



TUGAS AKHIR - MO 184804

**STUDI EKSPERIMEN TRANSMISI DAN REFLEKSI GELOMBANG
PADA *FLOATING BREAKWATER* TIPE GERGAJI BERPORI
BERDASARKAN VARIASI SUDUT GELOMBANG DATANG**

GUFATEH FINASHUDA

NRP. 04311540000069

Dosen Pembimbing:

Sujantoko, S.T., M.T.

Dr. Ir. Hasan Ikhwan, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019



TUGAS AKHIR - MO 184804

**STUDI EKSPERIMEN TRANSMISI DAN REFLEKSI GELOMBANG
PADA *FLOATING BREAKWATER* TIPE GERGAJI BERPORI
BERDASARKAN VARIASI SUDUT GELOMBANG DATANG**

GUFATEH FINASHUDA

NRP. 0431154000069

Dosen Pembimbing:

Sujantoko, S.T., M.T.

Dr. Ir. Hasan Ikhvani, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019



FINAL PROJECT - MO 184804

**EXPERIMENTAL STUDIES OF WAVE TRANSMISSION AND
REFLECTION ON POROUS SAW-SHAPED FLOATING
BREAKWATER BASED ON INCIDENT WAVE ANGLE
VARIATION**

GUFATEH FINASHUDA

NRP. 04311540000069

Supervisors:

Sujantoko, S.T., M.T.

Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

DEPARTEMEN OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2019

HALAMAN PENGESAHAN

STUDI EKSPERIMEN TRANSMISI DAN REFLEKSI GELOMBANG PADA *FLOATING BREAKWATER* TIPE GERGAJI BERPORI BERDASARKAN VARIASI SUDUT GELOMBANG DATANG

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

GUFATEH FINASHUDA

NRP. 04311540000069

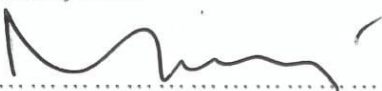
Disetujui oleh:

1. Sujantoko, S.T., M.T.  (Pembimbing 1)

2. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.  (Pembimbing 2)

3. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.  (Penguji 1)

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

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

Surabaya, 23 Juli 2019

**STUDI EKSPERIMEN TRANSMISI DAN REFLEKSI
GELOMBANG PADA *FLOATING BREAKWATER* TIPE
GERGAJI BERPORI BERDASARKAN VARIASI SUDUT
GELOMBANG DATANG**

Nama : **Gufateh Finashuda**
NRP : **0431154000069**
Departemen : **Teknik Kelautan FTK - ITS**
Dosen Pembimbing : **Sujantoko, S.T., M.T.**
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

ABSTRAK

Floating breakwater merupakan struktur bangunan terapung yang menjadi solusi untuk melemahkan energi gelombang. Gelombang yang mengenai struktur akan direfleksikan, ditransmisikan dan didisipasi. *Floating breakwater* dikatakan baik meredam gelombang apabila memiliki nilai koefisien transmisi yang kecil. Pada tugas akhir ini akan dibahas mengenai koefisien transmisi dan refleksi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori terhadap gelombang dengan variasi sudut gelombang datang, yang nantinya akan dibandingkan dengan tipe *pontoon*. Pengujian akan dilakukan di *wave flume* 2D Laboratorium Rekayasa Energi dan Lingkungan Departemen Teknik Kelautan ITS, menggunakan model berbahan dasar PLA (*Poly Lactic Acid*) dengan skala 1:50. Dari pengujian yang dilakukan didapatkan *floating breakwater* tipe gergaji berpori memiliki nilai koefisien transmisi berturut-turut dari yang terbesar ke terkecil yaitu pada sudut 90°, 60° dan 45° dan nilai koefisien refleksi berturut-turut dari yang terkecil ke terbesar yaitu pada sudut 45°, 60° dan 90°. Nilai K_t tipe gergaji berpori lebih besar 2,23%; 1,8% dan 1,43% terhadap tipe *pontoon* pada sudut gelombang datang 90°, 60° dan 45° secara berurutan. Nilai K_r tipe gergaji berpori lebih kecil 15,96%; 7,36% dan 7,27% terhadap tipe *pontoon* pada sudut gelombang datang 90°, 60° dan 45° secara berurutan.

Kata kunci : *Floating breakwater*, transmisi, refleksi, sudut gelombang datang.

EXPERIMENTAL STUDIES OF WAVE TRANSMISSION AND REFLECTION ON POROUS SAW-SHAPED FLOATING BREAKWATER BASED ON INCIDENT WAVE ANGLE VARIATION

Name : Gufateh Finashuda
NRP : 0431154000069
Departement : Ocean Engineering FTK - ITS
Supervisors : Sujantoko, S.T., M.T.
Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

ABSTRACT

Floating breakwater is a floating structure that provide solution to attenuate wave energy. The wave that hitting structure will be reflected, transmitted and dissipated. Floating breakwater can mentioned useful as wave energy attenuater if it has small value of transmission coefficient. This final project will discuss about transmission and reflection coefficient on porous saw-shaped floating breakwater against incident oblique wave in variation, which later porous saw-shaped floating breakwater will be compared to pontoon-shaped floating breakwater. The experiment will be done in 2D wave flume Rekayasa Energi dan Lingkungan Laboratory Departemen Teknik Kelautan ITS, that using physical model made from PLA (Poly Lactic Acid) with 1:50 scale. From the experiment porous saw-shaped floating breakwater obtain transmission coefficient consecutive from the highest to the lowest are 90°, 60° and 45° and reflection coefficient value consecutive from the lowest to the highest are 45°, 60° and 90°. Porous saw-shaped floating breakwater has transmission coefficient that 2,23%; 1,8% and 1,43% consecutive higher to pontoon shape in angle of incident wave 90°, 60° and 45°. Porous saw-shaped floating breakwater has reflection coefficient that 15,96%; 7,36% dan 7,27% consecutive lower to pontoon shape in angle of incident wave 90°, 60° and 45°.

Keywords : Floating breakwater, transmision, reflection, angle of incident wave.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat diberikan kesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Eksperimen Transmisi dan Refleksi Gelombang pada *Floating Breakwater* Tipe Gergaji Berpori Berdasarkan Variasi Sudut Gelombang Datang” dengan baik dan tepat waktu.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi syarat menyelesaikan studi sarjana (S1) Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini membahas mengenai koefisien transmisi dan refleksi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori, yang mana nantinya akan dibandingkan dengan *floating breakwater* tipe *pontoon*. Analisis ini dilakukan melalui pemodelan fisik.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada Laporan Tugas Akhir ini, oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan agar penulisan laporan maupun isi dari laporan kedepannya bisa menjadi lebih baik lagi. Penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca maupun pihak-pihak lain.

Surabaya, Juli 2019

Gufateh Finashuda

UCAPAN TERIMA KASIH

Tugas Akhir ini merupakan bagian dari Kontrak Penelitian Program Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat ITS Nomor : 866/PKS/ITS/2019 atas nama Sujantoko, dkk dengan judul Rancang Bangun Pemecah Gelombang Terapung Berpori untuk Perlindungan Pantai yang Efektif dan Efisien. Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pengerjaan Tugas Akhir maupun dalam penulisan laporan ini, antara lain :

1. Keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa dan dukungan kepada penulis.
2. Bapak Sujantoko, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing 1 dan Bapak Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc. selaku dosen pembimbing 2 atas ilmu yang bermanfaat dan bimbingannya dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D., Bapak Dr. Eng., M. Zikra, S.T., M.Sc dan Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D. selaku dosen penguji atas saran dan masukannya yang bermanfaat dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Drs. Mahmud Mustain, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Energi dan Lingkungan Departemen Teknik Kelautan ITS atas izin yang diberikan dalam penggunaan *wave flume* untuk pelaksanaan eksperimen dan Almarhum Bapak Arif selaku teknisi Laboratorium Rekayasa Energi dan Lingkungan Departemen Teknik Kelautan ITS atas bantuan dan dukungannya selama melaksanakan eksperimen dan penyusunan Tugas Akhir..
5. Teman-teman seperjuangan Tugas Akhir *Floating Breakwater* (Risman, Ali, Atul, Rifqi, Wafi, Ocep) yang telah saling membantu, menguatkan dan bekerja bersama sama selama melakukan eksperimen dan penyusunan Tugas Akhir.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	iv
UACAPAN TERIMA KASIH	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR NOTASI	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Masalah.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 <i>Floating Breakwater</i>	10
2.2.2 Karakteristik Gelombang	13
2.2.3 Gelombang Acak (<i>Irregular</i>)	14
2.2.4 Gelombang Transmisi	16
2.2.5 Gelombang Refleksi	17

2.2.6	Pengaruh Gelombang Datang Miring	19
2.2.7	Teori Spektrum Gelombang JONSWAP.....	20
2.2.8	Pemodelan Fisik	21
2.2.9	Analisis Dimensi	26
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	27
3.1	Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir	27
3.2	Metodologi Penelitian	28
3.2.1	Studi Literatur	28
3.2.2	Persiapan Eksperimen	28
3.2.3	Pelaksanaan Eksperimen	39
3.2.4	Perekaman Data Fluktuasi Muka Air	42
3.2.5	Analisis Koefisien Transmisi Menggunakan Program WAVAN	42
3.2.6	Analisis Koefisien Refleksi Menggunakan Persamaan GODA (1985).....	44
3.2.7	Kesimpulan dan Saran.....	45
BAB IV	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	47
4.1	Analisis Hasil Eksperimen	47
4.1.1	Analisis Koefisien Transmisi	48
4.1.2	Analisis Koefisien Refleksi.....	52
4.2	Perbandingan Koefisien Transmisi <i>Floating Breakwater</i> Tipe Gergaji Berpori dengan Tipe <i>Pontoon</i>	54
4.3	Perbandingan Koefisien Refleksi <i>Floating Breakwater</i> Tipe Gergaji Berpori dengan Tipe <i>Pontoon</i>	56
4.4	Perbandingan Hasil Pemodelan Fisik Transmisi dan Refleksi dengan Penelitian Sebelumnya.....	59
4.5	Perbandingan K_t dan K_r pada <i>Floating Breakwater</i> Tipe Gergaji Berpori.....	64
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	67

5.1 Kesimpulan	67
5.2 Saran	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tipe <i>floating breakwater</i>	8
Gambar 2.2	Koefisien transmisi berdasarkan arah gelombang datang miring	9
Gambar 2.3	<i>Floating breakwater</i>	10
Gambar 2.4	Struktur <i>reflective</i> dan struktur <i>dissipative</i>	13
Gambar 2.5	Skema pembentukan gelombang	13
Gambar 2.6	Sketsa definisi gelombang <i>irregular</i>	15
Gambar 2.7	Interaksi antara gelombang dan <i>floating breakwater</i>	16
Gambar 2.8	Gelombang datang lurus dan miring.....	20
Gambar 2.9	Perbandingan B/L untuk gelombang lurus dan miring menurut Van der Linden, 1986	20
Gambar 3.1	Diagram alir metodologi penelitian tugas akhir	27
Gambar 3.2	Sketsa <i>floating breakwater</i> tipe <i>pontoon</i>	30
Gambar 3.3	Sketsa <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori.....	30
Gambar 3.4	<i>Seabed</i> buatan	32
Gambar 3.5	<i>Wave flume</i> laboratorim rekayasa energi dan lingkungan	32
Gambar 3.6	<i>Wave generator</i>	33
Gambar 3.7	Komputer untuk mengatur <i>wave generator</i>	33
Gambar 3.8	<i>Wave probe</i>	34
Gambar 3.9	<i>Layout flume</i> dan peletakan <i>wave probe</i> tampak samping (a) dan tampak atas (b).....	35
Gambar 3.10	Sketsa proses kalibrasi <i>wave probe</i>	36
Gambar 3.11	Grafik hasil kalibrasi di berbagai <i>wave probe</i>	38
Gambar 3.12	Model fisik <i>floating breakwater</i> tipe <i>pontoon</i> (a) dan tipe gergaji berpori (b).....	39

Gambar 3.13	<i>Layout floating breakwater</i> dengan sudut gelombang datang 90°	40
Gambar 3.14	<i>Layout floating breakwater</i> dengan sudut gelombang datang 60°	41
Gambar 3.15	<i>Layout floating breakwater</i> dengan sudut gelombang datang 45°	41
Gambar 3.16	<i>Layout floating breakwater</i> tampak samping	42
Gambar 3.17	Diagram alir proses Progam WAVAN	43
Gambar 3.18	Diagram alir Matlab menggunakan Persamaan Goda (1985)....	44
Gambar 4.1	Perekaman gelombang oleh <i>Software Wave tide meter</i>	48
Gambar 4.2	Hasil perekaman <i>wave tide meter</i> dalam <i>Ms. Excel</i>	48
Gambar 4.3	Contoh rekaman fluktuasi muka air (tinggi gelombang).....	49
Gambar 4.4	Hasil <i>running</i> menggunakan WAVAN	50
Gambar 4.5	Pengaruh <i>wave steepness</i> terhadap K_t pada <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori.....	51
Gambar 4.6	Pengaruh <i>wave steepness</i> terhadap K_r pada <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori.....	53
Gambar 4.7	Perbedaan K_t <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori dan <i>pontoon</i> pada $\alpha = 45^\circ$	54
Gambar 4.8	Perbedaan K_t <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori dan <i>pontoon</i> pada $\alpha = 60^\circ$	55
Gambar 4.9	Perbedaan K_t <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori dan <i>pontoon</i> pada $\alpha = 90^\circ$	55
Gambar 4.10	Perbedaan K_r <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori dan <i>pontoon</i> pada $\alpha = 45^\circ$	57
Gambar 4.11	Perbedaan K_r <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori dan <i>pontoon</i> pada $\alpha = 60^\circ$	57
Gambar 4.12	Perbedaan K_r <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori dan <i>pontoon</i> pada $\alpha = 90^\circ$	58

Gambar 4.13	Perbandingan <i>layout</i> peletakan <i>floating breakwater</i> penulis dan Martinelli (2008).....	60
Gambar 4.14	Perbandingan hubungan antara koefisien transmisi dan sudut gelombang datang penulis dengan Martinelli (2008)	61
Gambar 4.15	Perbandingan pengaruh <i>wave steepness</i> terhadap K_t penulis dengan Mani (1991).....	62
Gambar 4.16	Perbandingan pengaruh <i>wave steepness</i> terhadap K_r penulis dengan Mani (1991).....	63
Gambar 4.17	Perbandingan K_t dan K_r <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori pada $\alpha = 90^\circ$	64
Gambar 4.18	Perbandingan K_t dan K_r <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori pada $\alpha = 60^\circ$	65
Gambar 4.19	Perbandingan K_t dan K_r <i>floating breakwater</i> tipe gergaji berpori pada $\alpha = 45^\circ$	65

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman air	14
Tabel 3.1	Dimensi model fisik dan prototipe	29
Tabel 3.2	Skala gelombang.....	29
Tabel 3.3	Dimensi dari tiap variabel pada Persamaan 3.1 dan 3.2.....	31
Tabel 3.4	Hasil kalibrasi <i>wave probe</i> sebelum eksperimen.....	37
Tabel 3.5	Hasil kalibrasi <i>wave probe</i> setelah dilakukan eksperimen	37
Tabel 3.6	Persentase perbedaan hasil kalibrasi <i>wave probe</i> sebelum dan sesudah eksperimen	37
Tabel 3.7	Persamaan linier dan regresi pada <i>wave probe</i>	39
Tabel 3.8	Skenario eksperimen <i>floating breakwater</i>	40
Tabel 4.1	Data sampel tinggi gelombang dan perhitungan H_s	49
Tabel 4.2	Perbedaan penamaan sudut gelombang datang	60

DAFTAR NOTASI

a	: Amplitudo, jarak antara titik tertinggi atau terendah gelombang terhadap muka air rerata (m)
α	: Sudut gelombang datang
B	: Lebar <i>breakwater</i> (m)
C	: Cepat rambat gelombang (m/s)
d	: Kedalaman air dari muka air rerata (m)
E_i	: Energi gelombang datang (joule)
E_{loss}	: Energi gelombang yang hilang
E_r	: Energi gelombang refleksi (joule)
E_T	: Energi total (joule/m)
E_t	: Energi gelombang transmisi (joule)
g	: Percepatan gravitasi (m/s^2)
H	: Tinggi gelombang (m)
H_i	: Tinggi gelombang datang (m)
H_r	: Tinggi gelombang refleksi (m)
H_s	: Tinggi gelombang signifikan
H_t	: Tinggi gelombang transmisi (m)
K	: Angka gelombang = $2\pi/L$ (1/m)
K_t	: Koefisien transmisi
K_r	: Koefisien refleksi
L	: Panjang gelombang (m)
L_b	: Panjang <i>breakwater</i> (m)
$(\tilde{L}_w)_c$: panjang gelombang semu antara puncak terdekat (m)

- $(\tilde{L}_w)_z$: panjang gelombang semu *zero crossing* (m)
- n_a : Skala percepatan
- n_L : Skala panjang
- n_T : Skala waktu
- n_U : Skala kecepatan
- η : Fluktuasi muka air terhadap muka air rerata (m)
- T : Periode gelombang (s)
- \tilde{T}_r : periode semu *zero crossing* (s)
- \tilde{T}_c : periode semu (s)
- σ : Frekuensi gelombang = $2\pi/T$ (Hz)
- ζ_a : elevasi gelombang (m)
- ζ : amplitudo gelombang semu (m)
- ρ : densitas air laut (kg/m^3)

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A Perhitungan Panjang Gelombang untuk Penentuan Peletakkan *Wave Probe* 2 dan 3
- Lampiran B Contoh Perekaman Awal Data Gelombang dari *Wave Probe*
- Lampiran C Hasil Perhitungan Koefisien Transmisi pada *Floating Breakwater*
- Lampiran D Hasil Perhitungan Koefisien Refleksi pada *Floating Breakwater*
- Lampiran E Dokumentasi Kegiatan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pantai memiliki peran yang sangat penting bagi manusia, pantai dapat dimanfaatkan sebagai sarana pelabuhan, pariwisata, budidaya tumbuhan dan pemukiman penduduk. Namun pantai sendiri merupakan wilayah yang rentan terhadap bencana dan permasalahan. Permasalahan yang timbul di wilayah pantai pada umumnya seperti abrasi, perubahan garis pantai dan sedimen transport, masalah tersebut diakibatkan oleh gelombang dengan tinggi gelombang dan periode yang bervariasi serta tidak bisa ditebak memiliki energi gelombang yang besar. Selain itu gelombang dapat mengganggu aktivitas kapal-kapal nelayan dan mengakibatkan kerusakan bangunan laut seperti dermaga dan pelabuhan. Untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan akibat energi gelombang laut, wilayah pantai dapat dilindungi oleh *breakwater*. *Breakwater* terdiri dari dua jenis, yaitu *fixed breakwater* dan *floating breakwater*. *Floating breakwater* merupakan struktur bangunan terapung di laut yang mempunyai fungsi untuk mengurangi energi gelombang yang datang dengan cara merefleksikan dan menyerap energi gelombang yang datang, perlu diingat bahwa struktur seperti itu tidak dapat menghilangkan semua energi gelombang. Gelombang sebagian direfleksikan, ditransmisikan dan dihilangkan. Energi biasanya dihamburkan karena redaman, gesekan, dan pembentukan pusaran di tepi *breakwater* (Koutandos dkk., 2005).

Floating breakwater didesain untuk melindungi daerah di belakangnya, tujuan *floating breakwater* sendiri dibedakan menjadi dua, yaitu struktur dengan tujuan untuk memecah gelombang yang diletakkan sebelum terjadinya gelombang pecah dan untuk melemahkan energi gelombang sehingga daerah yang berada di belakang *floating breakwater* akan memiliki energi gelombang yang lebih kecil dibandingkan energi gelombang datang sebelum melewati struktur. Disamping itu energi gelombang yang teredam *floating breakwater* tidak akan mampu membawa sedimen baik ke pantai maupun kembali ke lepas pantai. *Floating breakwater* memiliki banyak keunggulan jika dibandingkan dengan *fixed breakwater*, diantaranya lebih ekonomis, efektif, efisien, simpel, mempunyai desain yang

fleksibel sehingga mudah dipindah-pindahkan (Fousert, 2006). Selain itu, *floating breakwater* dapat dengan mudah dipindahkan dan dirakit kembali dengan *layouts* yang berbeda juga dapat dipindahkan ke lokasi yang berbeda (Hales, 1981). *Floating breakwater* lebih efektif diaplikasikan di lokasi dengan kondisi tanah dan lingkungan yang kurang baik, laut dalam, perariran dengan tingkat sirkulasi air dan migrasi ikan yang tinggi, fenomena erosi pantai yang *intens* dan penerapan dengan pertimbangan estetika (McCartney, 1985). Namun *floating breakwater* tidak efektif dalam lingkungan laut keras. Alasan utama untuk ini adalah bahwa panjang gelombang relatif terhadap lebar *floating breakwater* besar, menyebabkan *floating breakwater* bergerak naik dan turun pada gelombang tanpa melemahkan energi gelombang. Untuk mencapai redaman gelombang yang lebih baik, pemecah gelombang terapung harus memiliki lebar yang relatif besar terhadap panjang gelombang, namun akan menghasilkan desain yang sangat besar dan tidak ekonomis (Biesheuvel, 2013). Koefisien transmisi berkurang dengan penurunan periode gelombang, yaitu penurunan panjang gelombang, yang menunjukkan peningkatan redaman gelombang untuk periode gelombang pendek.

Bentuk dari *floating breakwater* itu sendiri memiliki pengaruh yang berbeda-beda terhadap redaman gelombang yang menyangkut pada koefisien transmisi dan refleksi. Semakin baik bentuk struktur dalam menahan gelombang, semakin kecil nilai koefisien transmisi dan semakin besar nilai koefisien refleksi, maka energi gelombang yang diredam struktur akan semakin banyak dan menyisakan sedikit energi gelombang setelah melewati struktur sehingga semakin baik struktur tersebut meredam gelombang. Efisiensi dari profil dan konfigurasi *floating breakwater* dapat diukur dengan koefisien transmisinya. Koefisien transmisi didefinisikan sebagai rasio tinggi gelombang yang signifikan di sisi belakang *floating breakwater* di atas tinggi gelombang yang signifikan di sisi depan (Sutrisno, 2013). Semakin kecil nilai koefisien transmisi menandakan semakin baik gelombang diredam. Banyak eksperimen yang telah dilakukan membahas mengenai model *floating breakwater* untuk mempelajari efisiensi *floating breakwater*. Koutandos dkk. (2005) melakukan penelitian mengenai interaksi hidrodinamik gelombang reguler dan ireguler dengan *floating breakwater* di air dangkal dan menengah. Kasus tersebut memiliki variasi

konfigurasi *floating breakwater* yang berbeda dan parameter gelombang. Hasil penelitian menunjukkan ketergantungan efisiensi *floating breakwater* pada lebar *breakwater* untuk rasio panjang gelombang dan juga pada draft *breakwater* untuk rasio kedalaman air. Kemudian Martinelli (2008) yang menganalisis mengenai koefisien transmisi *floating breakwater* dalam meredam gelombang dari berbagai sudut gelombang datang yang menunjukkan hasil bahwa semakin sudut gelombang datang menjauhi arah tegak lurus terhadap struktur, maka semakin kecil nilai koefisien transmisi. Selain itu Murali dan Mani (1997) membandingkan lebar struktur terhadap koefisien transmisi dengan memvariasikan lebar struktur (B) dan tinggi gelombang (H). Sebaran data hasil penelitian Murali dan Mani (1997) menunjukkan bahwa koefisien transmisi berbanding terbalik dengan lebar struktur. Semakin lebar struktur maka koefisien transmisi yang terjadi akan semakin kecil karena jarak tempuh gelombang yang lebih panjang sehingga transmisi gelombang yang dihasilkan semakin turun (Anuar dkk., 2012).

Masalah hidrodinamik *floating breakwater* sangat kompleks terutama untuk struktur bergerak, *draft* dan *free-board* harus disesuaikan dengan tinggi gelombang pada daerah yang akan dibangun *floating breakwater*. *Free-board* atau bagian *floating breakwater* yang muncul di permukaan air harus memiliki tinggi minimal setengah dari tinggi gelombang signifikan, sehingga struktur dapat menahan gelombang yang datang dan mengurangi risiko terjadinya limpasan atau *overtopping*.

Pada penelitian kali ini akan dibahas mengenai hasil analisa transmisi dan refleksi dari pemodelan fisik *floating breakwater* tipe gergaji berpori pada gelombang *irregular* berdasarkan variasi tinggi gelombang (H), periode gelombang (T) dan sudut arah gelombang datang (α). Untuk menguji efektivitas *floating breakwater* tipe gergaji berpori, maka dilakukan perbandingan dengan tipe *pontoon*.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang diangkat oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana koefisien transmisi dan refleksi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori akibat dari berbagai sudut gelombang datang?

2. Bagaimana perbandingan koefisien transmisi dan refleksi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan tipe *pontoon*?

1.3 Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penulis dalam tugas akhir ini adalah untuk:

1. Menghitung koefisien transmisi dan refleksi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori akibat dari berbagai sudut gelombang datang.
2. Membandingkan koefisien transmisi dan refleksi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan tipe *pontoon*.

1.4 Manfaat Penelitian

Dari penelitian tugas akhir ini diharapkan mampu memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman lebih mendalam mengenai *floating breakwater* beserta koefisien transmisi dan refleksi gelombang.
2. Memberikan informasi tentang pengaruh sudut arah datang gelombang terhadap koefisien transmisi gelombang.
3. Memberikan informasi mengenai efisiensi *floating breakwater* tipe gergaji berpori jika dibandingkan dengan tipe *pontoon* dalam meredam gelombang jika dilihat dari nilai perbandingan koefisien transmisi dan koefisien refleksi gelombang.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam tugas akhir ini mencakup:

1. Variasi tinggi gelombang, periode gelombang, sudut arah gelombang datang *floating breakwater* telah ditentukan.
2. Sudut *mooring* yang digunakan adalah 70° dengan menggunakan *wire rope* berdiameter 3 mm serta *anchor* tidak bergerak.
3. *Overtopping*, gerakan 6 derajat kebebasan, pengaruh beban arus, angin dan sistem tambat diabaikan.
4. Eksperimen dilakukan dalam *flume* 2D, pada kedalaman 40 cm dengan dasar rata dan kedap.
5. Eksperimen dilakukan menggunakan model dengan skala 1:50 yang berbahan dasar PLA (*Poly Lactic Acid*).

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah:

BAB I. PENDAHULUAN

Pada bagian ini berisi mengenai latar belakang permasalahan dari penelitian yang dilakukan, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian yang menjawab rumusan masalah, manfaat penelitian, batasan masalah yang digunakan dalam penelitian tugas akhir, hipotesis dan sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bagian ini berisi mengenai penjelasan teori yang menunjang dan menjadi dasar dari pengerjaan tugas akhir ini. Referensi yang digunakan didapat dari buku, jurnal, makalah serta tugas akhir terdahulu dan lain sebagainya.

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bagian ini berisi tentang langkah-langkah yang akan dilakukan dari awal sampai akhir selama proses penelitian dalam bentuk diagram alir (*flow chart*). Pengerjaan setiap langkah dijelaskan dengan jelas dan detail.

BAB IV. ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini berisi tentang pembahaasan hasil eksperimen yang telah dilakukan.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bagian ini berisi kesimpulan dari analisa yang telah dilakukan berdasarkan tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini, serta memberikan saran untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



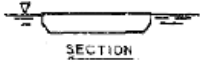
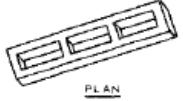
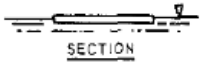
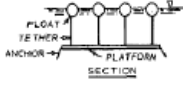

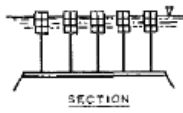
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Gelombang yang menjalar menuju pantai memiliki tinggi gelombang dan periode gelombang yang bervariasi. Kondisi gelombang secara ekstrem tersebutlah yang membuat pantai mengalami kerusakan. Permasalahan yang terjadi di wilayah pantai perlu ditangani dengan serius. *Floating breakwater* adalah alternatif dari *fixed breakwater* yang memiliki lebih banyak kelebihan dibanding *fixed breakwater*. Fungsi utama *floating breakwater* adalah untuk melemahkan energi gelombang. Struktur seperti itu tidak dapat menghentikan semua aksi gelombang. Gelombang datang sebagian ditransmisikan, sebagian dipantulkan, dan sebagian hilang. Energi dihamburkan karena redaman, gesekan, dan pembentukan pusaran di tepi *breakwater*. *Breakwater* menghasilkan gelombang radiasi yang disebarkan ke arah lepas pantai dan darat. Pergerakan *breakwater* ditentukan dalam hal penahan, yang mendefinisikan derajat kebebasan *breakwater* (Koutandos dkk., 2005). Gelombang refleksi adalah gelombang yang terjadi ketika gelombang dipantulkan oleh *floating breakwater*, sedangkan gelombang yang terjadi di belakang *floating breakwater* setelah gelombang datang menabrak struktur disebut gelombang transmisi.

Floating breakwater memiliki tipe yang berbeda-beda, Menurut McCartney (1985), *floating breakwater* dapat diidentifikasi dalam banyak tipe, diantaranya *box*, *pontoon*, *mat*, dan *tethered float*. Tipe yang paling umum digunakan adalah jenis *pontoon* persegi yang dihubungkan satu dengan lainnya dan ditambatkan ke dasar laut dengan menggunakan kabel atau rantai yang diikat pada jangkar (*anchor*) yang berada di dasar laut. Gambar 2.1 merupakan tipe *floating breakwater* menurut McCartney (1985).

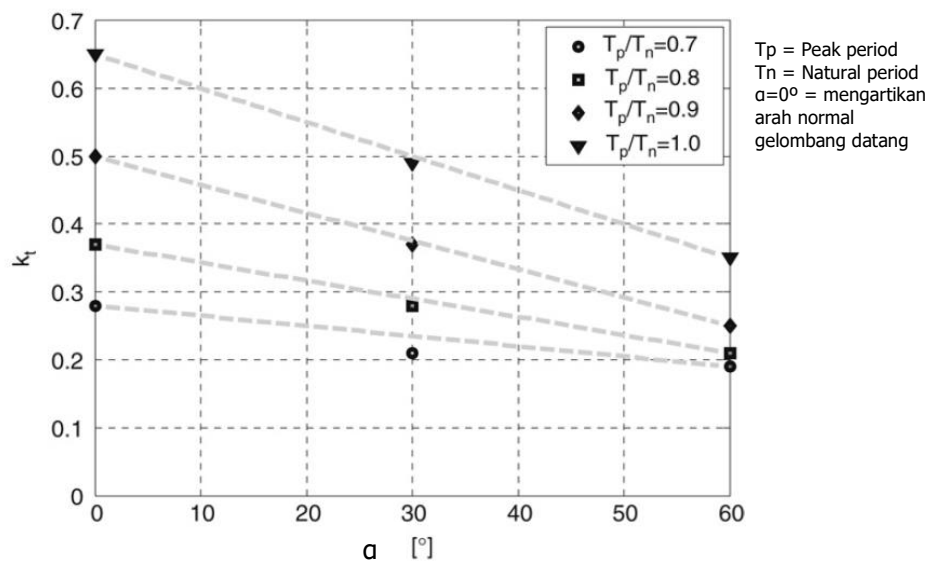
Tipe Box			Tipe Pontoon		
<i>Solid Rectangel</i>		Umumnya terbuat dari beton bertulang	<i>Twin Pontoon</i>		Seperti perahu dengan 2 lambung
<i>Barge</i>		Bangkai kapal tongkang	<i>Open Compartment</i>		Sering disebut juga tipe alaska
Tipe Mat			Tipe Tethered Float		
<i>Tire Mat</i>		Susunan ban bekas 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 an drum

Gambar 2.1 Tipe *floating breakwater* (McCartney, B. L., 1985)

Pemanfaatan *floating breakwater* mendapatkan perhatian yang terus ditingkatkan untuk tahun-tahun mendatang karena perkembangan di bidang laut dan pantai. Pengembangan mencakup fasilitas energi, mis. peternakan angin lepas pantai, eksploitasi energi gelombang dan pengembangan dan implementasi budidaya laut. Perubahan infrastruktur ini membuat konsep platform lepas pantai menjadi fasilitas multi guna (beberapa fungsi di area yang sama / atau platform yang sama) yang sangat menarik, di mana *floating breakwater* dapat memainkan peran penting dalam melindungi platform layanan dan terminal lepas pantai (Christensen dkk., 2018). Penggunaan *floating breakwater* tak lepas dari pengaruh koefisien transmisi dan koefisien refleksi terhadap keefektifitasan *floating breakwater* dalam meredam gelombang datang. Perumusan dari koefisien gelombang transmisi $K_t = H_t / H_i$, dimana H_t adalah tinggi gelombang yang ditransmisikan dan H_i adalah tinggi gelombang kejadian; sedangkan rumus dari koefisien gelombang refleksi $K_r = H_r / H_i$, dimana H_r adalah tinggi gelombang

yang dipantulkan. Ketika gelombang mengenai struktur terdapat energi yang hilang, dirumuskan dengan $E_{\text{loss}} = \sqrt{1 - K_r^2 - K_t^2}$ (Wang dan Sun, 2010).

Banyak penelitian yang telah dilakukan mengenai *floating breakwater* baik numerik maupun eksperimen. Sejauh ini semua data eksperimen yang disajikan terkait dengan gelombang datang normal, yaitu gelombang normal ke pemecah gelombang. Dalam situasi yang lebih realistis, gelombang akan mendekati pemecah gelombang tidak hanya tegak lurus, tetapi juga di bawah sudut (gelombang kejadian miring). Oleh karena itu penting untuk mengetahui apa koefisien transmisi untuk gelombang datang untuk memodelkan situasi yang lebih realistis. Hanya beberapa percobaan yang dilakukan di kolam gelombang di mana koefisien transmisi diukur untuk gelombang datang miring. Gambar 2.2 menunjukkan hasil percobaan yang dilakukan di kolam gelombang. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa koefisien transmisi berkurang ketika sudut gelombang meningkat menjauhi sudut gelombang datang normal breakwater (Biesheuvel, 2013).



Gambar 2.2 Koefisien transmisi berdasarkan arah gelombang datang miring (Martinelli dkk., 2008)

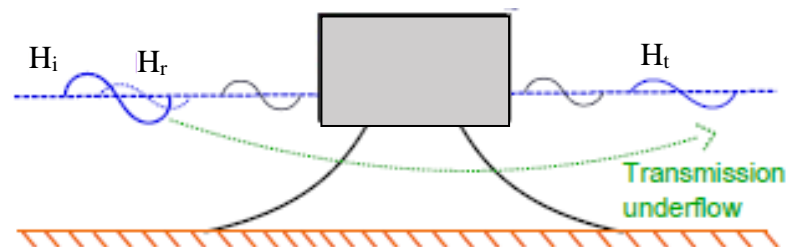
Selain itu bentuk dan dimensi *floating breakwater* terus dikembangkan untuk mengetahui keefektifitasan *floating breakwater* dalam meredam gelombang. Aspek dimensi berpengaruh signifikan terhadap perilaku *floating breakwater* berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Tadayon dkk. (2010) yang

menganalisis mengenai efek dari dimensi struktur *floating breakwater* terhadap koefisien transmisi. Cho (2016) melakukan penelitian terhadap koefisien transmisi *floating breakwater* persegi panjang dengan pelat sisi berpori, dari hasil penelitian tersebut disimpulkan bahwa porositas yang dipilih dengan benar dan kedalaman yang lebih dalam dari pelat samping membantu dalam mengurangi koefisien transmisi. Wang dan Sun (2010) menganalisa *floating breakwater* dengan bentuk persegi panjang berpori, dan didapatkan bahwa *floating breakwater* berpori mampu menurunkan tegangan *mooring* dibandingkan dengan *floating breakwater pontoon*. Gesraha (2006) dalam penelitiannya mengenai analisa *floating breakwater* persegi panjang dalam gelombang miring, dimana gelombang berbeda yang mendekati struktur dari segala arah dipertimbangkan. Dalam tugas akhir ini akan dibahas mengenai koefisien transmisi dan koefisien refleksi pada dua *floating breakwater* dengan bentuk dan konfigurasi peletakan yang berbeda serta mempertimbangkan gelombang datang dari 3 arah sudut yang berbeda.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 *Floating Breakwater*

Floating breakwater merupakan salah satu tipe pemecah gelombang yang dipasang dalam kondisi terapung di air dan ditambahkan jangkar sebagai pemberat agar struktur tidak bergeser ketika diterjang gelombang. Studi terdahulu yang dilakukan untuk mengetahui kinerja dari struktur *floating breakwater* telah banyak dilakukan dan menyimpulkan berbagai kelebihan dan kelemahan dari penggunaan *floating breakwater* sebagai struktur pemecah gelombang (Gemilang dan Yessi, 2016).



Gambar 2.3 *Floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

Floating breakwater dapat memberikan solusi perlindungan pantai alternatif dengan dampak lingkungan yang rendah, karena tujuan utamanya adalah

untuk mengurangi energi gelombang ke tingkat yang diperlukan, memberikan keseimbangan dinamis garis pantai untuk melestarikan pantai atau dipelihara secara artifisial, juga untuk menghindari zona stagnasi (terhambat), dengan memungkinkan sirkulasi aliran air di bawah ujung bawahnya dan dasar laut (Rueda dkk., 2013). Tujuan dasar dari *breakwater* menurut Hales (1981) adalah untuk melindungi bagian garis pantai, struktur, harbor, atau tambatan kapal dari energi gelombang datang yang berlebihan, *breakwater* dapat diklasifikasikan secara luas meliputi *fixed structure*, *transportable structure*, *tethered structure* dan *free-floating structure*. Sebagian besar *breakwater*, baik *fixed* maupun *floating* adalah sistem pasif; yaitu, tidak ada energi yang dihasilkan oleh perangkat untuk mencapai redaman gelombang. Energi gelombang datang dipantulkan, dihamburkan, ditransmisikan, atau mengenai kombinasi dari mekanisme tersebut.

Dari sudut pandang sejarah, aplikasi dari *floating structure* untuk melemahkan gelombang pertama dipertimbangkan oleh Joly tahun 1905 (Hales, 1981). *Floating structure* digunakan untuk kebutuhan *offloading* penumpang dan material selama Invasi Normandy pada Perang Dunia II, pada saat itu dua hambatan gelombang sedang dikembangkan oleh *Great Britain*. Satu dari pengembangan tersebut adalah unit tipe kapal tongkang portabel yang mengapung dan tenggelam di lokasi tertentu dengan diisi oleh air laut. Struktur ini disebut struktur “*phoenix*” yang memiliki panjang 204 kaki dengan lebar 62 kaki dan tinggi 60 kaki, struktur ini efektif menahan gelombang. Tipe kedua dari penahan gelombang tersebut benar-benar *floating breakwater* yang memiliki panjang 200 kaki, lebar 25 kaki dan kedalaman 25 kaki. Struktur ini dinamai “*Bombardon*” yang didesain untuk mampu menahan gelombang dengan ketinggian 10 kaki dan panjang gelombang 150 kaki. Namun setelah invasi struktur tersebut akhirnya ambruk akibat badai dengan ketinggian 15 kaki dan panjang 300 kaki, menghasilkan tekanan lebih dari 8 kali dari desain struktur.

Floating breakwater mampu bekerja efektif ketika tata letak penempatan struktur yang tepat. Floating breakwater bisa digunakan untuk melindungi kawasan pesisir pada kondisi tanah yang buruk dan dapat ditempatkan pada kedalaman lebih dari 3,1 m dengan biaya yang lebih murah dibanding fix

breakwater (Fousert, 2006). Selain itu menurut McCartney (1985), ada beberapa kondisi dimana *floating breakwater* lebih unggul untuk diaplikasikan dibandingkan dengan *breakwater* konvensional, yaitu :

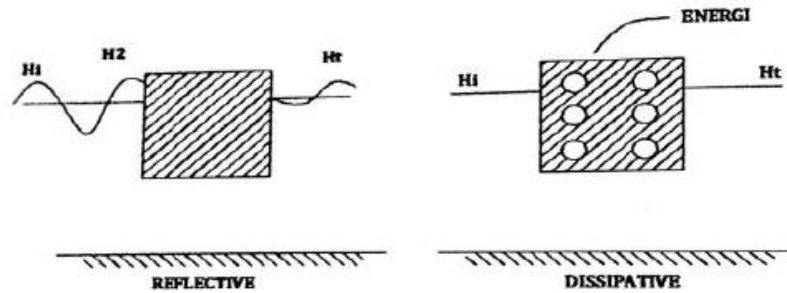
1. Dapat diaplikasikan pada kondisi tanah yang buruk.
2. Dapat diaplikasikan pada perairan dengan kedalaman air lebih dari 6,1 m, dimana akan lebih menghemat material dibandingkan dengan *fixed breakwater*.
3. *Floating breakwater* dapat meminimalisir interaksi dengan sirkulasi air dan migrasi ikan.
4. *Floating breakwater* dapat dipindahkan ke lokasi yang lebih baik apabila terdapat masalah es pada pondasinya.
5. Aestetik, *floating breakwater* memiliki desain profil yang rendah, dapat meminimalisir gangguan pada horizon, terutama untuk area dengan ketinggian pasang surut yang tinggi.
6. Dapat disusun kembali dengan *layout* yang berbeda.

Menurut Biesheuvel (2013), *floating breakwater* memiliki beberapa kekurangan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Tidak menyediakan perlindungan dari gelombang.
2. Sensitivitas untuk frekuensi gelombang dekat dengan frekuensi naturalnya (resonansi).
3. Kurang efektif untuk gelombang panjang.
4. Respon dinamik terhadap gelombang datang dapat menyebabkan masalah *fatigue* dan gaya berat mooring.
5. Memiliki biaya perawatan yang tinggi akibat respon dinamik.

Floating breakwater dapat diklasifikasikan menjadi dua (PIANC, 1994) :

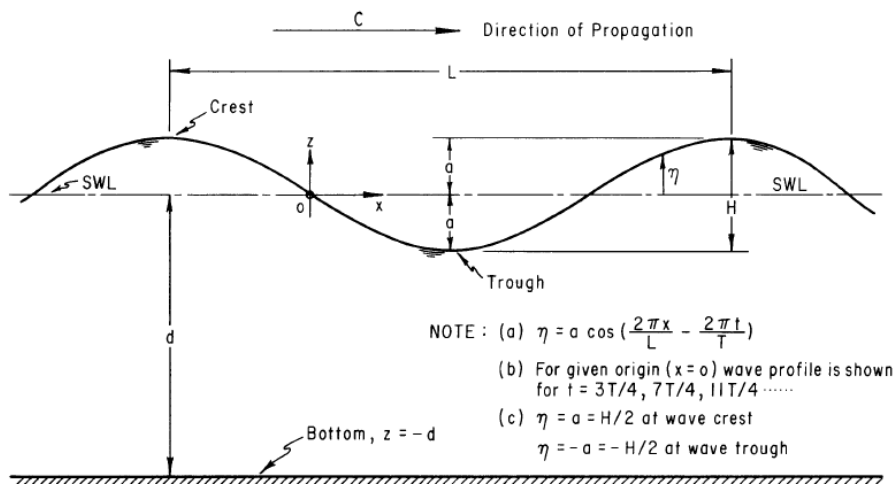
1. Struktur *reflective*, struktur tipe ini memantulkan gelombang datang dan biasanya berupa struktur kaku. Maksud kaku disini adalah bahwa struktur tidak terjadi deformasi saat terkena beban gelombang.
2. Struktur *dissipative*, struktur tipe ini menghilangkan energi gelombang akibat turbulensi, gaya gesek dan deformasi non elastis.



Gambar 2.4 Struktur *reflective* dan struktur *dissipative* (PIANC, 1994)

2.2.2 Karakteristik Gelombang

Gelombang merupakan salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus laut, dan transport sedimen pada air dalam arah tegak lurus sepanjang pantai. Gelombang laut dibangkitkan oleh gaya yang bekerja disekitar perairan antara lain akibat gaya angin dan gaya tarik yang ditimbulkan oleh benda-benda di luar angkasa terutama yang di akbatkan oleh bulan dan matahari (Triatmodjo, 2014). Skema pembentukan gelombang dapat dilihat pada Gambar 2.4 dimana gelombang menjalar pada sumbu x pada sistem koordinat x,y.



Gambar 2.5 Skema pembentukan gelombang (CERC, 1984)

Parameter-parameter gelombang yang diperoleh dari Gambar 2.4 antara lain sebagai berikut.

- d : kedalaman air dari muka air rerata (m)
- η : fluktuasi muka air terhadap muka air rerata (m)
- a : amplitudo (m)
- H : tinggi gelombang = 2a (m)
- L : panjang gelombang (m)

- T : periode gelombang (s)
 C : kecepatan rambat gelombang = L/T (m/s)
 K : angka gelombang = $2\pi/L$ (1/m)
 σ : frekuensi gelombang = $2\pi/T$ (Hz)

Gelombang juga dapat diklasifikasikan berdasarkan kedalaman air di mana gelombang itu bergerak.

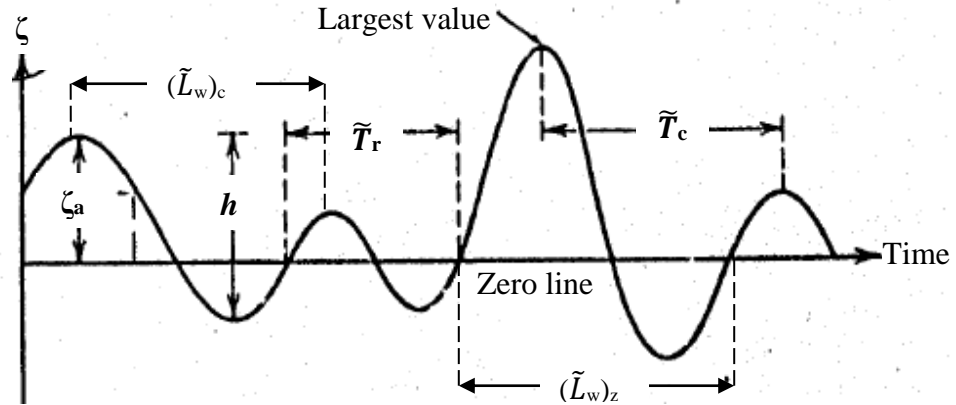
Tabel 2.1 Klasifikasi gelombang berdasarkan kedalaman air (CERC, 1984)

Classification	d/L	$2\pi d/L$	$\tanh(2\pi d/L)$	Wave length
Deep water	$>1/2$	$>\pi$	≈ 1	$L = \frac{gT^2}{2\pi}$
Transitional	1/25 to 1/2	1/4 to π	$\tanh(2\pi d/L)$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)$
Shallow water	$<1/25$	$<1/4$	$\approx 2\pi d/L$	$L = T\sqrt{gd}$

2.2.3 Gelombang Acak (*Irregular*)

Menurut Bhattacharyya (1978) gelombang di laut secara umum sangat kompleks dan akibat ketidaklinierannya gelombang laut sulit digambarkan secara matematis. Gelombang laut memiliki bentuk yang acak, dimana suatu deret gelombang memiliki tinggi dan periode gelombang yang berbeda dan bervariasi (lihat Gambar 2.6). Gelombang *irregular* memiliki ciri-ciri sebagai berikut :

1. Mempunyai permukaan gelombang yang tidak beraturan.
2. Permukaan gelombang yang tidak beraturan selalu berubah dari waktu ke waktu dan dari tempat ke tempat, tergantung kecepatan angin.
3. Dari interval ke interval, pola gelombang *irregular* tidak pernah berulang.



Gambar 2.6 Sketsa definisi gelombang *irregular* (Bhattacharyya, 1978)

Dimana :

- ζ_a : elevasi gelombang (m)
- ζ : amplitudo gelombang semu (m)
- h : tinggi gelombang semu (m)
- \tilde{T}_r : periode semu *zero crossing* (s)
- \tilde{T}_c : periode semu (s)
- $(\tilde{L}_w)_c$: panjang gelombang semu antara puncak terdekat (m)
- $(\tilde{L}_w)_z$: panjang gelombang semu *zero crossing* (m)

Menurut Bhattacharyya (1978), Rata-rata tinggi gelombang *irregular* pada waktu dan lokasi tertentu adalah perhitungan rata-rata dari semua tinggi gelombang untuk satu set pengamatan, kecuali tinggi gelombang kurang dari 1 kaki. Tinggi gelombang signifikan, $h_{1/3}$, gelombang *irregular* pada waktu dan lokasi tertentu adalah perhitungan rata-rata dari sepertiga tinggi gelombang tertinggi, tinggi gelombang kurang dari 1 kaki diabaikan. Gelombang *irregular* tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya.

$$E_T = \sum E_i \quad (2.1)$$

Atau dalam bentuk lain :

$$E_T = \frac{1}{2} \rho g \sum \zeta a_i \quad (2.2)$$

Dimana :

E_T : energi total (joule/m)

E_i : energi masing-masing gelombang sinusoidal (joule/m)

ρ : densitas air laut (kg/m^3)

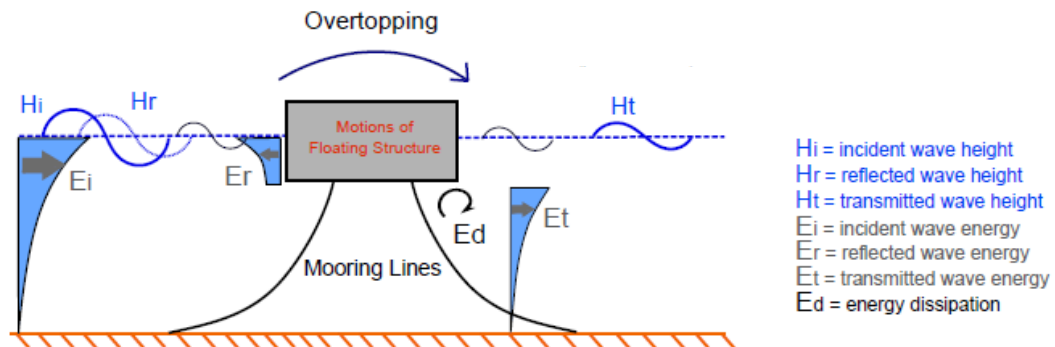
g : percepatan gravitasi (m/s^2)

a_i : amplitudo gelombang (m)

Dengan demikian gelombang di laut dapat dinyatakan menurut distribusi energi terhadap frekuensi gelombang, panjang gelombang, dan periode gelombang. Distribusi energi gelombang menurut frekuesinya disebut spektrum gelombang (Putra dkk., 2011).

2.2.4 Gelombang Transmisi

Kinerja dari *floating breakwater* didefinisikan sebagai jumlah redaman gelombang, yang dengan kuat dipengaruhi oleh jumlah energi refleksi (E_r), energi transmisi (E_t) dan energi disipasi (E_d) (lihat Gambar 2.7) (Biesheuvel, 2013).



Gambar 2.7 Interaksi antara gelombang dan *floating breakwater* (Biesheuvel, 2013)

Untuk efektivitas redaman gelombang pendek hanya membutuhkan halangan bagian atas dari kolom air, karena terdapat energi gelombang dengan jumlah terbanyak. Untuk gelombang panjang, struktur harus mempunyai *draft* yang lebih besar sebagai penghalang bagian yang lebih besar dari kolom air dimana terdapat energi gelombang. *Draft* yang besar juga mengartikan gaya *mooring* yang besar terhadap struktur. Hal ini memerlukan optimasi antara *draft* dan redaman gelombang untuk mendapatkan desain yang ekonomis (Biesheuvel, 2013).

Gelombang transmisi diakibatkan oleh adanya suatu struktur yang menghambat laju gelombang sehingga sebagian gelombang dipecahkan dan dipantulkan namun sebagian lagi akan ditransmisikan melawati struktur. Tinggi gelombang yang ditransmisikan akan lebih kecil dari pada gelombang kejadian, begitu pula dengan perioda gelombangnya yang pasti akan berbeda besarnya. Pada saat meninjau sebuah gelombang yang tidak beraturan, koefisien transmisi didefinisikan sebagai rasio atau perbandingan antara tinggi gelombang datang dengan tinggi gelombang yang telah melewati suatu struktur yang diperoleh dari Persamaan 2.3.

$$K_t = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} = \frac{H_t}{H_i} \quad (2.3)$$

Dimana :

- K_t : koefisien transmisi
- H_t : tinggi gelombang transmisi (m)
- H_i : tinggi gelombang datang (m)
- E_t : energi gelombang transmisi (joule)
- E_i : energi gelombang datang (joule)

Gelombang panjang akan menghasilkan gelombang transmisi yang lebih besar dibandingkan dengan gelombang pendek. Selain itu transmisi gelombang juga dipengaruhi oleh kecuraman gelombang (Ariyanto, 2011).

2.2.5 Gelombang Refleksi

Apabila gelombang datang tertahan oleh sebuah struktur, maka sebagian gelombang tersebut akan direfleksikan, ditransmisikan dan dihilangkan akibat turbulensi. Gelombang yang dipantulkan kembali ini yang dinamakan dengan gelombang refleksi. Refleksi pada gelombang laut sama halnya dengan refleksi cahaya pada cermin datar, dimana sudut datang sama dengan sudut pantul gelombang. Parameter refleksi gelombang oleh bangunan biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (K_r) yang didefinisikan sebagai perbandingan antara akar dari energi gelombang refleksi (E_r) dan energi gelombang datang (E_i), atau perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i) (Triatmodjo, 2014).

$$K_r = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} = \frac{H_r}{H_i} \quad (2.4)$$

Dimana :

- K_r : koefisien refleksi
 H_t : tinggi gelombang refleksi (m)
 H_i : tinggi gelombang datang (m)
 E_r : energi gelombang refleksi (joule)
 E_i : energi gelombang datang (joule)

Gelombang refleksi pada *flume* dapat dicari menggunakan persamaan berikut:

$$\eta_i = a_i \cos(kx - \omega t + \epsilon_i) \quad (2.5)$$

$$\eta_r = a_r \cos(kx - \omega t + \epsilon_r) \quad (2.6)$$

Dimana :

i = gelombang datang/ kejadian

r = gelombang refleksi

Kemudian kedua profil diasumsikan direkam pada dua tempat oleh *wave probe*.

Misalkan,

$$X_1 = X$$

$$X_2 = X_1 + \Delta X$$

Dimana :

X_1 = *wave probe 1*

X_2 = *wave probe 2*

ΔX = jarak antar *wave probe*

Diperoleh persamaan baru sebagai berikut:

$$\eta_1 = (\eta_i + \eta_r)_{X=X_1} = A_1 \cos \sigma t + B_1 \sin \sigma t \quad (2.7)$$

$$\eta_2 = (\eta_i + \eta_r)_{X=X_2} = A_2 \cos \sigma t + B_2 \sin \sigma t \quad (2.8)$$

Dimana :

$$A_1 = a_i \cos \phi_i + a_r \cos \phi_r$$

$$B_1 = a_i \sin \phi_i + a_r \sin \phi_r$$

$$A_2 = a_i \cos(k\Delta l + \phi_i) + a_r \cos(k\Delta l + \phi_r)$$

$$B_2 = a_i \sin(k\Delta l + \phi_i) - a_r \sin(k\Delta l + \phi_r)$$

$$\phi_i = kX_1 + \varepsilon_i \quad (2.9)$$

$$\phi_r = kX_1 + \varepsilon_r \quad (2.10)$$

Pada persamaan 2.11. dan 2.12. dilakukan eliminasi, untuk mencari nilai variabel a_i , a_r , ϕ_i , dan ϕ_r . Sehingga didapatkan persamaan seperti berikut:

$$a_i = \frac{\sqrt{K_1+K_2}}{(2|\sin k\Delta l|)} \quad (2.11)$$

$$a_r = \frac{\sqrt{K_3+K_4}}{(2|\sin k\Delta l|)} \quad (2.12)$$

Dimana :

$$K_1 = A_2 + A_1 \cos k\Delta l + B_1 \sin k\Delta l$$

$$K_2 = B_2 - A_1 \sin k\Delta l + B_1 \cos k\Delta l$$

$$K_3 = A_2 + A_1 \cos k\Delta l + B_1 \sin k\Delta l$$

$$K_4 = B_2 + A_1 \sin k\Delta l + B_1 \cos k\Delta l$$

2.2.6 Pengaruh Gelombang Datang Miring

Menurut Burgers (1993), energi per unit dari area permukaan pada gelombang dirumuskan :

$$E = \frac{1}{8} \rho_w g H^2 \quad (2.13)$$

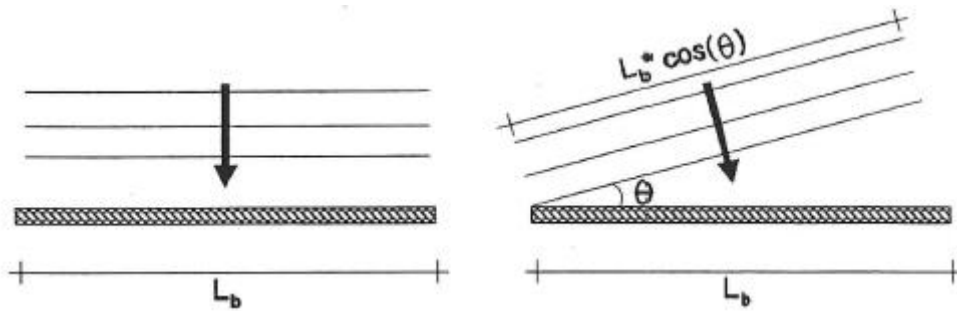
Jumlah energi yang akan diproses (direfleksikan, ditransmisikan atau dihilangkan) oleh struktur jika gelombang mendekati struktur secara tegak lurus, adalah :

$$E = \frac{1}{8} \rho_w g H^2 L_b \quad (2.14)$$

Dimana :

L_b : panjang struktur (m)

Jika gelombang mendekati struktur dari arah miring, maka energi dengan jumlah lebih kecil akan diproses. Ini merupakan hasil dari panjang puncak gelombang yang lebih pendek (tegak lurus dengan arah gelombang) mengenai panjang tertentu dari struktur (lihat Gambar 2.8)

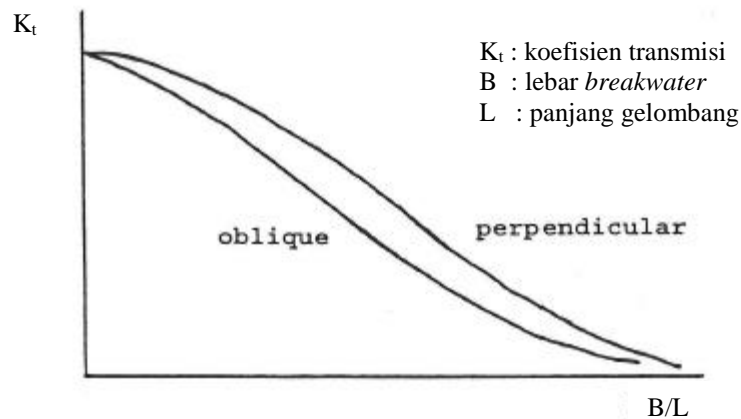


Gambar 2.8 Gelombang datang lurus dan miring (Burgers, 1993)

Pada kasus ini, energi yang diproses oleh struktur menjadi :

$$E = \frac{1}{8} \rho_w g H^2 \cos(\theta) L_b \quad (2.15)$$

Selain itu perbandingan lebar struktur dengan panjang gelombang juga mempengaruhi koefisien transmisi. Seperti pada Gambar 2.9, semakin besar nilai B/λ maka semakin kecil nilai koefisien transmisi. Karena semakin panjang lebar struktur, maka akan semakin lama gelombang melewati struktur tersebut.



Gambar 2.9 Perbandingan B/L untuk gelombang lurus dan miring menurut Van der Linden, 1986 (Burgers, 1993)

2.2.7 Teori Spektrum Gelombang JONSWAP

Sifat gelombang laut adalah acak, sehingga besar energi gelombang acak sulit untuk ditentukan. Gelombang acak merupakan gabungan dari gelombang sinusoidal dengan panjang dan periode gelombang yang sangat bervariasi. Ukuran intensitas komponen gelombang acak pada umumnya dinyatakan dalam bentuk spektrum kepadatan amplitudo, kepadatan energi gelombang atau biasa disingkat dengan spektrum energi gelombang (Wahyudi dkk., 2005). Prinsip analisa

spektrum gelombang adalah menguraikan suatu gelombang *irreguler* menjadi susunan dari gelombang teratur dari berbagai frekuensi dan tinggi gelombang (Nuryuwono, 1992).

Terdapat beberapa spektrum parameter ganda, yang paling umum digunakan adalah Spektrum JONSWAP, yang dikemukakan oleh Hasselman dkk. (1973). Spektrum ini merupakan penyempurnaan dari Spektrum Pierson-Moskowitz tahun 1964, karena Laut Utara memiliki kondisi lingkungan yang ekstrim dan dibatasi oleh pulau dan benua yang mengakibatkan *fetch* di daerah ini cukup pendek namun memiliki gelombang yang besar (Wahyudi dkk., 2005). Model Spektrum JONSWAP dapat dituliskan sebagai berikut :

$$S_{\omega} = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[-1.25 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[\frac{(\omega_0 - \omega)}{2\tau_2 \omega_0^2} \right]} \quad (2.16)$$

Dengan:

$$\gamma \text{ (peakedness parameter)} = 3.3$$

$$\tau \text{ (shape parameter)} = 0.07 \text{ jika } \omega \leq \omega_0$$

$$= 0.09 \text{ jika } \omega > \omega_0$$

$$\alpha = 0.076 (x_0)^{-0.22}$$

$$= 0.00819 \text{ (ketika } x \text{ tidak diketahui)}$$

$$\omega_0 = 2\pi \left(\frac{g}{U \omega_0} \right) (x_0)^{-0.33}$$

$$x_0 = \frac{g^x}{U \omega^2}$$

$$\omega_0^2 = 0.161 g/H_s$$

2.2.8 Pemodelan Fisik

Dasar dari semua pemodelan fisik adalah gagasan bahwa perilaku model memiliki kemiripan dengan prototipe. Dengan demikian, model fisik yang divalidasi dengan benar dapat digunakan untuk memprediksi prototipe (dunia nyata) di bawah serangkaian kondisi tertentu. Namun, ada kemungkinan bahwa hasil model fisik mungkin tidak menunjukkan perilaku prototipe karena efek skala atau efek laboratorium. Peran model fisik adalah untuk meminimalkan efek skala dengan memahami dan menerapkan hubungan kesamaan yang tepat, dan untuk meminimalkan efek laboratorium melalui operasi model (Hughes dkk., 2008).

Berdasarkan acuan dari Goda (1985); Hughes (1993); Chakrabarti (1994), pemodelan fisik memiliki beberapa keuntungan, diantaranya adalah sebagai berikut (Briggs, 2013):

- Pemodelan fisik dapat menggabungkan dan mengintegrasikan persamaan baik linear maupun non-linear tanpa menyederhanakan asumsi dan untuk menentukan koefisien empiris untuk model analitis dan numerik yang kurang dipahami.
- Eksperimen lapangan sangat bervariasi, sulit dikendalikan dan memaksakan kondisi (misal : gelombang, angin, arus, dan lainnya).
- Eksperimen pada model lebih terkontrol. Ukuran yang lebih kecil memungkinkan pengumpulan data yang lebih mudah dan lebih murah dari beberapa variable.
- Model fisik memberikan pandangan langsung pada proses.
- Konstruksi prototipe mungkin sangat berisiko atau tidak ekonomis tanpa model untuk memverifikasi asumsi dan kinerja.

Selain itu menurut Briggs (2013), pemodelan fisik juga memiliki beberapa kekurangan, diantaranya :

- Efek skala dapat mempengaruhi kondisi realita. Untuk meminimalkan efek skala, dapat menggunakan model sebesar mungkin yang sesuai dengan waktu, biaya, dan kendala ruang fasilitas yang tersedia.
- Efek laboratorium yang mencakup batasan-batasan model yang diperlukan untuk mendukung pengujian yang dilakukan. Di dunia nyata, tidak ada batas buatan untuk menghasilkan efek yang diinginkan, gelombang mungkin memiliki karakteristik multi arah dengan frekuensi dan penyebaran terarah yang tidak selalu memungkinkan untuk disimulasikan secara akurat di laboratorium.
- Pemaksaan fungsi dalam prototipe tidak dapat disimulasikan dalam model karena biaya dan / atau keterbatasan.
- Konstruksi dan penerapan model fisik mungkin tidak hemat biaya. Untuk aplikasi yang relatif mudah, model numerik dapat lebih hemat biaya. Aplikasi model fisik dan numerik harus dipertimbangkan.

- **Keserupaan Geometris**

Keserupaan geometris ada di antara dua objek atau sistem jika rasio semua dimensi linier yang sesuai adalah sama. Hubungan ini hanya melibatkan kesamaan bentuk (Warnock, 1950). Model yang serupa secara geometris juga dikenal sebagai model yang tidak terdistorsi secara geometris karena skala panjang horizontal dan vertikal adalah sama (Hughes dkk., 2008).

Sebangun geometrik dipenuhi apabila bentuk model dan prototipe sebangun. Hal ini menyatakan ukuran panjang antara model dan prototype harus sebanding, jika skala model diberi notasi nL maka persamaan akan menjadi sebagai berikut (Hughes, 1993).

$$nL = \frac{L_p}{L_m} = \frac{w_p}{w_m} = \frac{h_p}{h_m} = \frac{d_p}{d_m} \quad (2.17)$$

Dengan:

nL : skala panjang

h_p : tinggi prototipe (m)

L_p : panjang prototipe (m)

h_m : tinggi model (m)

L_m : panjang model (m)

d_p : kedalaman air pada prototipe (m)

w_p : lebar prototipe (m)

d_m : kedalaman air pada model (m)

w_m : lebar model (m)

- **Keserupaan Kinematik**

Keserupaan kinematik menunjukkan kesamaan gerak antara partikel dalam model dan prototipe. Kesamaan kinematik dicapai ketika rasio antara komponen dari semua gerakan vektor untuk prototipe dan model adalah sama untuk semua partikel setiap saat (Hudson dkk. 1979). Dalam model yang serupa secara geometris, kesamaan kinematik memberikan jalur partikel yang secara geometris mirip dengan prototipe. Kesamaan kinematik memastikan gerakan gelombang dan aliran kinematika terkait direplikasi dengan benar dalam model fisik (Hughes dkk., 2008).

Sebangun kinematik dipenuhi apabila aliran pada model dan prototipe sebangun. Menandakan bahwa kecepatan aliran di titik-titik yang sama pada model dan prototipe mempunyai arah yang sama dan sebanding. Berdasarkan kesebangunan kinematik dapat diberikan nilai-nilai skala :

- Skala Waktu :

$$nT = \frac{T_p}{T_m} \quad (2.18)$$

- Skala Kecepatan :

$$nU = \frac{v_p}{v_m} = \frac{l_p/T_p}{l_m/T_m} = \frac{n_L}{n_T} \quad (2.19)$$

- Skala Percepatan :

$$na = \frac{a_p}{a_m} = \frac{l_p/T_p^2}{l_m/T_m^2} = \frac{n_L}{n_T} \quad (2.20)$$

- **Keserupaan Dinamik**

Keserupaan dinamis antara dua sistem yang serupa secara geometris dan kinematis mensyaratkan bahwa rasio semua gaya vektor dalam kedua sistem harus sama (Warnock 1950). Ini berarti bahwa harus ada rasio prototipe-ke-model konstan dari semua massa dan gaya yang bekerja pada sistem. Persyaratan untuk kesamaan dinamis muncul dari hukum kedua Newton yang menyamakan jumlah vektor gaya eksternal yang bekerja pada suatu elemen dengan reaksi massa elemen terhadap gaya-gaya tersebut. Misalnya, kesamaan dinamis diperlukan ketika model digunakan untuk mensimulasikan efek redaman dari dermaga apung atau kapal yang ditambatkan.

Sebangun dinamik sangat diperlukan dalam permodelan fisik. Hughes (1993), menyatakan bahwa pada bangunan pantai proses fisik yang terjadi dipengaruhi oleh gaya gravitasi. Gaya-gaya tersebut meliputi gaya inersia, gaya tekan, gaya berat, gaya gesek dan gaya tegangan permukaan. Dalam penelitian ini kriteria kesebangunan yang harus dipenuhi adalah kriteria sebangun dinamik menurut kondisi bilangan froude. Bilangan froude dapat diekspresikan dengan ratio antara gaya inersia dengan gaya gravitasi.

$$F_i \text{ (gaya inersia)} = \rho l^2 v^2 \quad (2.21)$$

$$F_g \text{ (gaya berat)} = \rho l^3 g \quad (2.22)$$

Dimana :

ρ : densitas fluida (kg/m^3)

L : panjang (m)

v : kecepatan (m/s)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Sebangunan dinamik diekspresikan sebagai perbandingan gaya-gaya tersebut diatas sebagai bilangan tek berdimensi dan dinyatakan dalam kriteria-kriteria pada *Froude Number*.

$$\text{Froude Number : } \left(\frac{v}{\sqrt{gL}} \right)_p = \left(\frac{v}{\sqrt{gL}} \right)_m \quad (2.23)$$

Berdasarkan *Froude Number*, dapat diperoleh hubungan antara skala panjang dengan skala waktu dan kecepatan prototipe dan model.

- Skala kecepatan

$$\begin{aligned} \left[\frac{v}{\sqrt{gl}} \right]_m &= \left[\frac{v}{\sqrt{gl}} \right]_p \\ \left[\frac{v_m}{v_p} \right] &= \left[\frac{(\sqrt{gl})_m}{(\sqrt{gl})_p} \right] \\ \frac{v_m}{v_p} &= \left(\frac{l_m}{l_p} \right)^{1/2} \\ n_v &= n_l^{1/2} \end{aligned} \quad (2.24)$$

- Skala waktu

$$\begin{aligned} \left[\frac{T_m}{T_p} \right] &= \left[\frac{l_m}{v_m} \right] = \frac{l_p}{v_p} \\ \left[\frac{T_m}{T_p} \right] &= \frac{n_l}{n_v} = \left(\frac{n_l}{n_l^{1/2}} \right) = n_l^{1/2} \end{aligned} \quad (2.25)$$

2.2.9 Analisis Dimensi

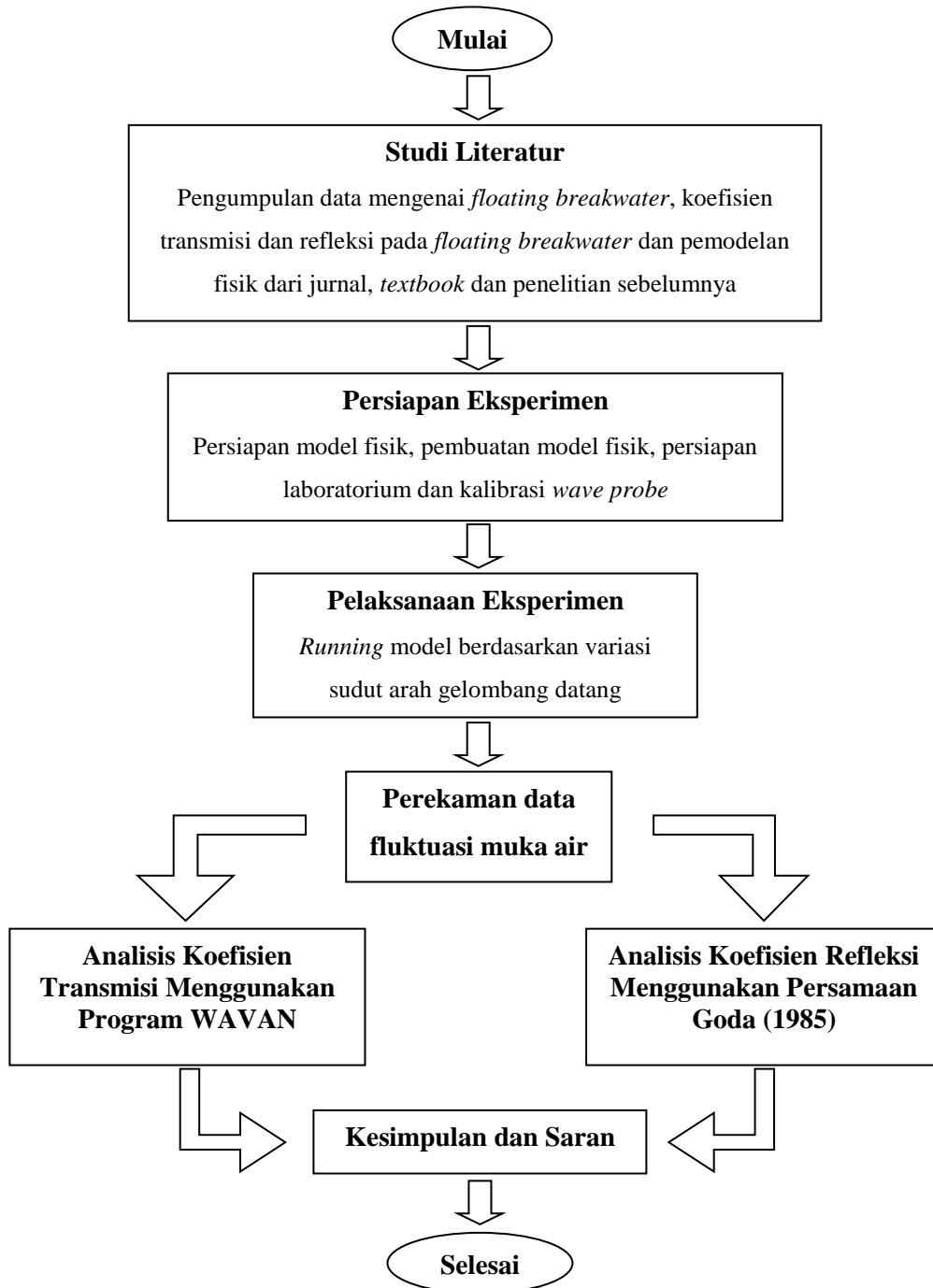
Analisis dimensi dilakukan untuk memudahkan analisis data antara hasil percobaan dan desain yang diinginkan dalam bentuk variabel tak berdimensi. Terdapat beberapa metode yang sering digunakan untuk mendapatkan jumlah variabel dari suatu persamaan, diantaranya metode *Rayleigh*, metode *Buckingham phi* dan metode matriks. Metode *Buckingham phi* memiliki prinsip dimana setiap variabel yang terlibat dalam eksperimen dicari dimensinya, kemudian menentukan nilai *phi* dengan cara jumlah variabel dikurangi jumlah jenis dimensi. Setelah itu perlu ditentukan *repeating variable* yaitu variabel yang terdapat setiap jenis dimensi dan *independent variable*, kemudian dapat ditentukan *phi term* dengan mengalikan satu *non-repeating variable* dengan semua *repeating variable*.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian Tugas Akhir

Gambar 3.1 merupakan diagram alir penelitian dari tugas akhir.



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi penelitian tugas akhir

3.2 Metodologi Penelitian

Diagram alir bertujuan untuk membagi tahapan-tahapan yang diperlukan dalam proses penelitian tugas akhir ini. Berikut merupakan tahapan-tahapan yang dikerjakan dalam penelitian:

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahap yang dilakukan untuk mencari dan mengumpulkan informasi dan referensi dari berbagai sumber yang berupa *textbook*, jurnal, penelitian-penelitian dan tugas akhir sebelumnya mengenai *floating breakwater* secara umum serta transmisi dan refleksi gelombang, teori spektrum gelombang JONSWAP yang digunakan untuk mengatur *wave generator* dan pemodelan fisik untuk mempersiapkan model eksperimen.

3.2.2 Persiapan Eksperimen

Persiapan eksperimen dilakukan dengan mempersiapkan desain model fisik *floating breakwater*, analisi dimensi, dan persiapan laboratorium seperti pembuatan *seabed* agar kedalaman air sesuai dengan kondisi sebenarnya, persiapan *wave flume* dan kalibrasi *wave probe* serta peletakan *wave probe*.

a. Perancangan model fisik *floating breakwater*

Persiapan desain berupa perhitungan dimensi *prototype* yang diinginkan dan perhitungan dimensi model dengan menggunakan menggunakan skala 1 : 50 yang berpedoman pada keserupaan geometris. Pembuatan model fisik menggunakan 3D *printing* yang berbahan dasar PLA (*Poly Lactic Acid*). Tabel 3.1 merupakan dimensi prototipe dan model fisik *floating breakwater* dan pada Tabel 3.2 merupakan penyekalaan tinggi gelombang dan kedalaman air pada kondisi asli dan pada saat eksperimen.

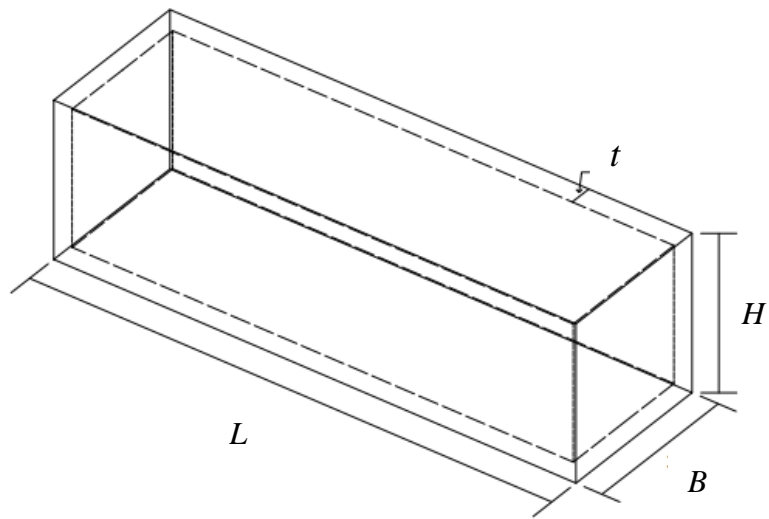
Tabel 3.1 Dimensi model fisik dan prototipe

Tipe	Variabel	Prototipe (m)	Skala	Model fisik (cm)
Pontoon	Panjang (L)	10	1 : 50	20
	Lebar (B)	3		6
	Tinggi (H)	3		6
Gergaji berpori	Panjang (L)	10		20
	Lebar (B)	3.5		7
	Tinggi (H)	3		6
	Ketebalan (t)	0.2		0.4
	Diameter luar (OD) pipa	0.2		0.4
	Panjang gergaji (l)	1		2
Lebar gergaji (b)	0.5	1		

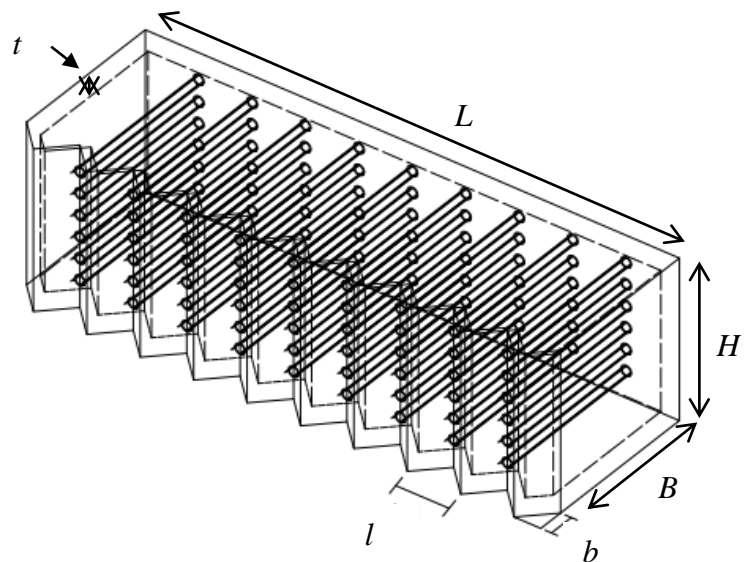
Tabel 3.2 Skala gelombang

Parameter	Prototipe (m)	Skala	Model (cm)
Tinggi Gelombang	1,5	1 : 50	3
	2		4
	2,5		5
Kedalaman air	20		40

Kedua tipe *floating breakwater* memiliki kedalaman *draft* yang sama, berdasarkan material prototipe yang berbahan beton K 300 dengan massa jenis 2.300kg/m^3 dari perhitungan hidrostatis yang telah dilakukan didapatkan kedalaman *draft* pada prototipe sebesar 2 m dan *free board* setinggi 1 m yang dirancang mampu menahan gelombang dengan ketinggian hingga 2 m. Sesuai dengan skala model sehingga kedalaman *draft* pada model adalah 4 cm dan tinggi *free board* adalah 6 cm. Sketsa *floating breakwater* yang dirancang dapat dilihat pada Gambar 3.2 untuk tipe *pontoon* dan Gambar 3.3 untuk tipe gergaji berpori. Terlihat bahwa pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori terdapat lubang-lubang pada muka struktur yang menembus hingga kebelakang struktur berbentuk pipa. Tingkat porositas dari *floating breakwater* tipe gergaji berpori adalah sebesar 5% terhadap luas permukaan muka struktur.



Gambar 3.2 Sketsa *floating breakwater* tipe pontoon



Gambar 3.3 Sketsa *floating breakwater* tipe gergaji berpori

b. Analisis dimensi

Pada eksperimen ini dilakukan analisis dimensi menggunakan metode *Buckingham Phi* yang telah dijelaskan pada Bab 2. Pada persamaan 3.1 dan 3.2 untuk mencari nilai koefisien transmisi dan koefisien refleksi, terdapat variabel-variabel yang berpengaruh terhadap koefisien transmisi dan koefisien refleksi.

$$K_t = \left[\frac{H_t}{H_i} \right] = f(T, H_i, g, \alpha) \quad (3.1)$$

$$K_r = \left[\frac{H_r}{H_i} \right] = f(T, H_i, g, \alpha) \quad (3.2)$$

Tabel 3.3 Dimensi dari tiap variabel pada Persamaan 3.1 dan 3.2

Variabel	Dimensi
Periode gelombang (T)	T
Tinggi gelombang datang (H_i)	L
Tinggi gelombang transmisi (H_t)	L
Tinggi gelombang refleksi (H_r)	L
Percepatan gravitasi (g)	LT ⁻²
Sudut arah gelombang datang (α)	-

Dengan menggunakan metode *Buckingham Phi*, didapatkan hasil analisis dimensi sebagai berikut :

$$\frac{H_t}{H_i}, \frac{H_r}{H_i} = \phi \left(\frac{H_i}{gT^2}, \theta \right) \quad (3.3)$$

Dimana :

K_t : koefisien transmisi

K_r : koefisien refleksi

H_t : tinggi gelombang transmisi (m)

H_r : tinggi gelombang refleksi (m)

H_i : tinggi gelombang datang (m)

g : gaya gravitasi (m/s^2)

T : periode gelombang (s)

α : sudut gelombang datang ($^\circ$)

$\frac{H_i}{gT^2}$: kecuraman gelombang

c. Pembuatan *seabed* buatan

Wave generator dari *flume* akan bekerja secara optimal dengan kedalaman air antara 65 cm hingga 80 cm, sedangkan pada rencana eksperimen dibutuhkan kedalaman air setinggi 40 cm. Sehingga perlu ditambahkan *seabed* buatan yang terbuat dari kayu dan triplek dengan ketinggian 35 cm, sehingga *wave generator* akan dapat bekerja dengan optimal di kedalaman air 75 cm.



Gambar 3.4 *Seabed* buatan

d. Persiapan *flume*

Wave flume yang digunakan untuk melakukan eksperimen berada di Laboratorium Rekayasa Energi dan Lingkungan Departemen Teknik Kelautan ITS memiliki dimensi dengan panjang 20 m; lebar 2,5 m dan tinggi 2,3 m. Penampakan *wave flume* bisa dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Wave flume* laboratorim rekayasa energi dan lingkungan

- **Pengisian air**

Pengisian air dilakukan pada *flume* hingga ketinggian 75 cm.

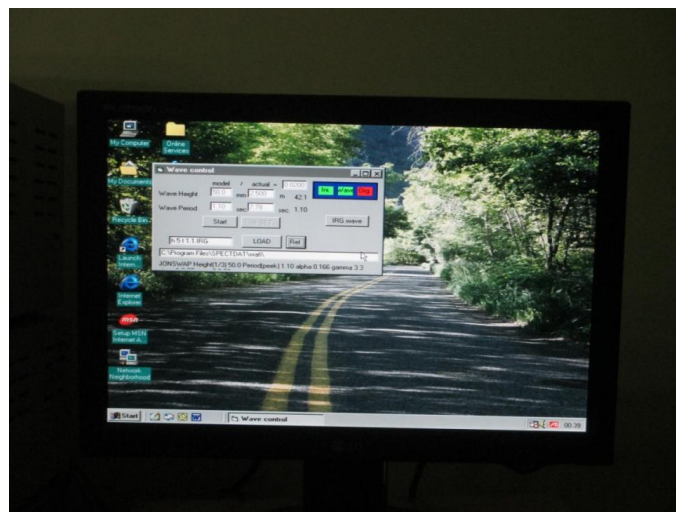
- ***Wave generator***

Wave generator merupakan alat yang digunakan untuk membangkitkan gelombang buatan pada *flume* (Lihat Gambar 3.6). *Wave generator* ini dapat membangkitkan gelombang *regular* dan *irregular*. Pengaturan *wave generator* diatur pada komputer kendali yang berada di ruang kontrol. Komputer kendali digunakan untuk mengatur *wave generator* yang berupa tinggi gelombang,

periode gelombang dan tipe spektrum gelombang (Lihat Gambar 3.7). Pada eksperimen ini digunakan spektrum gelombang JONSWAP. Dengan menggunakan gelombang *irregular* gelombang diinput pada ketinggian gelombang signifikan 3 cm, 4 cm dan 5 cm. Dan pada masing-masing tinggi gelombang signifikan tersebut divariasikan dengan 3 periode gelombang yang berbeda, yaitu 1,1 detik; 1,3 detik dan 1,6 detik.



Gambar 3.6 *Wave generator*



Gambar 3.7 Komputer untuk mengatur *wave generator*

- ***Wave probe***

Wave probe merupakan alat yang digunakan untuk mengukur tinggi fluktuasi muka air di dalam *wave flume*. *Wave probe* bekerja dengan elektroda pada *wave probe* akan mengukur konduktivitas air yang akan berubah mengikuti perubahan fluktuasi muka air.

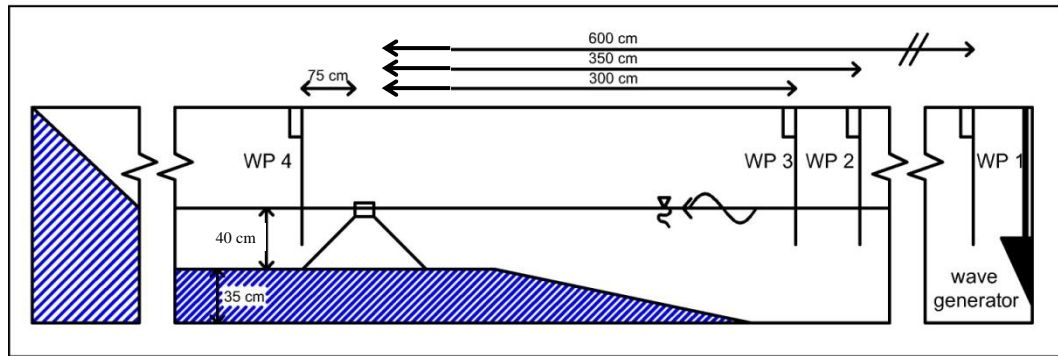


Gambar 3.8 *Wave probe*

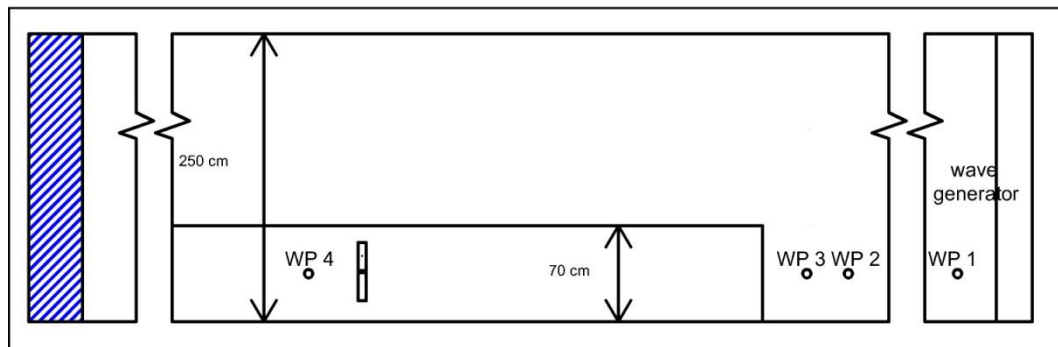
e. Peletakan dan kalibrasi *wave probe*

Wave probe diletakkan di dalam *flume*, 1 *wave probe* diletakkan di lokasi gelombang datang, 2 *wave probe* diletakkan di depan struktur untuk gelombang refleksi dan 1 *wave probe* diletakkan di belakang struktur untuk gelombang transmisi.

Menurut Goda (1985) agar didapatkan hasil yang baik, maka *wave probe* 2 dan 3 untuk merekam data gelombang refleksi diletakkan di depan struktur dengan jarak minimal satu kali panjang gelombang. Peletakan *wave probe* 2 dan 3 untuk perekaman data gelombang refleksi pada eksperimen ini mengacu pada Goda (1985). Dari hasil perhitungan, didapatkan panjang gelombang sebesar 2,78 m. Sehingga *wave probe* untuk gelombang refleksi diletakkan minimal sejauh 2,78 m dari *floating breakwater*. Gambar 3.9 merupakan *layout* peletakan *wave probe* pada *flume* dimana untuk *wave probe* 3 diletakkan sejauh 3 m dari struktur *floating breakwater* dan *wave probe* 2 diletakkan dengan selisih 50 cm dari *wave probe* 3, yaitu sejauh 3,5 m di depan struktur *floating breakwater*. Sedangkan *wave probe* 1 untuk merekam gelombang datang diletakkan paling depan dengan jarak 6 m dari struktur dan *wave probe* 4 untuk merekam data gelombang transmisi diletakkan sejauh 75 cm dibelakang struktur.



a



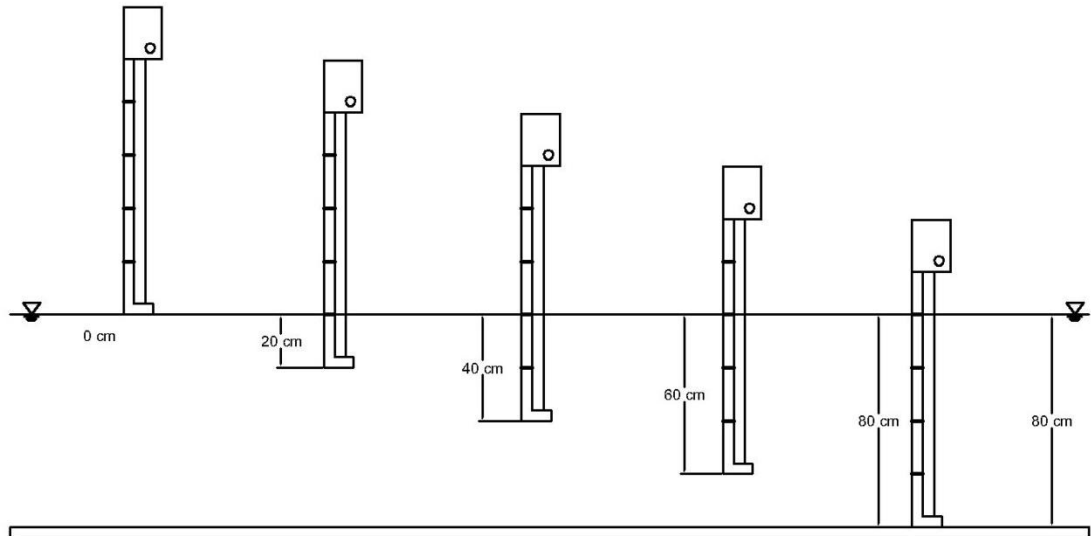
b

Gambar 3.9 Layout flume dan peletakan wave probe tampak samping (a) dan tampak atas (b)

Kalibrasi *wave probe* digunakan untuk mencocokkan skala baca alat ukur dengan besaran yang diukur. Pada eksperimen ini *amplifier wave probe* telah terhubung dengan *software wave tide meter* pada komputer yang berada di ruang kontrol.

Prinsip kerja dari *wave probe* yaitu konversi voltase sebagai input dari *wave probe* menjadi fluktuasi muka air dalam satuan milimeter. Untuk mencocokkan apakah data yang diterima *wave probe* sama dengan fluktuasi muka air yang sebenarnya terjadi, maka perlu dilakukan kalibrasi untuk mencocokkan voltase yang diterima *wave probe* dengan fluktuasi muka air. Kalibrasi dilakukan dengan mencelupkan *wave probe* pada kedalaman 0 cm, 20 cm, 40 cm, 60 cm dan 80 cm (Lihat Gambar 3.10). Pada saat itu juga *Software Wave Tide Meter* yang berada di komputer kendali menampilkan voltase yang diterima *wave probe* ketika menyentuh permukaan air pada kedalaman tertentu. Sehingga dapat dicocokkan antara nilai voltase dengan ketinggian muka air tertentu, dan

didapatkan hubungan antara voltase sebagai sumbu x dengan nilai fluktuasi muka air dalam satuan milimeter pada sumbu y. Jadi ketika *wave probe* menerima nilai voltase tertentu diantara range minimal dan maksimal, maka akan secara otomatis dikonversikan menjadi satuan milimeter.



Gambar 3.10 Sketsa proses kalibrasi *wave probe*

Tabel 3.4 merupakan hasil kalibrasi yang telah dilakukan pada keempat *wave probe* sebelum dilakukan eksperimen dan Tabel 3.5 merupakan hasil kalibrasi pada *wave probe* setelah dilakukan eksperimen. Kemudian Tabel 3.6 merupakan persentase perbedaan hasil kalibrasi pada keempat *wave probe* sebelum dan sesudah eksperimen, kalibrasi sebelum dan sesudah eksperimen perlu dilakukan untuk melihat apakah terdapat perbedaan nilai baca *wave probe* yang signifikan setelah digunakan. Dari Tabel 3.6 dan Gambar 3.11 dapat dilihat bahwa kalibrasi sebelum dan sesudah eksperimen memiliki selisih nilai baca voltase dengan tingkat perbedaan yang rendah, sehingga *wave probe* tetap memiliki konsistensi nilai baca voltase yang sama setelah digunakan.

Tabel 3.4 Hasil kalibrasi *wave probe* sebelum eksperimen

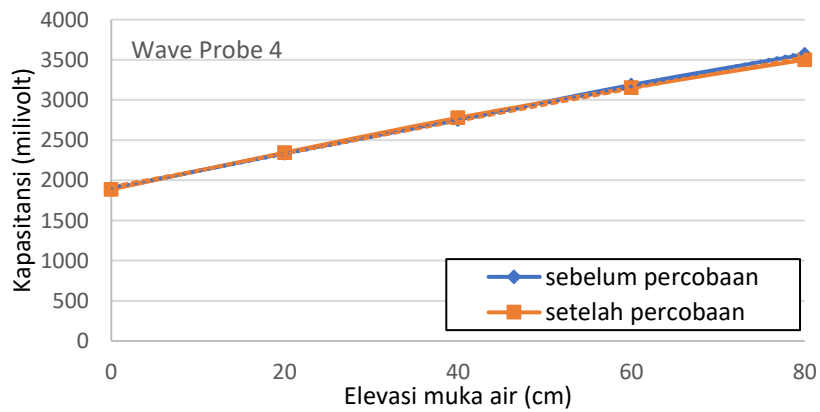
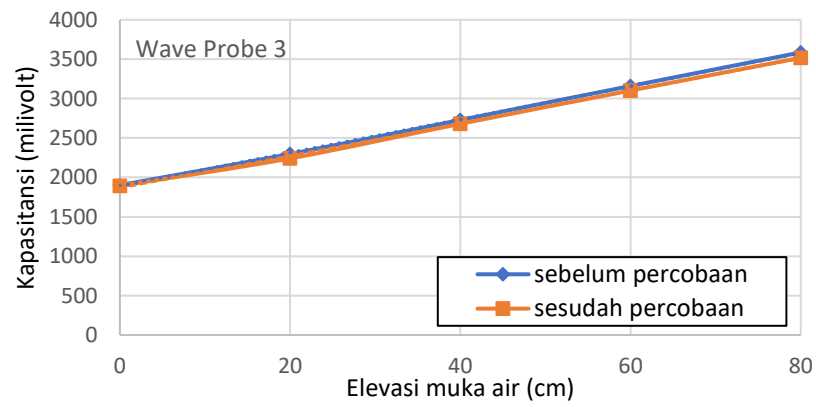
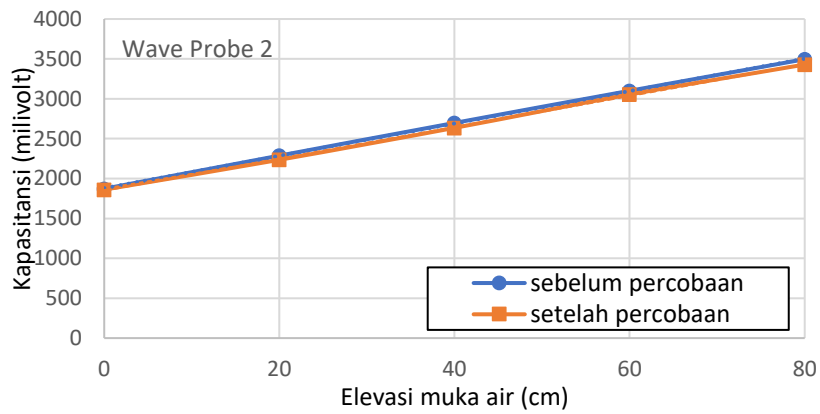
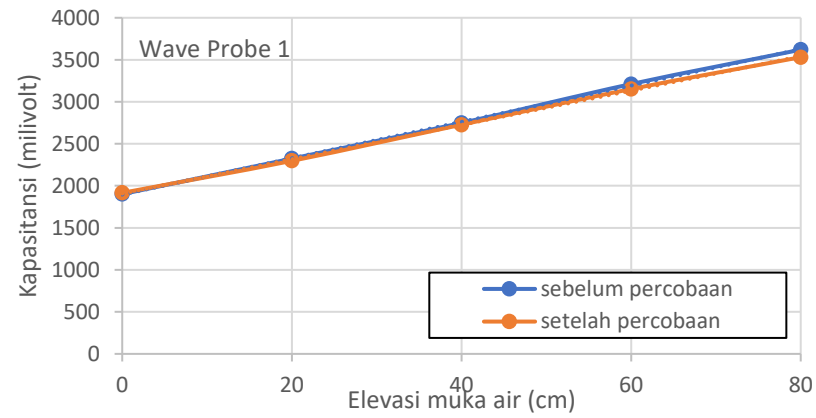
Elevasi muka air (cm)	<i>Wave probe 1</i> (milivolt)	<i>Wave probe 2</i> (milivolt)	<i>Wave probe 3</i> (milivolt)	<i>Wave probe 4</i> (milivolt)
0	1901	1872	1891	1894
20	2324	2287	2297	2336
40	2748	2697	2729	2755
60	3211	3100	3160	3187
80	3620	3496	3586	3567

Tabel 3.5 Hasil kalibrasi *wave probe* setelah dilakukan eksperimen

Elevasi muka air (cm)	<i>Wave probe 1</i> (milivolt)	<i>Wave probe 2</i> (milivolt)	<i>Wave probe 3</i> (milivolt)	<i>Wave probe 4</i> (milivolt)
0	1916	1861	1894	1888
20	2297	2235	2241	2345
40	2727	2635	2680	2778
60	3152	3054	3102	3154
80	3531	3429	3519	3501

Tabel 3.6 Persentase perbedaan hasil kalibrasi *wave probe* sebelum dan sesudah eksperimen

Elevasi muka air (cm)	<i>Probe 1</i> (%)	<i>Probe 2</i> (%)	<i>Probe 3</i> (%)	<i>Probe 4</i> (%)
0	0.79	0.59	0.42	0.32
20	1.16	2.27	2.44	0.39
40	0.76	2.30	1.80	0.83
60	1.84	1.48	1.84	1.04
80	2.46	1.92	1.87	1.85



Gambar 3.11 Grafik hasil kalibrasi di berbagai *wave probe*

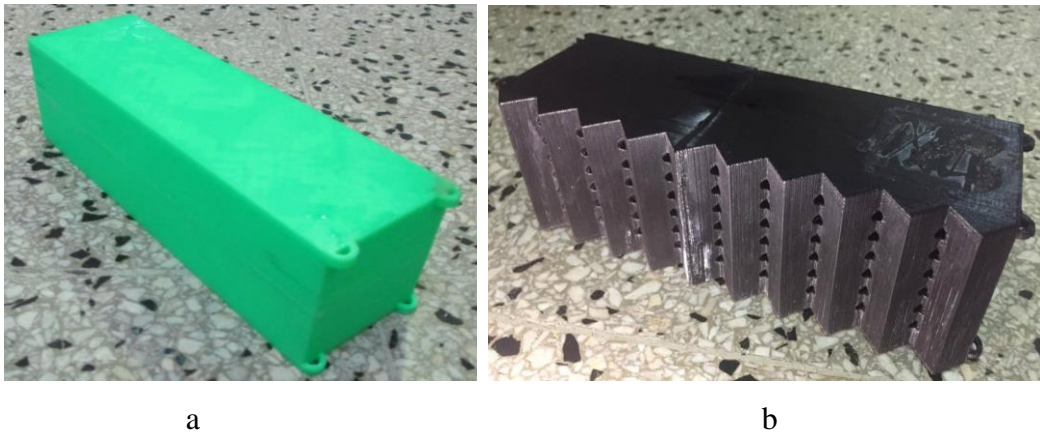
Dari grafik hasil kalibrasi *wave probe* diatas, pada masing-masing *wave probe* didapatkan persamaan linier dan regresi. Persamaan linier dan regresi pada tiap-tiap *wave probe* disajikan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Persamaan linier dan regresi pada *wave probe*

Wave probe	Sebelum percobaan		Setelah percobaan	
	Persamaan linier	Regresi	Persamaan linier	Regresi
1	$y = 21.625x + 1895.8$	$R^2 = 0.9997$	$y = 20.425x + 1907.6$	$R^2 = 0.9995$
2	$y = 20.305x + 1878.2$	$R^2 = 0.9999$	$y = 19.775x + 1851.8$	$R^2 = 0.9996$
3	$y = 21.155x + 1888.6$	$R^2 = 0.9997$	$y = 20.555x + 1865$	$R^2 = 0.9987$
4	$y = 20.175x + 1926.2$	$R^2 = 0.9966$	$y = 20.985x + 1908.4$	$R^2 = 0.9994$

3.2.3 Pelaksanaan Eksperimen

Setelah model fisik dan laboratorium sudah siap, dilakukan pelaksanaan eksperimen. Gambar 3.12 merupakan bentuk dari model fisik yang akan diuji yaitu berupa *floating breakwater* tipe *pontoon* dan tipe gergaji berpori. Setiap tipe *floating breakwater* diuji dengan gelombang *irregular* pada kedalaman 40 cm dengan variasi sudut arah gelombang datang 90°, 60° dan 45°. Setiap posisi dengan sudut arah gelombang datang yang berbeda dilakukan pengujian menggunakan tinggi gelombang sebesar 3 cm, 4 cm dan 5 cm. Dan setiap tinggi gelombang divariasikan dengan periode 1,1 detik; 1,3 detik dan 1,6 detik. Untuk lebih jelasnya skenario pelaksanaan eksperimen bisa dilihat pada Tabel 3.8.

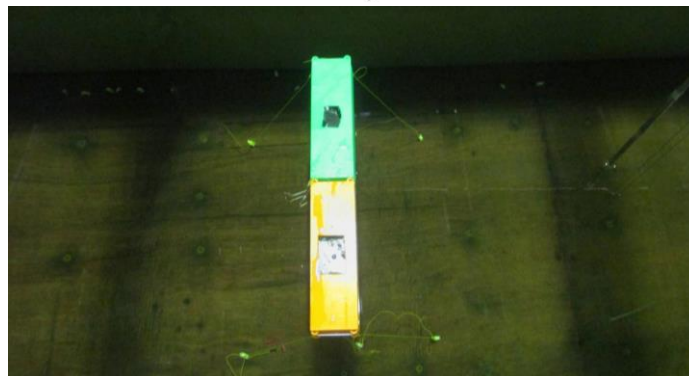
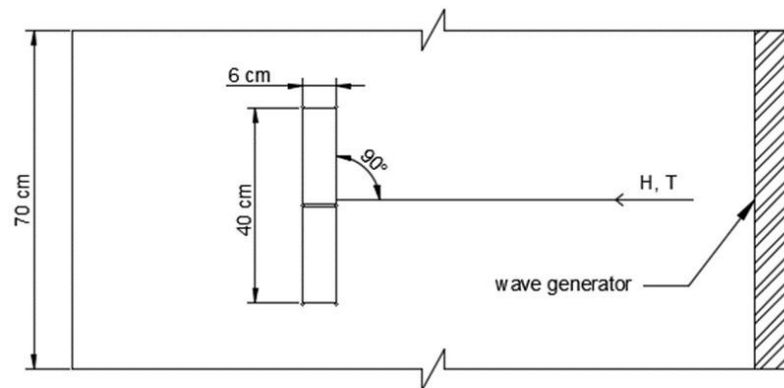


Gambar 3.12 Model fisik *floating breakwater* tipe *pontoon* (a) dan tipe gergaji berpori (b)

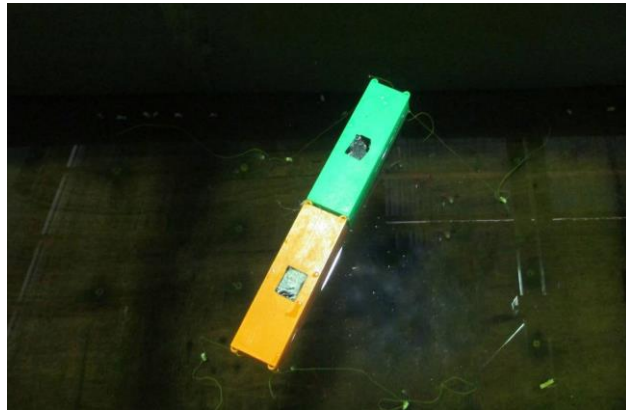
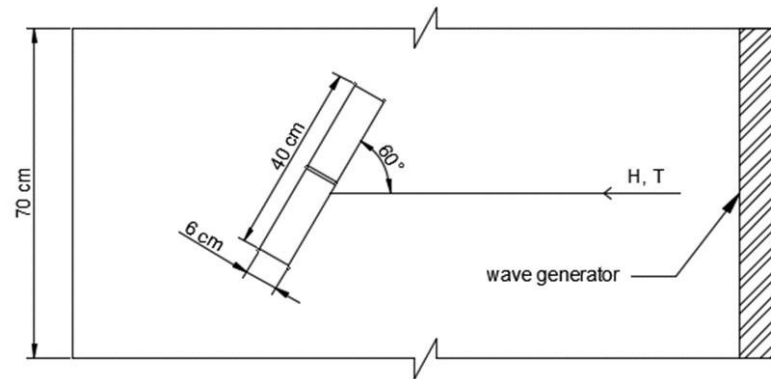
Tabel 3.8 Skenario eksperimen *floating breakwater*

Kedalaman air (cm)	Tipe <i>floating breakwater</i>	Sudut arah gelombang datang ($^{\circ}$)	Tinggi gelombang signifikan (cm)	Periode gelombang (detik)
40	Pontoon Gergaji berpori	90 60 45	3	1.1
				1.3
				1.6
			4	1.1
				1.3
				1.6
			5	1.1
				1.3
				1.6

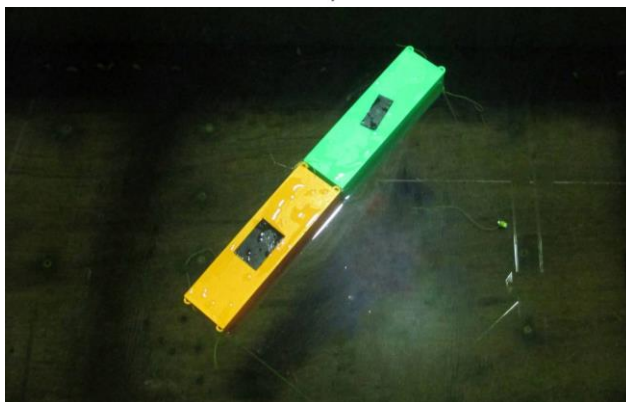
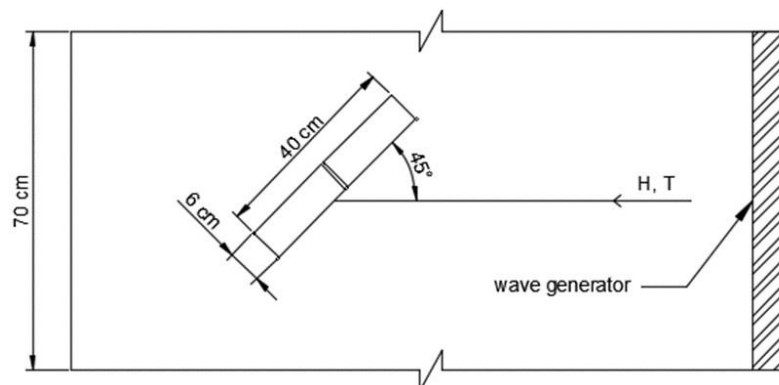
Berdasarkan Tabel 3.8 disebutkan bahwa pada eksperimen ini dilakukan dengan menggunakan variasi sudut arah gelombang datang. Gambar 3.13 – Gambar 3.16 merupakan *layout* peletakan *floating breakwater* berdasarkan skenario yang telah dibuat.



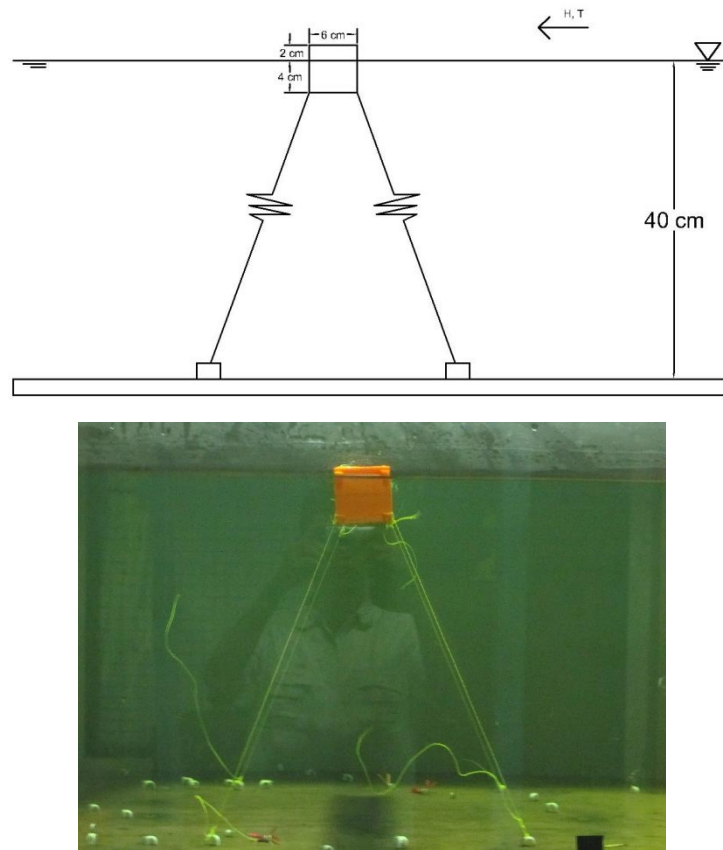
Gambar 3.13 *Layout floating breakwater* dengan sudut gelombang datang 90°



Gambar 3.14 *Layout floating breakwater dengan sudut gelombang datang 60°*



Gambar 3.15 *Layout floating breakwater dengan sudut gelombang datang 45°*



Gambar 3.16 Layout floating breakwater tampak samping

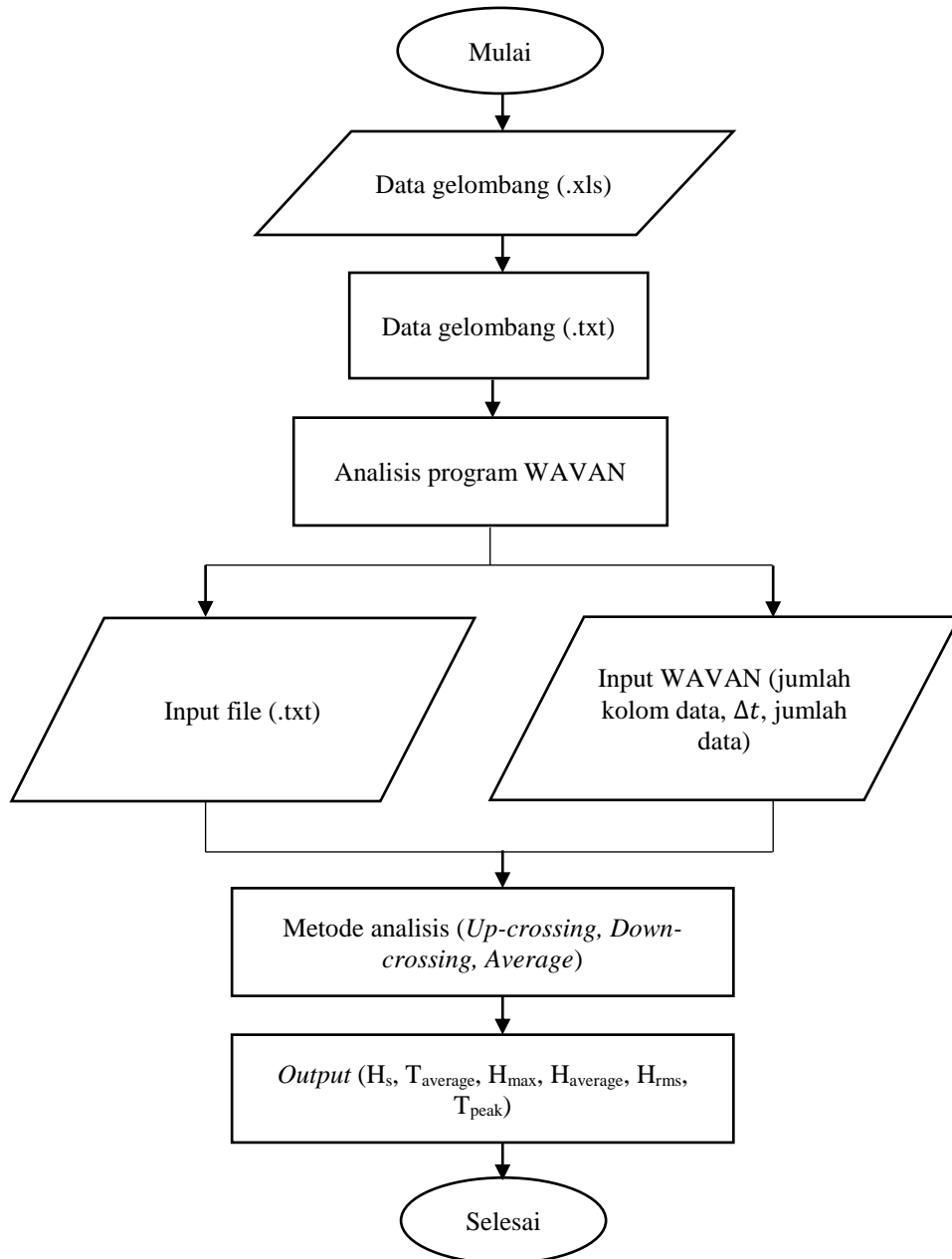
3.2.4 Perekaman Data Fluktuasi Muka Air

Setiap kali proses *running* dilaksanakan, dilakukan perekaman fluktuasi muka air pada *wave probe* 1, 2, 3, 4 dan diolah oleh *software wave tide meter* dari *wave probe* yang telah dikalibrasi yang tersambung ke komputer kendali. Dalam satu kali *running* rekaman disimpan dalam format *Ms. Excel (.xls)* yang memuat data waktu dan fluktuasi muka air pada keempat *wave probe*. Kemudian data hasil *running* eksperimen dikumpulkan dan dikelompokkan berdasarkan variasi sudut gelombang datang.

3.2.5 Analisis Koefisien Transmisi Menggunakan Program WAVAN

Setelah data terekam dan tersimpan sesuai dengan pengelompokannya, data dianalisis dengan menggunakan *Software Matlab Program WAVAN*. Untuk mencari nilai koefisien transmisi, maka diperlukan nilai tinggi gelombang datang signifikan (H_i) dan nilai tinggi gelombang transmisi (H_t) dimana keduanya dapat dihitung dengan menggunakan Program WAVAN. Untuk menghitung nilai gelombang signifikan pada gelombang datang digunakan data dari *wave probe* 1

dan untuk koefisien transmisi digunakan data dari *wave probe* 4. Gambar 3.17 merupakan diagram alir metode analisis koefisien transmisi dengan menggunakan Program WAVAN.



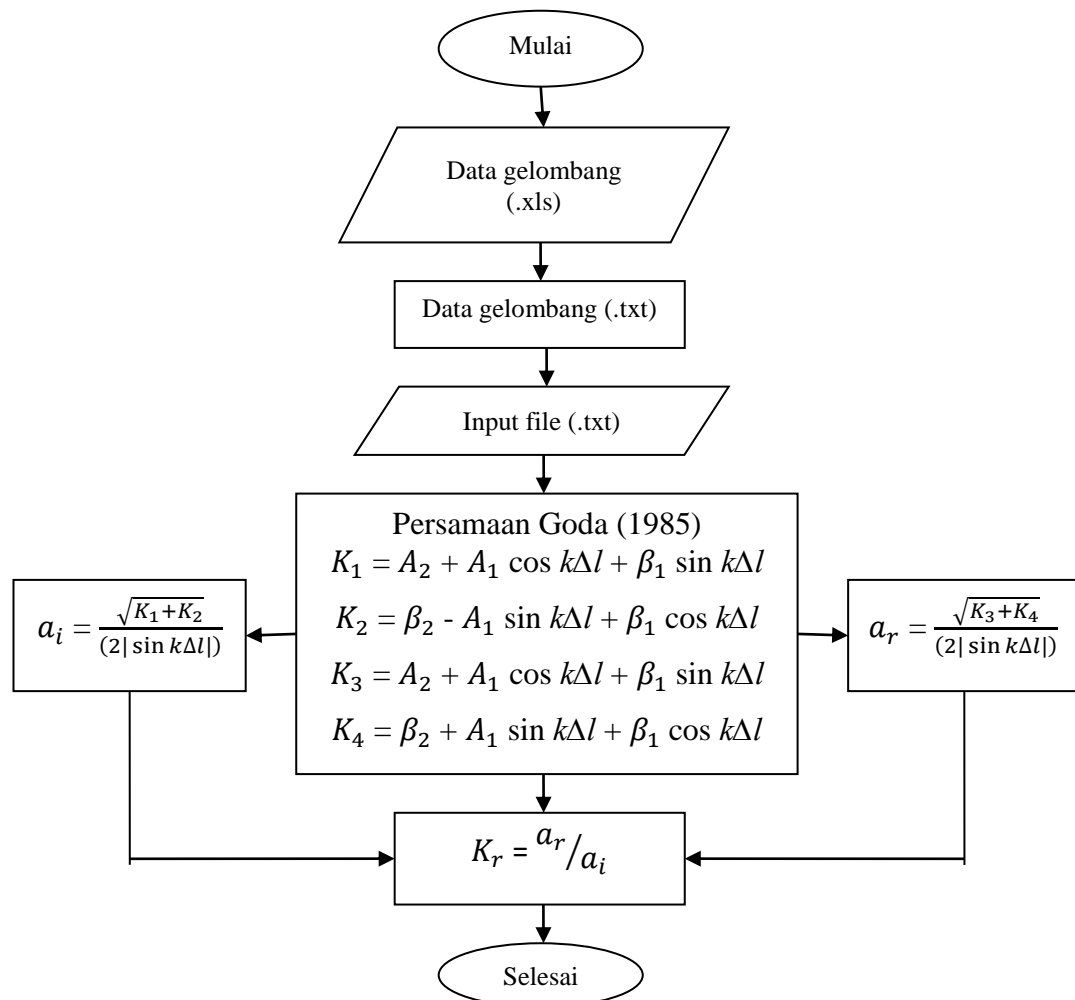
Gambar 3.17 Diagram alir proses Program WAVAN

Input data yang perlu dimasukkan dalam Program WAVAN berupa data fluktuasi muka air pada masing-masing *wave probe* yang telah tersimpan dalam format (.txt). Setelah Program WAVAN di *running* dengan meng-*input*-kan

jumlah kolom data, Δt , jumlah data dan metode analisis, maka Program WAVAN akan mengeluarkan hasil berupa tinggi gelombang signifikan, periode rata-rata, periode puncak, tinggi gelombang maksimal dan lain sebagainya. Dari data tersebut dapat dicari nilai koefisien transmisi (H_t/H_i) dan kecuraman gelombang (H_t/gT_i^2).

3.2.6 Analisis Koefisien Refleksi Menggunakan Persamaan GODA (1985)

Nilai koefisien refleksi dapat dicari dengan menggunakan *Software* Matlab Persamaan GODA (1985). Data yang digunakan untuk menganalisis nilai koefisien refleksi adalah data dari *wave probe* 2 dan 3. Gambar 3.18 merupakan diagram alir analisis koefisien refleksi menggunakan persamaan GODA (1985).



Gambar 3.18 Diagram alir Matlab menggunakan Persamaan Goda (1985)

3.2.7 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan harus menjawab rumusan masalah dan sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil yang diperoleh dari analisis transmisi dan refleksi pada model fisik *floating breakwater* tipe *pontoon* dan gergaji berpori dibandingkan untuk mengetahui apakah *floating breakwater* tipe gergaji berpori mampu meredam energi gelombang lebih optimal jika dibandingkan dengan *floating breakwater* tipe *pontoon*. Setelah pengambilan kesimpulan, akan muncul saran-saran yang dapat digunakan sebagai informasi tambahan untuk penelitian terkait selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

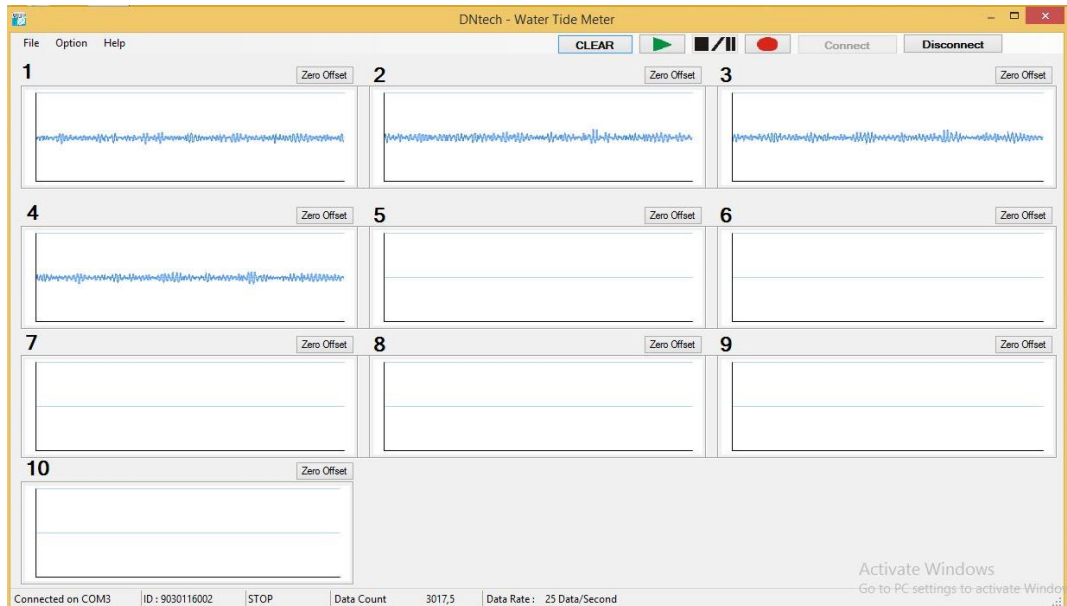
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Hasil Eksperimen

Dari eksperimen mengenai koefisien transmisi dan refleksi *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan *pontoon* yang dilakukan di *wave flume* data direkam oleh *wave probe* yang diletakkan satu di depan *wave generator* untuk merekam gelombang datang, satu di belakang struktur *floating breakwater* untuk merekam gelombang transmisi dan dua *wave probe* di depan struktur *floating breakwater* untuk merekam gelombang refleksi, dimana nantinya perbandingan dengan tipe *pontoon* digunakan untuk mengetahui apakah struktur *floating breakwater* dengan tipe gergaji berpori mampu secara efektif meredam energi gelombang datang baik dari arah tegak lurus maupun gelombang miring jika dibandingkan dengan model *pontoon*. Data yang didapatkan tersimpan dalam format *excel* berupa ribuan angka yang merupakan fluktuasi muka air selama *running* dalam satuan milimeter. Data yang diperoleh dari eksperimen akan diolah di *Software MATLAB* dengan menggunakan formula seperti yang telah dijelaskan pada Bab 2 dan dengan metode yang telah dijelaskan pada Bab 3 untuk mengetahui koefisien transmisi dan koefisien refleksi yang terjadi pada *floating breakwater*.

Perekaman fluktuasi muka air dicatat oleh *wave probe* dan selanjutnya diolah oleh *Software Wave Tide Meter* (Gambar 4.1) dan hasil dari perekaman fluktuasi muka air tersimpan dalam format *excel* (Gambar 4.2). Terlihat pada Gambar 4.2 terdapat 4 *channel* yang melakukan pencatatan, yang masing-masing merekam fluktuasi muka air pada kondisi yang berbeda. *Channel 1* untuk merekam fluktuasi muka air ketika gelombang datang, *channel 2* dan 3 untuk merekam fluktuasi muka air ketika gelombang direfleksikan dan *channel 4* untuk merekam fluktuasi muka air ketika gelombang ditransmisikan.



Gambar 4.1 Perekaman gelombang oleh *Software Wave tide meter*

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10
10:00	0	16	-18	-8	-26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
11:00	0	14	-17	-15	-24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12:00	0	12	-12	-20	-22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13:00	0	10	-10	-23	-20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14:00	0	7	-6	-24	-17	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15:00	0	4	-3	-24	-14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
16:00	0	-2	2	-27	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
17:00	0	0	6	-29	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
18:00	0	-6	6	-30	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
19:00	0	-8	13	-28	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
20:00	0	-12	16	-25	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
21:00	0	-11	20	-21	16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
22:00	0	-13	22	-16	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
23:00	0	-17	26	-12	22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
24:00	0	-16	28	-7	24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
25:00	0	-13	28	-2	26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
26:00	0	-11	30	0	28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

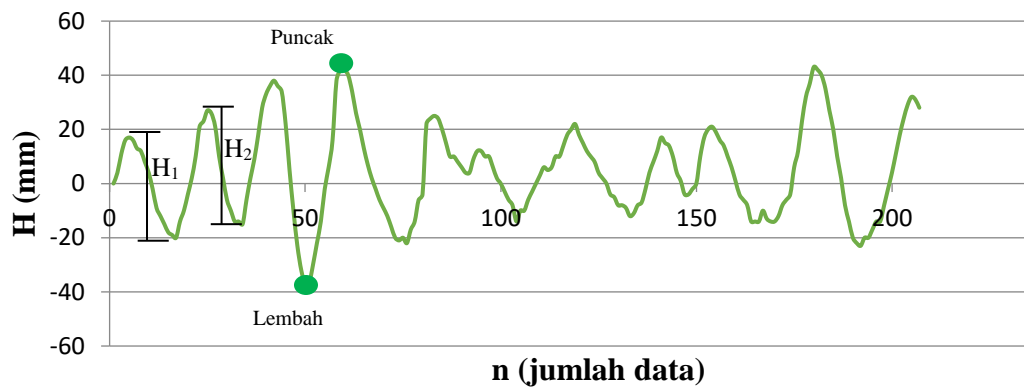
Gambar 4.2 Hasil perekaman *wave tide meter* dalam *Ms. Excel*

4.1.1 Analisis Koefisien Transmisi

Untuk mencari nilai koefisien transmisi, dibutuhkan data gelombang datang dan gelombang yang ditransmisikan setelah melewati struktur. Tinggi gelombang yang dimaksud adalah tinggi gelombang signifikan (H_s), yaitu rata-rata dari sepertiga tinggi gelombang yang tertinggi. Nilai H_s untuk gelombang datang didapatkan dari *probe 1* dan H_s untuk gelombang transmisi didapatkan dari *probe 4*. Untuk mendapatkan nilai koefisien transmisi dapat digunakan *Software*

MATLAB dengan menggunakan program WAVAN (*Wave Analysis*) version 1.1 Copyright (c) Kamphuis (2000). Metode analisis koefisien transmisi telah dijelaskan pada Gambar 3.17 yang berada di Bab 3.

Untuk mengetahui apakah program WAVAN dapat digunakan atau tidak, maka perlu dilakukan validasi antara hasil dari proses *running* WAVAN dan perhitungan secara manual. Program WAVAN dapat digunakan apabila perbandingan dengan perhitungan manual mempunyai nilai error dibawah 5%. Penulis mengambil sampel data gelombang untuk mencari hasil perhitungan tinggi gelombang signifikan secara manual. Gambar 4.3 merupakan grafik sebaran data gelombang yang penulis gunakan untuk menghitung tinggi gelombang signifikan. Tabel 4.1 merupakan penyajian sampel gelombang dalam bentuk tabel serta tinggi gelombang signifikan dari perhitungan secara manual.



Gambar 4.3 Contoh rekaman fluktuasi muka air (tinggi gelombang)

Tabel 4.1 Data sampel tinggi gelombang dan perhitungan H_s

Gel. No.	Elevasi puncak (mm)	Elevasi lembah (mm)	H_i (mm)	H_i (cm)	H_i (cm) diurutkan dari yang tertinggi	$1/3 H_i$ tertinggi (cm)
1	17	-9	26	2.6	7.9	7.9
2	27	-20	47	4.7	5.7	5.7
3	42	-37	79	7.9	5.6	5.6
4	34	-22	56	5.6	5.5	$H_s = 6.4$ cm
5	15	-14	29	2.9	4.7	
6	22	-12	34	3.4	3.4	
7	21	-8	29	2.9	2.9	
8	43	-14	57	5.7	2.9	
9	32	-23	55	5.5	2.6	

Dari perhitungan manual didapatkan tinggi gelombang signifikan sebesar 6,4 cm. Selanjutnya dilakukan perhitungan tinggi gelombang signifikan dengan sampel data yang sama menggunakan *software* MATLAB program WAVAN. Gambar 4.4 merupakan hasil *running* dari program WAVAN.

```

Command Window
File Edit Debug Desktop Window Help

Program WAVAN

Wave Analysis

INPUT

enter input filename Ch1ValidasiManualDibagi10.txt
Enter Number of Columns in Input File: 1
Enter Sampling Time, Delt: 0.04
Enter No. of Points (Multiple of 8): 200
Do you want plots? - Yes=1, No=0: 0
Remove Mean (1) or Trend (2)?: 2
Enter Desired Resolution, M: 10

Enter Number of Bins for Histogram: 5

Basic Output

Mean Water Level          = 0.4982 centimetres
Water Level Trend         = -0.03367 cm/s
Sigma                     = 1.685 centimetres

Wave Statistics

Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?: 1

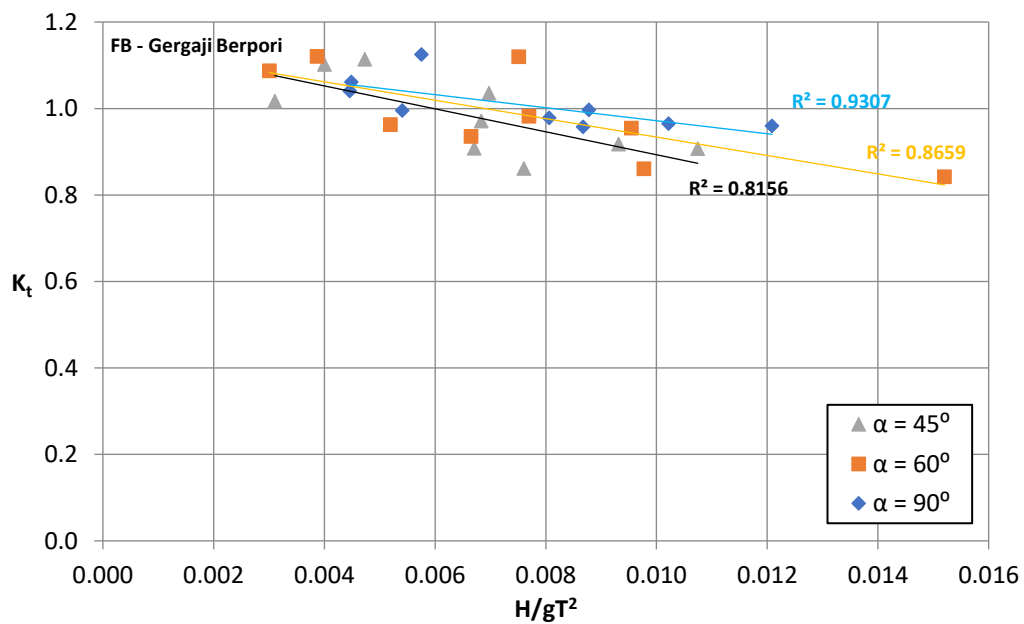
Number of Waves           = 9
Average Wave Period       = 0.8889 seconds
Significant Wave Height   = 6.1598 centimetres
Maximum Wave Height       = 7.4892 centimetres
Average Wave Height       = 4.5726 centimetres
rms Wave Height           = 4.8783 centimetres
Average of Highest 1/10   = 7.0365 centimetres
Sigmaz                    = 0.9673 centimetres

```

Gambar 4.4 Hasil *running* menggunakan WAVAN

Dari perhitungan menggunakan program WAVAN didapatkan tinggi gelombang signifikan sebesar 6,1598 cm. Dari perbandingan pengolahan data menggunakan program WAVAN dan secara manual memiliki tingkat error sebesar 3,753% yang artinya kedua metode perhitungan memiliki perbandingan yang kecil, sehingga program WAVAN dapat digunakan untuk melakukan pengolahan data.

Setelah didapatkan nilai koefisien transmisi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori. Selanjutnya dilakukan analisis hubungan antara koefisien transmisi dan *wave steepness* atau kecuraman gelombang (H_i/gT_i^2) untuk melihat pengaruh kecuraman gelombang terhadap koefisien transmisi. Grafik hubungan antara koefisien transmisi dan kecuraman gelombang disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Pengaruh *wave steepness* terhadap K_t pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori

Dari Gambar 4.5 terlihat bahwa semakin besar nilai kecuraman gelombang/semakin curam gelombang, nilai koefisien transmisinya semakin kecil begitu pula sebaliknya, semakin landai gelombang maka semakin besar nilai koefisien transmisi yang artinya energi gelombang yang teredam lebih sedikit, karena menurut Murali dan Mani, 1997 semakin landai gelombang akan menyebabkan gelombang lebih mudah melewati struktur begitu saja, sehingga akan meningkatkan nilai koefisien. Selain itu sudut gelombang datang juga

berpengaruh terhadap koefisien transmisi akibat gelombang. Menurut Martinelli, dkk (2008) semakin kecil sudut gelombang datang (semakin miring sudut gelombang datang) maka koefisien transmisi pada *floating breakwater* semakin kecil, selain itu Burgers (1993) juga mengatakan hal serupa dikarenakan energi gelombang datang yang diterima struktur lebih sedikit.

Berdasarkan Gambar 4.5 juga dapat dilihat bahwa semakin kecil sudut arah gelombang datang/semakin miring gelombang datang terhadap *floating breakwater*, maka koefisien transmisi semakin kecil, dan begitu pula sebaliknya. Berdasarkan perhitungan lebih lanjut *floating breakwater* tipe gergaji berpori dengan sudut gelombang datang 90° memiliki nilai koefisien transmisi dari 0,96 – 1,12. Sedangkan pada saat gelombang datang dengan sudut 60° koefisien transmisi lebih kecil sebesar 2,25% dan pada saat sudut gelombang datang 45° koefisien transmisi menurun sebesar 5,03% dari sudut gelombang datang 90° . Dari *plotting* grafik pengaruh *wave steepness* terhadap K_t pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori pada Gambar 4.5 dapat dituliskan persamaan linier sebagai berikut :

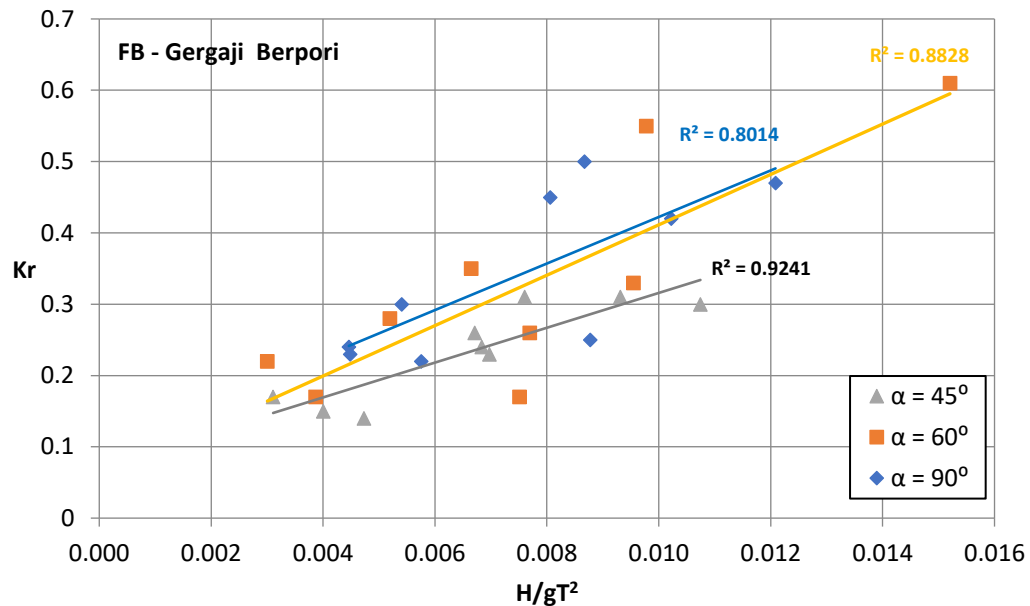
- $\alpha = 90^\circ : y = -15.064x + 1.1224$
- $\alpha = 60^\circ : y = -21.301x + 1.1469$
- $\alpha = 45^\circ : y = -26.536x + 1.1584$

4.1.2 Analisis Koefisien Refleksi

Untuk menghitung nilai koefisien refleksi pada *floating breakwater* dibutuhkan data waktu dan fluktuasi muka air akibat pantulan struktur *floating breakwater* yang didapatkan dari *wave probe* 2 dan 3 yang berada di depan struktur. Perhitungan koefisien refleksi menggunakan persamaan Goda (1985) yang membandingkan amplitudo gelombang refleksi dan amplitudo gelombang datang. Persamaan algoritma Goda (1985) telah disusun pada *Software* MATLAB. Alur analisis koefisien refleksi menggunakan persamaan Goda (1985) dapat dilihat pada Gambar 3.18 yang berada di Bab 3.

Dari hasil olahan *Software* MATLAB dengan menggunakan persamaan Goda (1985) terhadap data yang diinputkan didapatkan nilai koefisien refleksi dan dapat dilakukan analisis hubungan antara koefisien refleksi dan *wave steepness*

atau kecuraman gelombang (H_i/gT_i^2) untuk melihat pengaruh kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi. Grafik hubungan antara koefisien refleksi dan kecuraman gelombang pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori disajikan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Pengaruh *wave steepness* terhadap K_r pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori

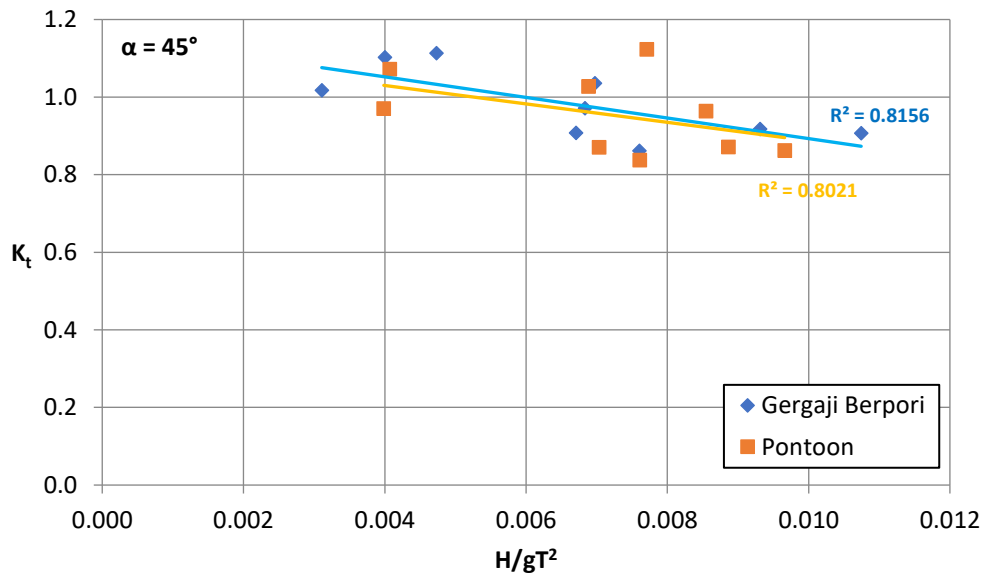
Dari Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa nilai koefisien refleksi berbanding lurus dengan nilai *wave steepness*, semakin besar nilai kecuraman gelombang/semakin curam gelombang, nilai koefisien refleksinya semakin besar begitu pula sebaliknya, semakin landai gelombang maka semakin kecil nilai koefisien refleksi yang artinya energi gelombang yang dipantulkan lebih sedikit dan lebih banyak energi gelombang yang lolos. Semakin besar nilai koefisien refleksi menandakan semakin banyak gelombang yang dipantulkan sehingga semakin besar pula energi gelombang yang teredam. Selain itu sudut gelombang datang juga berpengaruh terhadap koefisien refleksi akibat gelombang terlihat bahwa semakin kecil sudut arah gelombang datang/semakin miring gelombang datang terhadap *floating breakwater*, maka koefisien refleksi semakin kecil, dan begitu pula sebaliknya. Dari perhitungan lebih lanjut *floating breakwater* tipe gergaji berpori dengan sudut gelombang datang 90° memiliki koefisien refleksi sebesar 0,22 – 0,5, pada sudut gelombang datang 60° memiliki koefisien refleksi

5,75% lebih kecil dan pada sudut gelombang datang 45° memiliki koefisien refleksi 25,22% lebih kecil dari sudut 90° . Persamaan linier berdasarkan grafik pengaruh *wave steepness* terhadap K_r pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori dapat ditulis sebagai berikut :

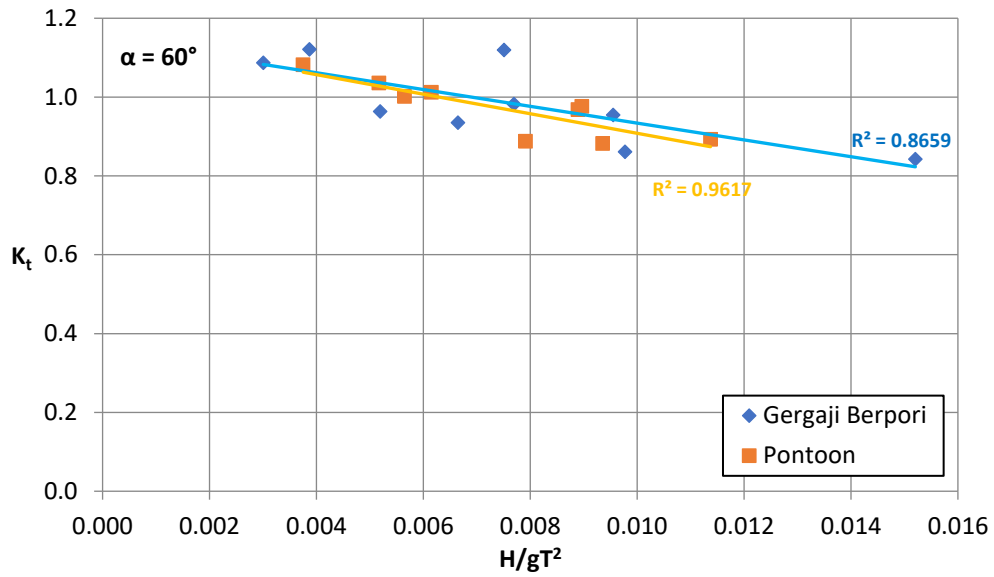
- $\alpha = 90^\circ : y = 32.635x + 0.0959$
- $\alpha = 60^\circ : y = 35.328x + 0.058$
- $\alpha = 45^\circ : y = 24.422x + 0.0716$

4.2 Perbandingan Koefisien Transmisi *Floating Breakwater* Tipe Gergaji Berpori dengan Tipe *Pontoon*

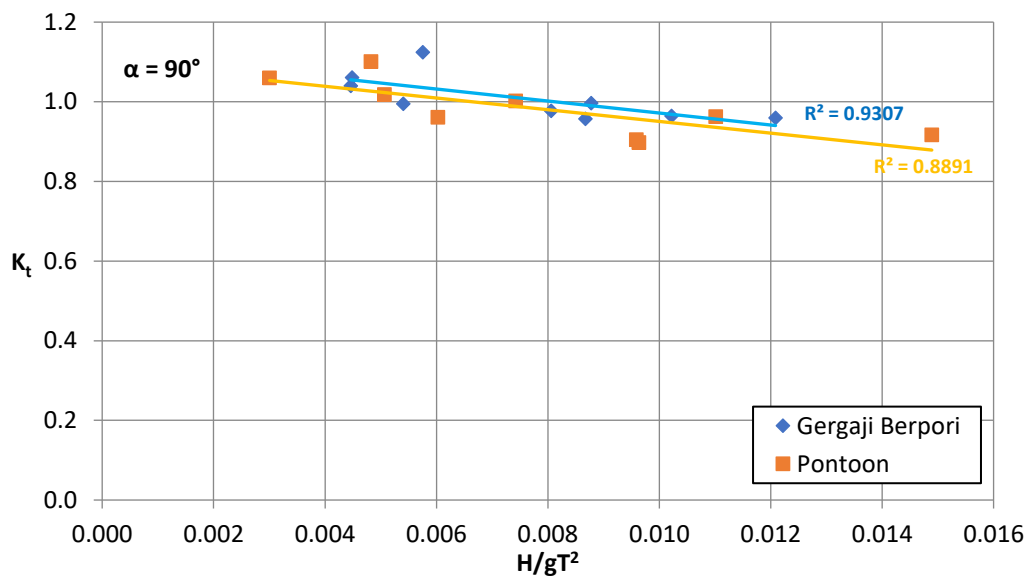
Untuk mengetahui keefektifan *floating breakwater* tipe gergaji berpori, maka perlu dibandingkan dengan *floating breakwater* tipe *pontoon*. Gambar 4.7 – 4.9 merupakan grafik perbandingan koefisien transmisi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan tipe *pontoon* pada tiap-tiap variasi sudut gelombang datang.



Gambar 4.7 Perbedaan K_t *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan *pontoon* pada $\alpha = 45^\circ$



Gambar 4.8 Perbedaan K_t *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan *pontoon* pada $\alpha = 60^\circ$



Gambar 4.9 Perbedaan K_t *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan *pontoon* pada $\alpha = 90^\circ$

Menurut Wang dan Sun (2010) *floating breakwater* dengan tipe berpori mampu mengurangi tegangan *mooring* bila dibandingkan dengan *floating breakwater* konvensional atau tipe *pontoon*. Dari Gambar 4.7 – 4.9 dapat dilihat bahwa *floating breakwater* tipe *pontoon* memiliki nilai koefisien transmisi yang cenderung lebih kecil bila dibandingkan dengan *floating breakwater* tipe gergaji berpori yang artinya *floating breakwater* tipe *pontoon* lebih baik meredam energi gelombang, karena pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori terdapat

porositas yang menyebabkan lebih banyak air yang lolos melewati struktur, namun tegangan *mooring* pada *floating breakwater* tipe *pontoon* akan lebih besar karena energi gelombang sepenuhnya diredam oleh permukaan struktur dan sebaliknya, *floating breakwater* tipe gergaji berpori dapat menurunkan tegangan *mooring*.

Dari perhitungan lebih lanjut, pada sudut gelombang datang 45° *floating breakwater* tipe gergaji berpori memiliki koefisien transmisi sebesar 0,86 – 1,11 dan pada tipe *pontoon* koefisien transmisi lebih kecil 1,43%. Pada sudut gelombang datang 60° *floating breakwater* tipe gergaji berpori memiliki koefisien transmisi sebesar 0,84 – 1,12 dan pada tipe *pontoon* berkurang sebesar 1,8%. Pada sudut gelombang datang 90° *floating breakwater* tipe gergaji berpori memiliki koefisien transmisi sebesar 0,96 – 1,12 dan pada tipe *pontoon* berkurang sebesar 2,23%. Persamaan linier pada ketiga grafik diatas dituliskan sebagai berikut :

➤ Tipe gergaji berpori

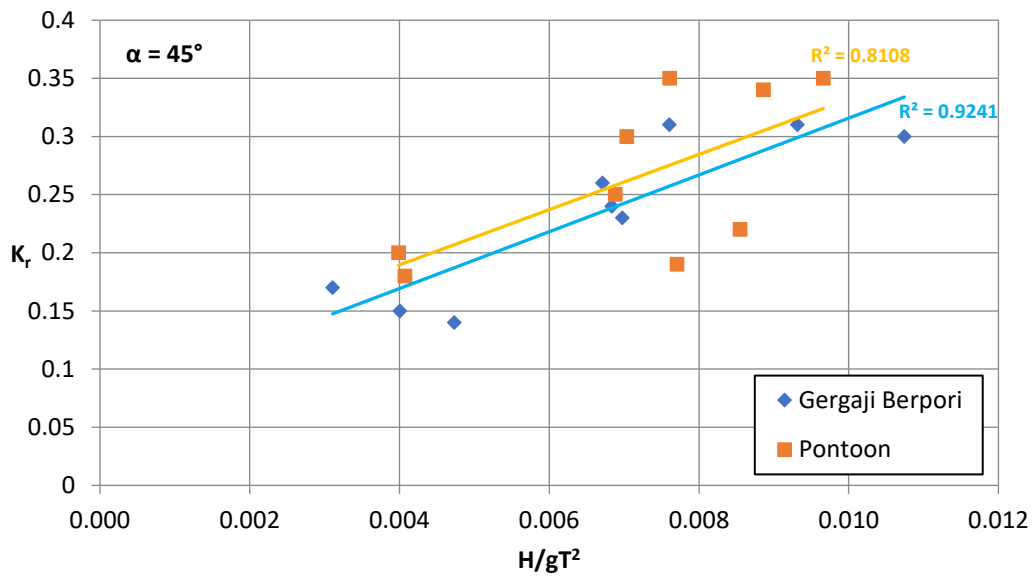
- $\alpha = 90^\circ : y = -15.064x + 1.1224$
- $\alpha = 60^\circ : y = -21.301x + 1.1469$
- $\alpha = 45^\circ : y = -26.536x + 1.1584$

➤ Tipe *pontoon*

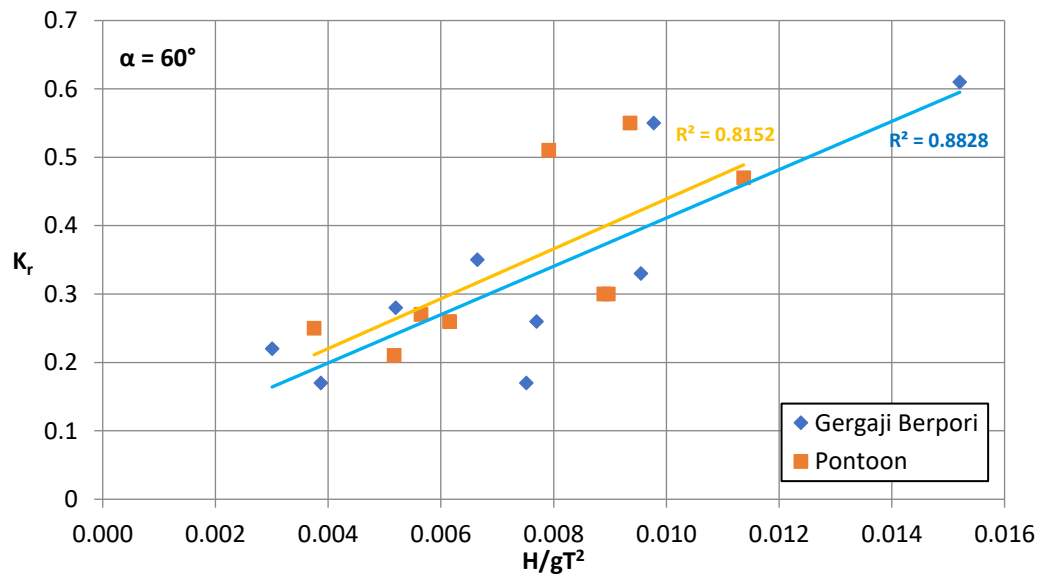
- $\alpha = 90^\circ : y = -14.693x + 1.0976$
- $\alpha = 60^\circ : y = -24.801x + 1.1561$
- $\alpha = 45^\circ : y = -23.735x + 1.1249$

4.3 Perbandingan Koefisien Refleksi *Floating Breakwater* Tipe Gergaji Berpori dengan Tipe *Pontoon*

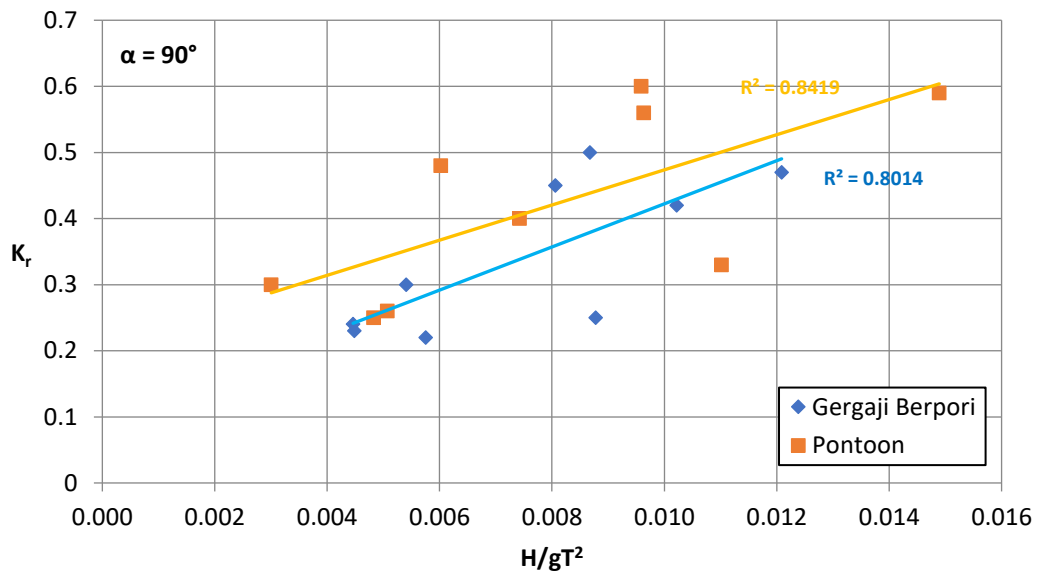
Perbandingan koefisien refleksi terhadap *wave steepness* pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori terhadap tipe *pontoon* disajikan pada Gambar 4.10 – 4.12.



Gambar 4.10 Perbedaan K_r *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan *pontoon* pada $\alpha = 45^\circ$



Gambar 4.11 Perbedaan K_r *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan *pontoon* pada $\alpha = 60^\circ$



Gambar 4.12 Perbedaan K_r *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan *pontoon* pada $\alpha = 90^\circ$

Berdasarkan Gambar 4.10 – Gambar 4.12 dapat dilihat bahwa *floating breakwater* tipe *pontoon* memiliki nilai koefisien refleksi yang cenderung lebih besar bila dibandingkan dengan *floating breakwater* tipe gergaji berpori, yang artinya *floating breakwater* tipe *pontoon* lebih baik meredam energi gelombang karena lebih banyak gelombang yang dipantulkan, sebab pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori terdapat porositas yang menyebabkan lebih banyak air yang lolos melewati struktur.

Berdasarkan perhitungan, ditinjau dari variasi sudut gelombang datang, pada sudut gelombang datang 45° *floating breakwater* tipe gergaji berpori memiliki koefisien refleksi sebesar 0,14 – 0,31 dan pada tipe *pontoon* memiliki koefisien refleksi lebih besar 7,27%. Pada sudut gelombang datang 60° *floating breakwater* tipe gergaji berpori memiliki koefisien refleksi sebesar 0,17 – 0,61 dan pada tipe *pontoon* bertambah sebesar 7,36%. Pada sudut gelombang datang 90° *floating breakwater* tipe gergaji berpori memiliki koefisien refleksi sebesar 0,22 – 0,5 dan pada tipe *pontoon* bertambah sebesar 15,96%. Persamaan linier pada ketiga grafik K_r diatas disajikan sebagai berikut :

- Tipe gergaji berpori
 - $\alpha = 90^\circ : y = 32.635x + 0.0959$

- $\alpha = 60^\circ : y = 35.328x + 0.058$
- $\alpha = 45^\circ : y = 24.422x + 0.0716$

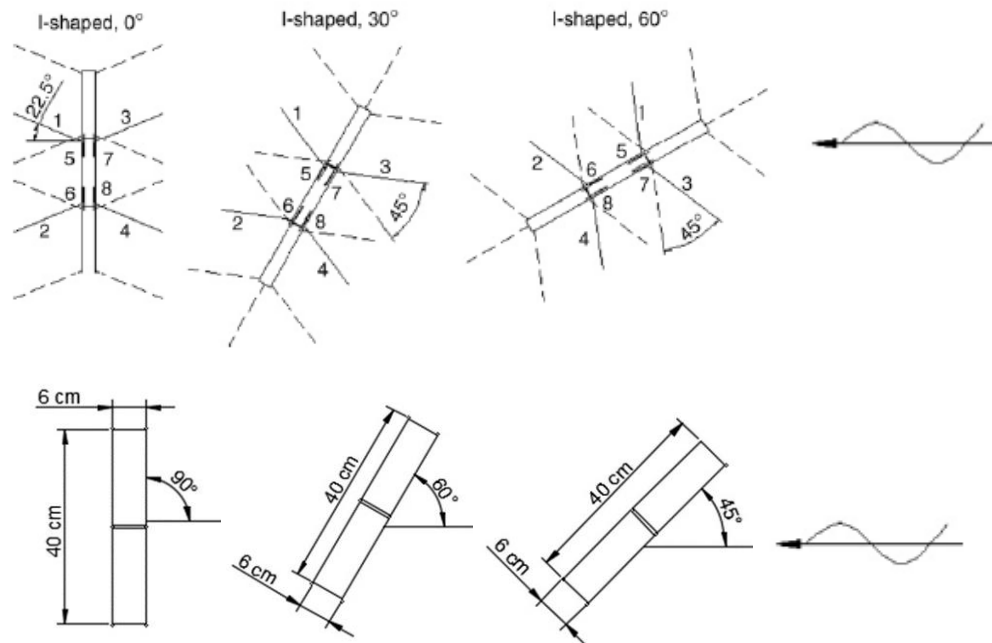
➤ Tipe *pontoon*

- $\alpha = 90^\circ : y = 26.596x + 0.2077$
- $\alpha = 60^\circ : y = 36.449x + 0.0745$
- $\alpha = 45^\circ : y = 23.76x + 0.0945$

Memperhitungkan koefisien refleksi bertujuan untuk mengetahui pada sisi mana *floating breakwater* memantulkan gelombang terbesar, karena gelombang pantul yang besar dapat mengganggu aktivitas kapal, bahkan dapat mengakibatkan *collapse*, sehingga penting untuk mengetahui daerah mana yang memiliki gelombang pantul yang besar, agar bisa meminimalisir resiko terjadinya gangguan transportasi laut.

4.4 Perbandingan Hasil Pemodelan Fisik Transmisi dan Refleksi dengan Penelitian Sebelumnya

Penelitian yang dilakukan oleh Martinelli, dkk (2008) digunakan untuk membandingkan hasil pemodelan fisik yang telah dilaksanakan. Pada penelitian sebelumnya membahas mengenai koefisien transmisi dan tegangan *mooring* pada *floating breakwater* dengan bentuk I dan J yang dipengaruhi oleh sudut gelombang datang 0° , 30° dan 60° . Gambar 4.13 merupakan perbandingan *layout* penulis dengan Martinelli, dkk (2008), dan Gambar 4.14 merupakan perbandingan hubungan antara koefisien transmisi dan sudut gelombang datang penulis dengan Martinelli, dkk (2008). Pada perbandingan penelitian penulis dengan Martinelli, dkk (2008) disini tidak melihat bentuk dari model fisik *floating breakwater* melainkan hanya untuk melihat *trend/kecenderungan* hubungan antara K_t dengan sudut α .



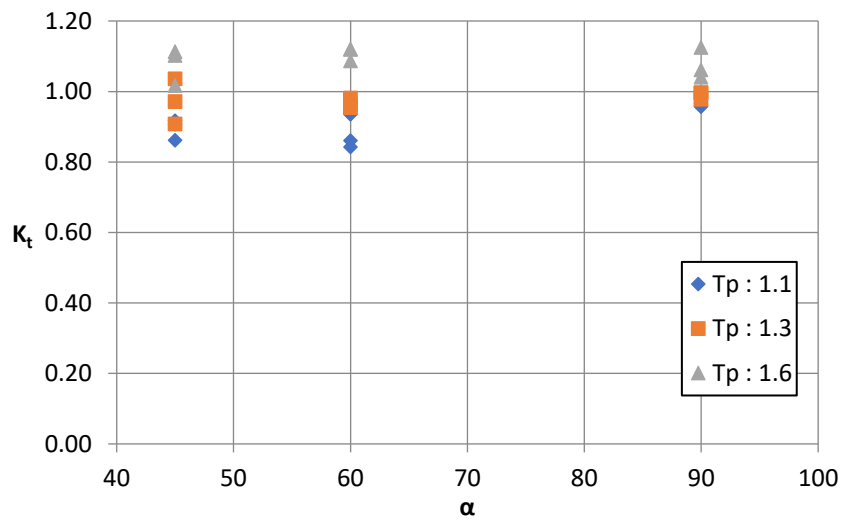
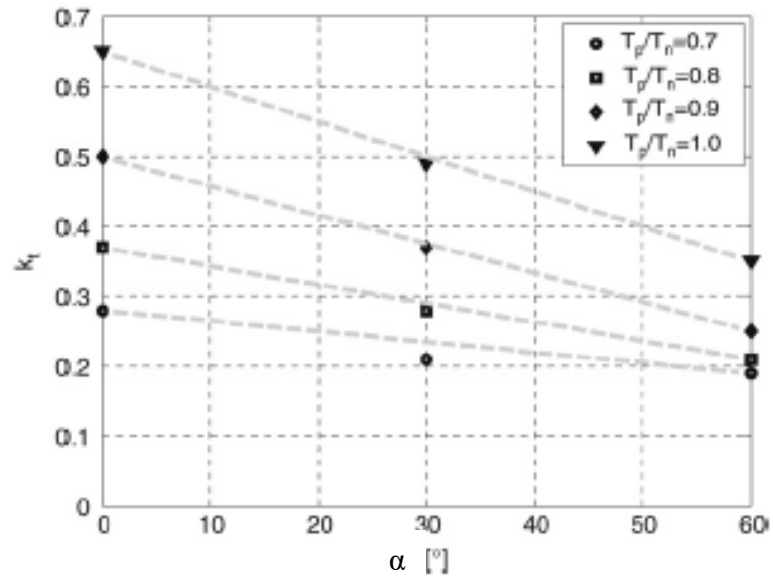
Gambar 4.13 Perbandingan *layout* peletakan *floating breakwater* penulis dan Martinelli, dkk (2008)

Terdapat perbedaan penamaan sudut gelombang datang antara penulis dan Martinelli, dkk (2008). Pada penelitiannya Martinelli, dkk (2008), sudut $\alpha = 0^\circ$ menandakan arah gelombang datang tegak lurus, sedangkan penulis menuliskan arah gelombang datang tegak lurus dengan sudut 90° . Perbedaan penamaan sudut gelombang datang antara penulis dan Martinelli, dkk (2008) dituliskan dalam Tabel 4.6.

Tabel 4.2 Perbedaan penamaan sudut gelombang datang

Sudut	Martinelli, dkk (2008)	Penulis (2019)
0°	0°	90°
30°	30°	60°
45°	-	45°
60°	60°	-

Dari Gambar 4.13 terlihat bahwa penelitian Martinelli, dkk (2008) dan penulis memiliki sedikit perbedaan sudut pada variasi sudut gelombang datang, namun memiliki kecenderungan variasi dimana sudut gelombang datang semakin menjauhi arah tegak lurus dari struktur.

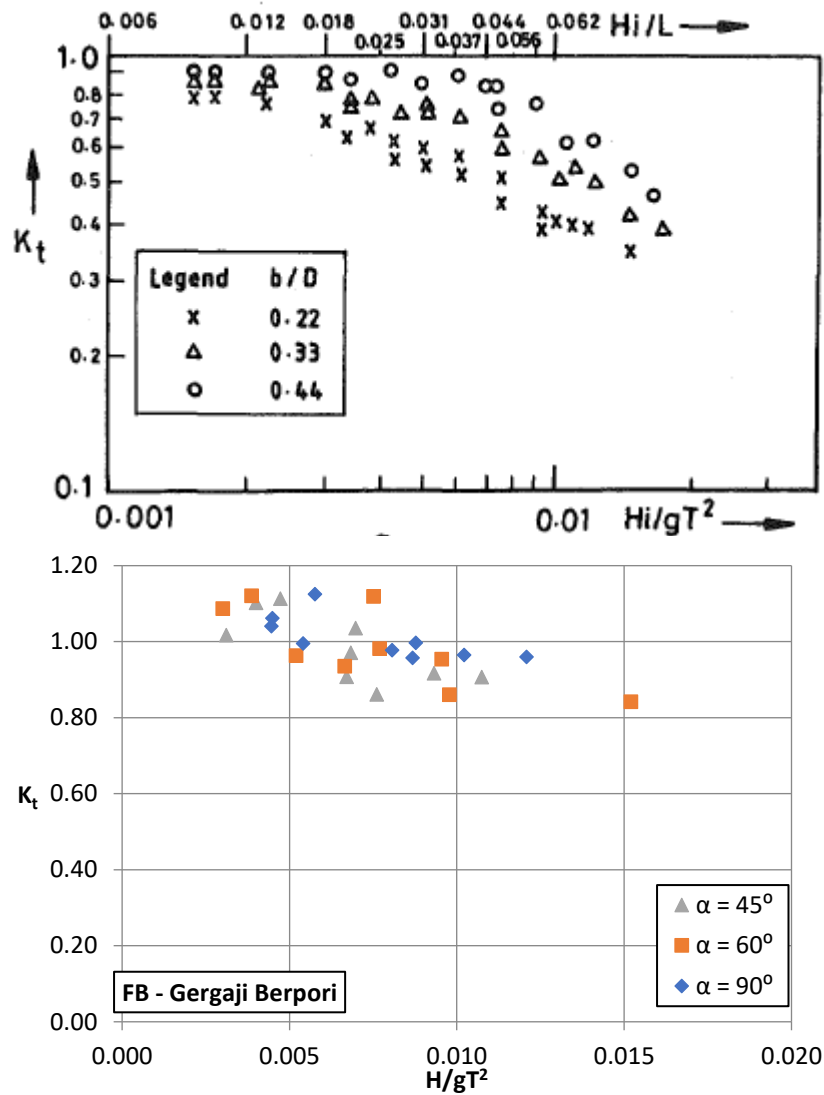


Gambar 4.14 Perbandingan hubungan antara koefisien transmisi dan sudut gelombang datang penulis dengan Martinelli, dkk (2008)

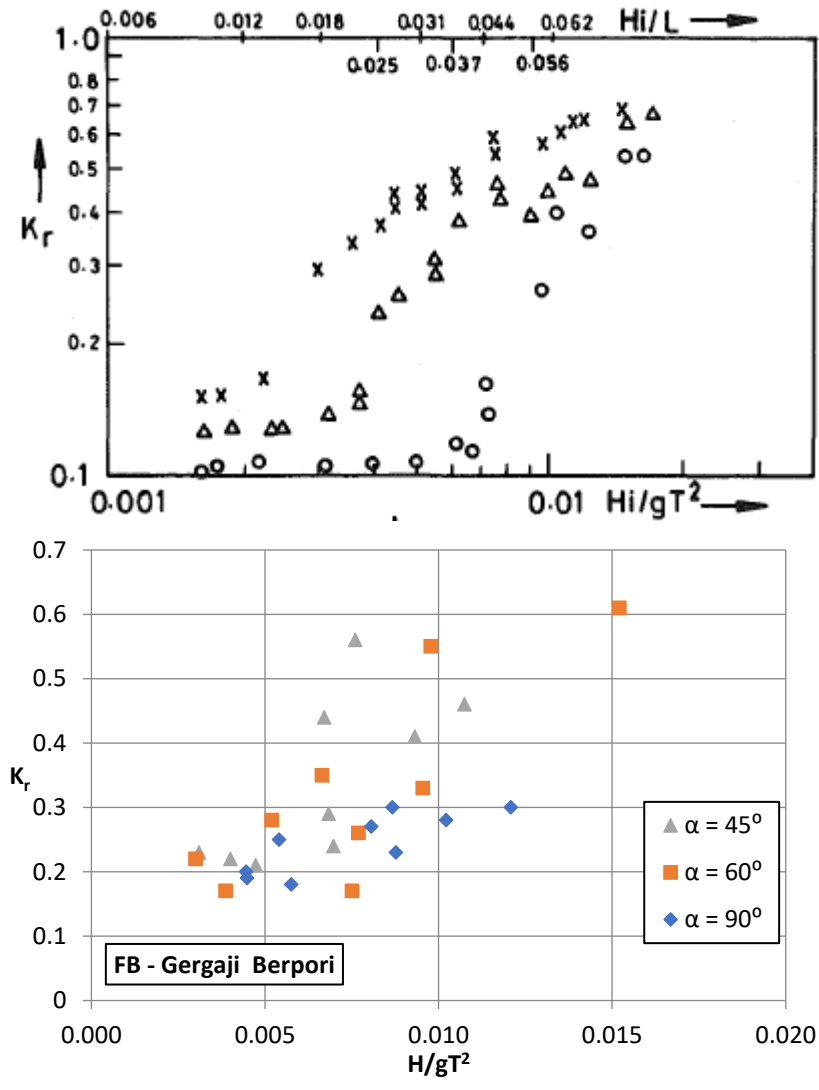
Dari Gambar 4.14 dapat disimpulkan bahwa semakin jauh sudut gelombang datang terhadap arah tegak lurus dari struktur, maka koefisien transmisinya akan semakin kecil, dengan kata lain semakin miring gelombang datang maka koefisien transmisinya akan menurun.

Selain itu hubungan antara *wave steepness* atau kecuraman gelombang terhadap koefisien transmisi dan refleksi dibahas pada penelitian Mani (1991). Pada perbandingan penelitian Mani (1991) dan penulis disini tidak

membandingkan/melihat mengenai bentuk dari struktur yang dimodelkan, namun hanya melihat kecenderungan pengaruh hubungan antara K_t dengan H/gT^2 .



Gambar 4.15 Perbandingan pengaruh *wave steepness* terhadap K_r penulis dengan Mani (1991)

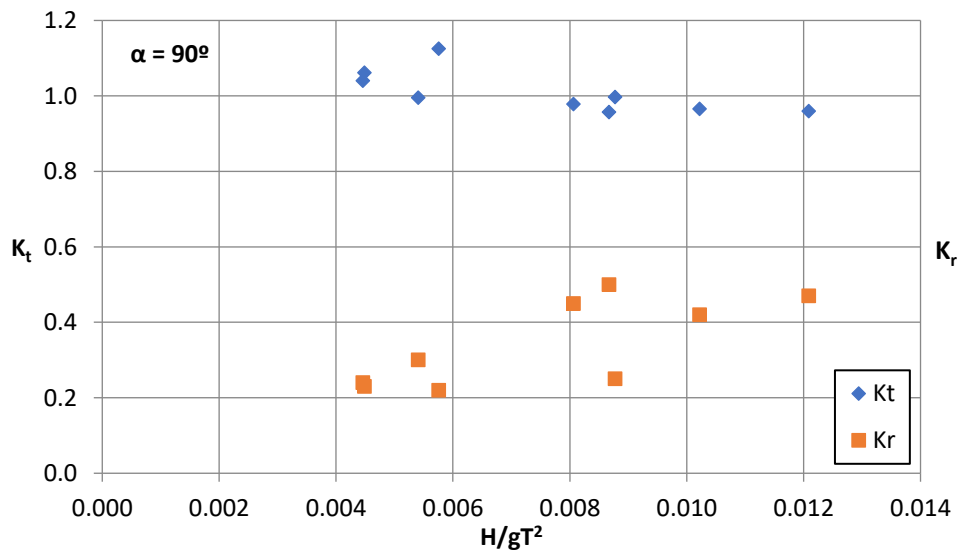


Gambar 4.16 Perbandingan pengaruh *wave steepness* terhadap K_r penulis dengan Mani (1991)

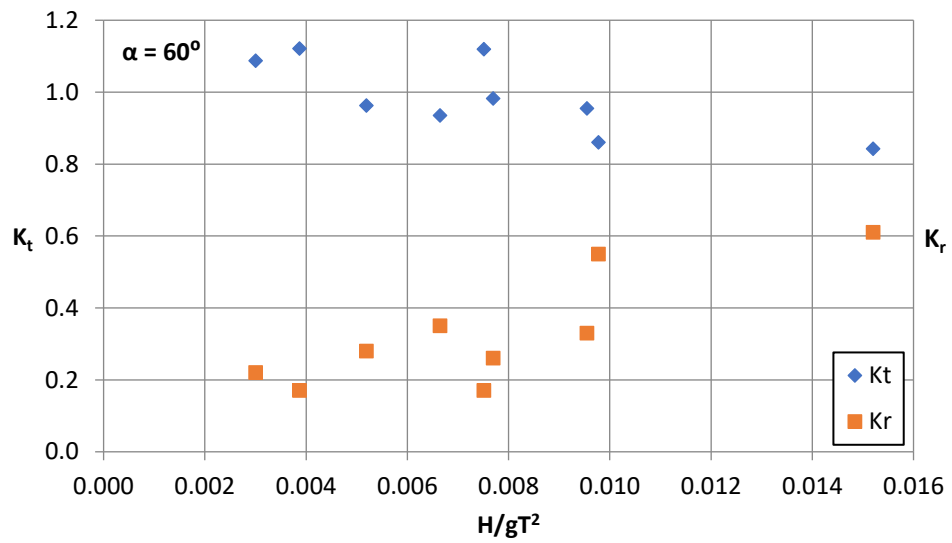
Dari Gambar 4.15 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai *wave steepness* (semakin curam gelombang) maka koefisien transmisi akan semakin kecil, dan sebaliknya semakin kecil nilai *wave steepness* atau semakin landai gelombang maka koefisien transmisi akan semakin besar. Gambar 4.16 dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai *wave steepness* maka semakin besar pula koefisien refleksi dan semakin landai gelombang maka koefisien refleksi semakin kecil.

4.5 Perbandingan K_t dan K_r pada *Floating Breakwater* Tipe Gergaji Berpori

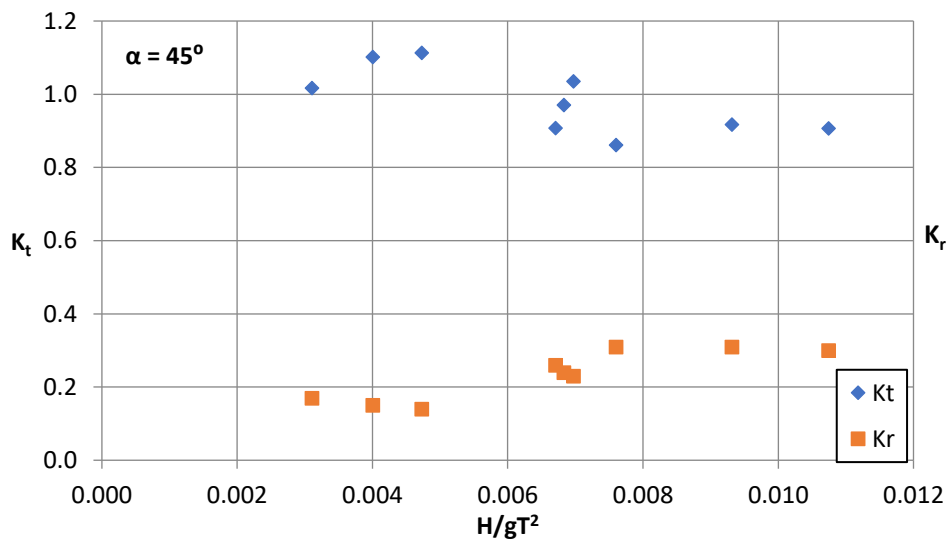
Energi gelombang datang diasumsikan memiliki nilai 1, sehingga ketika gelombang mengenai struktur, maka akan ada energi gelombang yang direfleksikan dan ditransmisikan dimana jumlah total energi gelombang yang direfleksikan dan ditransmisikan harus memiliki jumlah yang tetap/sama, $K_t + K_r = 1$. Apabila jumlah energi kurang dari 1, maka terdapat energi yang didisipasikan, dimana energi yang hilang dapat dirumuskan dengan $E_{\text{loss}} = \sqrt{1 - K_r^2 - K_t^2}$ (Wang dan Sun, 2010), dan apabila jumlah energi lebih dari 1, maka artinya terdapat gelombang baru akibat dari respon gerak *floating breakwater* pengaruh gelombang datang. Untuk mengetahui hubungan antara K_t dengan K_r maka perlu dilakukan analisis perbandingan nilai K_t dan K_r pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori yang dapat dilihat pada Gambar 4.17 – 4.19.



Gambar 4.17 Perbandingan K_t dan K_r *floating breakwater* tipe gergaji berpori pada $\alpha = 90^\circ$



Gambar 4.18 Perbandingan K_t dan K_r *floating breakwater* tipe gergaji berpori pada $\alpha = 60^\circ$



Gambar 4.19 Perbandingan K_t dan K_r *floating breakwater* tipe gergaji berpori pada $\alpha = 45^\circ$

Dari ketiga grafik diatas terlihat bahwa semakin besar nilai kecuraman gelombang, K_t memiliki pola menurun dan K_r memiliki pola semakin naik. Yang artinya hubungan antara K_t dan K_r adalah berbanding terbalik, semakin besar gelombang yang ditransmisikan, maka gelombang yang dipantulkan akan semakin sedikit, begitu pula sebaliknya. Selain itu jumlah energi gelombang yang dipantulkan dan ditransmisikan harus sama dengan 1, namun pada hasil analisis

perbandingan K_t dengan K_r pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori memiliki jumlah energi transmisi dan refleksi yang cenderung diatas 1, yang artinya justru terdapat energi gelombang tambahan setelah gelombang melewati struktur. Hal ini karena ketergantungan K_t pada periode gelombang datang, periode gelombang yang terlalu besar akan mempengaruhi panjang gelombang yang lebih besar daripada lebar struktur. K_t relatif tinggi untuk gelombang panjang, dan K_t relatif kecil untuk gelombang pendek (Tsinker, 1995), selain itu pergerakan struktur akibat gelombang datang dengan periode yang lebih besar dari lebar struktur juga dapat menimbulkan gelombang baru dibelakang struktur, karena menurut Tsinker (1995) sebagian dari energi gelombang datang dipantulkan oleh struktur dan beberapa energi gelombang melewati bagian bawah dan atas (*overtopping*) struktur. Sehingga, sebagian dari gelombang datang akan menyebabkan gerakan dari struktur, pada akhirnya menghasilkan gelombang baru dengan cara yang mirip dengan pembangkit gelombang dalam model hidrolis. Gelombang total yang ditransmisikan adalah jumlah energi gelombang yang melewati bawah dan atas pemecah gelombang dan energi gelombang yang dihasilkan oleh gerakan pemecah gelombang. Masalah ini dapat diatasi dengan penambahan variasi lebar struktur, karena semakin lebar struktur *floating breakwater* maka perjalanan energi gelombang melewati struktur juga akan semakin lama, sehingga dapat mengecilkan nilai K_t .

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis koefisien transmisi dan refleksi pada *floating breakwater* tipe gergaji berpori yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan diantaranya :

1. Berdasarkan uji fisik *floating breakwater* tipe gergaji berpori dengan variasi sudut arah gelombang datang.
 - Semakin kecil sudut gelombang datang (semakin menjauhi arah tegak lurus) maka nilai K_t akan semakin kecil, akibat energi gelombang yang mengenai struktur juga lebih kecil. Nilai K_t terbesar terjadi pada sudut $\alpha = 90^\circ$ ($K_t = 0,96 - 1,12$), $\alpha = 60^\circ$ ($K_t = 0,84 - 1,12$) dan $\alpha = 45^\circ$ ($K_t = 0,86 - 1,11$).
 - Semakin kecil sudut gelombang datang (semakin menjauhi arah tegak lurus) maka nilai K_r akan semakin kecil. Nilai K_r terkecil terjadi pada sudut $\alpha = 45^\circ$ ($K_r = 0,14 - 0,31$), $\alpha = 60^\circ$ ($K_r = 0,17 - 0,61$) dan $\alpha = 90^\circ$ ($K_r = 0,22 - 0,5$).
2. Perbandingan K_t dan K_r antara *floating breakwater* tipe gergaji berpori dan *pontoon* pada setiap variasi sudut gelombang datang adalah sebagai berikut :
 - Nilai K_t tipe gergaji berpori lebih besar 2,23%; 1,8% dan 1,43% terhadap tipe *pontoon* pada sudut gelombang datang 90° , 60° dan 45° secara berurutan.
 - Nilai K_r tipe gergaji berpori lebih kecil 15,96%; 7,36% dan 7,27% terhadap tipe *pontoon* pada sudut gelombang datang 90° , 60° dan 45° secara berurutan.

Dalam artian *floating breakwater* tipe gergaji berpori kurang baik dalam meredam energi gelombang, karena lebih banyak air yang lolos, namun lebih efektif dalam hal tegangan *mooring* karena tegangan *mooring* yang terjadi lebih kecil.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada peneliti yang akan melakukan penelitian selanjutnya yaitu dengan menambahkan variasi lebar struktur *floating breakwater* karena semakin lebar struktur, semakin kecil koefisien transmisinya dan menambahkan variasi porositas pada muka struktur *floating breakwater* untuk mengetahui seberapa signifikan pengaruh porositas terhadap koefisien transmisi.

DAFTAR PUSTAKA

- Anuar, Haryo D. A., dan Sujantoko. 2012, “ Pengaruh Jumlah dan Bentuk Susunan Unit Floating Breakwater Terhadap Koefisien Refleksi dan Koefisien Transmisi Gelombang”, *Jurnal Tugas Akhir*, Teknik Kelautan (2012).
- Ariyanto, I. Y. 2011. *Pengujian Efektivitas Peredaman Gelombang dengan Rancangan Struktur Sederhana Berbentuk Silinder*. Skripsi, Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Indonesia Depok.
- Bhattacharyya. 1978, *Dynamic of Marine Vehicles*. New York: a Wiley Interscience Publication, John Wiley & Sons.
- Biesheuvel, A. C. 2013, *Effectiveness of Floating Breakwaters*, Master of Science Thesis, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geoscience, Delft.
- Briggs, M. J. 2013, “Basics of Physical Modeling in Coastal and Hydraulic Engineering”, *Army Corps of Engineer*, ERDC/CHL CHETN-XIII-3.
- Burgers, R. J. W. 1993, *Vryhof Floating Breakwater*. Delft: Delft University of Technology.
- CERC. 1984, *Shore Protection Manual Volume 1*, Vicksburg, Mississippi: US Army Corps of Engineers.
- Cho, I. 2016, “Transmission Coefficients Of A Floating Rectangular Breakwater With Porous Side Plates”, *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, Volume 8, Issue 1, January 2016, Pages 53-65.
- Christensen, E. D., Harry B. B., Andreas P. S. F., Alexander K. L., Karsten L. J. 2018, “An Experimental and Numerical Study of Floating Breakwaters”, *Journal of Coastal Engineering*, Volume 137, Pages 43-58.
- Fousert, M. W. 2006, *Floating Breakwater Theoretical Study of Dynamic Wave Attenuating System*, Final Report of the Master Thesis, Delft University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Geoscience, Delft.
- Gemilang, R. I. A. dan Yessi N. K. 2016, “Efektifitas Redaman Energi Gelombang Akibat Adanya Breakwater Terapung Ditinjau dari Model Fisik dan Studi Numerik”, *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional Volume 2 No. 3 (hlm. 148)*. Bandung: Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional.
- Gesraha, M. R. 2006, “Analysis of Π Shaped Floating Breakwater in Oblique Waves: I. Impervious Rigid Wave Boards”, *Applied Ocean Research*, Volume 28, Issue 5, October 2006. Pages 327-338.

- Goda, Yoshimi. 1985. *Random Seas and Design of Maritime Structure*. Japan: University of Tokyo Press.
- Hales, L. Z. 1981. *Floating Breakwaters : State-of-the-Art Literature Review*. U.S. Army, Corps Of Engineers Coastal Engineering Research Center.
- Hasselmann, K., T. P. Barnett, E. Bouws, H. Carlson, D. E. Cartwright, K. Enke, J. A. Ewing, H. Gienapp, D. E. Hasselmann, P. Kruseman, A. Meerburg, P. Müller, D. J. Olbers, K. Richter, W. Sell, H. Walden . 1973. *Measurements of wind waves growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*. Deutsches Hydrograph Institut, Hamburg.
- Hudson , R. Y., F. A. Herrmann, R. A. Sager, R. W. Whalin, G. H. Keulegan, C. E. Chatham, and L. Z. Hales. 1979. *Coastal hydraulic models*. Special Report No. 5. Vicksburg, MS: U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.
- Hughes, S. A. 1993, “Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering”, *In Advanced Series on Ocean Engineering 7*, Singapore: World Scientific.
- Hughes, S. A., J. Cohen dan H. F. Accuf. 2008, *Physical Model Study of Wave Action in New Thomson Harbor, Sitka, Alaska*, Vicksburg: US Army Corps of Engineer Research and Development Center.
- Kamphuis, J. W. 2000, “Introduction to Coastal Engineering and Management”, *Advanced Series on Ocean Engineering*, Volume 16, World Scientific, Singapore.
- Koutandos, E., P. Prinos dan X. Gironella. 2005, “Floating Breakwaters Under Regular and Irregular Wave Forcing: Reflection and Transmission Characteristics”, *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 43, No. 2, pp. 174–188.
- Mani, J. S. 1991. “Design of Y-Frame Floating Breakwater”, *J. Waterway, Port, Coastal, Ocean Eng*, 117:105-119.
- Martinelli, L., Piero R. Dan Barbara Z. 2008, “Wave Basin Experiments on Floating Breakwaters with Different Layout”, *Journal of Applied Ocean Research*, Vol 30, Pages 199-207.
- McCartney, B. L. 1985, “Floating Breakwater Design”, *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, Vol. III. No.2.
- Murali, K., dan J. S. Mani. 1997, “Performance of Cage Floating Breakwater”, *Article in Journal of Waterway Port Coastal and Ocean Engineering*, July 1997.

- Nuryuwono. 1992. *Perencanaan Bangunan Pantai Volume II*. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta.
- PIANC. 1994. "Floating Breakwaters: A Practical Guide for Design and Construction". *Brussel*: Permanent Technical Committee II. Working Group 13.
- Putra, R. D., Sujantoko dan Haryo D. A. 2011. "Analisa Concrete Block Anchor Pada Floating Breakwater". *Jurnal Tugas Akhir*, Teknik kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- Rueda, A. A. J. C. Crespo dan G. Rodriguez. 2013, "Evaluation of Wave Energy Transmission Through a Floating Breakwater Using the SPH Method", *WIT Transactions on The Built Environment*, Vol 129.
- Sutrisno. 2013, *Numerical Analysis of Wave Transmission behind Floating Breakwaters*, Master Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering, Trondheim, Norway.
- Tadayon, M. H., Khosro B., Hesam S., S. Reza H. 2010, "Effect of Geometric Dimensions on the Transmission Coefficient of Floating Breakwaters, *International Journal Of Civil And Structural Engineering*, Volume 1, No 3.
- Triatmodjo, Bambang. 2014. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Tsinker, G. P. 1995, *Marine Structure Engineering : Specialized Applications*. Dordrecht: Springer Science + Bussiness Media.
- Wahyudi, Sholihin dan Setiawan F. 2005, "Pengaruh Spektrum Gelombang terhadap Stabilitas Batu Pecah pada Permukaan Cellular Cofferdam Akibat Gelombang Overtopping", *Jurnal Teknologi Kelautan ITS*, Vol 9, Surabaya.
- Wang, H.Y. dan Sun, Z.C. 2010, "Experimental Study of a Porous Floating Breakwater", *Journal of Ocean Engineering*, Vol 37.
- Warnock, J. E. 1950, "Hydraulic Similitude", *Engineering Hydraulics*, H. Rouse, ed, 136-176. New York: John Wiley & Sons.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A

Perhitungan Panjang Gelombang untuk Penentuan Peletakkan *Wave Probe 2 dan 3*

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$T_{max} = 1,6 \text{ s}$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi}$$

$$L_0 = \frac{9,81 (1,6)^2}{2 (3,14)}$$

$$L_0 = 3,99 \text{ m}$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{0,40}{3,99} = 0,10025$$

$$\frac{d}{L} = 0,10025$$

$$\frac{d}{L} = 0,14358 + \frac{0,0001}{0,001} (0,14358 - 0,14272) = 0,143666$$

$$L = \frac{0,40}{0,143666} = 2,78 \text{ m}$$

LAMPIRAN B

Contoh Perekaman Awal Data Gelombang dari *Wave Probe*

DNtech WTM-903
Water Tide Meter
Interface 9030116002

Date - 03/12/2019
Time 11:35
Data
Rate : 25

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10
1	44	1	-4	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	29	3	-10	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	18	4	-14	30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	9	4	-16	26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	0	7	-16	18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-7	7	-15	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-14	10	-12	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-17	10	-10	-14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-20	12	-7	-24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-22	12	-4	-28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-24	14	-4	-32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-23	14	-3	-34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-18	12	1	-32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-12	8	6	-28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	-6	6	11	-22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	0	7	16	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	8	6	20	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	16	6	21	16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	27	4	20	28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	34	2	18	34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	38	0	14	36	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	42	-2	11	36	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	44	-3	10	34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
1	32	0	0	24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	22	1	-3	19	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	16	2	-6	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10
2	14	2	-7	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	7	1	-5	9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	5	1	-4	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	2	0	-4	-7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-4	0	-6	-17	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-7	2	-8	-22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-14	4	-8	-26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-20	4	-7	-28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-20	8	-3	-28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-22	15	-1	-24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-23	21	2	-16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-24	28	3	-5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-22	33	4	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-18	33	4	12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-12	30	4	18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	-4	26	4	22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	2	16	6	24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	12	8	9	24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	22	-4	11	23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	34	-10	12	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	38	-24	16	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	32	-24	18	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
2	28	-22	20	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	24	-18	20	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	21	-12	18	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	21	-6	14	-3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	18	5	7	-7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	14	12	3	-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	10	19	-3	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	4	26	-6	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-1	31	-10	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-2	36	-12	-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-6	42	-18	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-7	41	-20	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-8	34	-21	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-7	31	-19	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-8	24	-17	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-10	16	-14	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-4	9	-10	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-6	2	3	12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	-2	-4	14	16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10
3	0	-8	28	19	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	2	-13	38	18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	10	-16	43	16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	14	-17	31	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	10	-16	20	7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
3	4	-13	12	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	0	-11	8	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	-2	-7	0	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	-3	-5	-8	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	-2	-3	-15	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	-1	3	-20	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	0	6	-22	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	0	10	-19	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	0	12	-16	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	2	13	-14	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	6	16	-10	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	9	18	-7	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	10	22	-3	-5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	14	26	2	-8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	16	28	4	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	22	28	4	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	25	27	4	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	28	24	6	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	26	20	9	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	22	20	12	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	16	14	18	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	2	3	22	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	0	-4	20	9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	-2	-10	16	9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
4	-4	-14	13	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-2	-16	11	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-7	-20	10	9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-9	-22	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-14	-19	5	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-15	-18	3	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-18	-14	0	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-18	-12	-4	-5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-18	-7	-8	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-10	-2	-10	-18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-4	4	-14	-20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	7	8	-16	-22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10
5	21	14	-17	-22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	36	17	-17	-20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	52	20	-18	-18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	60	20	-17	-14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	51	20	-16	-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	36	19	-12	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	27	14	-10	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	16	14	-6	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-4	12	11	34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-4	10	14	34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-4	9	18	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-3	5	18	30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-2	4	18	26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
5	-2	2	19	22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	0	1	18	12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-5	-2	17	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-4	-6	16	-8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-4	-6	13	-13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-6	-9	10	-18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-8	-10	4	-20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-6	-12	-3	-24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-6	-14	-10	-24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-4	-10	-11	-24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	-1	-7	-8	-22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	1	0	-3	-16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	4	8	-2	-14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	8	16	0	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	12	22	0	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	16	26	-3	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	22	27	-6	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	28	26	-8	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	42	22	-1	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	37	20	3	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	29	19	6	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	22	16	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	18	9	11	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	12	4	12	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
6	6	-4	14	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	4	-8	16	18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	1	-10	18	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-2	-16	18	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10
7	-4	-18	18	18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-8	-21	17	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-14	-22	14	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-21	-20	12	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-25	-14	7	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-26	-9	-2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-29	-2	-10	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-28	6	-15	-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-24	12	-17	-13	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-19	16	-18	-18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-11	19	-17	-18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	-3	19	-17	-16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	7	20	-17	-14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	35	28	-4	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	39	30	-2	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	40	30	6	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	36	30	10	7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	36	27	14	9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	36	24	19	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	38	20	25	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
7	36	17	28	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	33	9	31	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	27	2	32	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	19	-2	32	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	8	-8	28	19	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1	-9	25	22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-6	-10	18	17	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-11	-13	12	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-16	-18	6	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-21	-22	1	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-22	-24	-4	-8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-22	-22	-8	-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-20	-22	-10	-11	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-18	-20	-10	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-12	-18	-12	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	-8	-13	-15	-14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	4	8	-17	-8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	9	20	-16	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	13	28	-16	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	14	36	-17	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	18	46	-17	12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10
8	19	51	-18	12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	20	52	-17	12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	23	49	-17	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	20	42	-10	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
8	14	29	-3	12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	10	16	8	18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	8	4	20	23	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	4	-4	30	24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	4	-12	38	24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	0	-16	40	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	-1	-19	40	15	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	-6	-22	36	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	-6	-23	31	7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	-3	-24	25	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	-1	-22	18	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	2	-16	13	-8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	10	-12	9	-12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	18	-4	5	-16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	23	4	-1	-20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	25	16	-24	-26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	26	18	-28	-28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	24	20	-30	-26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	20	21	-27	-22	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	16	20	-24	-18	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	10	20	-18	-10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	4	24	-13	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	0	25	-9	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	-3	25	-3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
9	-4	21	2	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-9	18	6	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-14	13	11	21	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-20	8	17	26	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-28	6	22	30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-32	1	25	28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-31	-2	25	24	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-31	-6	22	20	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-28	-9	17	16	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-23	-10	10	14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-15	-8	4	12	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	-4	-6	-3	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
10	12	-4	-4	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

LAMPIRAN C

Hasil Perhitungan Koefisien Transmisi pada *Floating Breakwater*

Hasil Perhitungan Koefisien Transmisi pada *Floating Breakwater* Tipe *Pontoon*

Skenario	Sudut (°)	Jumlah gelombang	H _i (cm)	T _p (s)	H _t (cm)	Wave Steepness (m)	K _t
H 3 T 1.1	90°	139	7.76	0.91	7.03	0.010	0.91
H 3 T 1.3		122	7.56	1.13	7.27	0.006	0.96
H 3 T 1.6		104	7.34	1.58	7.79	0.004	1.06
H 4 T 1.1		134	9.87	1.02	8.87	0.008	0.90
H 4 T 1.3		125	9.32	1.13	9.34	0.008	1.00
H 4 T 1.6		101	10.13	1.43	10.32	0.006	1.02
H 5 T 1.1		138	11.13	0.87	10.21	0.011	0.92
H 5 T 1.3		117	12.17	1.06	11.73	0.009	0.96
H 5 T 1.6		94	11.78	1.58	12.98	0.005	1.10
H 3 T 1.1	60°	144	7.57	0.91	6.68	0.008	0.88
H 3 T 1.3		128	7.37	1.15	7.38	0.007	1.00
H 3 T 1.6		97	7.50	1.43	8.12	0.003	1.08
H 4 T 1.1		135	9.93	1.13	8.82	0.009	0.89
H 4 T 1.3		120	9.82	1.06	9.51	0.008	0.97
H 4 T 1.6		100	9.82	1.28	9.94	0.005	1.01
H 5 T 1.1		130	12.13	1.04	10.83	0.011	0.89
H 5 T 1.3		121	12.40	1.19	12.11	0.011	0.98
H 5 T 1.6		92	12.62	1.58	13.07	0.005	1.04
H 3 T 1.1	45°	137	7.45	1.00	6.24	0.008	0.84
H 3 T 1.3		129	7.77	1.06	6.77	0.007	0.87
H 3 T 1.6		102	7.97	1.43	7.74	0.004	0.97
H 4 T 1.1		134	10.13	1.03	8.73	0.010	0.86
H 4 T 1.3		123	9.52	1.19	9.78	0.007	1.03
H 4 T 1.6		97	9.95	1.58	10.66	0.004	1.07
H 5 T 1.1		137	11.13	1.13	9.70	0.009	0.87
H 5 T 1.3		120	11.82	1.19	11.39	0.009	0.96
H 5 T 1.6		98	12.31	1.28	13.83	0.008	1.12

Hasil Perhitungan Koefisien Transmisi pada *Floating Breakwater* Tipe Gergaji Berpori

Skenario	Sudut (°)	Jumlah gelombang	H _i (cm)	T _p (s)	H _t (cm)	Wave Steepness (m)	K _t
H 3 T 1.1	90°	135	6.60	0.88	6.32	0.009	0.96
H 3 T 1.3		119	6.57	0.91	6.43	0.008	0.98
H 3 T 1.6		105	6.86	1.25	7.14	0.004	1.04
H 4 T 1.1		136	7.91	0.89	7.64	0.010	0.97
H 4 T 1.3		110	8.12	1.24	8.08	0.005	0.99
H 4 T 1.6		102	8.45	1.39	8.97	0.004	1.06
H 5 T 1.1		134	9.05	0.87	8.68	0.012	0.96
H 5 T 1.3		114	11.45	1.15	11.41	0.009	1.00
H 5 T 1.6		101	11.51	1.43	12.95	0.006	1.12
H 3 T 1.1	60°	141	7.35	1.06	6.87	0.007	0.94
H 3 T 1.3		129	7.19	1.19	6.92	0.005	0.96
H 3 T 1.6		100	7.34	1.58	7.98	0.003	1.09
H 4 T 1.1		136	9.58	1.00	8.24	0.010	0.86
H 4 T 1.3		118	9.67	1.13	9.49	0.008	0.98
H 4 T 1.6		101	9.45	1.58	10.59	0.004	1.12
H 5 T 1.1		130	11.77	0.89	9.92	0.015	0.84
H 5 T 1.3		115	11.99	1.13	11.45	0.010	0.95
H 5 T 1.6		104	12.00	1.28	13.43	0.008	1.12
H 3 T 1.1	45°	125	7.45	1.00	6.42	0.008	0.86
H 3 T 1.3		119	7.41	1.06	6.73	0.007	0.91
H 3 T 1.6		90	7.59	1.58	7.72	0.003	1.02
H 4 T 1.1		126	9.77	1.03	8.96	0.009	0.92
H 4 T 1.3		108	9.45	1.19	9.18	0.007	0.97
H 4 T 1.6		91	9.78	1.58	10.78	0.004	1.10
H 5 T 1.1		122	11.27	1.03	10.22	0.011	0.91
H 5 T 1.3		115	11.89	1.32	12.31	0.007	1.04
H 5 T 1.6		99	11.56	1.58	12.87	0.005	1.11

LAMPIRAN D

Hasil Perhitungan Koefisien Refleksi pada *Floating Breakwater*

Hasil Perhitungan Koefisien Refleksi pada *Floating Breakwater* Tipe *Pontoon*

Skenario	Sudut (°)	Jumlah gelombang	H _i (cm)	T _p (s)	Wave Steepness (m)	K _r
H 3 T 1.1	90°	139	7.76	0.91	0.010	0.6
H 3 T 1.3		122	7.56	1.13	0.006	0.48
H 3 T 1.6		104	7.34	1.58	0.004	0.3
H 4 T 1.1		134	9.87	1.02	0.008	0.56
H 4 T 1.3		125	9.32	1.13	0.008	0.4
H 4 T 1.6		101	10.13	1.43	0.006	0.26
H 5 T 1.1		138	11.13	0.87	0.011	0.59
H 5 T 1.3		117	12.17	1.06	0.009	0.33
H 5 T 1.6		94	11.78	1.58	0.005	0.25
H 3 T 1.1	60°	144	7.57	0.91	0.008	0.55
H 3 T 1.3		128	7.37	1.15	0.007	0.27
H 3 T 1.6		97	7.50	1.43	0.003	0.25
H 4 T 1.1		135	9.93	1.13	0.009	0.51
H 4 T 1.3		120	9.82	1.06	0.008	0.3
H 4 T 1.6		100	9.82	1.28	0.005	0.26
H 5 T 1.1		130	12.13	1.04	0.011	0.47
H 5 T 1.3		121	12.40	1.19	0.011	0.3
H 5 T 1.6		92	12.62	1.58	0.005	0.21
H 3 T 1.1	45°	137	7.45	1.00	0.008	0.35
H 3 T 1.3		129	7.77	1.06	0.007	0.3
H 3 T 1.6		102	7.97	1.43	0.004	0.2
H 4 T 1.1		134	10.13	1.03	0.010	0.35
H 4 T 1.3		123	9.52	1.19	0.007	0.25
H 4 T 1.6		97	9.95	1.58	0.004	0.18
H 5 T 1.1		137	11.13	1.13	0.009	0.34
H 5 T 1.3		120	11.82	1.19	0.009	0.22
H 5 T 1.6		98.00	12.31	1.28	0.008	0.19

Hasil Perhitungan Koefisien Refleksi pada *Floating Breakwater* Tipe Gergaji Berpori

Skenario	Sudut (°)	Jumlah gelombang	H _i (cm)	T _p (s)	Wave Steepness (m)	K _r
H 3 T 1.1	90°	135	6.60	0.88	0.009	0.5
H 3 T 1.3		119	6.57	0.91	0.008	0.45
H 3 T 1.6		105	6.86	1.25	0.004	0.24
H 4 T 1.1		136	7.91	0.89	0.010	0.42
H 4 T 1.3		110	8.12	1.24	0.005	0.3
H 4 T 1.6		102	8.45	1.39	0.004	0.23
H 5 T 1.1		134	9.05	0.87	0.012	0.47
H 5 T 1.3		114	11.45	1.15	0.009	0.25
H 5 T 1.6		101	11.51	1.43	0.006	0.22
H 3 T 1.1	60°	141	7.35	1.06	0.007	0.35
H 3 T 1.3		129	7.19	1.19	0.005	0.28
H 3 T 1.6		100	7.34	1.58	0.003	0.22
H 4 T 1.1		136	9.58	1.00	0.010	0.55
H 4 T 1.3		118	9.67	1.13	0.008	0.26
H 4 T 1.6		101	9.45	1.58	0.004	0.17
H 5 T 1.1		130	11.77	0.89	0.015	0.61
H 5 T 1.3		115	11.99	1.13	0.010	0.33
H 5 T 1.6		104	12.00	1.28	0.008	0.17
H 3 T 1.1	45°	125	7.45	1.00	0.008	0.31
H 3 T 1.3		119	7.41	1.06	0.007	0.26
H 3 T 1.6		90	7.59	1.58	0.003	0.17
H 4 T 1.1		126	9.77	1.03	0.009	0.31
H 4 T 1.3		108	9.45	1.19	0.007	0.24
H 4 T 1.6		91	9.78	1.58	0.004	0.15
H 5 T 1.1		122	11.27	1.03	0.011	0.3
H 5 T 1.3		115	11.89	1.32	0.007	0.23
H 5 T 1.6		99	11.56	1.58	0.005	0.14

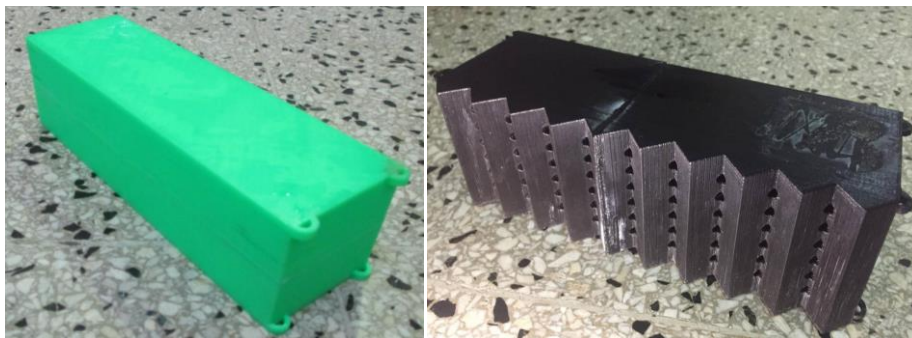
LAMPIRAN E

Dokumentasi Kegiatan

Persiapan *wave flume*



Model Fisik *Floating Breakwater* Tipe *Pontoon* dan Gergaji Berpori



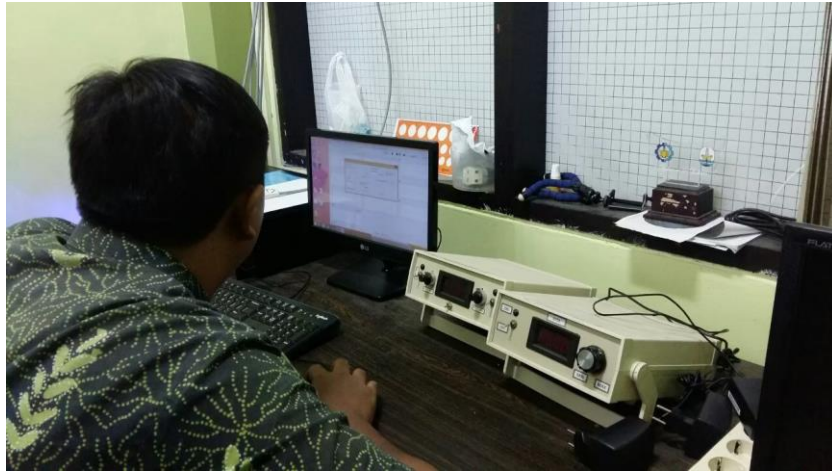
Pembuatan seabed



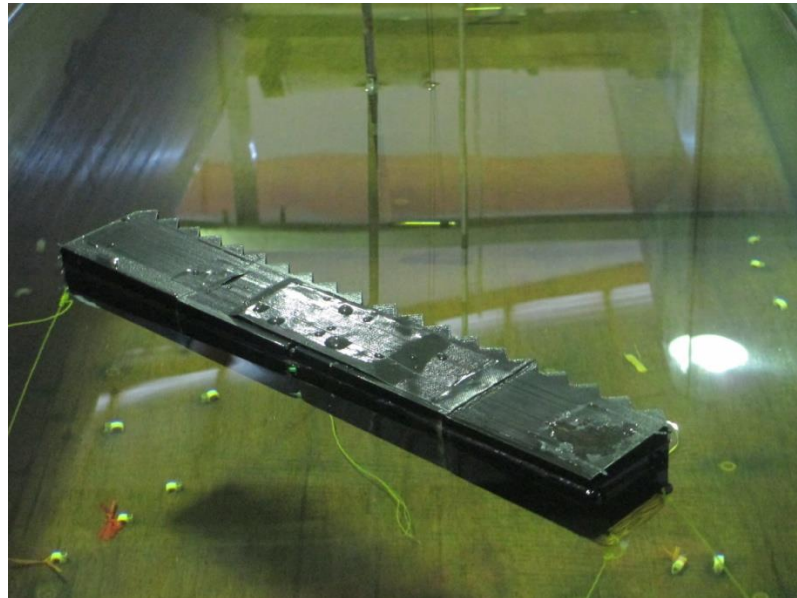
Peletakkan seabed



Pencatatan gelombang



Pemasangan model fisik di *wave flume*



BIODATA PENULIS



Gufateh Finashuda dilahirkan di Magetan, Jawa Timur pada tanggal 28 Juli 1997. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara oleh pasangan Gutomo dan Juli Kustijaningsih. Penulis telah menempuh pendidikan formal mulai dari SDN Tawanganom 1 Magetan, kemudian melanjutkan jenjang pendidikan sekolah menengah di SMPN 1 Magetan dan SMAN 1 Magetan. Setelah lulus pada tahun 2015, penulis melanjutkan studi di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Semasa perkuliahan, penulis juga aktif dalam kegiatan dan organisasi baik didalam maupun diluar kampus. Penulis pernah mengikuti kegiatan dari ITS International Office, *Study Excursion* ke Singapura pada tahun 2019. Pada tahun 2018 penulis melakukan kerja praktik di PT. Bakrie Pipe Industries yang merupakan perusahaan manufaktur pipa baja. Penulis pernah aktif di organisasi GRANAT (Gerakan Nasional Anti Narkotika) Jawa Timur masa kepengurusan 2017/2018 dan merupakan anggota dari komunitas lingkungan HiLo Green Community Surabaya. Selain itu penulis pernah menjadi Staff Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan tahun kepengurusan 2016/2017, Kepala Divisi Eksternal Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan tahun kepengurusan 2017/2018. Selain organisasi penulis beberapa kali mengikuti kegiatan kepanitiaan seperti Staff Dekorasi OCEANO (*Ocean Engineering Exhibition and Competition*) 2018 dan 2019 dan juga Staff Divisi Markas Komunitas ITS Expo 2016 dan 2017. Pada akhir semester masa perkuliahan, penulis menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Studi Eksperimen Transmisi dan Refleksi Gelombang pada *Floating Breakwater* Tipe Gergaji Berpori Berdasarkan Variasi Sudut Gelombang Datang”. Apabila pembaca berminat untuk menanyakan hal terkait Tugas Akhir ini, pembaca dapat menghubungi penulis melalui kontak dibawah.

Email : fteh69@gmail.com