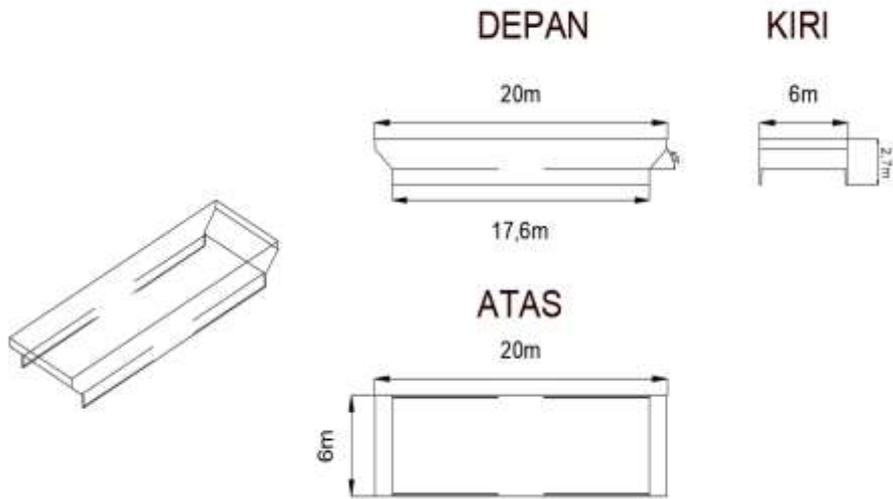
### 1. Desain Floating Breakwater Model 1



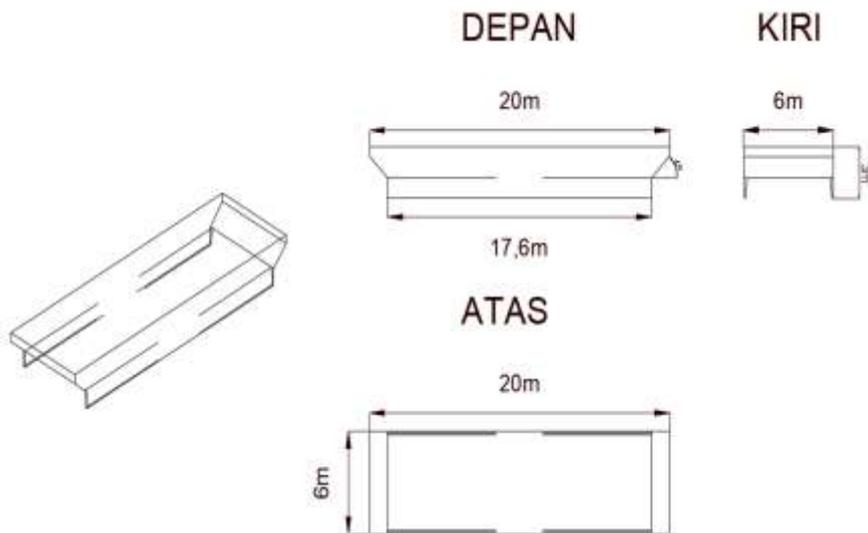
### 2. Desain Floating Breakwater Model 2



### 3. Desain Floating Breakwater Model 3



### 4. Desain Floating Breakwater Model 4



# LAMPIRAN B

## PERHITUNGAN STATISTIK GELOMBANG MENGGUNAKAN WAVAN

### 1. Probe1 (H=0.025 T=0.79)

>> run wavan

Program WAVAN

Wave Analysis

INPUT

enter input filename probel.txt  
Enter Number of Columns in Input File: 1  
Enter Sampling Time, Delt: 0.04  
Enter No. of Points (Multiple of 8): 584  
Do you want plots? - Yes=1, No=0: 0  
Remove Mean (1) or Trend (2)?: 2  
Enter Desired Resolution, M: 4

Enter Number of Bins for Histogram: 10

Basic Output

Mean Water Level = -0.0001 metres  
Water Level Trend = -0.00008 m/s  
Sigma = 0.006 metres

Wave Statistics

Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?: 3  
Number of Waves = 51  
Average Wave Period = 0.7739 seconds  
Significant Wave Height = 0.0235 metres  
Maximum Wave Height = 0.0295 metres  
Average Wave Height = 0.0233 metres  
rms Wave Height = 0.0242 metres  
Average of Highest 1/10 = 0.0260 metres  
Sigmaz = 0.0055 metres

For the Raw Spectrum

fmin = 0.0428 Hz  
Sigma = 0.0057 cm  
S(p) = 0.0004 cm<sup>2</sup>/Hz  
f(p) = 2.2260 Hz  
T(p) = 0.4492 sec

Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>  
Long Wave Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>  
Short Wave Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>

Hmo = 0.02 m

Long Wave Hmo = 0.00 m  
Short Wave Hmo = 0.02 m  
  
First Moment = 0.00007 metres  
Second Moment = 0.00017 metres  
Third Moment = 0.00050 metres  
Fourth Moment = 0.00216 metres  
Epsilon Squared = 0.56 metres  
T(0,1) = 0.44 metres  
T(0,2) = 0.43 metres

For the Spectrum with Defined Resolution

resolution = 0.1712 Hz  
Sigma = 0.0056 m  
S(p) = 0.0001 m<sup>2</sup>/Hz  
f(p) = 2.2902 Hz  
T(p) = 0.44 sec

Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>  
Long Wave Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>  
Short Wave Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>

Hmo = 0.02 m  
Long Wave Hmo = 0.00 m  
Short Wave Hm = 0.02 m

First Moment = 0.00007 metres  
Second Moment = 0.00018 metres  
Third Moment = 0.00051 metres  
Fourth Moment = 0.00216 metres  
Epsilon Squared = 0.54 metres  
T(0,1) = 0.44 metres  
T(0,2) = 0.42 metres

For the Average of 4 Spectra

fmin = 0.1712 Hz  
Sigma = 0.0057 m  
S(p) = 0.0002 m<sup>2</sup>/Hz  
f(p) = 2.2260 Hz  
T(p) = 0.45 sec

Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>  
Long Wave Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>  
Short Wave Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>

Hmo = 0.02 m  
Long Wave Hmo = 0.00 m  
Short Wave Hmo = 0.02 m

For the Average of 7 Spectra

fmin = 0.1712 Hz  
Sigma = 0.0056 m  
S(p) = 0.0002 m<sup>2</sup>/Hz  
f(p) = 2.2260 Hz  
T(p) = 0.45 sec

Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>  
Long Wave Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>  
Short Wave Variance = 0.0000 m<sup>2</sup>

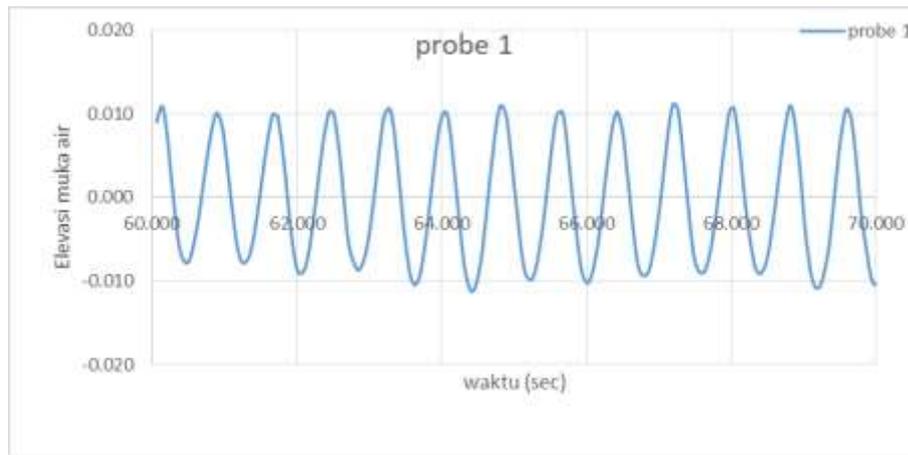
Hmo = 0.02 m  
Long Wave Hmo = 0.00 m  
Short Wave Hmo = 0.02 m

Completed Run

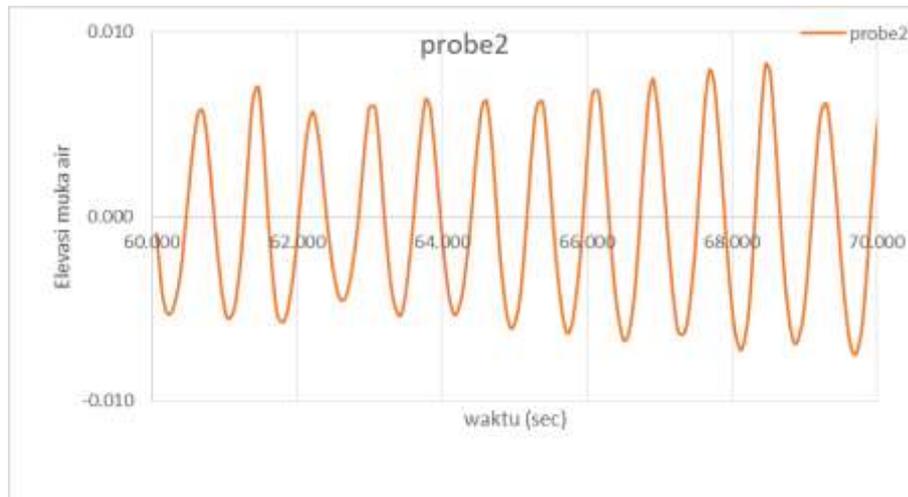
## LAMPIRAN C

### PERHITUNGAN STATISTIK GELOMBANG MANUAL

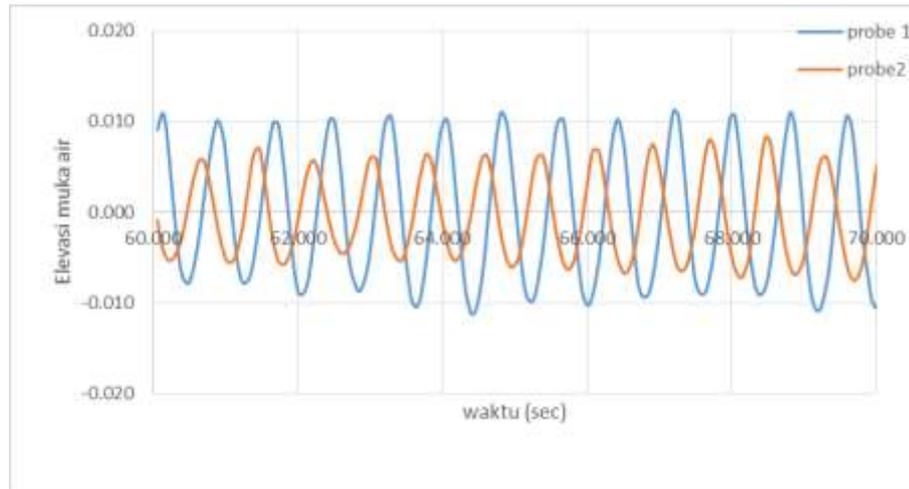
Untuk membuktikan bahwa program WAVAN tersebut akurat dan dapat digunakan maka dilakukan perbandingan antara perhitungan manual dengan perhitungan menggunakan program WAVAN tersebut. Berikut hasil perhitungan manual dengan  $H=0.025$  meter dan  $T=0.079$  detik



Grafik Sampel Data Gelombang Probe 1



Grafik Sampel Data Gelombang Probe 2



Grafik Sampel Data Gelombang Probe 1 dan Probe 2

1. Tabel Perhitungan Gelombang Probe 1 dengan Metode *Upcrossing*

<b>Gel ke</b>	<b>Puncak</b>	<b>Lembah</b>	<b>H (m)</b>
1	0.010	-0.008	0.018
2	0.010	-0.009	0.019
3	0.010	-0.009	0.019
4	0.011	-0.011	0.022
5	0.010	-0.011	0.021
6	0.011	-0.010	0.021
7	0.012	-0.013	0.025
8	0.010	-0.009	0.019
9	0.013	-0.013	0.026

2. Tabel Perhitungan Tinggi Gelombang Signifikan dan Rata-Rata Probe 1

No.	H (m)	1/3 H Tertinggi	Hs(m)	Havg (m)
1	0.026	0.026	0.0243	0.025
2	0.025	0.025		
3	0.022	0.022		
4	0.021			
5	0.021			
6	0.020			
7	0.020			
8	0.190			
9	0.180			
Jumlah	50	0.073		

3. Tabel Persentase Kesalahan pada Probe 1

	Manual (m)	Wavan (m)	% Error
Hs	0.0243	0.0235	3.42
Havg	0.025	0.023	6.80

## BIODATA PENULIS



Tito Biaperi lahir di Kediri, 27 Mei 1996 merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri Sambi I, kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama Negeri 4 Kediri dan Sekolah Menengah Atas Negeri 2 Kediri. Pada tahun 2015, penulis melanjutkan pendidikan jenjang Sarjana di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya. Selama Sembilan semester menjadi mahasiswa, penulis mengikuti Unit Kegiatan Mahasiswa. Di tahun pertama penulis menjadi Anggota Satuan Resimen Mahasiswa 802-ITS. Pada tahun kedua penulis menjadi Kepala Staf Urusan Provost Satuan Resimen Mahasiswa 802-ITS, serta aktif menjadi Staf Dalam Negeri di Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan. Kemudian di tahun ketiga penulis menjabat sebagai Komandan Resimen Mahasiswa 802-ITS. Pada tahun ketiga juga penulis melakukan kerja praktek. selama dua bulan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Sumber Daya Air, Badan Penelitian dan Pengembangan, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Singaraja-Bali. Pada tahun keempat penulis masih menjadi Dewan Pertimbangan di Satuan Resimen Mahasiswa 802-ITS. Pada akhir masa pendidikan penulis memilih topik tugas akhir tentang Analisa Redaman *Floating Breakwater* Tipe *Pontoon* dengan Menggunakan *Software Flow-3D*.

Contact person: [titobiaperi@gmail.com](mailto:titobiaperi@gmail.com)/082236472608