



**TUGAS AKHIR - MO 091336**

## **ANALISIS PERUBAHAN SPEKTRUM GELOMBANG PADA FLOATING BREAKWATER BENTUK HEXAGONAL**

**RAKA ARDYANSYAH**

**NRP. 04311440000003**

**Dosen Pembimbing**

**Haryo D Armono, S.T, M.Eng, Ph.D**

**Suntoyo, S.T, M.Eng, Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018**



**TUGAS AKHIR - MO 091336**

# **ANALISIS PERUBAHAN SPEKTRUM GELOMBANG PADA FLOATING BREAKWATER BENTUK HEXAGONAL**

**RAKA ARDYANSYAH**

**NRP. 04311440000003**

**Dosen Pembimbing**

**Haryo D Armono, S.T, M.Eng, Ph.D**

**Suntoyo, S.T, M.Eng, Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018**



**TUGAS AKHIR - MO 091336**

# **ANALYSIS OF SPECTRUM WAVE CHANGE IN FLOATING BREAKWATER FORM OF HEXAGONAL**

**RAKA ARDYANSYAH**

**NRP. 04311440000003**

**Dosen Pembimbing**

**Haryo D Armono, S.T, M.Eng, Ph.D**

**Suntoyo, S.T, M.Eng, Ph.D**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2018**

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISIS PERUBAHAN SPEKTRUM GELOMBANG PADA *FLOATING*  
*BREAKWATER* BENTUK *HEXAGONAL***

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada  
Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Falkutas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**Raka Ardyansyah**

NRP. 0431144000003

Disetujui Oleh :

1. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. .... (Pembimbing 1)
2. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D. .... (Pembimbing 2)
3. Sujantoko, S.T., M.T. .... (Penguji 1)
4. Sholihin, S.T., M.T. .... (Penguji 2)

Surabaya, Juli 2018

# ANALISIS PERUBAHAN SPEKTRUM GELOMBANG PADA FLOATING BREAKWATER BENTUK HEXAGONAL

Nama : Raka Ardyansyah  
NRP : 0431144000003  
Departemen : Teknik Kelautan FTK - ITS  
Dosen Pembimbing : Haryo Dwito Armono S.T, M.Eng, Ph.D  
Suntoyo, S.T, M.Eng, Ph.D

## ABSTRAK

Struktur bangunan laut *Floating Breakwater* hadir sebagai solusi alternatif terhadap struktur bangunan laut *fixed breakwater* dan dapat digunakan secara efektif di daerah pesisir dengan kondisi lingkungan gelombang yang ringan. Pengembangan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu *floating breakwater* menggunakan bentuk *hexagonal*, dengan material bahan dasar berupa *Poly Lacti Acid (PLA)*. Pada penelitian ini akan dilakukan analisis untuk mengetahui spektrum gelombang sebelum dan sesudah mengenai *floating breakwater* bentuk *hexagonal* untuk mengetahui efektifitas redamannya. Perubahan spektrum gelombang yang terjadi dapat dilihat dari perbedaan luasan dibawah kurva spektrum gelombang sebelum dan sesudah melewati *floating breakwater*, yang merupakan nilai dari energi gelombang teredam. Dalam penelitian ini redaman dari *floating breakwater* yang terbesar yang terjadi pada *floating breakwater* konfigurasi bentuk-1 yaitu  $3.1834 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Hz}$  terjadi pada sudut *mooring*  $60^\circ$  dan yang paling kecil yaitu  $0.63106 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Hz}$  terjadi pada sudut *mooring*  $90^\circ$ . Sedangkan untuk redaman dari *floating breakwater* yang terbesar yang terjadi pada *floating breakwater* konfigurasi bentuk-2 yaitu  $2.634 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Hz}$  terjadi pada sudut *mooring*  $60^\circ$  dan yang paling kecil yaitu  $0.320 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Hz}$  terjadi pada sudut *mooring*  $45^\circ$ . Sedangkan pendekatan hubungan koefisien transmisi dengan perubahan spektrum gelombang pada *floating breakwater hexagonal* dapat dinyatakan dengan persamaan untuk parameter masing-masing sudut.

**Kata kunci:** *breakwater, floating breakwater*, spektrum gelombang, transmisi gelombang

# ANALYSIS OF SPECTRUM WAVE CHANGES IN FLOATING BREAKWATER FORM OF HEXAGONAL

**Name** : Raka Ardyansyah  
**NRP** : 0431144000003  
**Departemen** : Teknik Kelautan FTK - ITS  
**Supervisors** : Haryo Dwito Armono S.T, M.Eng, Ph.D  
Suntoyo, S.T, M.Eng, Ph.D

## ABSTRACT

Floating Breakwater structure is present as an alternative solution to the fixed breakwater sea structure and can be used effectively in coastal areas with mild waves. Development carried out in this research is floating breakwater using hexagonal form, with material of base material of Poly Lacti Acid (PLA). In this research will be analyzed to know the wave spectrum before and after about the floating breakwater hexagonal form to know the effectiveness of its attenuation. The changing spectrum of the waveform can be seen from the difference in the area below the wave spectrum before and after passing through the floating breakwater, which is the value of the damped wave energy. In this research the largest floating breakwater attenuation occurred on floating breakwater configuration of -1 form that is  $3.1834 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{Hz}$  occurred at mooring angle of  $60^\circ$  and the smallest is  $0.63106 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{Hz}$  occurred at mooring angle  $90^\circ$ . As for the attenuation of the largest floating breakwater that occurs on the floating breakwater the form-2 configuration that is  $2.634 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{Hz}$  occurs at a mooring angle of  $60^\circ$  and the smallest is  $0.320 \times 10^{-4} \text{ m}^2 / \text{Hz}$  occurs at  $45^\circ$  mooring angle. While the approximation of the transmission coefficient coefficient with the change in the wave spectrum on the floating breakwater hexagonal can be expressed by the equation for the parameters of each angle.

**Keywords:** breakwater, floating breakwater, wave spectrum, wave transmission

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur selalu dipanjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas kehendak-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.

Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Perubahan Bentuk Spektrum Gelombang pada Floating Breakwater Hexagonal” disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S1) di Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS.

Penulis menyadari bahwa di dalam pengerjaan dan penulisan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna sehingga saran dan kritik yang membangun pada Tugas Akhir ini sangat diharapkan, dan dengan selesainya Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi kemajuan dunia Pendidikan khususnya bidang Teknik Kelautan.

Surabaya, Juni 2018

Raka Ardyansyah

## UCAPAN TERIMAKASIH

Tugas Akhir tidaklah akan berakhir jika tidak ada dukungan serta kebaikan dari berbagai pihak secara langsung maupun tidak langsung, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada :

1. Allah S.W.T yang telah memberikan segala kemudahan, kelancaran, kesempatan, dan petunjuk-Nya.
2. Keluarga Ayah, Ibu, dan Adik-adik yang tidak pernah berhenti memberikan do'a, dukungan, dan bantuan moril maupun materi.
3. Bapak Haryo D. Armono, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing pertama yang dengan sabar membimbing, memberikan kritik dan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir.
4. Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Dosen Pembimbing kedua yang juga telah memberikan kritik dan masukan kepada penulis.
5. Bapak Drs. Mahmud Mustain, M.Sc., Ph.D yang telah memberikan ijin penggunaan laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Departemen Teknik Kelautan untuk proses pengambilan data penelitian.
6. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T. Ph.D selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Kelautan yang telah memberikan banyak bantuan selama Tugas Akhir.
7. Pak Arief yang telah banyak membantu pelaksanaan percobaan di laboratorium.
8. Karyawan Tata Usaha Departemen Teknik Kelautan ITS atas bantuan administrasi yang diberikan kepada penulis.
9. Teman-teman seperjuangan di laboratoium, teman-teman maelstrom, dan teman-teman KMKS yang telah membantu, memotivasi, dan mendukung penulis saat menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Kunto, Chatra, Owi, Rudi, Yoga, Dedi, Seno, Abdi, Yudha dan teman-teman semua yang tidak bisa disebutkan satu per satu yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini.



## DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT .....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH .....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL .....	xii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Manfaat .....	2
1.5 Batasan Masalah .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI .....	5
2.1 Tinjauan Pustaka.....	5
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 Karakteristik Gelombang .....	7
2.2.2 Gelombang Acak .....	8
2.2.3 Spektrum JONSWAP.....	11
2.2.4 Pencatatan Gelombang.....	13
2.2.5 Koefisien Transmisi dan Koefisien $m - 1$ .....	14
2.2.6 Periode Gelombang.....	15
2.2.7 Pemodelan Fisik.....	16
2.2.8 Analisis Dimensi .....	18
2.2.9 Analisis Regresi .....	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	21
3.1 Diagram Alir Penelitian .....	21
3.2 Prosedur Penelitian .....	22
3.2.1 Studi Literatur .....	22
3.2.2 Persiapan Percobaan .....	22
3.2.3 Pelaksanaan Percobaan .....	26

3.2.4 Analisis Data .....	28
3.2.5 Kesimpulan .....	30
3.3 Jadwal Kegiatan Penelitian .....	31
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	33
4.1 Analisis Data .....	33
4.1.1 Analisis Dimensi .....	33
4.1.2 Kalibrasi <i>Wave Probe</i> .....	33
4.2 Analisis Hasil Pengujian .....	36
4.3 Pembahasan.....	38
4.3.1 Koefisien Transmisi dan Koefisien Momen-1 .....	38
4.3.2 Hubungan <i>Wave Steepness</i> dengan Koefisien Transmisi (Kt) dan Koefisien Momen-1 ( $K_m - 1$ ).....	39
4.3.3 Hubungan Koefisien Transmisi dengan Perubahan Spektrum Gelombang.....	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	49
5.1 KESIMPULAN.....	49
5.2 SARAN .....	52
DAFTAR PUSTAKA .....	53
LAMPIRAN .....	55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Berbagai tipe <i>floating breakwater</i> McCartney .....	6
Gambar 2. 2 Karakteristik Gelombang (Dean and Dalrymple).....	8
Gambar 2. 3 Sketsa Definisi Gelombang Acak (Bhattacharya, 1972) .....	9
Gambar 2. 4 Definisi Zero Upcrossing dan Zero Downcrossing Skewness and Kurtosis Ochi (1998) <i>Ocean Waves</i> .....	9
Gambar 2. 5 Gelombang acak merupakan superposisi gelombang regular dalam jumlah $\infty$ .....	10
Gambar 2. 6 Spektrum gelombang untuk kecepatan angin yang berbeda-beda (Hasselman, 1973).....	11
Gambar 2. 7 Spektrum gelombang untuk fetch yang berbeda-beda (Hasselman, 1973) ....	12
Gambar 3. 1 Diagram Alir .....	21
Gambar 3. 2 Desain Eksperimen Model.....	22
Gambar 3. 3 <i>Wave Tank</i> .....	24
Gambar 3. 4 <i>Wave Probe</i> .....	24
Gambar 3. 5 <i>Wave generator</i> .....	25
Gambar 3. 6 Komputer untuk merekam data <i>wave probe</i> .....	25
Gambar 3. 7 Komputer untuk mengatur ketinggian dan periode gelombang .....	26
Gambar 3. 8 Konfigurasi 1 <i>hexagonal floating breakwater</i> .....	26
Gambar 3. 9 Konfigurasi 2 <i>hexagonal floating breakwater</i> .....	27
Gambar 3. 10 Peletakkan <i>floating breakwater</i> bentuk <i>hexagonal</i> tampak samping .....	27
Gambar 3. 11 Peletakkan <i>floating breakwater</i> bentuk <i>hexagonal</i> tampak atas.....	27
Gambar 3. 12 Sudut kemiringan 90° tali <i>mooring</i> model <i>hexagonal floating breakwater</i> ..	27
Gambar 3. 13 Sudut kemiringan 60° tali <i>mooring</i> model <i>hexagonal floating breakwater</i> ..	28
Gambar 3. 14 Sudut kemiringan 45° tali <i>mooring</i> model <i>hexagonal floating breakwater</i> ..	28
Gambar 3. 15 Sudut kemiringan 30° tali <i>mooring</i> model <i>hexagonal floating breakwater</i> ..	28
Gambar 3. 16 Proses Pengolahan Program WAVAN .....	29
Gambar 3. 17 Kurva Spektrum.....	30
Gambar 4. 1 Pengaruh Perubahan Elevasi Probe 1 Terhadap Nilai Kapasitansi .....	34
Gambar 4. 2 Pengaruh Perubahan Elevasi Probe 3 Terhadap Nilai Kapasitansi .....	35
Gambar 4. 3 Kalibrasi <i>Wave Probe</i> pada <i>Software Water Tide Meter</i> .....	36
Gambar 4. 4 Tampilan <i>Software Water Tide Meter</i> .....	36

Gambar 4. 5 Data Hasil Pembacaan <i>Water Tide Meter</i> Dalam Bentuk <i>Excel</i> .....	37
Gambar 4. 6 Spektrum Gelombang Datang dan Spektrum Gelombang Transmisi.....	38
Gambar 4. 7 Hubungan $H_i/gT^2$ ( <i>wave steepness</i> ) dengan $K_t$ (Koefisien Transmisi) Konfigurasi Bentuk-1 .....	39
Gambar 4. 8 Hubungan $H_i/gT^2$ ( <i>wave steepness</i> ) terhadap $K_m - 1$ (Koefisien momen-1) Konfigurasi Bentuk-1 .....	40
Gambar 4. 9 Hubungan $H_i/gT^2$ ( <i>wave steepness</i> ) terhadap $K_t$ (Koefisien Transmisi) Konfigurasi Bentuk-2 .....	41
Gambar 4. 10 Hubungan $H_i/gT^2$ ( <i>wave steepness</i> ) terhadap $K_m - 1$ (Koefisien momen-1) Konfigurasi Bentuk-2 .....	42
Gambar 4. 11 Hubungan tingkat keakuratan nilai $E_t$ Percobaan dan $E_t$ Perhitungan <i>Konfigurasi bentuk-1</i> .....	44
Gambar 4. 12 Hubungan tingkat keakuratan nilai $E_t$ Percobaan dan $E_t$ Perhitungan <i>Konfigurasi bentuk-2</i> .....	45
Gambar 4. 13 Hubungan tingkat keakuratan nilai $T - 10,t$ Percobaan dan $T - 10,t$ Perhitungan Konfigurasi Bentuk-1 .....	47
Gambar 4. 14 Hubungan tingkat keakuratan nilai $T - 10,t$ Percobaan dan $T - 10,t$ Perhitungan Konfigurasi Bentuk-2 .....	47

## DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Perencanaan skala model untuk prototype .....	22
Tabel 3. 2 Perencanaan desain pengujian model <i>hexagonal floating breakwater</i> di <i>wave tank</i> .....	23
Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan.....	31
Tabel 4. 1 Nilai Kalibrasi <i>wave probe Software Water Tide Meter</i> .....	34
Tabel 4. 2 Pengaruh Perubahan Elevasi Probe 1 Terhadap Nilai Kapasitansi .....	34
Tabel 4. 3 Pengaruh Perubahan Elevasi Probe 3 Terhadap Nilai Kapasitansi .....	35

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Permasalahan

Sepanjang sebagian besar garis pantai merupakan area yang rentan dan terus mengalami perubahan dinamik secara kontinu yang disebabkan oleh banyak faktor seperti energi gelombang yang disebarkan ketika gelombang pecah. hal ini merupakan salah satu penyebab perubahan garis pantai, yang paling signifikan yaitu erosi dan abrasi.

Melihat daerah pantai merupakan daerah yang rawan maka perlu dilakukan penanganan khusus karena pantai merupakan salah satu aspek sosial dan ekonomi yang sangat berpengaruh terhadap masyarakat di pesisir. Penanganan yang dapat dilakukan yaitu dengan membangun pelindung pantai seperti *breakwater*.

*Breakwater* sangat efektif dalam mencegah abrasi pantai namun biaya pembangunannya akan sangat mahal karena pembangunan konstruksi *breakwater* bergantung dari luas kedalaman air. Oleh karena itu kini dikembangkan *floating breakwater*. Sebuah *floating breakwater* adalah alternatif dari *fixed breakwater* konvensional karena beberapa alasan. Pertama, biaya konstruksi *floating breakwater* sedikit bergantung pada kedalaman air. Kedua, *floating breakwater* memiliki keuntungan ekologis dari sirkulasi air laut, pertukaran biologis dan transportasi sedimen di bawah strukturnya, dan ketiga, lokasi penempatan *floating breakwater* dapat dengan mudah diubah dan masa konstruksi jauh lebih pendek dibandingkan dengan *fixed breakwater* (Cho Il-Hyoung, 2016).

Dalam beberapa tahun terakhir, *floating breakwaters* telah menghasilkan banyak minat di bidang teknik kelautan, karena harganya lebih murah dibanding *fixed breakwater*. Selain itu, *floating breakwater* memiliki beberapa karakteristik yang diinginkan seperti, biaya modal yang relatif kecil, kemampuan beradaptasi dengan berbagai bentuk pelabuhan dan ukuran, serta waktu konstruksi yang rendah. *Floating breakwater* juga bisa dimanfaatkan untuk memenuhi perubahan lokasi, tingkat proteksi yang dibutuhkan, atau permintaan musiman. *Floating breakwater* dapat digunakan sebagai perlindungan sementara untuk kegiatan lepas pantai di lingkungan yang tidak bersahabat selama konstruksi, pekerjaan pengeboran, operasi penyelamatan, dll (Kamath *et al*, 2015).

Akan tetapi *floating breakwater* bagaimanapun rentan terhadap kegagalan struktural yang tiba-tiba pada saat bencana dahsyat dan *floating breakwater* memiliki sedikit

gangguan pada sirkulasi air, transportasi sedimen dan ikan migrasi (Fousert, 2006). Keterbatasan *floating breakwater* yang lain adalah kinerja yang dipengaruhi oleh besarnya karakteristik gelombang datang, yaitu periode dan panjang gelombang. Oleh sebab itu karakteristik gelombang harus diketahui agar bisa di sesuaikan dengan konfigurasi struktur sehingga *floating breakwater* yang efektif dapat dirancang.

Pada penelitian ini akan dibuat pemodelan fisik *floating breakwater* pada gelombang *irregular* dengan variasi tinggi gelombang (H), periode (T), sudut *mooring*, dan konfigurasi *floating breakwater* dengan menggunakan spektrum gelombang Jonswap.

## 1.2 Perumusan Masalah

Dari pelaksanaan penelitian yang akan dilakukan, penulis akan menganalisis beberapa permasalahan yaitu:

1. Bagaimanakah bentuk spektrum gelombang sebelum mengenai *floating breakwater hexagonal* dan sesudah mengenai *floating breakwater hexagonal*?
2. Bagaimanakah hubungan antara koefisien transmisi gelombang dengan perubahan spektrum gelombang pada *floating breakwater hexagonal*?

## 1.3 Tujuan

Maksud dan Tujuan penulisan Tugas akhir ini adalah untuk:

1. Mengetahui bentuk spektrum gelombang sebelum mengenai *floating breakwater hexagonal* dan sesudah mengenai *floating breakwater hexagonal*.
2. Mengetahui hubungan antara koefisien transmisi gelombang dengan perubahan spektrum gelombang pada *floating breakwater hexagonal*.

## 1.4 Manfaat

Manfaat pelaksanaan penelitian ini yaitu:

1. Memberikan informasi mengenai perubahan bentuk spektrum gelombang dan sekaligus informasi mengenai redaman gelombang yang mampu dihasilkan oleh *floating breakwater hexagonal*.
2. Memberikan informasi mengenai konfigurasi *floating breakwater hexagonal* yang dapat memberikan hasil paling optimal.
3. Hasil yang didapatkan dapat dimanfaatkan oleh suatu instansi yang akan menerapkan perlindungan wilayah pesisir dengan menggunakan *floating breakwater*.

## 1.5 Batasan Masalah

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini penulis membatasi beberapa permasalahan diantaranya:

1. Percobaan model *floating breakwater hexagonal* dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut pada kolam gelombang (*flume tank*) Departemen Teknik Kelautan.
2. Variasi volume, sudut *mooring*, periode gelombang, dan konfigurasi *floating breakwater* bentuk *hexagonal* telah ditentukan.
3. Arah sudut datang gelombang tegak lurus terhadap model.
4. Pemodelan menggunakan pemodelan fisik.
5. Kedalaman air adalah tetap (sudah ditentukan).
6. Model yang digunakan dalam percobaan menggunakan bahan PLA (*Polylactic Acid*).
7. Kekuatan struktur *floating breakwater* tidak dianalisis.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dalam tugas akhir ini adalah:

### a. BAB I. PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai latar belakang permasalahan dari penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang akan dicapai dalam percobaan, manfaat penelitian setelah percobaan ini berhasil dilakukan, batasan masalah yang menjadi pembatas dalam melakukan penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir.

### b. BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

Pada bab ini menjelaskan mengenai teori dasar yang mendukung dalam penelitian spektrum gelombang pada *floating breakwater hexagonal* dalam tugas akhir ini.

### c. BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan mengenai diagram alir (*flow chart*) langkah-langkah dalam melakukan penelitian tugas akhir ini yang tersusun secara sistematis.

### d. BAB IV. ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan hasil uji coba model *floating breakwater hexagonal* yang dilakukan di Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut pada kolam gelombang (*flume tank*) Jurusan Teknik Kelautan ITS.

### e. BAB V. PENUTUP

Pada bab ini berisi mengenai kesimpulan berdasarkan hasil analisis dan pembahasan tujuan yang hendak dicapai pada tugas akhir ini, serta saran pengembangan untuk penelitian selanjutnya.



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

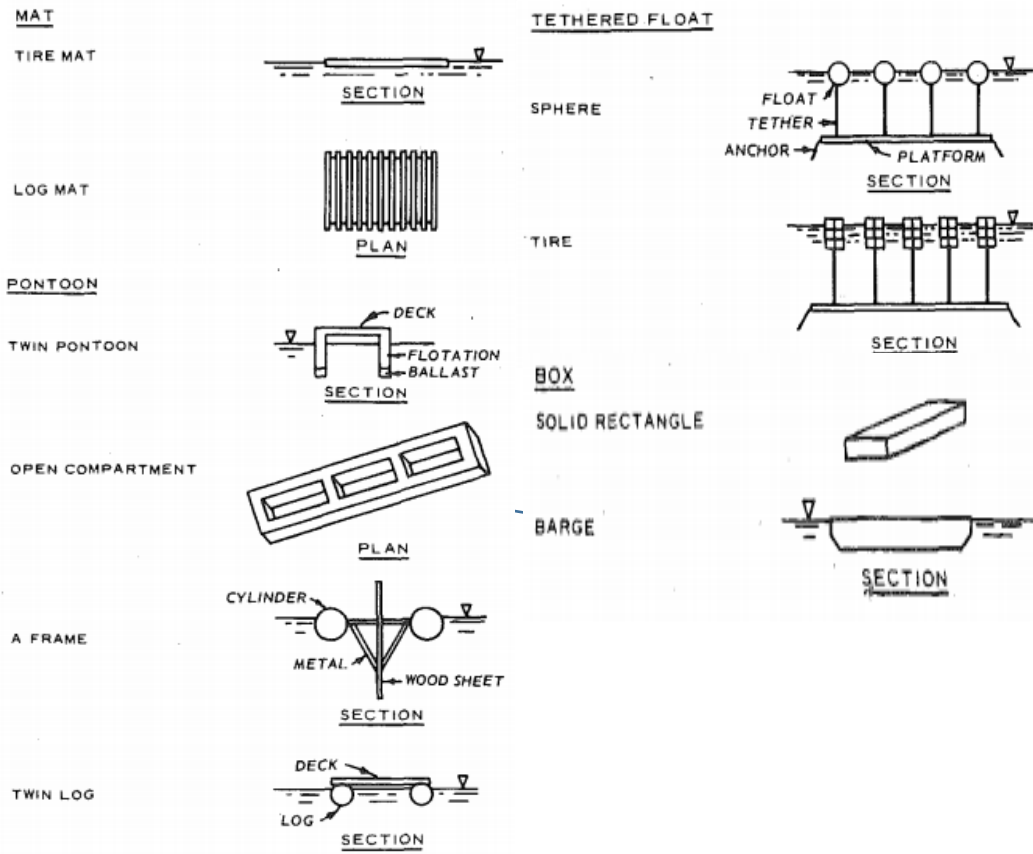
#### 2.1 Tinjauan Pustaka

*Floating breakwater* umumnya digunakan untuk menjaga ketenangan di pelabuhan. Hal ini juga sering digunakan dalam pekerjaan kelautan, operasi militer, kegiatan perikanan, pelabuhan rekreasi, dll. Navigasi dan penyimpanan kapal di banyak pelabuhan secara signifikan dipengaruhi oleh masuknya gelombang. Oleh karena itu, *floating breakwater* diperlukan untuk mengurangi tinggi gelombang di lokasi tertentu untuk meminimalkan dampak gelombang, sehingga memberikan lingkungan yang aman bagi kapal dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan (Jilani *et al*, 2011).

*Floating breakwater* memberikan tingkat perlindungan yang lebih rendah dari pada *fixed breakwater*, pada umumnya *floating breakwater* lebih murah dan dapat dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain. Biaya sistem *floating breakwater* hanya sedikit tergantung pada kedalaman penahan dan kondisi pondasi. Pengurangan gelombang atau pengurangan energi yang memadai dapat dicapai dengan *floating breakwater* hanya jika gelombang kejadian berada pada ketinggian yang relatif rendah (Hales, 1981).

Pada dasarnya pertimbangan pemilihan *floating breakwater* sebagai struktur yang ideal untuk digunakan sebagai bangunan pelindung pantai adalah berdasarkan pada keuntungan-keuntungannya dibanding dengan menggunakan *breakwarer konvensional* (Puspasari, 2012).

Penelitian lebih lanjut mengenai *floating breakwater* dilakukan tepat setelah Perang Dunia ke-2. Hingga sekarang telah banyak penggunaan *floating breakwater* dengan tipe yang berbeda. Tipe *floating* yang ada, dapat dikatakan sebagai kombinasi dari variasi material, bentuk *breakwater*, sistem *mooring*, dan fungsinya. Variabel tersebut dapat memungkinkan adanya bermacam-macam tipe *floating breakwater*. Pada umumnya *floating breakwater* dapat dibagi menjadi empat kelompok: *box*, *pontoon*, *mat*, dan *thetered float* (McCartney).



Gambar 2. 1 Berbagai tipe *floating breakwater* McCartney

Banyak penelitian telah dilakukan pada perilaku hidrodinamika *floating breakwater*. Fokus utama dari semua studi ini selalu untuk mendapatkan koefisien transmisi yang sekecil mungkin. Koefisien transmisi adalah rasio antara tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang setelah melewati struktur *floating breakwater*. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, banyak desain yang diuji model. Meskipun model yang diuji berbeda dalam desain, topik penelitian umum dapat menjadi pengaruh disain struktural dan dinamika struktur pada kapasitas gelombang yang melemahkan struktur (Fousert, 2006).

Sebagian besar penelitian dan pengujian model *floating breakwater* fokus utamanya selalu untuk mendapatkan koefisien transmisi, akan tetapi melupakan bagaimana keadaan spektrum gelombang yang bekerja pada sekitar *floating breakwater*, pada penelitian tahun 2001 yang dilakukan Bleck dan Oumeraci didapatkan bahwa terjadi perubahan spektrum gelombang pada saat gelombang melewati terumbu buatan, sehingga perubahan spektrum gelombang tidak dapat diabaikan dalam disain struktur pantai.

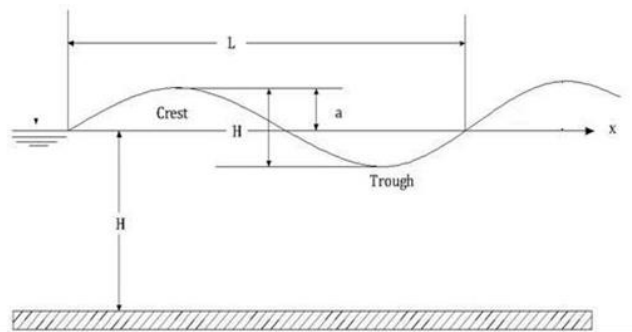
## 2.2 Dasar Teori

### 2.2.1 Karakteristik Gelombang

Salah satu penyebab terbentuknya gelombang laut adalah karena transfer energi melalui hembusan angin yang berhembus secara kontinu ke permukaan air. Periode dan tinggi gelombang yang terbangkitkan sangat dipengaruhi oleh kecepatan angin berhembus, Panjang fetch (jarak seret gelombang), dan lama angin berhembus. Apabila angin berhembus dalam waktu yang cukup lama dan meliputi jarak permukaan laut atau fetch yang cukup besar, maka riak air akan tumbuh menjadi gelombang yang pada saat bersamaan riak baru akan terbentuk diatas gelombang yang sudah terbentuk sebelumnya dan selanjutnya akan berkembang menjadi gelombang baru tersendiri.

Pada dasarnya karakteristik gelombang sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena tidak linear, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode yang bervariasi). Parameter penting untuk menjelaskan gelombang air adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air. Parameter-parameter lain seperti kecepatan dan percepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok diatas dengan:

- Panjang Gelombang ( $L$ ) adalah jarak horizontal antara kedua titik tertinggi gelombang yang berurutan, atau bisa dikatakan sebagai jarak antara dua puncak gelombang.
- Periode Gelombang ( $T$ ) adalah waktu yang dibutuhkan oleh lembah gelombang atau dua puncak gelombang yang berurutan melewati titik tertentu.
- Kecepatan Rambat Gelombang (Celerity) ( $C$ ) merupakan perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang ( $L/T$ ). Ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan  $C$ , partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang.
- Amplitudo ( $a$ ) adalah jarak antara puncak atau titik tertinggi gelombang atau titik rendah gelombang dengan muka tenang ( $H/2$ ).



Gambar 2. 2 Karakteristik Gelombang (Dean and Dalrymple)

Suatu gelombang digolongkan berdasarkan panjang dan ketinggiannya, parameter tersebut menunjukkan bagaimana suatu gelombang ketika mendekati pantai (Nieuwenhuis, 2009). Parameter gelombang pecah dapat dituliskan dengan rumus sebagai berikut:

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{\frac{H}{Lo}}} \quad (2.1)$$

Dengan:

$\xi$  = Parameter gelombang pecah (surf similarity parameter)

$\sqrt{\frac{H}{Lo}}$  = Kemiringan gelombang

$Lo$  =  $gT_p^2/2\pi$ ; panjang gelombang di laut dalam

$H$  = Tinggi gelombang

Ambang gelombang pecah:

$\xi$  = 2.5-3.0

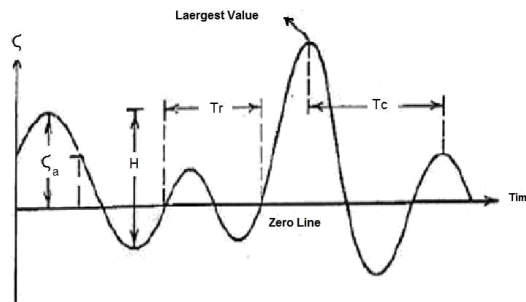
$\xi$  >3.0 dominan terjadinya refleksi gelombang

$\xi$  <2.5 terjadinya gelombang pecah

### 2.2.2 Gelombang Acak

Sifat gelombang laut adalah acak baik besar maupun arahnya, sehingga karena sifat inilah besar energi gelombang sulit untuk diukur. 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 amplitud, kepadatan energi gelombang atau biasa disingkat dengan spektrum energi gelombang. Pada gelombang acak tidak dapat dikenali suatu pola yang spesifik, sehingga parameter gelombang didefinisikan dengan memakai besaran-besaran statistik seperti  $H_{1/3}$  dan  $T_{1/3}$ .  $H_{1/3}$  adalah harga rata-rata dari 1/3 jumlah keseluruhan

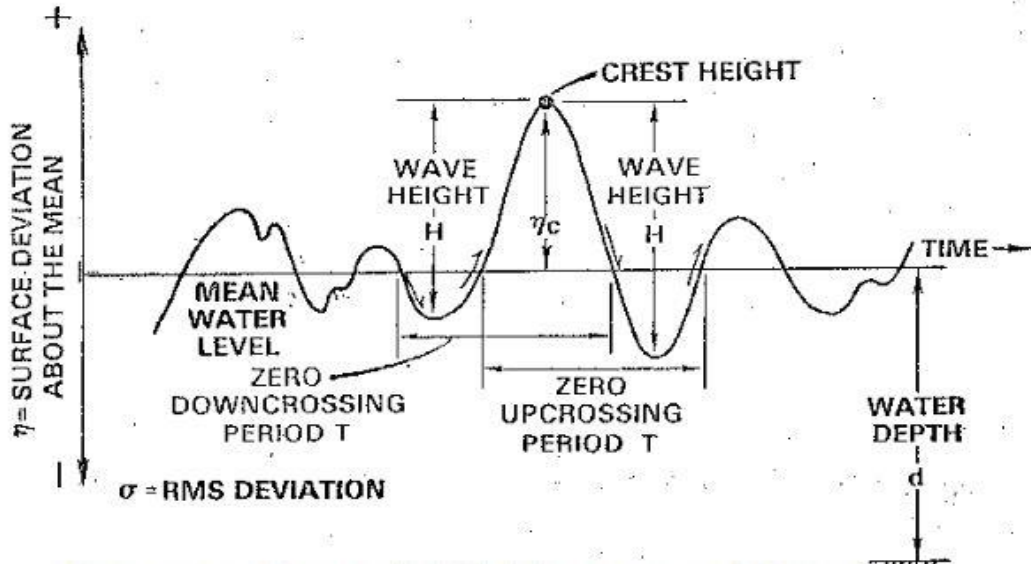
tinggi gelombang yang tertinggi atau tinggi signifikan, sedangkan  $T_{1/3}$  harga rata-rata dari  $1/3$  jumlah keseluruhan periode gelombang yang tertinggi atau periode signifikan (Wahyudi dkk, 2005).



Gambar 2. 3 Sketsa Definisi Gelombang Acak (Bhattacharya, 1972)

Dengan:

- $\zeta$  = elevasi gelombang
- $C_a$  = *apparent wave amplitude*
- $H$  = *apparent wave height*
- $T_r$  = *apparent zero crossing period*
- $T_c$  = *apparent period*



Gambar 2. 4 Definisi Zero Upcrossing dan Zero Downcrossing Skewness and Kurtosis Ochi (1998) Ocean Waves

Pengukuran gelombang acak dapat dilakukan dengan dua metode yaitu *zero upcrossing method* dan *zero downcrossing method*. Untuk *zero upcrossing method* hal pertama yang perlu dilakukan adalah menetapkan titik nol, dimana titik nol ini adalah elevasi rerata dari permukaan air berdasarkan fluktuasi muka air pada waktu pencatatan. Pemberian tanda titik perpotongan antara kurva naik dan garis nol, kemudian titik tersebut ditetapkan sebagai awal dari satu gelombang. Jarak antar kedua titik tersebut adalah periode gelombang

pertama ( $T_1$ ). Sedangkan jarak vertikal antara titik tertinggi dan terendah diantara kedua titik tersebut adalah tinggi gelombang pertama ( $H_1$ ). Selanjutnya dilakukan penelusuran lagi untuk mendapatkan gelombang kedua, ketiga dan seterusnya.

Metode *zero downcrossing* mempunyai prosedur yang sama, tetapi titik yang dicatat adalah pertemuan antara kurva turun dan garis nol (Triatmodjo, 2011). Dalam pencatatan gelombang *irregular* dengan luaran berupa tinggi gelombang signifikan ( $H_s$ ) atau  $H_{1/3}$  dari jumlah gelombang yang tercatat menjadi :

$$H_s = H_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{j=1}^{N/3} H_j \dots\dots\dots (2.2)$$

$$T_s = T_{1/3} = \frac{1}{N/3} \sum_{j=1}^{N/3} T_j \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana  $j$  adalah data yang diurutkan sesuai tinggi gelombang. Selain  $H_s$  ada juga gelombang yang biasanya digunakan dalam perancangan yaitu  $H_{1/10}$  (tinggi gelombang rata-rata pada satu persepuluh data gelombang tertinggi).

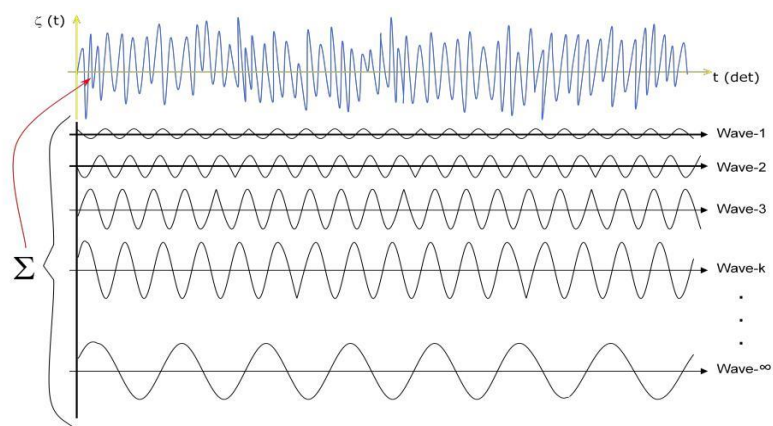
Gelombang acak tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya,

$$E = \frac{1}{8} \rho g H^2 \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan:

- $E$  = energi masing-masing gelombang (joule/m<sup>2</sup>)
- $\rho$  = densitas air laut (kg/m<sup>3</sup>)
- $g$  = percepatan grafitasi (m/dt<sup>2</sup>)
- $H$  = Tinggi gelombang (m)

Sehingga gelombang di laut dapat dinyatakan menurut distribusi energi terhadap frekuensi gelombang, panjang gelombang, dan periode gelombang. Distribusi energi gelombang menurut frekuensinya disebut spektrum gelombang.



Gambar 2. 5 Gelombang acak merupakan superposisi gelombang regular dalam jumlah  $\infty$

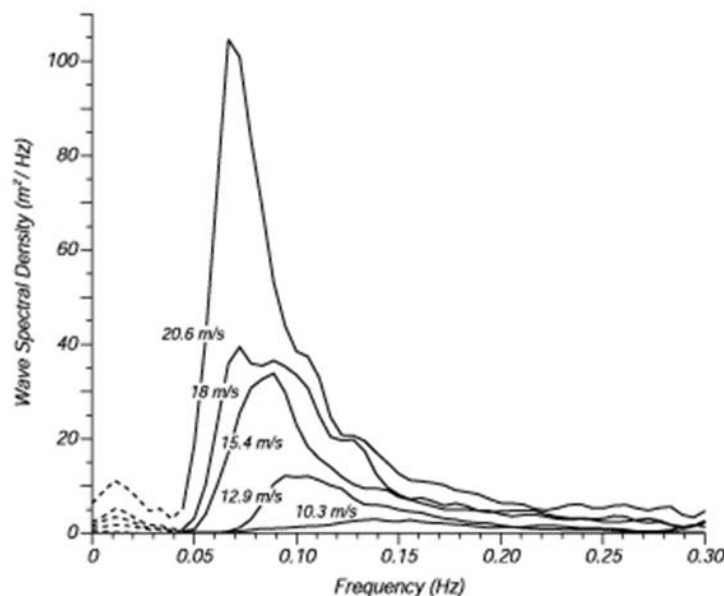
### 2.2.3 Spektrum JONSWAP

Medan gelombang didefinisikan dalam bentuk spektrum energi yang merupakan fungsi dari frekuensi dan arah  $E(f)$ . Setiap komponen pada spektrum dapat diperlakukan sebagai gelombang sinusoidal.

Konsep dari model gelombang meliputi proses fisis yang mempengaruhi gelombang tersebut dalam pertumbuhan sampai penjarannya. Komponen gelombang menjaral dari daerah pembentukan sampai ke titik yang diamati. Selama penjarannya komponen gelombang dipengaruhi oleh berbagai proses fisis seperti energi oleh angin, disipasi dan interaksi nonlinear gelombang.

Persamaan pembangun model spektrum pada umumnya menggunakan hubungan antara perubahan energi gelombang pada suatu komponen sepanjang lintasan penjaralan yang bergerak bersama kecepatan grup yang disebabkan oleh adanya fenomena fisis seperti input angin, disipasi, dan interaksi nonlinear.

Pertumbuhan spektrum atau pola gelombang yang merupakan fungsi kecepatan angin dapat dilihat pada Gambar 2. 6. Semakin besar kecepatan angin maka semakin lebar kisaran (band) frekuensi, dan energi gelombang yang terbentuk juga semakin besar, dimana luas masing-masing kurva spektrum sebanding dengan tinggi gelombang.



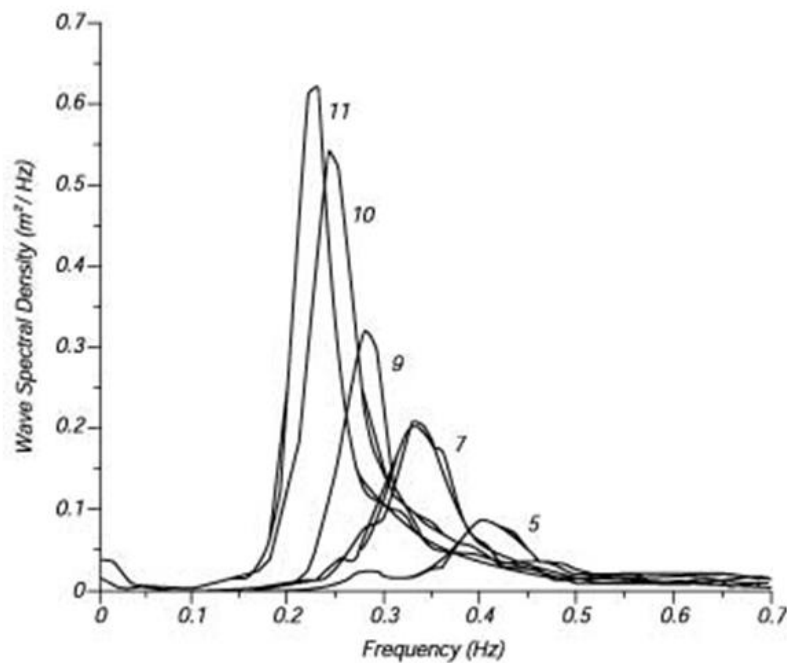
Gambar 2. 6 Spektrum gelombang untuk kecepatan angin yang berbeda-beda (Hasselmann, 1973)

Berdasarkan data gelombang yang diperoleh dari laut Atlantik Utara dengan asumsi bahwa apabila arah dan kecepatan angin dapat bertiup secara konstan di lautan yang luas selama sehari-hari, energi gelombang dapat berimbang dengan energi angin atau dapat



dikatakan bahwa gelombang dapat tumbuh maksimum. Berdasarkan observasi yang telah dilakukan dalam Joint North Sea Wave Observation Project (JONSWAP) dijelaskan bahwa spektrum gelombang tidak bisa tumbuh penuh namun terus berubah terhadap fungsi waktu serta panjang lintasan (fetch) yang dilalui. (Hasselmann, 1973).

Variasi spektrum gelombang sebagai fungsi fetch dapat dilihat pada Gambar 2.7 dengan adanya perubahan bentuk puncak spektrum tumpul ke puncak spektrum yang lebih lancip sesuai dengan jarak fetch yang merupakan fungsi waktu. Perubahan yang demikian akibat adanya transfer energi gelombang dengan frekuensi lebih tinggi ke frekuensi yang lebih rendah sesuai dengan teori interaksi non-linear antar gelombang dari Hasselmann, (1966).



Gambar 2. 7 Spektrum gelombang untuk fetch yang berbeda-beda (Hasselmann, 1973)

Spektrum gelombang adalah suatu distribusi yang menunjukkan energi gelombang terhadap perubahan-perubahan frekuensi atau panjang gelombang di permukaan air. Prinsip analisis spektrum gelombang adalah menguraikan suatu gelombang *irreguler* menjadi susunan dari gelombang teratur dari berbagai frekuensi dan tinggi gelombang.

Spektrum parameter tunggal yang paling sering digunakan adalah model Pierson-Moskowitz, 1964 yang berdasarkan pada tinggi gelombang signifikan atau kecepatan angin. Selain itu terdapat beberapa spektra parameter ganda yang biasa digunakan seperti Bretschneider (1969), international *Ship Structure Congress* (1964), International Towing

Tank Conference (1966, 1969, 1972) serta spektra gelombang *Joint North Sea Wave Project* atau lebih dikenal dengan istilah JONSWAP.

Spektra JONSWAP dikemukakan Hasselman (1973) berdasarkan data yang diambil di perairan bagian barat Denmark untuk membuat model spektrum gelombang, dimana model tersebut dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[ -125 \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma \exp \left[ \frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2 r^2 \omega_0^2} \right] \quad (2.5)$$

Dimana:

$\gamma$  = peak edness parameter

$\tau'$  = shape parameter

$\tau_a$  = untuk  $\omega \leq \omega_0$

$\tau_b$  = untuk  $\omega \geq \omega_0$

Dengan mempertimbangkan angin dengan kecepatan  $U\omega$  dan jarak (fetch) =  $x$ , sehingga harga rata-rata adalah sebagai berikut:

$\gamma$  = 3.30

$\tau_a$  = 0.07

$\tau_b$  = 0.09

$\alpha$  =  $0.076 (x_0) - 0.22$

$\alpha$  = 0.0081 (ketika  $x$  tidak diketahui)

$\omega_0$  =  $2\pi(g/U\omega) (x_0) - 0.33$

$x_0$  =  $gx/U\omega$

#### 2.2.4 Pencatatan Gelombang

Pencatatan gelombang dilakukan pada daerah dimana gelombang dibangkitkan dan terdiri dari komponen-komponen dari banyak frekuensi dan amplitude dengan fase yang berbeda-beda (Dean and Dalrymple, 1984). Ada dua pendekatan dasar untuk menganalisis pencatatan permukaan gelombang.

Yang pertama untuk menunjukkan periode dan tinggi gelombang pada pencatatan gelombang dan kemudian melakukan analisis statistik dari periode dan tinggi gelombang tersebut. Untuk tujuan perencanaan penekanan utamanya, biasanya pada distribusi tinggi gelombang dalam pencatatan tersebut untuk mendapatkan tinggi gelombang ekstrim yang terjadi. Yang paling sering digunakan untuk mewakili tinggi gelombang dari distribusi gelombang yaitu gelombang signifikan ( $H_s$ ). Gelombang signifikan ( $H_s$ ) didefinisikan sebagai tinggi rata-rata dari sepertiga gelombang yang tertinggi dalam pencatatan itu.

Sedangkan periode rata-rata dari sepertiga periode tertinggi dinyatakan sebagai periode signifikan ( $T_s$ ).

Pendekatan yang kedua yaitu menggunakan analisis fourier dari hasil pencatatan itu untuk dibuat menjadi spektrum gelombang. Profil permukaan pencatatan diasumsikan terdiri dari komponen-komponen sinusoidal aplitudo kecil yang bervariasi frekuensi dan fasenya.

### 2.2.5 Koefisien Transmisi dan Koefisien $m_{-1}$

Dalam menilai efektifitas suatu struktur *breakwater* dapat dilihat dari banyaknya energi transmisi gelombang yang melewati struktur tersebut. Transmisi adalah penerusan gelombang melalui suatu bangunan yang parameternya dinyatakan sebagai perbandingan antara tinggi gelombang yang ditransmisikan ( $H_t$ ) dengan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) atau akar dari energi gelombang transmisi ( $E_t$ ) dengan energi gelombang datang ( $E_i$ ). Semakin besar pengurangan energi gelombang maka semakin kecil koefisien transmisinya, hal ini berarti kinerja struktur tersebut baik karena energi gelombang yang ditransmisikan melewati struktur tersebut kecil.

Gelombang transmisi sangat dipengaruhi oleh karakteristik gelombang, tipe struktur dan bentuk *breakwater*. Perumusan koefisien transmisi gelombang diperoleh dengan menganalisis data hasil pengukuran antara gelombang transmisi dan gelombang datang.

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \left( \frac{E_t}{E_i} \right)^2 \quad (2.6)$$

Dengan:

$K_t$  = koefisien transmisi

$H_t$  = tinggi gelombang transmisi (setelah melewati struktur)

$H_i$  = tinggi gelombang datang (sebelum melewati struktur)

$E_t$  = energi gelombang transmisi (setelah melewati struktur)

$E_i$  = energi gelombang datang (sebelum melewati struktur)

Koefisien  $m_{-1}$  ( $K_{m_{-1}}$ ) merupakan perbandingan antara momen spektrum orde minus satu setelah melewati *floating breakwater* dengan momen spektrum orde minus satu sebelum mengenai *floating breakwater*.

$$K_{m_{-1}} = \frac{m_{-1,t}}{m_{-1,i}} \quad (2.7)$$

Dengan,

$K_{m_{-1}}$  = koefisien  $m_{-1}$

$m_{-1,t}$  = momen spektrum orde -1 gelombang transmisi

$m_{-1,i}$  = momen spektrum orde -1 gelombang datang

### 2.2.6 Periode Gelombang

Parameter yang paling baik digunakan untuk mengamati perubahan spektrum gelombang adalah parameter periode gelombang, akan tetapi perubahan spektrum gelombang pada transformasi gelombang setelah melewati *floating breakwater* tidak bisa diamati dengan membandingkan periode puncak spektrum gelombang. Hal ini dikarenakan distribusi energi tertinggi terjadi pada frekuensi yang sama. Walau demikian bentuk spektrum pasti mengalami perubahan saat melewati *floating breakwater*, sehingga metode untuk menggambarkan perubahan spektrum gelombang berdasarkan periode gelombang harus diterapkan.

Periode gelombang  $T_{01}$  dan  $T_{-10}$  merupakan pendekatan dengan hasil terbaik untuk mengamati perubahan spektrum gelombang yang terjadi setelah melewati *floating breakwater*. Sedangkan periode  $T_{02}$  dan  $T_{-20}$  kurang tepat karena keduanya lebih sensitif terhadap noise pengukuran, sehingga secara matematis kurang stabil. Sebuah amplitude kecil yang mungkin disebabkan oleh noise pengukuran pada frekuensi yang tinggi akan sangat mempengaruhi perhitungan order momen yang lebih tinggi. Persamaan  $T_{01}$  dan  $T_{-10}$  adalah sebagai berikut :

$$T_{01} = \frac{m_0}{m_1} \quad (2.7)$$

$$T_{-10} = \frac{m_{-1}}{m_0} \quad (2.8)$$

Periode gelombang  $T_{01}$  dan  $T_{-10}$  dihitung sebagai rata-rata untuk frekuensi dari kerapatan energi spektrum. Periode  $T_{01}$  merupakan komponen-komponen frekuensi tinggi dari spektrum, sedangkan komponen frekuensi rendah lebih terdapat pada periode  $T_{-10}$ . Perubahan periode gelombang  $T_{-10}$  saat gelombang melewati struktur dapat diprediksi sebagai :

$$\Delta T_{-10} = 1 - \frac{T_{-10,t}}{T_{-10,i}} \quad (2.9)$$

Karena koefisien transmisi ( $K_t$ ) adalah rasio dari kuadrat momen orde nol sebelum dan sesudah melewati struktur dan periode gelombang adalah rasio dua momen spektrum, maka perubahan dalam periode gelombang juga dapat dinyatakan sebagai :

$$\Delta T_{-10} = 1 - \frac{m_{-1,t} \cdot m_{0,i}}{m_{0,t} \cdot m_{-1,i}} = 1 - Kt^{-2} \cdot \frac{m_{-1,t}}{m_{-1,i}} = 1 - \frac{Km_{-1}}{Kt} \quad (2.10)$$

Periode T-10 dari gelombang transmisi dapat diprediksi dengan persamaan :

$$T_{-10,t} = \frac{Km_{-1}}{Kt} \cdot T_{-10,i} \quad (2.11)$$

## 2.2.7 Pemodelan Fisik

Pemodelan fisik dapat dikatakan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat bentuk model yang sama dengan prototipenya atau menggunakan model yang lebih kecil dengan kesebangunan atau similaritas yang cukup memadai. Pemodelan fisik dilakukan apabila fenomena dari permasalahan yang ada pada prototipe sulit untuk diperoleh karena berbagai keterbatasan. Studi lapangan dapat menyediakan data yang akurat, tetapi biasanya membutuhkan biaya yang tinggi dan memuat variabel alam yang dapat menyebabkan kesulitan dalam interpretasi data. Hasil visualisasi tersebut mungkin merupakan hal yang tidak bisa dihasilkan secara teoritis atau dengan menggunakan perhitungan komputer (Hughes, 1993). Keserupaan antara prototipe dengan model fisik dapat diperoleh jika semua faktor yang mempengaruhi reaksi, berada pada porsi yang sesuai antara kondisi sebenarnya dengan model. Tiga kondisi umum dibawah ini harus dipenuhi untuk memperoleh kesamaan model.

### 2.2.7.1 Keserupaan Geometrik

Keserupaan Geometrik geometrik dipenuhi apabila rasio semua dimensi linier dari model dan prototype sama. Hubungan ini hanya menunjukkan keserupaan dalam bentuk tidak dalam hal gerak (motion). Model serupa geometric disebut juga geometrically undistorted model, karena skala vertical dan horizontal sama. Dalam pelaksanaannya keserupaan geometric dibatasi untuk hidrodinamika gelombang Panjang (long waves) dan unidirectional flows (Hughes, 1993). Persamaan skala Panjang model dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$nL = \frac{Lp}{Lm} \quad (2.12)$$

Dengan:

nL = Skala panjang

Lp = Panjang prototipe (m)

Lm = Panjang model (m)

### 2.2.7.2 Keserupaan Kinematik

Keserupaan 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. Keserupaan kinematik memberikan jaminan bahwa gerak gelombang dan kinematika aliran yang terjadi sudah tereplikasi dengan benar pada model fisiknya. Berdasarkan keserupaan kinematik dapat diberikan nilai-nilai skala:

Skala Waktu:

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad (2.13)$$

Skala Kecepatan:

$$n_T = \frac{V_p}{V_m} = \frac{\frac{l_p}{T_p}}{\frac{l_m}{T_m}} = \frac{n_L}{n_T} \quad (2.14)$$

Skala Percepatan:

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{\frac{l_p}{T_p^2}}{\frac{l_m}{T_m^2}} = \frac{n_L}{n_T} \quad (2.15)$$

### 2.2.7.3 Keserupaan Dinamik

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.

- Gaya inersia :  $F_i = \rho l^2 v^2$
- Gaya berat :  $F_g = \rho l^3 g$
- Gaya gesek :  $F_\mu = \mu v l$
- Gaya tegangan permukaan :  $F_\sigma = \sigma l$

Dengan:

- $\rho$  = densitas fluida
- $L$  = panjang
- $v$  = kecepatan
- $g$  = percepatan gravitasi

- $\mu$  = viskositas dinamik  
 $\sigma$  = tegangan permukaan  
 $E$  = modulus Elastisitas

Kesebangunan dinamik dapat diekspresikan sebagai perbandingan gaya-gaya tersebut diatas sebagai bilangan tek berdimensi dan dinyatakan dalam kriteria-kriteria sebagai berikut:

1. Froude Number

$$\left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)_p = \left(\frac{v}{\sqrt{gL}}\right)_m \quad (2.16)$$

2. Reynold Number

$$\left(\frac{\rho v L}{\mu}\right)_p = \left(\frac{\rho v L}{\mu}\right)_m \quad (2.17)$$

3. Euler Number (2.18)

$$\left(\frac{P}{(\sigma v^2)}\right)_p = \left(\frac{P}{(\sigma v^2)}\right)_m$$

4. Weber Number (2.19)

$$\left(\frac{\rho v^2}{\sigma}\right)_p = \left(\frac{\rho v^2 L}{\sigma}\right)_m$$

5. Cauchy Number

$$\left(\frac{\rho v^2}{E}\right)_p = \left(\frac{\rho v^2}{E}\right)_m \quad (2.20)$$

Rasio antara gaya gravitasi dan gaya inersia pada model dan prototipe harus sama, karena kedua gaya tersebut memiliki peranan yang penting didalam pemodelan, yang dinyatakan sebagai berikut:

$$nFr = \frac{n_u}{(n_L)^{0,5}} = 1 \quad (2.21)$$

### 2.2.8 Analisis Dimensi

Dalam pemodelan fisik, analisis dimensi dilakukan untuk memudahkan menganalisis data hasil percobaan dan selanjutnya dapat digunakan untuk desain yang diinginkan. Dari analisis dimensi akan diperoleh variabel tak berdimensi yang akan menjadi acuan dalam penggambaran atau pemaparan hasil dari percobaan, sehingga mempermudah pengolahan data. Ada beberapa metode untuk mendapatkan jumlah variabel dari suatu persamaan, diantaranya yaitu metode Rayleigh, metode Buckingham (phitheorem), dan metode matrik.

Langkah-langkah dalam menggunakan metode Buckingham :

1. Membandingkan jumlah variabel dengan jumlah satuan dasar dan mendapatkan konstanta tidak berdimensi, phi teori adalah (jumlah konstanta tak berdimensi) = (jumlah variabel) – (jumlah satuan dasar)
2. Menyeleksi variabel pengulangan. Jumlah variabel pengulangan akan seimbang dengan jumlah satuan dasar variabel pengulangan dengan satu atau lebih satuan dasar dan tak harus dikurangi dengan parameter tak berdimensi.
3. Variabel pengulangan selanjutnya diseleksi.
4. Variabel pengulangan setiap harga index dalam group dengan bentuk variabel pengulangan konstanta tak berdimensi.

### 2.2.9 Analisis Regresi

Analisis regresi digunakan untuk mempelajari dan mengukur hubungan statistik yang terjadi antara dua variabel atau lebih variabel. Dalam regresi sederhana dikaji dua variabel, sedangkan dalam regresi majemuk dikaji lebih dari dua variabel. Dalam analisis regresi, suatu persamaan regresi hendak ditentukan dan digunakan untuk menggambarkan pola atau fungsi hubungan yang terdapat antar variabel. Variabel yang diestimasi nilainya disebut variabel terikat (dependent variable) dan biasanya diplot pada sumbu tegak (sumbu y). Sedangkan variabel bebas (independent variabel) adalah variabel yang diasumsikan memberikan pengaruh terhadap variasi variabel terikat dan biasanya diplot pada sumbu datar (sumbu x).

Langkah pertama dalam menganalisis relasi antar variabel adalah dengan membuat scatter diagram yang menggambarkan titik-titik plot dari data yang diperoleh. Scatter diagram ini berguna untuk membantu melihat apakah terdapat relasi antar variabel dan untuk membantu menentukan jenis persamaan yang akan digunakan untuk menentukan hubungan tersebut.

#### 2.2.9.1 Persamaan Regresi Linear Sederhana

Persamaan umum garis regresi untuk regresi linear sederhana adalah:

$$\hat{y} = a + bx \quad (2.22)$$

Dengan :

$\hat{y}$  = nilai estimasi variabel terikat

$a$  = titik potong garis regresi pada sumbu y

$b$  = gradient garis regresi

$x$  = nilai variabel bebas



### 2.2.9.2 Koefisien Determinasi

Koefisien determinasi ( $R^2$ ) didefinisikan sebagai perbandingan dari variasi terjelaskan dengan variasi total:

$$R^2 = \frac{\Sigma(\hat{y}-\bar{y})^2}{\Sigma(y-\bar{y})^2} \quad (2.23)$$

Dengan konstanta-konstanta dari persamaan regresi, pada persamaan diatas dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan baru, yaitu:

$$R^2 = \frac{a(\Sigma y) + b(\Sigma xy) - n(\bar{y})^2}{\Sigma(\bar{y})^2 - n(\bar{y})^2} \quad (2.24)$$

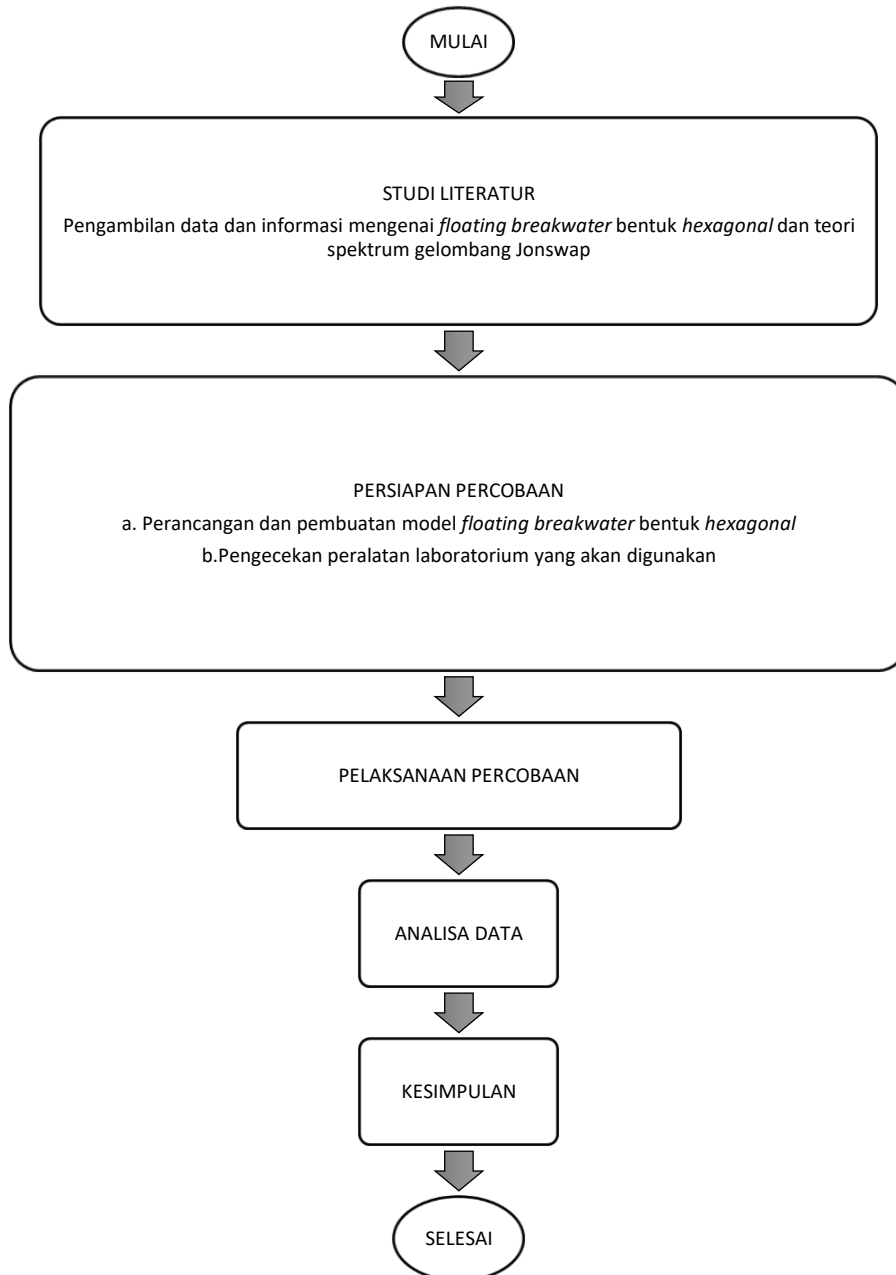
Nilai koefisien determinasi berkisar antara 0 (tidak ada relasi) dan 1 (relasi sempurna).

# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Adapun urutan pengerjaan dalam penelitian dan penulisan tugas akhir ini digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Diagram Alir

## 3.2 Prosedur Penelitian

### 3.2.1 Studi Literatur

Penelitian dimulai dengan melakukan studi awal berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya dan ditunjang dengan literatur-literatur yang mendukung dalam penelitian. Dengan melakukan studi mengenai teori spektrum gelombang dan mencari informasi mengenai struktur *floating breakwater* dapat disusun suatu rancangan penelitian untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

### 3.2.2 Persiapan Percobaan

#### 3.2.2.1 Perancangan Model *Floating Breakwater*

Perancangan model fisik *floating breakwater* sebaik mungkin harus dilakukan agar benar-benar dapat mewakili karakteristik prototipe *floating breakwater* yang sebenarnya. Ada beberapa hal yang harus dilakukan sebelum pembuatan model fisik *floating breakwater* yaitu:

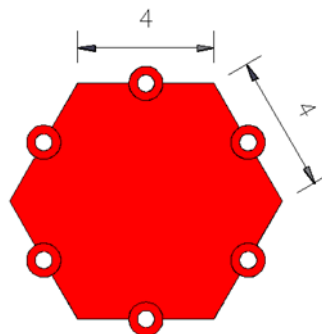
1. Penyekalaan (skala panjang) antara prototipe dan model fisik dengan berpedoman pada keserupaan geometrik
2. Perhitungan skala berat model fisik dari prototipe

Tabel 3. 1 Perencanaan skala model untuk prototipe

Dimensi	Model (cm)	Skala	Prototype (cm)
Panjang	4	1:10	40
Lebar	4	1:10	40
Tinggi	4	1:10	40

#### 3.2.2.2 Desain Eksperimen Model

Berikut merupakan desain eksperimen model yang akan digunakan peneliti sebagai gambaran dalam melakukan percobaan di Laboratorium Energi Laut dan Bawah Air Jurusan Teknik Kelautan.



Gambar 3. 2 Desain Eksperimen Model

Tabel 3. 2 Perencanaan desain pengujian model *hexagonal floating breakwater* di *wave tank*

Kedalaman perairan (cm)	Tinggi gelombang bangkitan (cm)	Periode gelombang bangkitan (detik)	Jenis gelombang
80	3	1.1	Irreguler
		1.3	
		1.5	
	4	1.1	Irreguler
		1.3	
		1.5	
	5	1.1	Irreguler
		1.3	
		1.5	

### 3.2.2.3 Pengecekan Peralatan

Melakukan pengecekan kesiapan peralatan laboratorium, seperti *wave tank*, *wave probe*, *wave generator*, *wave absorber*, komputer, serta air yang ada di *wave tank*. Dilakukan pembersihan, penyekatan, pembuatan dasar dan pengisian air pada level rencana sesuai dengan desain pengujian. Penyekatan dilakukan untuk menyesuaikan lebar *wave tank* terhadap jumlah *floating breakwater* yang disusun sebagai model. Pembersihan *wave tank* dilakukan agar *wave tank* terbebas dari kotoran yang dapat mengganggu pelaksanaan uji coba. Pembuatan dasar dan pengisian air dilakukan untuk menyesuaikan tinggi kolam air dengan skala kedalaman yang telah ditentukan.

Untuk *wave probe* harus dikalibrasi dengan sangat teliti karena alat inilah yang nantinya untuk mengukur tinggi gelombang. *Wave probe* yang berfungsi untuk membaca karakteristik gelombang yang memiliki kemampuan untuk membaca tinggi serta periode gelombang uji tidak selalu akan mengeluarkan output sesuai dengan inputan data oleh sebab itu *wave probe* di kalibrasi guna dapat menentukan tinggi dan periode gelombang uji yang sesuai. Dibawah ini merupakan fasilitas laboratorium yang digunakan :

- *Wave Tank*

*Wave tank* yang digunakan yang digunakan memiliki ukuran panjang 20m, tinggi 2.3m, dan lebar 2.5m. Seperti pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 3 *Wave Tank*

- *Wave Probe*

*Wave probe* adalah alat untuk mengukur tinggi gelombang, apabila alat tersebut tercelup air maka elektroda akan mengukur konduktivitas air. Konduktivitas tersebut berubah secara proporsional sesuai dengan variasi perubahan elevasi muka air. Dalam penelitian ini digunakan 2 *wave probe* yang dipasang didepan struktur. *Wave probe* dikalibrasi terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian. untuk menjadi acuan pencatatan hasil *running*.



Gambar 3. 4 *Wave Probe*

- *Wave Generator*

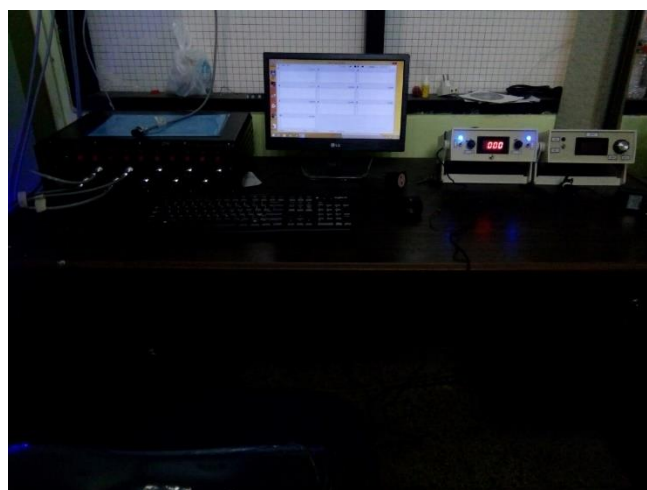
*Wave generator* adalah alat yang digunakan untuk membangkitkan gelombang buatan dalam *wave flume*. *Wave generator* pada laboratorium Laboratorium Energi dan Lingkungan Laut pada kolam gelombang (*flume tank*) Departemen Teknik Kelautan dapat membangkitkan gelombang *reguler* dan gelombang *irreguler*.



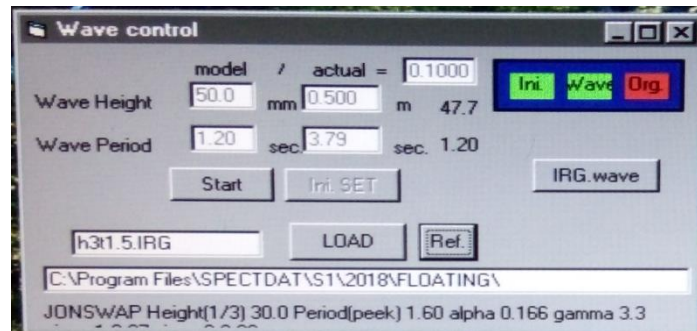
Gambar 3. 5 *Wave generator*

- *Komputer Kendali*

Komputer kendali yang digunakan dalam pengujian terdapat 2 buah komputer, dimana satu komputer digunakan untuk merekam data dari *wave probe*. Sedangkan komputer lainnya digunakan untuk pengatur ketinggian dan periode gelombang yang akan dibangkitkan oleh *wave generator* seperti terlihat .



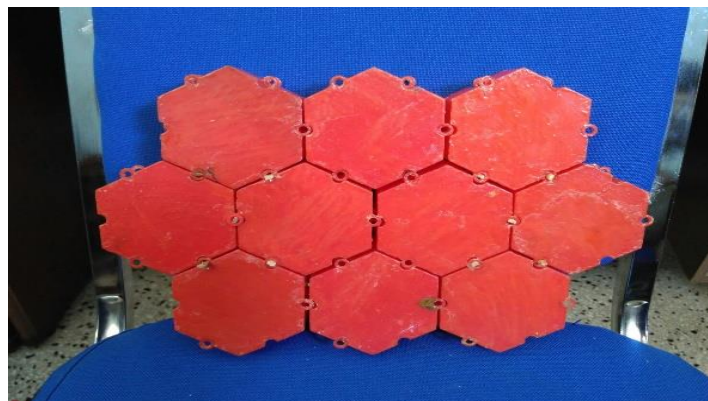
Gambar 3. 6 Komputer untuk merekam data *wave probe*



Gambar 3. 7 Komputer untuk mengatur ketinggian dan periode gelombang

### 3.2.3 Pelaksanaan Percobaan

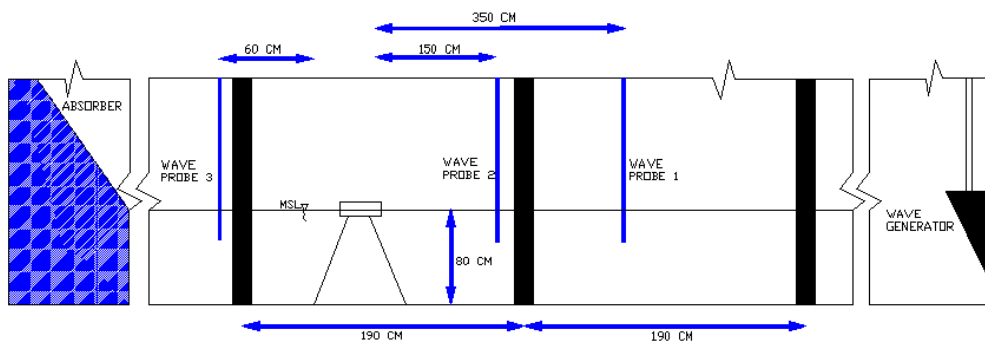
Pada tahap ini akan dilaksanakan pengujian sesuai dengan desain eksperimen model yang telah dibuat. Terdapat dua konfigurasi model *hexagonal floating breakwater* yang akan diuji. Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui perbedaan spektrum gelombang datang dengan spektrum gelombang transmisi yang melewati *hexagonal floating breakwater* dan mengetahui keefektifan bentuk *hexagonal floating breakwater* serta konfigurasi mana yang dapat memberikan hasil redaman gelombang laut secara optimal.



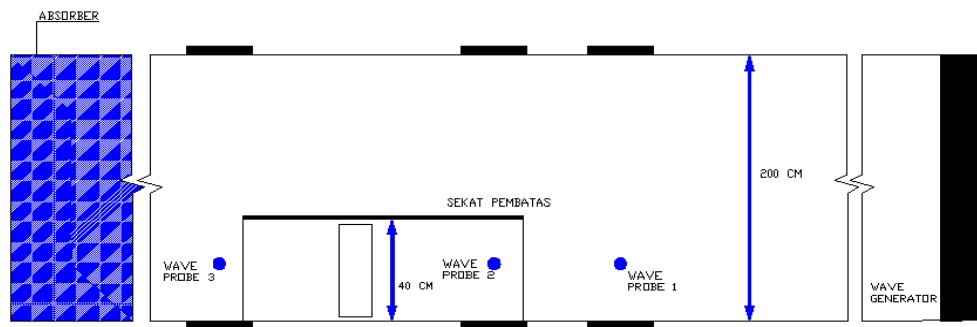
Gambar 3. 8 Konfigurasi 1 *hexagonal floating breakwater*



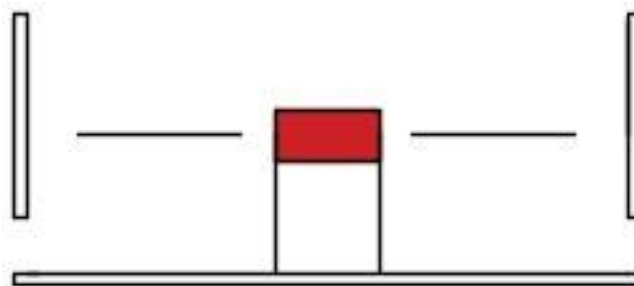
Gambar 3. 9 Konfigurasi 2 hexagonal floating breakwater



Gambar 3. 10 Peletakkan floating breakwater bentuk hexagonal tampak samping

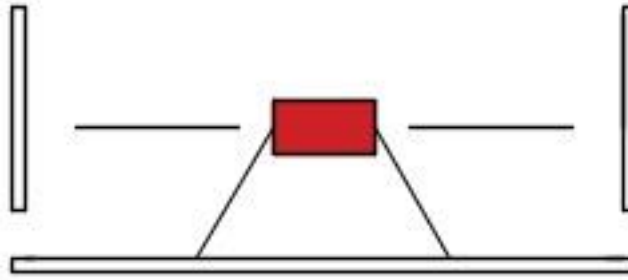


Gambar 3. 11 Peletakkan floating breakwater bentuk hexagonal tampak atas

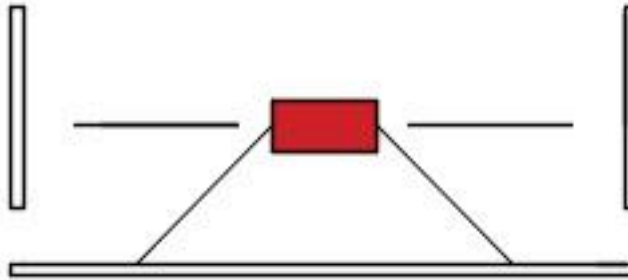


Gambar 3. 12 Sudut kemiringan 90° tali mooring model hexagonal floating breakwater

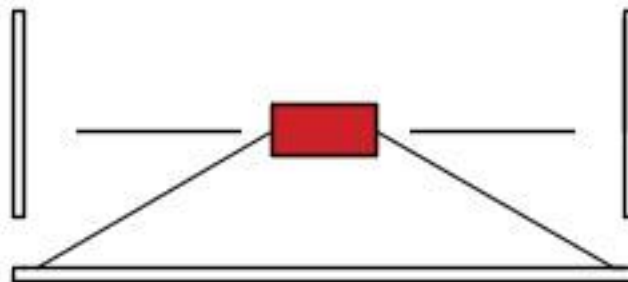




Gambar 3. 13 Sudut kemiringan  $60^\circ$  tali *mooring* model *hexagonal floating breakwater*



Gambar 3. 14 Sudut kemiringan  $45^\circ$  tali *mooring* model *hexagonal floating breakwater*

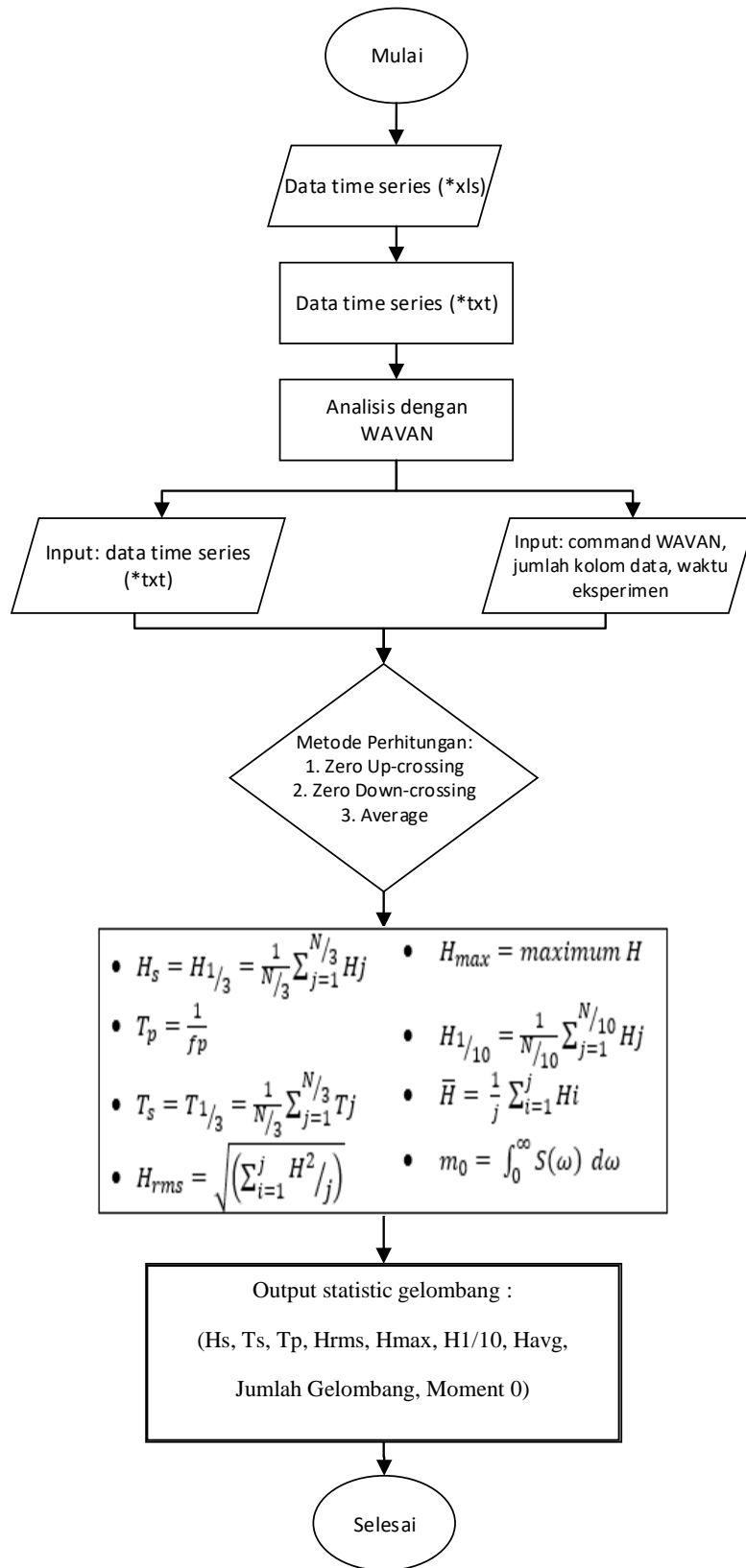


Gambar 3. 15 Sudut kemiringan  $30^\circ$  tali *mooring* model *hexagonal floating breakwater*

### 3.2.4 Analisis Data

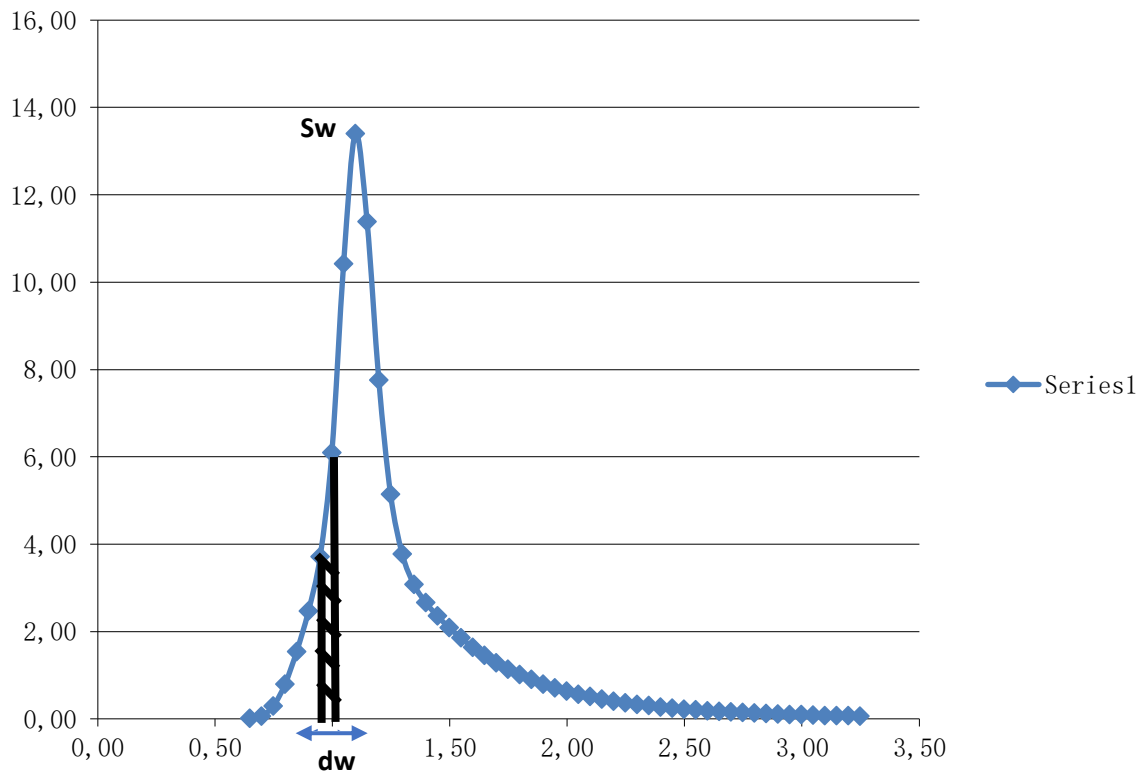
Data yang didapatkan dari hasil pengujian laboratorium akan diolah dengan rumus perhitungan yang sesuai dengan penelitian ini, untuk memperoleh perubahan spektrum gelombang sebelum dan sesudah melewati *floating breakwater*. Hasil perhitungan akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Selain itu dari hasil yang sudah didapatkan akan diketahui hubungan antara koefisien transmisi gelombang dengan perubahan spektrum gelombang pada *floating breakwater* bentuk *hexagonal*.

Dalam penelitian ini pengolahan data dilakukan dengan bantuan program WAVAN versi 1.1 *Copyright (c) J.W. Kamphuis 2000* oleh software MATLA. Proses pengolahan data hasil eksperimen diolah menjadi karakteristik gelombang dijelaskan pada gambar 4.2 berikut ini:



Gambar 3. 16 Proses Pengolahan Program WAVAN

Sedangkan untuk proses perhitungan  $m_0$  sebagai validasi dari program WAVAN adalah sebagai berikut :



Gambar 3. 17 Kurva Spektrum

### Spektrum Jonswap

$$S(\omega) = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[ -1.25 \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[ -\frac{\omega_m (\omega m)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right]} \quad (3.1)$$

$$m_0 = \int_0^{\infty} S(\omega) d\omega \quad (3.2)$$

$$m_0 = \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[ -1.25 \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[ -\frac{\omega_m (\omega m)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right]} d\omega \quad (3.3)$$

$$m_0 = \int_{-\infty}^{\infty} \alpha g^2 \omega^{-5} \exp \left[ -1.25 \left( \frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma^{\exp \left[ -\frac{\omega_m (\omega m)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right]} \quad (3.4)$$

$$m_0 = \frac{\alpha g^2}{\omega_m^{-4}} \exp^{-1.25 \left( \frac{\omega}{\omega_m} \right)^{-4}} \gamma^{\exp \left( \frac{\omega m^2}{2\tau^2 \omega_m} \right)} \quad (3.5)$$

### 3.2.5 Kesimpulan

Dari hasil analisis akan diperoleh perubahan spektrum gelombang sebelum mengenai *floating breakwater* dan sesudah mengenai *floating breakwater* serta diketahui hubungan antara koefisien transmisi gelombang dengan perubahan spektrum gelombang pada *floating breakwater* bentuk *hexagonal*.

### 3.3 Jadwal Kegiatan Penelitian

Tabel 3. 3 Jadwal Kegiatan

No	Kegiatan	Bulan															
		Desember				Januari				Februari				Maret			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Pengkajian Masalah																
2.	Desain Model Eksperimen																
3.	Pembuatan model fisik																
4.	Persiapan Percobaan																
5.	Proses Pengujian di <i>Flume Tank</i>																
6	Pencatatan dan Pengukuran																
7	Analisis Hasil dan Kesimpulan																
8	Penyusunan Laporan Akhir																

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB IV

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Analisis Data

##### 4.1.1 Analisis Dimensi

Analisis dimensi dilakukan untuk meninjau pengaruh analisis tak berdimensi terhadap koefisien transmisi. Parameter-parameter yang berpengaruh terhadap koefisien transmisi dan koefisien  $K_{m-1}$  dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\phi = [H_i, H_t, T, g] \quad (4.1)$$

Dengan menggunakan metode *Buckingham* diperoleh bilangan tak berdimensi yaitu:

$$\frac{H_t}{H_i} = \phi \left[ \frac{H_i}{gT^2} \right] \quad (4.2)$$

Dimana:

$H_i$  = tinggi gelombang datang (m)

$H_t$  = tinggi gelombang transmisi (m)

$T$  = periode gelombang (detik)

$g$  = percepatan gravitasi

Percobaan pada penelitian ini dilakukan dengan variasi tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), konfigurasi bentuk, dan konfigurasi sudut tali *mooring*, sehingga digunakan bilangan tak berdimensi sebagai acuan adalah :

$$Kt; K_{m-1} = \left[ \frac{H_t}{H_i} \right] = \phi \left[ \frac{H_i}{gT^2} \right] \quad (4.3)$$

##### 4.1.2 Kalibrasi *Wave Probe*

Sensor gelombang di laboratorium dapat diklasifikasikan sebagai alat pengukur kapasitansi. Kalibrasi *wave probe* dilakukan dengan mencatat perubahan nilai kapasitansinya terhadap perubahan elevasi muka air dari elektroda *wave probe* yang tercelup. Hal ini dilakukan dengan mencatat perubahan elevasi dari *wave probe* saat dicelupkan dengan interval 10 cm sampai mencapai kedalaman kolam gelombang yaitu 80 cm. Proses kalibrasi bertujuan untuk menentukan batas atas dan batas bawah yang mampu ditangkap oleh *wave probe* sehingga hasil pembacaannya tercatat pada *Software Water Tide Meter*.

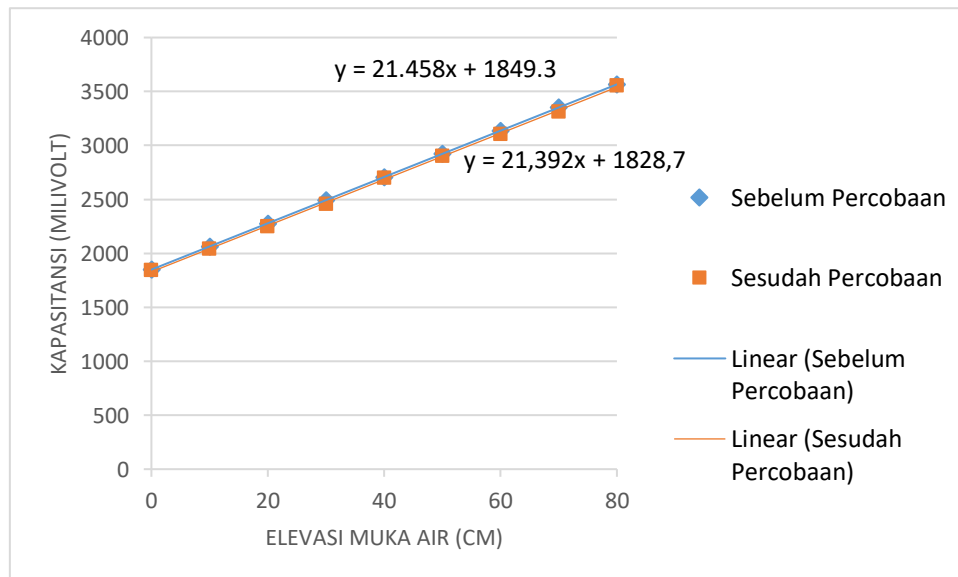
Hasil kalibrasi yang telah dilakukan pada *wave probe* yang digunakan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 1 Nilai Kalibrasi *wave probe Software Water Tide Meter*

	Min	Max
Channel 2	1851	3565
Channel 4	1842	3542

Tabel 4. 2 Pengaruh Perubahan Elevasi Probe 1 Terhadap Nilai Kapasitansi

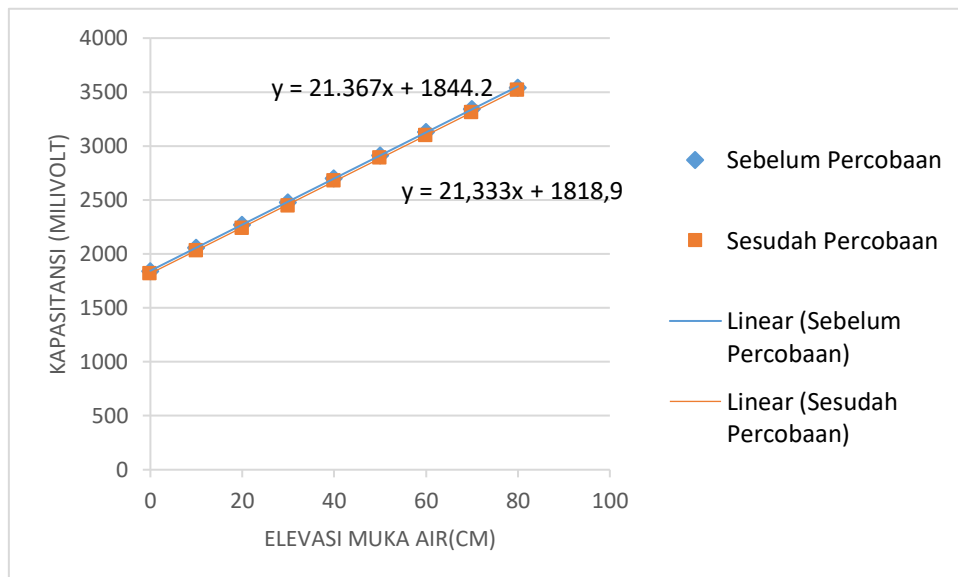
Probe 1			
Elevasi Muka Air (cm)	Nilai Kapasitansi (milivolt)		Presentase pengurangan (%)
	Sebelum Percobaan	Sesudah Percobaan	
0	1851	1841	0.54
10	2063	2043	0.98
20	2276	2246	1.34
30	2494	2454	1.63
40	2708	2698	0.37
50	2923	2903	0.69
60	3136	3106	0.97
70	3353	3313	1.21
80	3565	3555	0.28
Rata-rata			0.89



Gambar 4. 1 Pengaruh Perubahan Elevasi Probe 1 Terhadap Nilai Kapasitansi

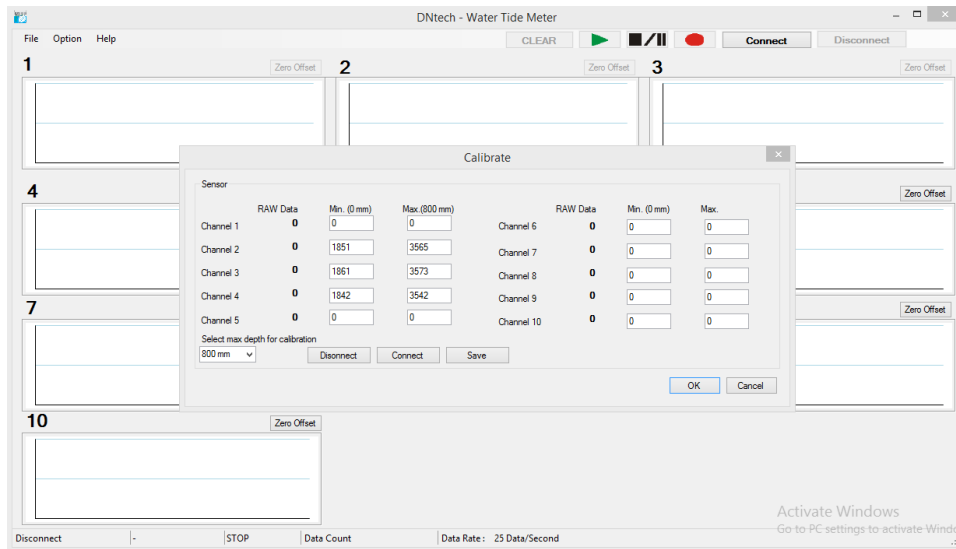
Tabel 4. 3 Pengaruh Perubahan Elevasi Probe 3 Terhadap Nilai Kapasitansi

Probe 3			
Elevasi Muka Air (cm)	Nilai Kapasitansi		Presentase pengurangan (%)
	Sebelum percobaan	Sesudah percobaan	
0	1842	1822	1.10
10	2058	2033	1.23
20	2271	2241	1.34
30	2482	2447	1.43
40	2701	2681	0.75
50	2917	2892	0.86
60	3130	3100	0.97
70	3347	3312	1.06
80	3542	3522	0.57
Rata-rata			1.03



Gambar 4. 2 Pengaruh Perubahan Elevasi Probe 3 Terhadap Nilai Kapasitansi

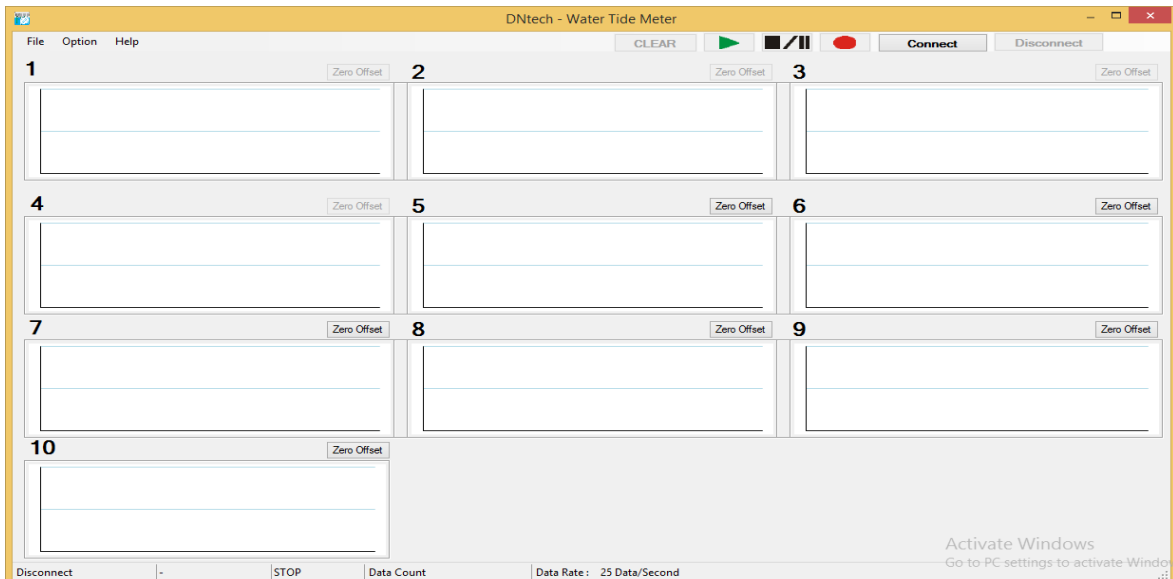




Gambar 4. 3 Kalibrasi *Wave Probe* pada *Software Water Tide Meter*

## 4.2 Analisis Hasil Pengujian

Dalam percobaan yang telah dilakukan di *wave tank* Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut Departemen Teknik Kelautan FTK-ITS, didapatkan data hasil rekaman *wave probe* selama percobaan berlangsung. Data yang dihasilkan berupa data kapasitansi yang telah dikonversi kedalam ukuran mili meter (mm) pada excel oleh *software Water Tide Meter*. Berikut adalah tampilan pada saat perekaman data oleh *software Water Tide Meter* saat percobaan berlangsung.



Gambar 4. 4 Tampilan *Software Water Tide Meter*

Ada tiga *wave probe* yang digunakan, sehingga akan ada tiga *chanel* yang akan merekam data tinggi fluktuasi gelombang dalam satuan mili meter (mm). Adapun hasilnya dapat dilihat seperti gambar berikut :

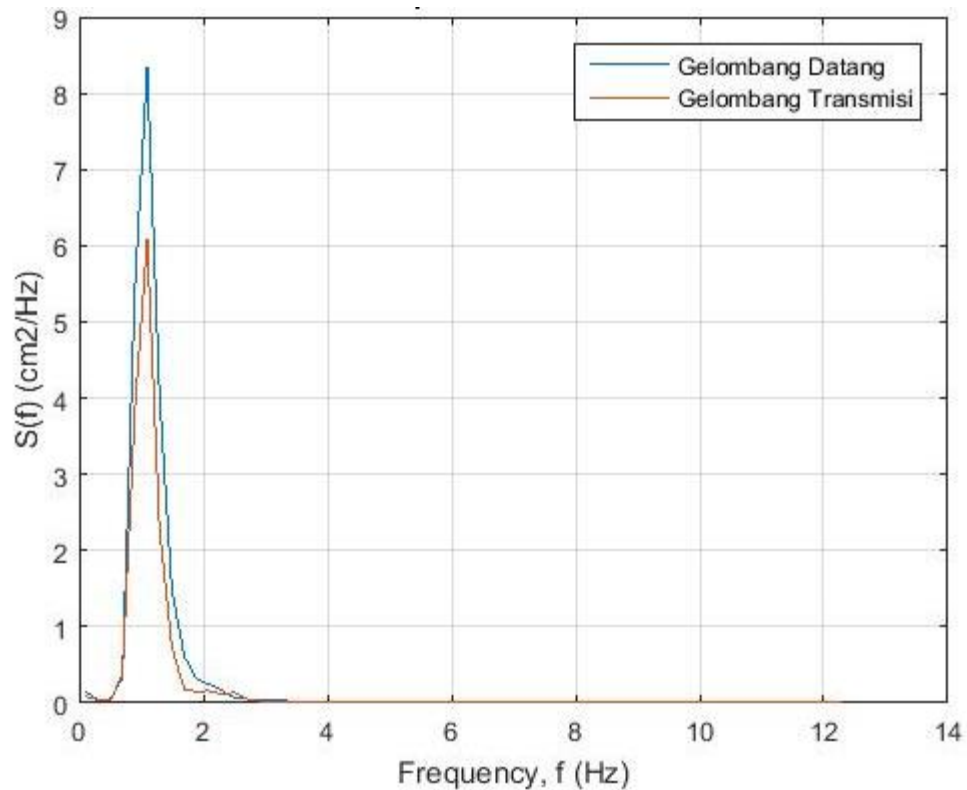
Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4	Ch 5	Ch 6	Ch 7	Ch 8	Ch 9	Ch 10
10	0	N/A	-52	-17	28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
11	0	N/A	-50	-12	30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12	0	N/A	-48	-8	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
13	0	N/A	-45	-2	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
14	0	N/A	-42	4	34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
15	0	N/A	-38	8	34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
16	0	N/A	-34	16	34	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
17	0	N/A	-30	20	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
18	0	N/A	-26	24	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
19	0	N/A	-20	26	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
20	0	N/A	-15	29	32	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
21	0	N/A	-12	32	31	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
22	0	N/A	-7	36	30	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
23	0	N/A	0	38	28	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Gambar 4. 5 Data Hasil Pembacaan *Water Tide Meter* Dalam Bentuk *Excel*

Pada Gambar 4.5 terlihat identitas data berupa waktu pengambilan data. Pada kolom pertama berisi keterangan waktu tiap detik saat data diambil. Pada kolom kedua sampai kolom empat berisi angka dalam satuan mili meter (mm). angka tersebut menunjukkan tinggi gelombang hasil rekaman *wave probe* pada saat percobaan yang telah di konversi oleh *software Water Tide Meter*. Terlihat ada 3 *chanel* yang aktif yang juga menunjukkan ada tiga *wave probe* yang digunakan dalam percobaan, dan yang akan digunakan dalam analisis data adalah data yang diperoleh dari probe satu dan probe tiga. Dimana probe satu merekam gelombang datang dan probe tiga merekam gelombang transmisi.

Data gelombang hasil pencatatan oleh *software Water Tide Meter* kemudian diolah menggunakan program *WAVAN (Wave Analysis)* dengan bantuan *software MATLAB* untuk mengetahui bentuk elevasi gelombang yang terjadi dan parameter-parameter umum karakteristik gelombang yang berupa periode gelombang puncak dan tinggi gelombang signifikan serta untuk mengetahui perbedaan spektrum gelombang sebelum mengenai struktur dan setelah melewati struktur *breakwater*.

Perbedaan spektrum dapat dilihat dengan jelas melalui perubahan spektrum gelombang datang dan spektrum gelombang transmisi, seperti pada **Gambar 4.6** berikut :



Gambar 4. 6 Spektrum Gelombang Datang dan Spektrum Gelombang Transmisi

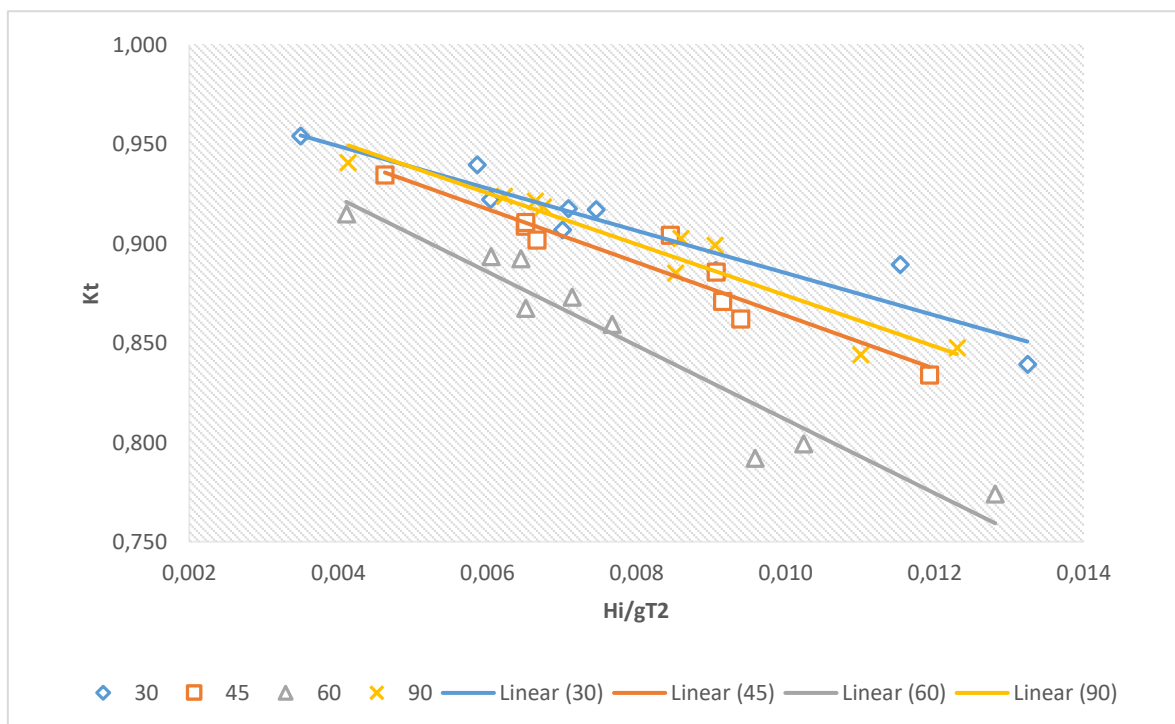
### 4.3 Pembahasan

#### 4.3.1 Koefisien Transmisi dan Koefisien Momen-1

Nilai koefisien transmisi dihitung dengan menggunakan tinggi gelombang signifikan di depan dan dibelakang struktur *floating breakwater* sedangkan untuk koefisien momen-1 dihitung dengan menggunakan perbandingan antara momen spektrum orde minus satu setelah melewati *floating breakwater* dengan momen spektrum orde minus satu sebelum mengenai *floating breakwater*. Tinggi gelombang signifikan dan momen spektrum orde minus satu diperoleh dari pengolahan data menggunakan program *WAVAN (Wave Analysis)* dengan bantuan *software MATLAB*, karena hasil dari pembacaan *software water tide meter* masih dalam satuan mili meter maka perlu dikonversi menjadi centi meter (cm) untuk bisa diolah dengan program *WAVAN (Wave Analysis)* dengan bantuan *software MATLAB*. Setelah nilai dari tinggi gelombang signifikan didapatkan maka dapat dilakukan perhitungan koefisien transmisi (terlampir).

### 4.3.2 Hubungan *Wave Steepness* dengan Koefisien Transmisi (Kt) dan Koefisien Momen-1 (Km<sub>-1</sub>)

Percobaan dilakukan dengan variasi tinggi gelombang (H), periode gelombang (T), konfigurasi bentuk, dan konfigurasi sudut *mooring*, maka didapatkan titik penyebaran nilai koefisien transmisi dan koefisien momen-1. Dalam grafik perbandingan koefisien transmisi dan koefisien momen-1 dengan *wave steepness* diperoleh kesimpulan, yaitu semakin besar *wave steepness* semakin kecil koefisien transmisi gelombang dan koefien momen-1. Sehingga dapat disimpulkan pula bahwa hubungan antara *wave steepness* dengan koefisien transmisi adalah berbanding terbalik.



Gambar 4. 7 Hubungan  $H_i/gT^2$  (*wave steepness*) dengan Kt (Koefisien Transmisi) Konfigurasi Bentuk-1

Dari Gambar 4.7 didapatkan persamaan  $H_i/gT^2$  (*wave steepness*) terhadap Kt (Koefisien Transmisi) pada *floating breakwater* dengan parameter sudut 30°, 45°, 60°, dan 90° yaitu :

Pada sudut 30° :

$$y = -10.637x + 0.9916 \quad (4.4)$$

$$R^2 = 0.9001$$

Pada sudut 45° :

$$y = -13.379x + 0.9976 \quad (4.5)$$

$$R^2 = 0.9111$$

Pada sudut 60° :

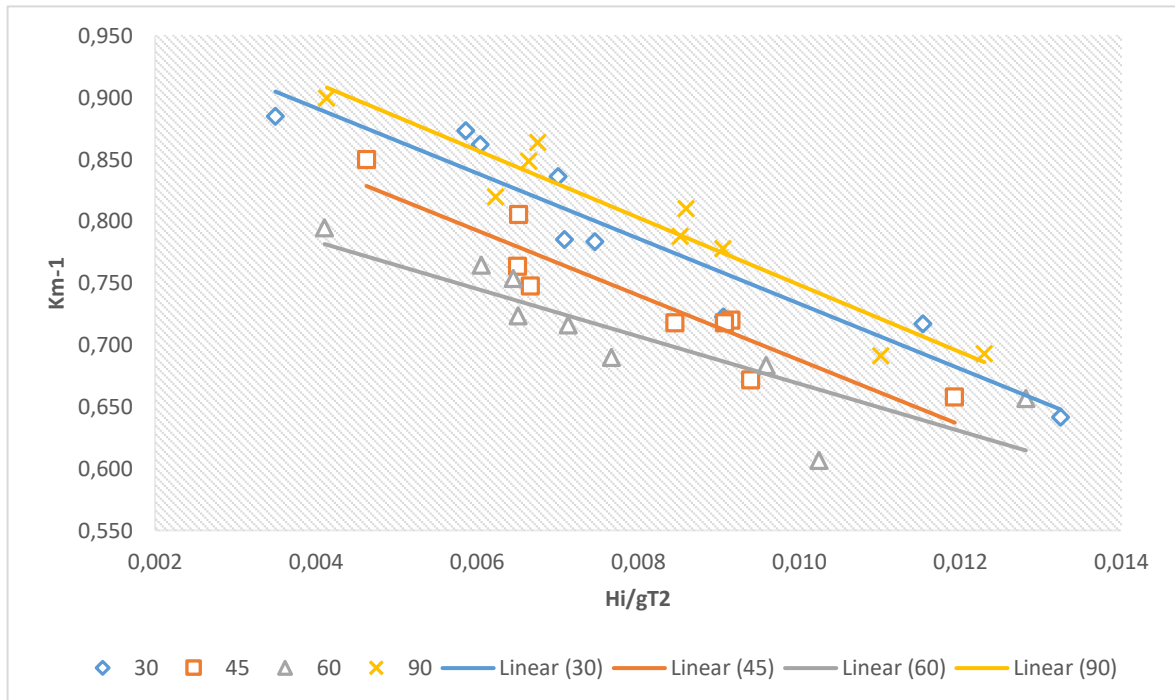
$$y = -18.566x + 0.9972 \quad (4.6)$$

$$R^2 = 0.9254$$

Pada sudut 90° :

$$y = -12.851x + 1.0025 \quad (4.7)$$

$$R^2 = 0.9182$$



Gambar 4. 8 Hubungan  $H_i/gT^2$  (*wave steepness*) terhadap  $Km_{-1}$  (Koefisien momen-1) Konfigurasi Bentuk-1

Dari Gambar 4.8 didapatkan persamaan  $H_i/gT^2$  (*wave steepness*) terhadap  $Km_{-1}$  (Koefisien momen-1) pada floating breakwater dengan parameter sudut 30°, 45°, 60°, dan 90° yaitu :

Pada sudut 30° :

$$y = -26.355x + 0.9969 \quad (4.8)$$

$$R^2 = 0.904$$

Pada sudut 45° :

$$y = -26.188x + 0.9496 \quad (4.9)$$

$$R^2 = 0.8701$$

Pada sudut 60° :

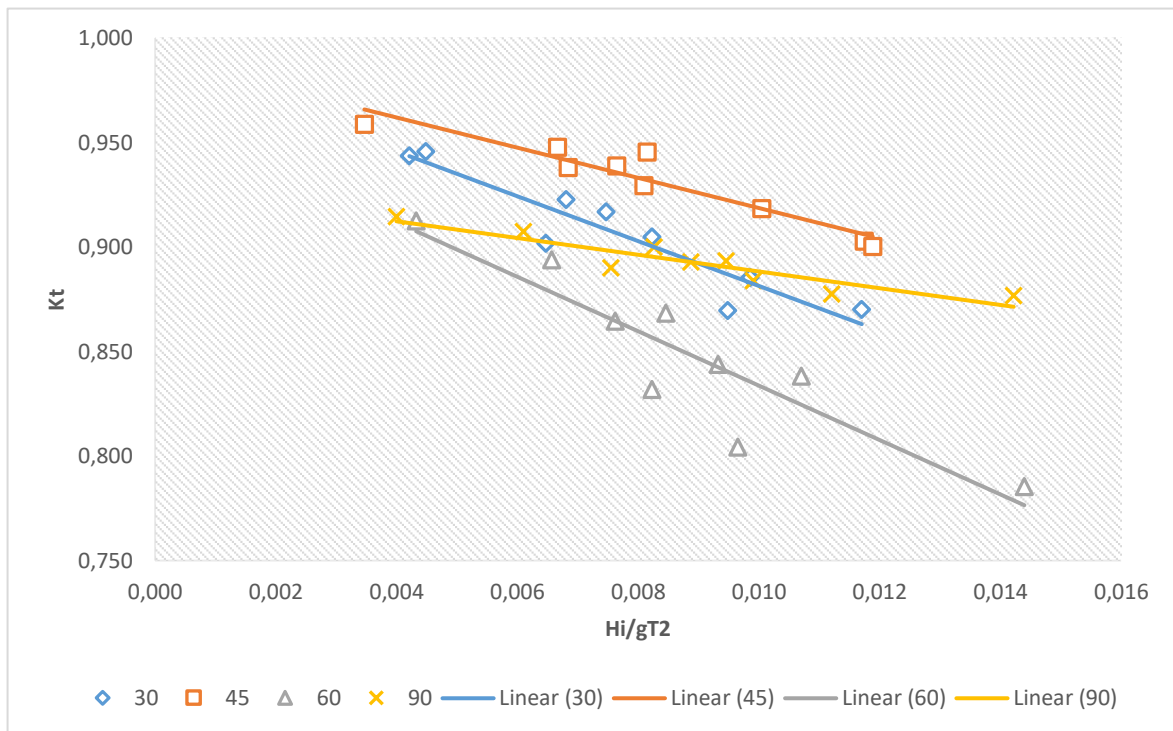
$$y = -20.8x + 0.8713 \quad (4.10)$$

$$R^2 = 0.9058$$

Pada sudut 90° :

$$y = -27.185x + 1.0205 \quad (4.11)$$

$$R^2 = 0.9178$$



Gambar 4. 9 Hubungan  $H_i/gT^2$  (*wave steepness*) terhadap  $K_t$  (Koefisien Transmisi) Konfigurasi Bentuk-2

Dari Gambar 4.9 didapatkan persamaan  $H_i/gT^2$  (*wave steepness*) terhadap  $K_t$  (Koefisien Transmisi) pada *floating breakwater* dengan parameter sudut  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ , dan  $90^\circ$  yaitu :

Pada sudut  $30^\circ$  :

$$y = -10.722x + 0.9886 \quad (4.12)$$

$$R^2 = 0.8723$$

Pada sudut  $45^\circ$  :

$$y = -7.2161x + 0.9908 \quad (4.13)$$

$$R^2 = 0.9012$$

Pada sudut  $60^\circ$  :

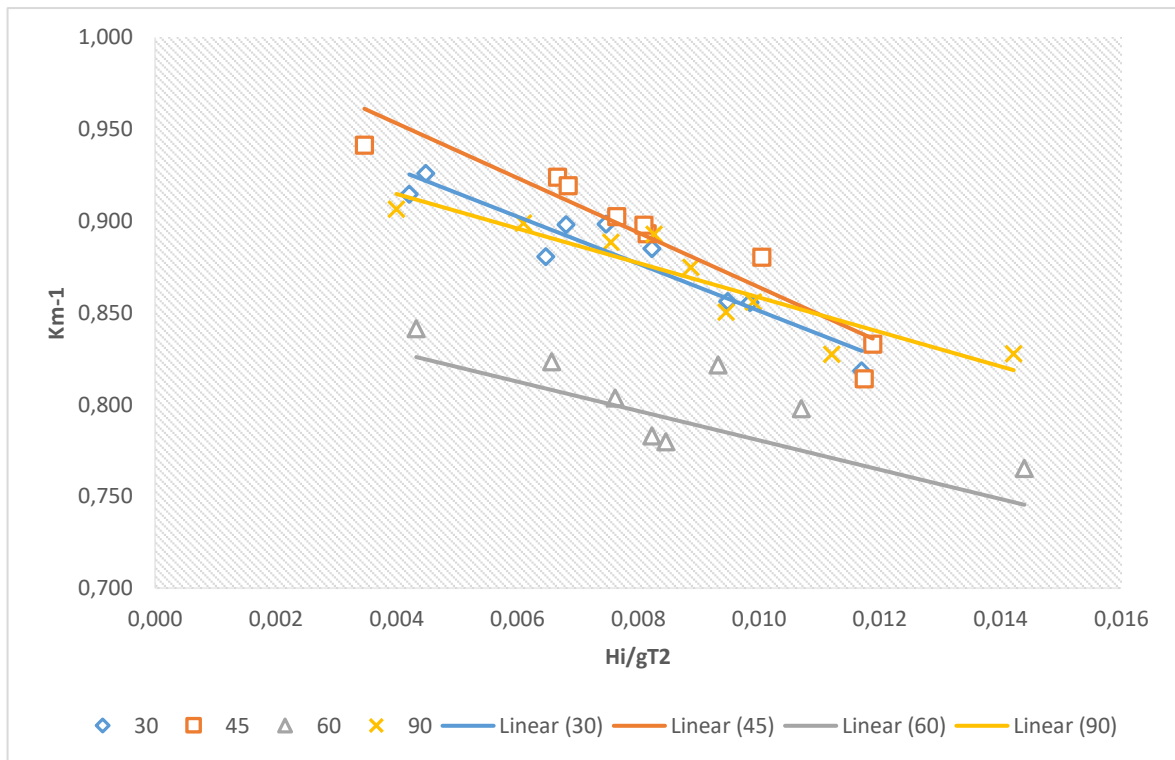
$$y = -13.01x + 0.9638 \quad (4.14)$$

$$R^2 = 0.8084$$

Pada sudut  $90^\circ$  :

$$y = -4.0025x + 0.9283 \quad (4.15)$$

$$R^2 = 0.8453$$



Gambar 4. 10 Hubungan  $H_i/gT^2$  (*wave steepness*) terhadap  $Km_{-1}$  (Koefisien momen-1) Konfigurasi Bentuk-2

Dari Gambar 4.10 didapatkan persamaan  $H_i/gT^2$  (*wave steepness*) terhadap  $Km_{-1}$  (Koefisien momen-1) pada floating breakwater dengan parameter sudut  $30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ , dan  $90^\circ$  yaitu :

Pada sudut  $30^\circ$  :

$$y = -12.829x + 0.9794 \quad (4.16)$$

$$R^2 = 0.9015$$

Pada sudut  $45^\circ$  :

$$y = -14.871x + 1.0127 \quad (4.17)$$

$$R^2 = 0.8936$$

Pada sudut  $60^\circ$  :

$$y = -9.2541x + 0.8742 \quad (4.18)$$

$$R^2 = 0.8312$$

Pada sudut  $90^\circ$  :

$$y = -9.3924x + 0.9523 \quad (4.19)$$

$$R^2 = 0.8426$$

### 4.3.3 Hubungan Koefisien Transmisi dengan Perubahan Spektrum Gelombang

Dalam penelitian ini, digunakan dua pendekatan parameter untuk mengetahui hubungan koefisien transmisi dengan perubahan spektrum gelombang, yaitu parameter  $m_0$  dan  $T_{-10}$  berdasarkan persamaan berikut :

$$Kt = \frac{Ht}{Hi} = \left(\frac{Et}{Ei}\right)^2 \longrightarrow Et = Kt^2 \cdot Ei \quad (4.20)$$

$$\text{dan, } T_{-10,t} = \frac{Km_{-1}}{Kt^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.21)$$

Dari hasil analisis  $Kt$  dan  $Km_{-1}$  yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat disusun bentuk persamaan untuk tiap pendekatan parameter, yaitu :

#### Pendekatan $m_0$ Pada Konfigurasi Bentuk-1

$$\text{Pada sudut } 30^\circ : Et = (-10.637 \times \left(\frac{Hi}{gT^2}\right) + 0.9916)^2 \cdot Ei \quad (4.22)$$

$$R^2 = 0.9894$$

$$\text{Pada sudut } 45^\circ : Et = (-13.379 \times \left(\frac{Hi}{gT^2}\right) + 0.9976)^2 \cdot Ei \quad (4.23)$$

$$R^2 = 0.9837$$

$$\text{Pada sudut } 60^\circ : Et = (-18.566 \times \left(\frac{Hi}{gT^2}\right) + 0.9972)^2 \cdot Ei \quad (4.24)$$

$$R^2 = 0.918$$

$$\text{Pada sudut } 90^\circ : Et = (-12.851 \times \left(\frac{Hi}{gT^2}\right) + 1.0025)^2 \cdot Ei \quad (4.25)$$

$$R^2 = 0.9705$$

#### Pada Konfigurasi Bentuk-2

$$\text{Pada sudut } 30^\circ : Et = (-10.722 \times \left(\frac{Hi}{gT^2}\right) + 0.9886)^2 \cdot Ei \quad (4.26)$$

$$R^2 = 0.9945$$

$$\text{Pada sudut } 45^\circ : Et = (-7.2161 \times \left(\frac{Hi}{gT^2}\right) + 0.9908)^2 \cdot Ei \quad (4.27)$$

$$R^2 = 0.9983$$

$$\text{Pada sudut } 60^\circ : Et = (-13.01 \times \left(\frac{Hi}{gT^2}\right) + 0.9638)^2 \cdot Ei \quad (4.28)$$

$$R^2 = 0.953$$

$$\text{Pada sudut } 90^\circ : Et = (-4.0025 \times \left(\frac{Hi}{gT^2}\right) + 0.9283)^2 \cdot Ei \quad (4.29)$$

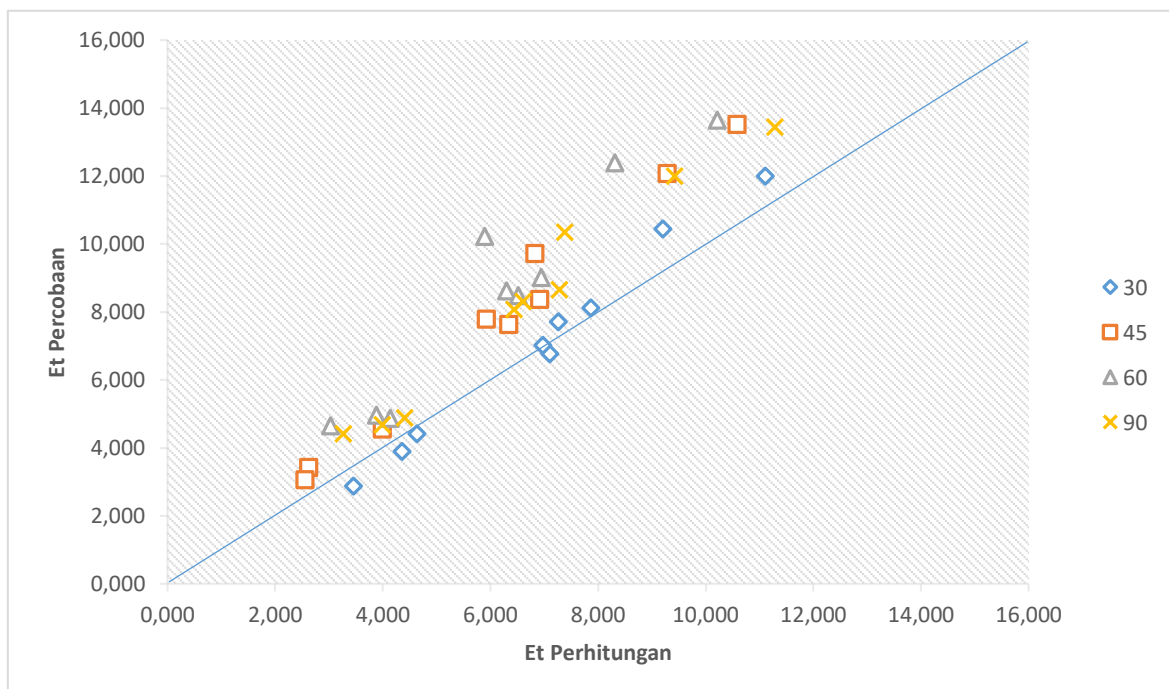
$$R^2 = 0.9956$$



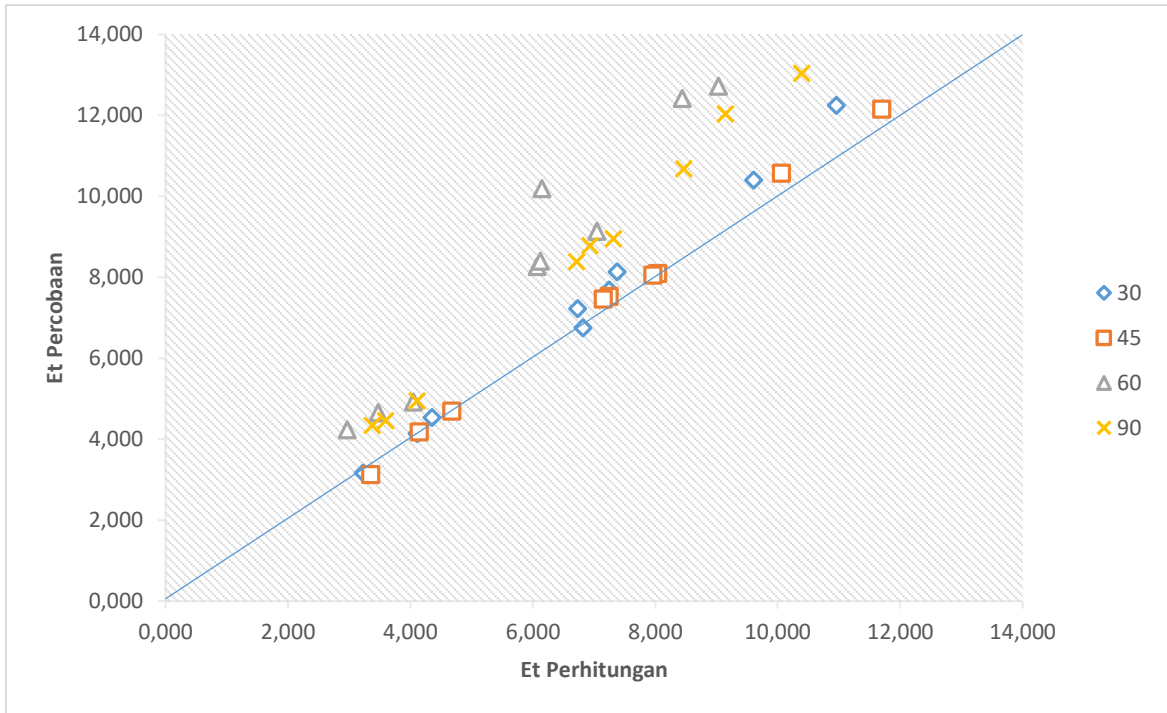
Persamaan tersebut merupakan persamaan yang menyajikan korelasi antara koefisien transmisi dengan perubahan spektrum gelombang ditinjau dari luasan dibawah kurva spektrum yang merupakan nilai dari perubahan energi gelombang. Kemudian persamaan yang telah didapat tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai  $m_0$  dari hasil perhitungan terhadap karakteristik gelombang datang untuk kemudian dibandingkan dengan  $m_0$  yang didapatkan dari hasil pengukuran di wave tank berdasarkan karakteristik gelombang transmisi sebagai validasi.

Pada konfigurasi bentuk-1 nilai  $R^2$  untuk masing-masing variasi sudut yang telah didapat maka dapat dilihat korelasi antara  $m_0$  hasil pengukuran dan  $m_0$  hasil perhitungan cukup baik yaitu pada sudut  $30^\circ$  adalah 0.9894, pada sudut  $45^\circ$  adalah 0.9837, pada sudut  $60^\circ$  adalah 0.918, dan pada sudut  $90^\circ$  adalah 0.9705.

Pada konfigurasi bentuk-2 nilai  $R^2$  untuk masing-masing variasi sudut yang telah didapat maka dapat dilihat korelasi antara  $m_0$  hasil pengukuran dan  $m_0$  hasil perhitungan cukup baik yaitu pada sudut  $30^\circ$  adalah 0.9945, pada sudut  $45^\circ$  adalah 0.9983, pada sudut  $60^\circ$  adalah 0.953, dan pada sudut  $90^\circ$  adalah 0.9956.



Gambar 4. 11 Hubungan tingkat keakuratan nilai  $E_t$  Percobaan dan  $E_t$  Perhitungan Konfigurasi bentuk-1



Gambar 4. 12 Hubungan tingkat keakuratan nilai Et Percobaan dan Et Perhitungan  
Konfigurasi bentuk-2

Untuk pendekatan  $T_{-10}$ :

**Pada Konfigurasi Bentuk-1**

$$\text{Pada sudut } 30^\circ : T_{-10,t} = \frac{-26.355x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9969}{\left[-10.637x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9916\right]^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.30)$$

$$R^2 = 0.7561$$

$$\text{Pada sudut } 45^\circ : T_{-10,t} = \frac{-26.188x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9496}{\left[-13.379x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9976\right]^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.31)$$

$$R^2 = 0.6118$$

$$\text{Pada sudut } 60^\circ : T_{-10,t} = \frac{-20.8x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.8713}{\left[-18.566x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9972\right]^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.32)$$

$$R^2 = 0.5654$$

$$\text{Pada sudut } 90^\circ : T_{-10,t} = \frac{-27.185x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 1.0205}{\left[-12.851x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 1.0025\right]^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.33)$$

$$R^2 = 0.9537$$

## Pada Konfigurasi Bentuk-2

$$\text{Pada sudut } 30^\circ : T_{-10,t} = \frac{-12.829x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9794}{\left[-10.722x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9886\right]^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.34)$$

$$R^2 = 0.8977$$

$$\text{Pada sudut } 45^\circ : T_{-10,t} = \frac{-14.871x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 1.0127}{\left[-7.2161x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9908\right]^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.35)$$

$$R^2 = 0.9771$$

$$\text{Pada sudut } 60^\circ : T_{-10,t} = \frac{-9.2541x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.8742}{\left[-13.01x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9638\right]^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.36)$$

$$R^2 = 0.5551$$

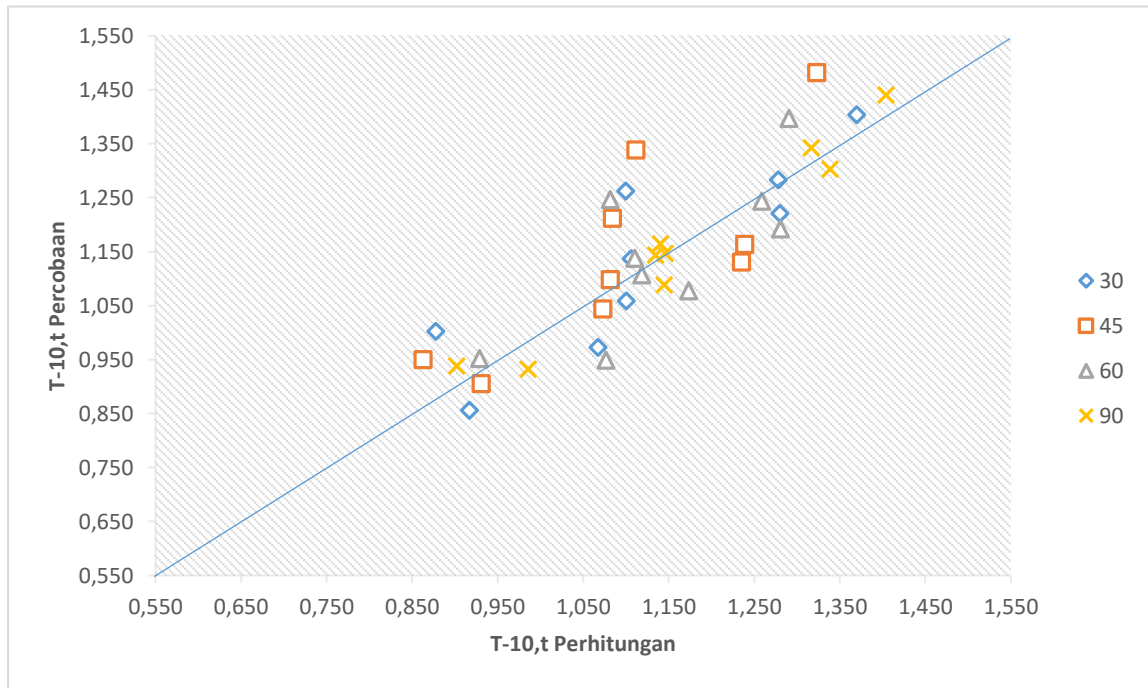
$$\text{Pada sudut } 90^\circ : T_{-10,t} = \frac{-9.3924x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9523}{\left[-4.0025x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9283\right]^2} \cdot T_{-10,i} \quad (4.37)$$

$$R^2 = 0.9223$$

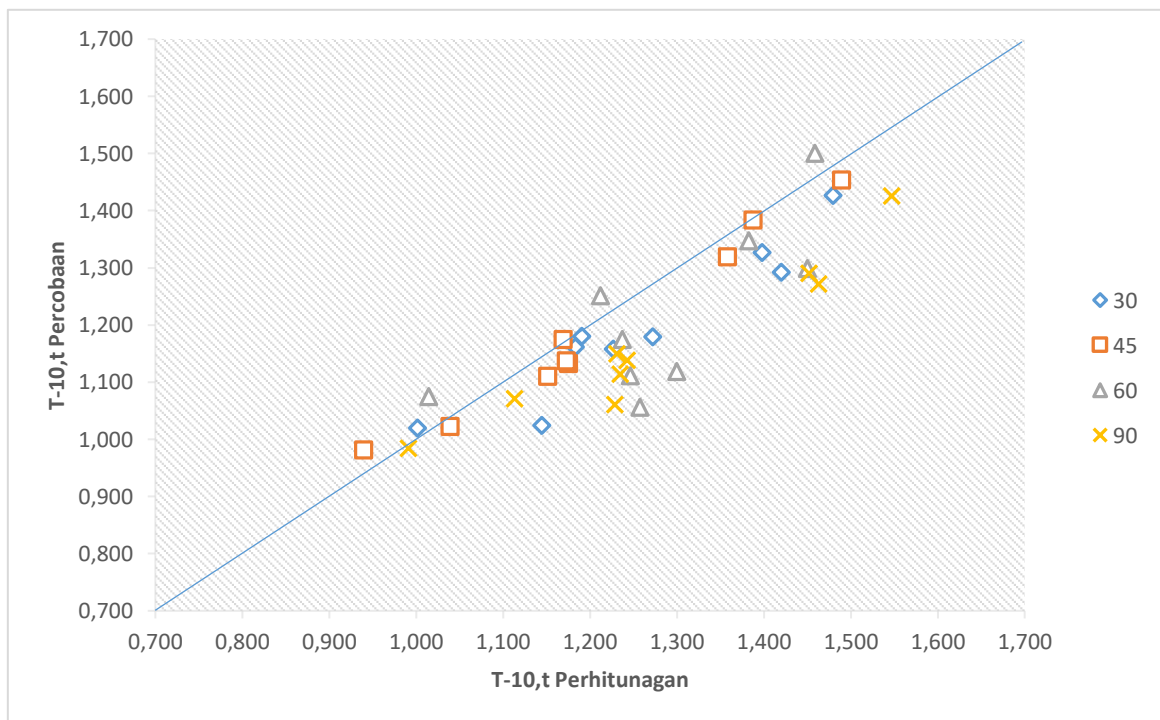
Persamaan diatas merupakan persamaan yang menunjukkan korelasi antara koefisien transmisi dengan perubahan spektrum gelombang ditinjau dari periode gelombang yang terjadi. Kemudian untuk validasi seperti pada pendekatan  $m_0$ , persamaan yang telah didapat tersebut digunakan untuk mendapatkan nilai  $T_{-10,t}$  dari hasil perhitungan terhadap karakteristik gelombang datang untuk kemudian dibandingkan dengan  $T_{-10,t}$  yang didapat dari hasil pengukuran di *wave tank* berdasarkan karakteristik gelombang transmisi sebagai validasi.

Pada konfigurasi bentuk-1 nilai  $R^2$  untuk masing-masing variasi sudut yang telah didapat maka dapat dilihat pada korelasi antara  $T_{-10}$  hasil pengukuran dan  $T_{-10}$  hasil perhitungan cukup baik yaitu pada sudut  $30^\circ$  adalah 0.7561, pada sudut  $45^\circ$  adalah 0.6118, pada sudut  $60^\circ$  adalah 0.5654, dan pada sudut  $90^\circ$  adalah 0.9537.

Pada konfigurasi bentuk-2 nilai  $R^2$  untuk masing-masing variasi sudut yang telah didapat maka dapat dilihat pada korelasi antara  $T_{-10}$  hasil pengukuran dan  $T_{-10}$  hasil perhitungan cukup baik yaitu pada sudut  $30^\circ$  adalah 0.8977, pada sudut  $45^\circ$  adalah 0.9771, pada sudut  $60^\circ$  adalah 0.5551, dan pada sudut  $90^\circ$  adalah 0.9223.



Gambar 4. 13 Hubungan tingkat keakuratan nilai  $T_{-10,t}$  Percobaan dan  $T_{-10,t}$  Perhitungan Konfigurasi Bentuk-1



Gambar 4. 14 Hubungan tingkat keakuratan nilai  $T_{-10,t}$  Percobaan dan  $T_{-10,t}$  Perhitungan Konfigurasi Bentuk-2

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam penelitian ini perubahan spektrum gelombang yang terjadi sebelum dan setelah melewati *floating breakwater* dapat dilihat dengan cukup jelas melalui bentuk kurva spektrum gelombang, pada saat gelombang datang atau gelombang sebelum mengenai struktur, kurva spektrum terlihat lebih tinggi dan pada saat gelombang transmisi atau gelombang setelah melewati struktur, kurva spektrum terlihat lebih rendah yang menandakan bahwa telah terjadi perubahan spektrum gelombang dan menunjukkan terjadi redaman energi dengan dipasangnya struktur *floating breakwater* bentuk *hexagonal*. Redaman dari *floating breakwater* yang terbesar yang terjadi pada *floating breakwater* konfigurasi bentuk-1 yaitu  $3.183 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Hz}$  terjadi pada sudut *mooring*  $60^\circ$ , untuk redaman dari *floating breakwater* yang terkecil yang terjadi pada *floating breakwater* konfigurasi bentuk-1 yaitu  $0.631 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Hz}$  terjadi pada sudut *mooring*  $90^\circ$ . Sedangkan untuk redaman dari *floating breakwater* yang terbesar yang terjadi pada *floating breakwater* konfigurasi bentuk-2 yaitu  $2.634 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Hz}$  terjadi pada sudut *mooring*  $60^\circ$  dan redaman dari *floating breakwater* yang terkecil yang terjadi pada *floating breakwater* konfigurasi bentuk-2 yaitu  $0.320 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{Hz}$  terjadi pada sudut *mooring*  $45^\circ$ .
2. Pendekatan hubungan antara koefisien transmisi dengan perubahan spektrum gelombang pada *floating breakwater* dapat dinyatakan dalam persamaan untuk masing-masing parameter sudut, seperti berikut ini :

Konfigurasi bentuk-1

Pada sudut  $30^\circ$  :

$$E_t = (-10.637 \times \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9916)^2 \cdot E_i$$

$$R^2 = 0.9894$$

Pada sudut  $45^\circ$  :

$$E_t = (-13.379 \times \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9976)^2 \cdot E_i$$

$$R^2 = 0.9837$$

Pada sudut 60° :

$$E_t = (-18.566 x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9972)^2 \cdot E_i$$
$$R^2 = 0.918$$

Pada sudut 90° :

$$E_t = (-12.851 x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 1.0025)^2 \cdot E_i$$
$$R^2 = 0.9705$$

Konfigurasi bentuk-2

Pada sudut 30° :

$$E_t = (-10.722 x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9886)^2 \cdot E_i$$
$$R^2 = 0.9945$$

Pada sudut 45° :

$$E_t = (-7.2161 x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9908)^2 \cdot E_i$$
$$R^2 = 0.9983$$

Pada sudut 60° :

$$E_t = (-13.01 x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9638)^2 \cdot E_i$$
$$R^2 = 0.953$$

Pada sudut 90° :

$$E_t = (-4.0025 x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9283)^2 \cdot E_i$$
$$R^2 = 0.9956$$

Pendekatan hubungan koefisien transmisi dengan perubahan spektrum gelombang ditinjau dari perbedaan periode gelombang  $T_{-10}$  dinyatakan juga dengan persamaan untuk masing-masing parameter sudut, seperti berikut ini,

Konfigurasi bentuk-1

Pada sudut 30° :

$$T_{-10,t} = \frac{-26.355x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9969}{\left[-10.637x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9916\right]^2} \cdot T_{-10,i}$$
$$R^2 = 0.7561$$

Pada sudut 45° :

$$T_{-10,t} = \frac{-26.188x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9496}{\left[-13.379x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9976\right]^2} \cdot T_{-10,i}$$
$$R^2 = 0.6118$$

Pada sudut 60° :

$$T_{-10,t} = \frac{-20.8x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.8713}{\left[-18.566x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9972\right]^2} \cdot T_{-10,i}$$
$$R^2 = 0.5654$$

Pada sudut 90° :

$$T_{-10,t} = \frac{-27.185x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 1.0205}{\left[-12.851x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 1.0025\right]^2} \cdot T_{-10,i}$$

$$R^2 = 0.9537$$

Konfigurasi bentuk-2

Pada sudut 30° :

$$T_{-10,t} = \frac{-12.829x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9794}{\left[-10.722x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9886\right]^2} \cdot T_{-10,i}$$

$$R^2 = 0.8977$$

Pada sudut 45° :

$$T_{-10,t} = \frac{-14.871x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 1.0127}{\left[-7.2161x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9908\right]^2} \cdot T_{-10,i}$$

$$R^2 = 0.9771$$

Pada sudut 60° :

$$T_{-10,t} = \frac{-9.2541x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.8742}{\left[-13.01x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9638\right]^2} \cdot T_{-10,i}$$

$$R^2 = 0.5551$$

Pada sudut 90° :

$$T_{-10,t} = \frac{-9.3924x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9523}{\left[-4.0025x \left(\frac{H_i}{gT^2}\right) + 0.9283\right]^2} \cdot T_{-10,i}$$

$$R^2 = 0.9223$$

Dengan demikian dari pendekatan kedua parameter tersebut,  $m_0$  dan  $T_{-10}$  dapat diketahui bahwa tingkat keakuratan persamaan-persamaan tersebut dengan hasil pengukuran / percobaan di *wave tank* cukup baik. Dari hasil analisis yang dilakukan diperoleh bahwa pendekatan  $m_0$  pada penelitian ini sedikit lebih baik dalam menjelaskan hubungan antara koefisien transmisi dan perubahan spektrum gelombang.



## **5.2 SARAN**

Dari hasil penelitian dan Analisis data yang telah dilakukan, saran yang dapat disampaikan adalah :

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menggunakan model struktur lain, dengan variasi konfigurasi bentuk model dan sudut mooring yang lebih bermacam-macam untuk mengetahui tingkat efektifitas dari konfigurasi bentuk model dan posisi sudut mooring dalam meredam gelombang.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan pengujian dengan variasi tinggi gelombang, dan periode gelombang yang lebih banyak agar dapat diketahui seberapa besar pengaruhnya terhadap perubahan spektrum gelombang datang dan gelombang transmisi secara lebih akurat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bleck and Oumeraci. 2001. *Wave Damping and Spectral Evolution at Artificial Reefs*.  
Beethovenstr. Germany
- Bhattacharyya. 1972. *Dynamic of Marine Vehicles*. A Wiley Interscience Publication. John  
Wiley&Sons. New York
- Dean, R.G., dan Dalrymple, R.A., 1984. *Water Wave Mechanics or Engineer and Scientists*.  
Prentice-Hall. Englewood Cliffs. New Jersey
- Fousert, M. W. 2006. *Floating breakwater: A Theoretical Study of a Dynamic Wave  
Attenuating System*. Section of Hydraulic Engineering. Faculty of Civil Engineering  
and Geosciences. Delft University of Technology. Netherland
- Hales, Lyndell Z., *Floating breakwater: State-of-the-Art, Literature Preview*, TR 81-1, U.S.  
Army Coastal Engineering Research Center, CE, Fort Belvoir, Va., Oct., 1981
- Hasselmann, K Hasselmann *et al.* 1973. *Measurements of wind waves growth and swell  
decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*. Deutsches Hydrograph  
Institut
- Hughes, S.A., 1993. *Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering*.  
Coastal Engineering Research Center. USA
- Il-Hyoung Cho. 2016. *Transmission Coefficients of a Floating Rectangular Breakwater with  
Porous Side Plates*. Departement Of Ocean System Engineering. Jeju National  
University. Jeju. South Korea
- Jilani *et al.* 2011. *Numerical Investigation of Floating Breakwater Movement Using Sph  
Method*. Civil Engineering Islamic Azad University. Islamshahr Branch. Tarbiat  
Modares University. Tehtan. Iran
- Kamath *et al.* 2015. *Influence of Relative Draft on Transmission Characteristics of Floating  
Pipe Breakwater with Relative Spacing of Three*. International conference on water  
resources. coastal and ocean engineering (ICWRCOE 2015). Aquatic Procedia 4  
(2015) 206-213
- McCartney, Bruce, L., *Floating breakwater Design*. this paper is part of the *Journal of  
Waterway. Port. Coastal and Ocean Engineering*. Vol. 111. No. 2. March. 1985
- Nieuwenhuis, Odelinde. 2009. *Pedoman Perancangan Pelindung Pantai*. Proyek  
Perlindungan Pantai, Pengendalian Banjir, Bangunan Penyelamatan dan Peringatan

Dini Tsunami Aceh dan Nias, (BRR Concept Note/INFRA 300GI). Sea Defence Consultant

Puspasari, S.A. 2012. Perubahan Spektrum Gelombang pada Moored Floating Breakwater. Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS. Surabaya

Wahyudi *dkk.* 2005. Pengaruh Spektrum Gelombang Terhadap Stabilitas Batu Pecah pada Permukaan *Cellular Cofferdam* Akibat Gelombang *Overtopping*. Jurusan Teknik Kelautan, FTK-ITS. Surabaya

## **LAMPIRAN**

LAMPIRAN A PERUBAHAN SPEKTRUM GELOMBANG

LAMPIRAN B PENDEKATAN PERSAMAAN KOEFISIEN TRANSMISI

LAMPIRAN C VALIDASI  $H_s$  DAN  $T_p$

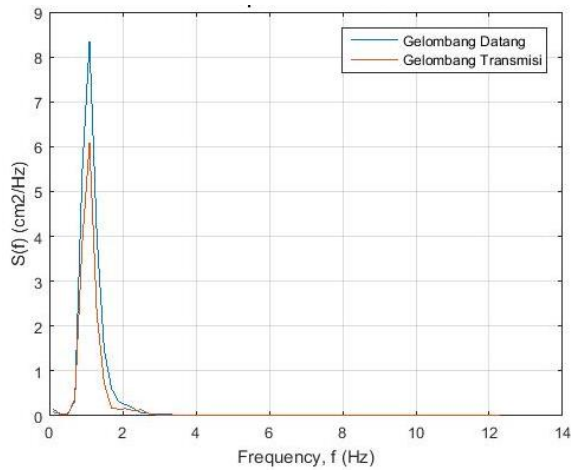
LAMPIRAN D DOKUMENTASI KEGIATAN

## LAMPIRAN A

### PERUBAHAN SPEKTRUM GELOMBANG

#### 1. Konfigurasi Bentuk-1

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,0 detik

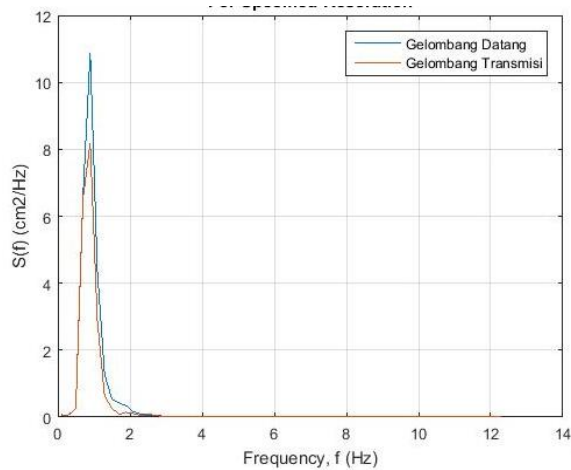


$$m_{0,i} = 4.306$$

$$m_{0,t} = 2.880$$

$$\Delta m_0 = 1.426$$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,2 detik



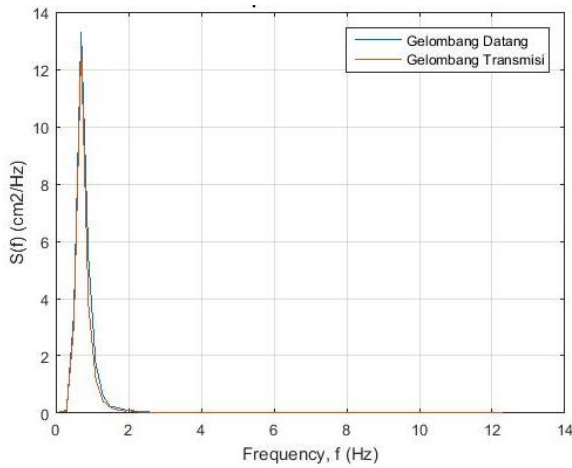
$$m_{0,i} = 5.065$$

$$m_{0,t} = 3.905$$

$$\Delta m_0 = 1.160$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $\text{cm}^2$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,4 detik

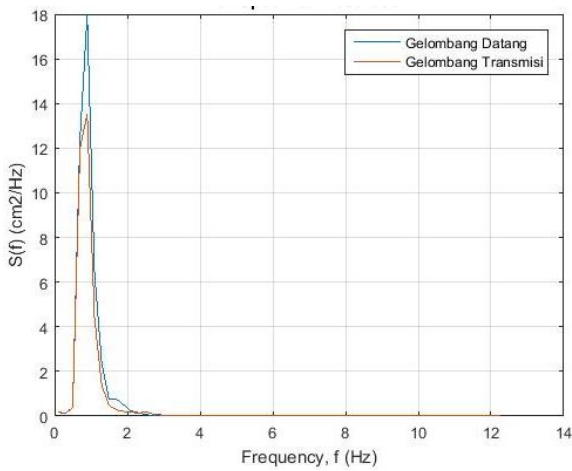


$$m_{0,i} = 5.085$$

$$m_{0,t} = 4.421$$

$$\Delta m_0 = 0.664$$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,0 detik

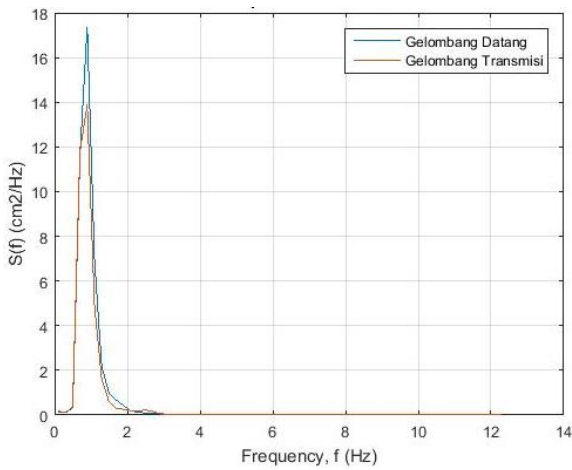


$$m_{0,i} = 8.532$$

$$m_{0,t} = 6.766$$

$$\Delta m_0 = 1.766$$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,2 detik



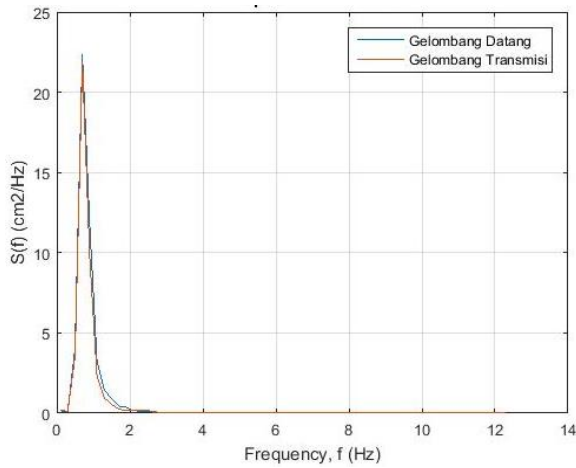
$$m_{0,i} = 8.309$$

$$m_{0,t} = 7.029$$

$$\Delta m_0 = 1.280$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,4 detik

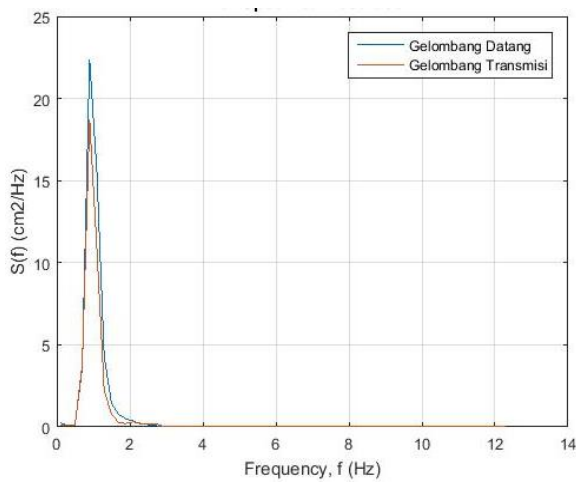


$$m_{0,i} = 9.112$$

$$m_{0,t} = 8.122$$

$$\Delta m_0 = 0.990$$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 13.4 cm, periode 1,0 detik

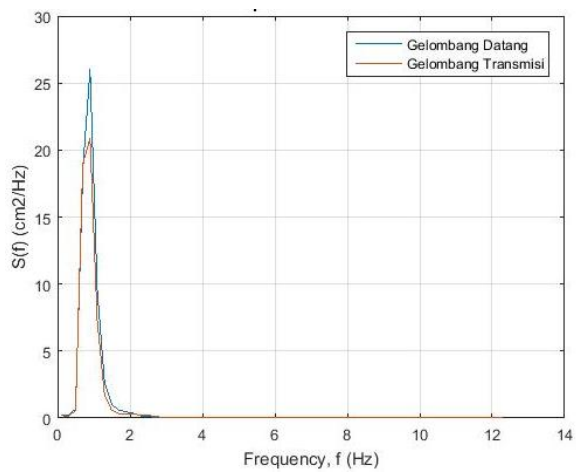


$$m_{0,i} = 10.036$$

$$m_{0,t} = 7.711$$

$$\Delta m_0 = 2.325$$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,2 detik



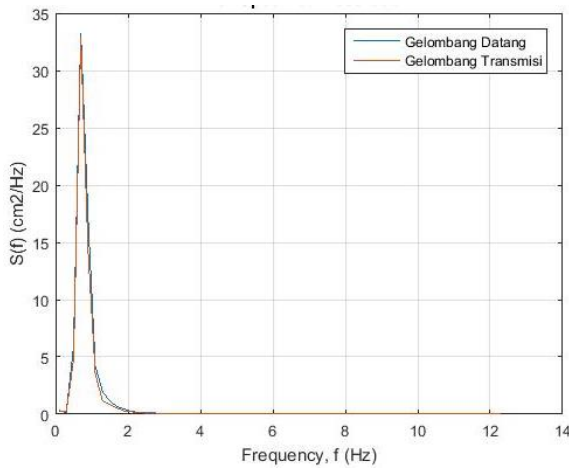
$$m_{0,i} = 12.186$$

$$m_{0,t} = 10.448$$

$$\Delta m_0 = 1.738$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,4 detik

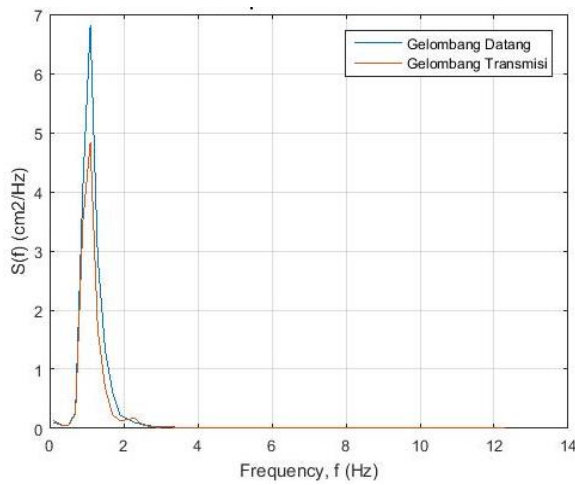


$$m_{0,i} = 13.208$$

$$m_{0,t} = 11.996$$

$$\Delta m_0 = 1.212$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,0 detik

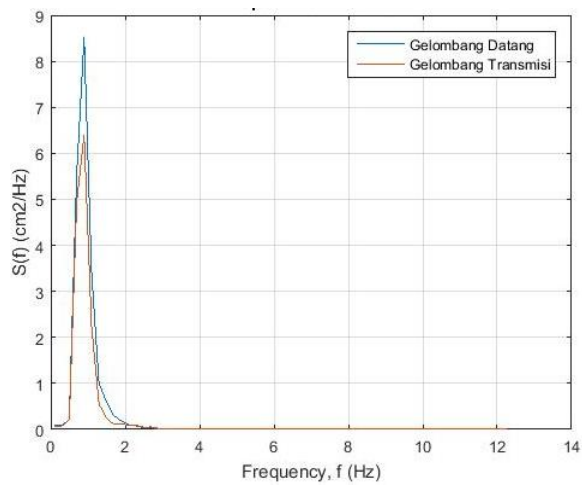


$$m_{0,i} = 3.425$$

$$m_{0,t} = 2.418$$

$$\Delta m_0 = 1.007$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,2 detik



$$m_{0,i} = 3.073$$

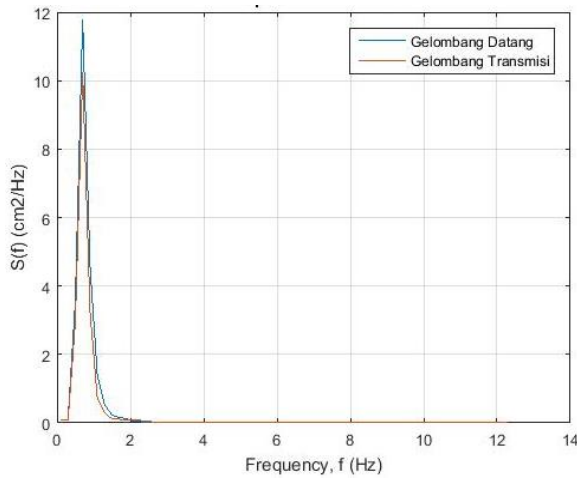
$$m_{0,t} = 2.074$$

$$\Delta m_0 = 0.999$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$



Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,4 detik

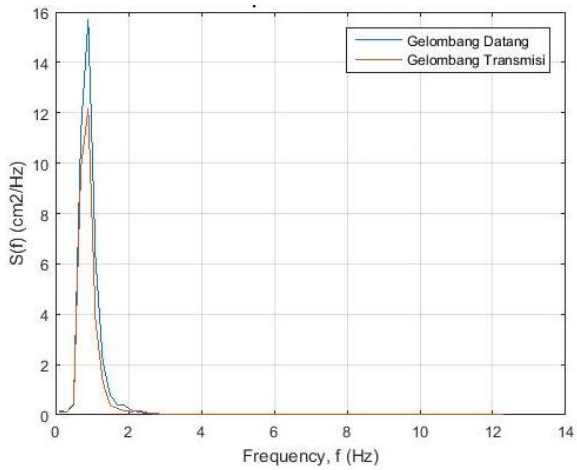


$$m_{0,i} = 4.554$$

$$m_{0,t} = 3.652$$

$$\Delta m_0 = 0.902$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,0 detik

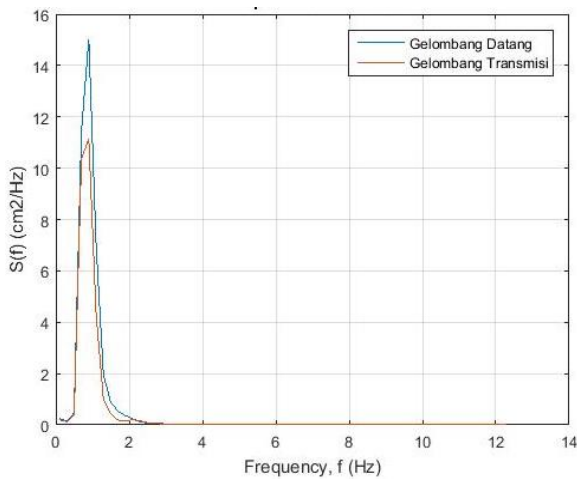


$$m_{0,i} = 7.640$$

$$m_{0,t} = 5.860$$

$$\Delta m_0 = 1.780$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,2 detik



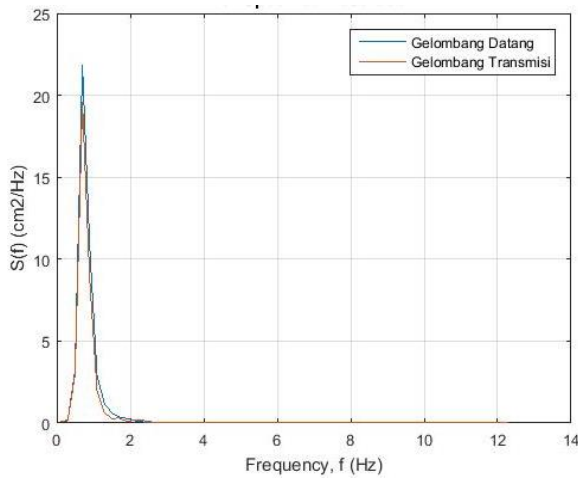
$$m_{0,i} = 7.794$$

$$m_{0,t} = 5.816$$

$$\Delta m_0 = 1.978$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,4 detik

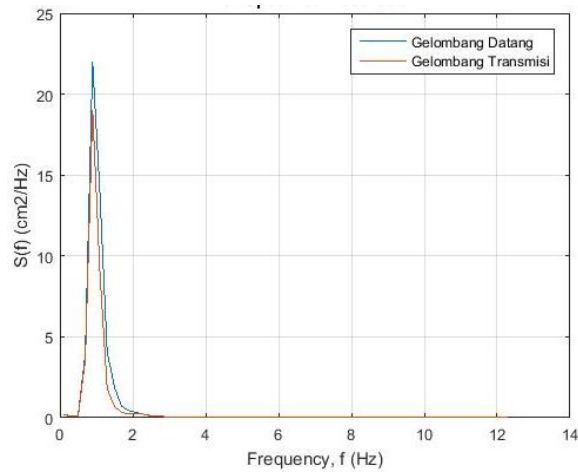


$$m_{0,i} = 8.371$$

$$m_{0,t} = 7.097$$

$$\Delta m_0 = 1.274$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,0 detik

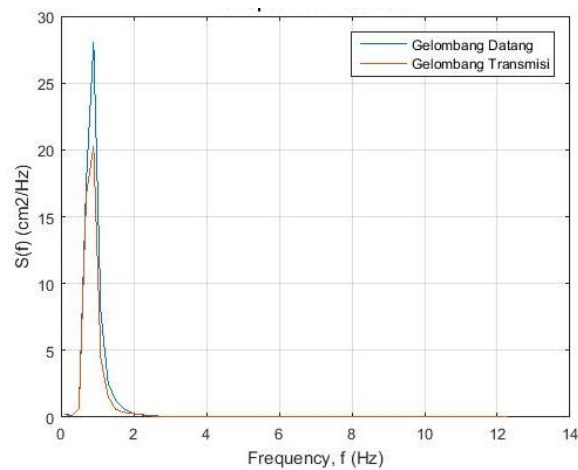


$$m_{0,i} = 9.723$$

$$m_{0,t} = 7.248$$

$$\Delta m_0 = 2.474$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,2 detik



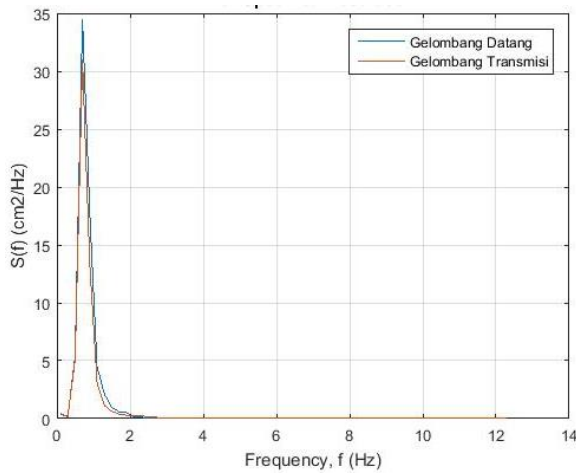
$$m_{0,i} = 12.083$$

$$m_{0,t} = 9.217$$

$$\Delta m_0 = 2.866$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,4 detik

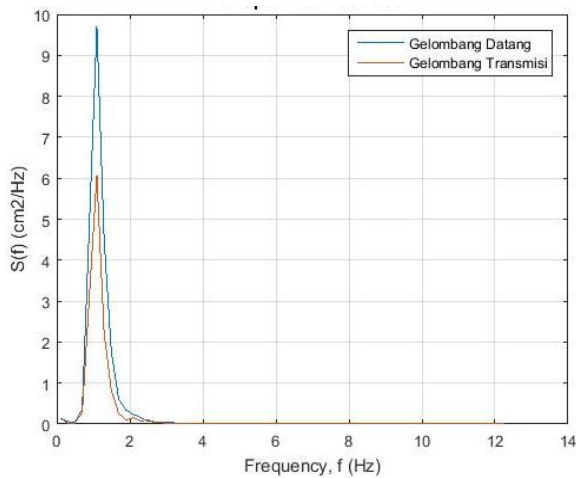


$$m_{0,i} = 13.520$$

$$m_{0,t} = 11.388$$

$$\Delta m_0 = 2.132$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,0 detik

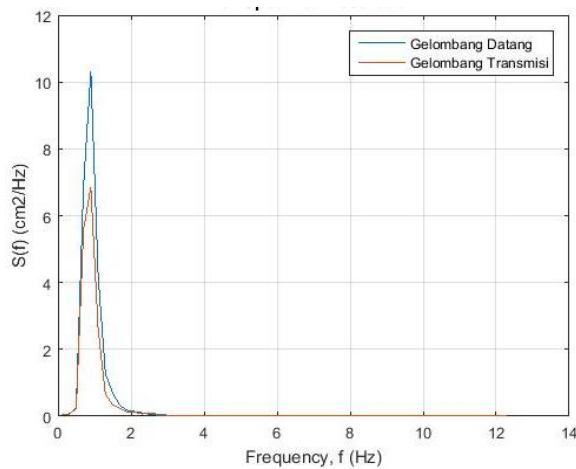


$$m_{0,i} = 4.654$$

$$m_{0,t} = 2.726$$

$$\Delta m_0 = 1.928$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,2 detik



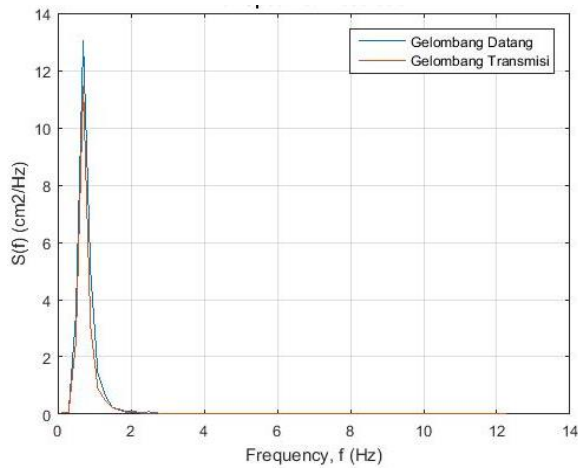
$$m_{0,i} = 4.959$$

$$m_{0,t} = 3.457$$

$$\Delta m_0 = 1.502$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,4 detik

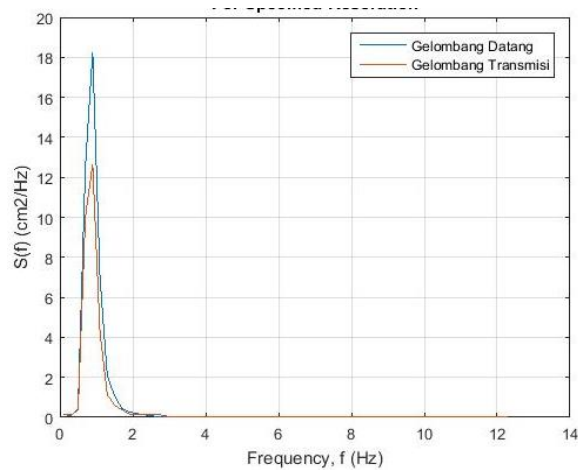


$$m_{0,i} = 4.876$$

$$m_{0,t} = 3.864$$

$$\Delta m_0 = 1.012$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,0 detik

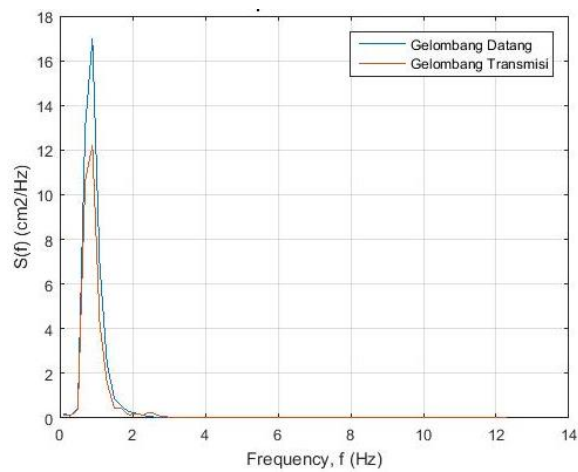


$$m_{0,i} = 8.618$$

$$m_{0,t} = 6.163$$

$$\Delta m_0 = 2.455$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,2 detik



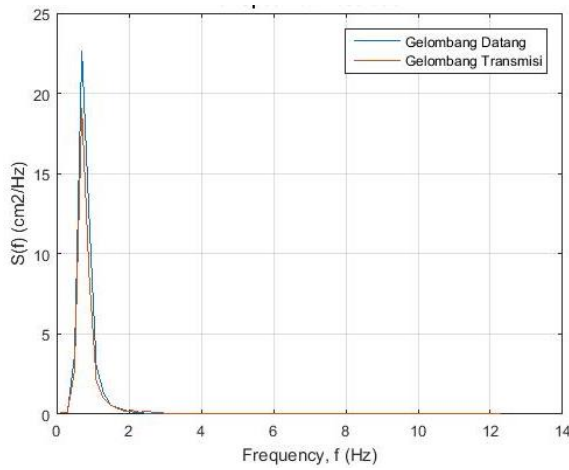
$$m_{0,i} = 8.489$$

$$m_{0,t} = 6.259$$

$$\Delta m_0 = 2.229$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,4 detik

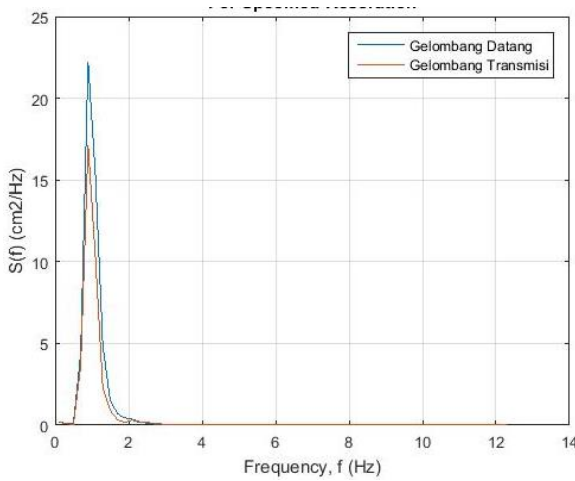


$$m_{0,i} = 9.014$$

$$m_{0,t} = 7.183$$

$$\Delta m_0 = 1.831$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,0 detik

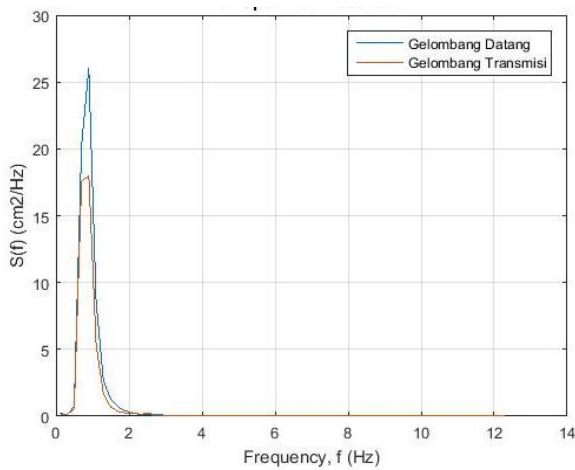


$$m_{0,i} = 10.221$$

$$m_{0,t} = 7.263$$

$$\Delta m_0 = 2.959$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,2 detik



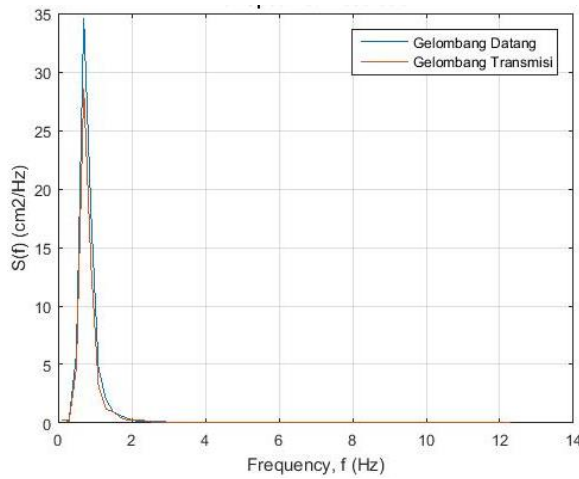
$$m_{0,i} = 12.388$$

$$m_{0,t} = 9.204$$

$$\Delta m_0 = 3.183$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,4 detik

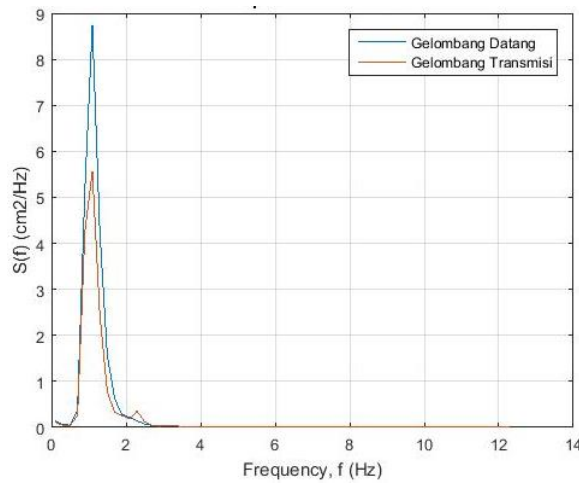


$$m_{0,i} = 13.655$$

$$m_{0,t} = 10.873$$

$$\Delta m_0 = 2.783$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,0 detik

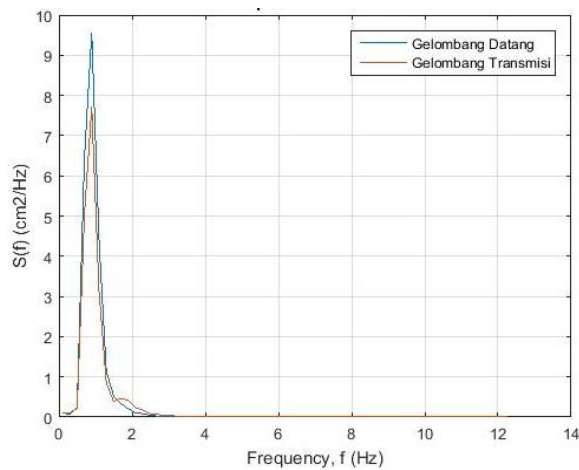


$$m_{0,i} = 4.409$$

$$m_{0,t} = 3.012$$

$$\Delta m_0 = 1.396$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,2 detik



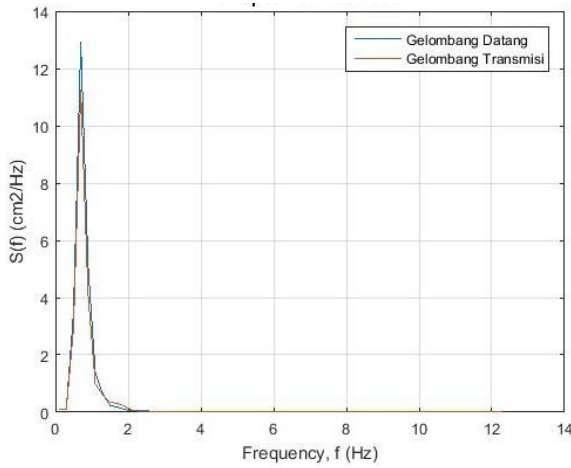
$$m_{0,i} = 4.682$$

$$m_{0,t} = 3.835$$

$$\Delta m_0 = 0.847$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 81 cm, periode 1,4 detik

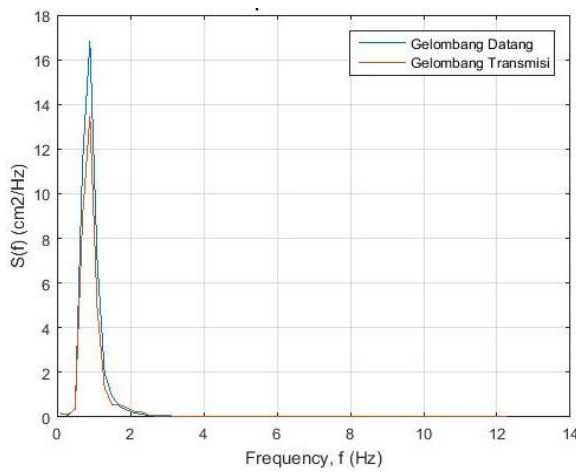


$$m_{0,i} = 4.890$$

$$m_{0,t} = 4.259$$

$$\Delta m_0 = 0.631$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,0 detik

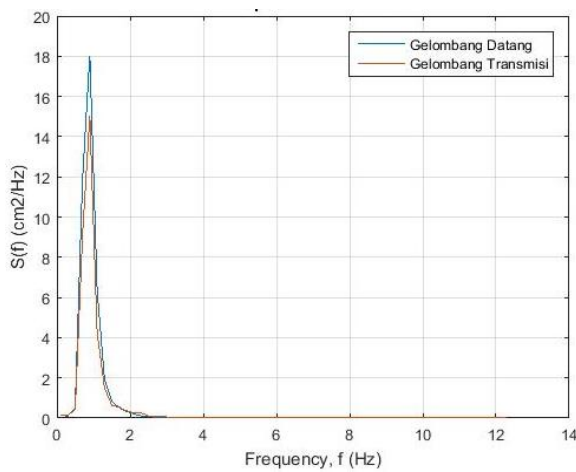


$$m_{0,i} = 8.078$$

$$m_{0,t} = 6.384$$

$$\Delta m_0 = 1.694$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,2 detik



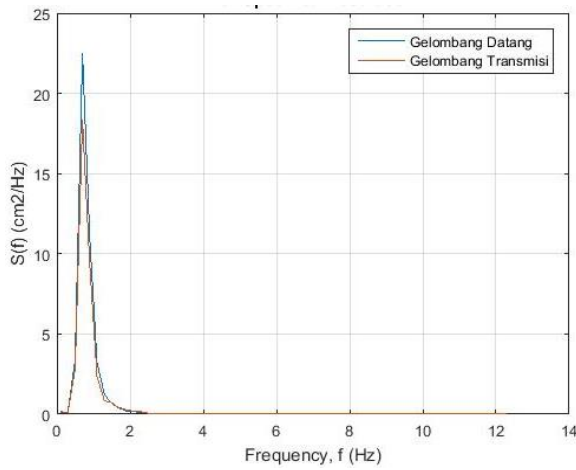
$$m_{0,i} = 8.304$$

$$m_{0,t} = 6.661$$

$$\Delta m_0 = 1.643$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,4 detik

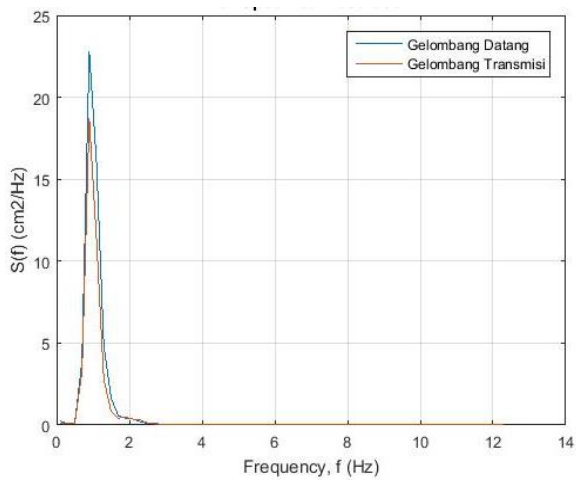


$$m_{0,i} = 8.659$$

$$m_{0,t} = 7.220$$

$$\Delta m_0 = 1.439$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,0 detik

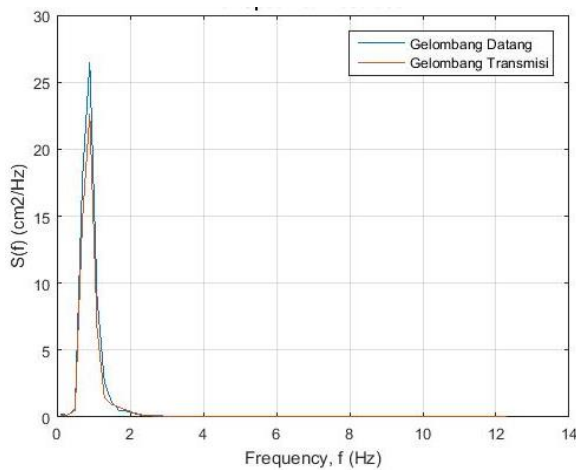


$$m_{0,i} = 10.349$$

$$m_{0,t} = 7.882$$

$$\Delta m_0 = 2.467$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,2 detik



$$m_{0,i} = 11.997$$

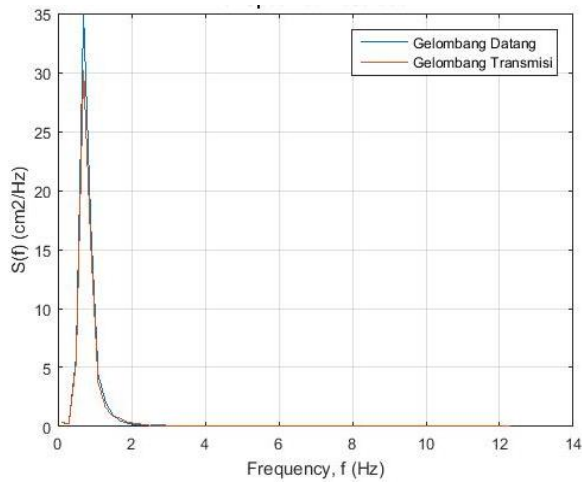
$$m_{0,t} = 9.958$$

$$\Delta m_0 = 2.039$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$



Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,4 detik



$$m_{0,i} = 13.451$$

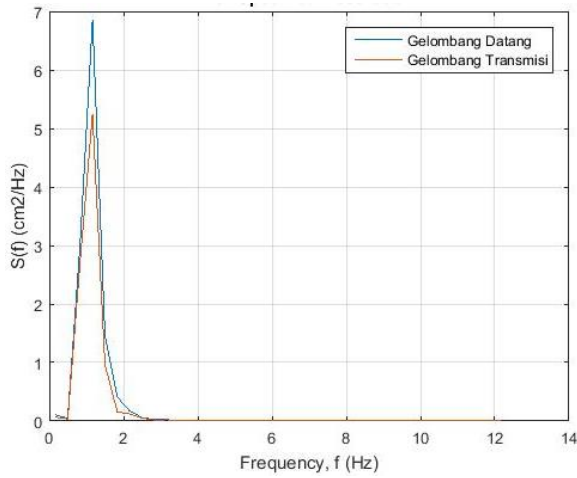
$$m_{0,t} = 11.961$$

$$\Delta m_0 = 1.490$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

## 2. Konfigurasi Bentuk-2

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,0 detik

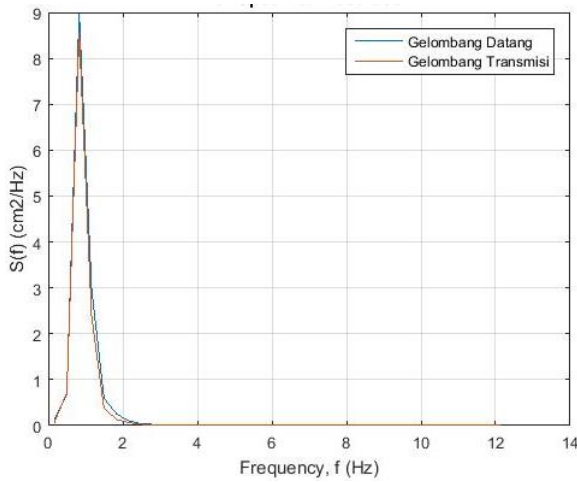


$$m_{0,i} = 4.108$$

$$m_{0,t} = 3.166$$

$$\Delta m_0 = 0.941$$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,2 detik



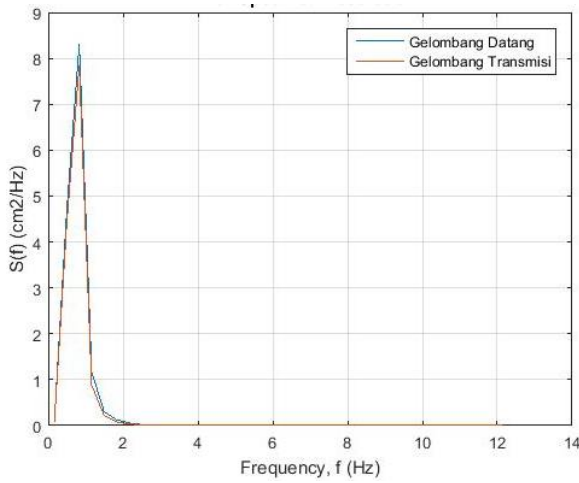
$$m_{0,i} = 4.612$$

$$m_{0,t} = 4.132$$

$$\Delta m_0 = 0.480$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $30^\circ$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,4 detik

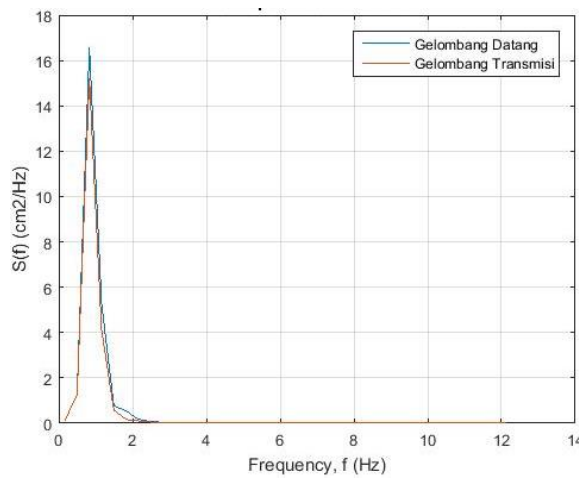


$$m_{0,i} = 4.921$$

$$m_{0,t} = 4.535$$

$$\Delta m_0 = 0.386$$

Sudut  $30^\circ$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,0 detik

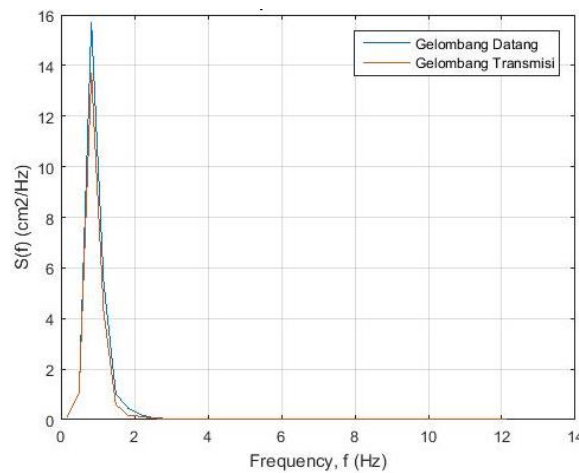


$$m_{0,i} = 8.304$$

$$m_{0,t} = 7.220$$

$$\Delta m_0 = 1.084$$

Sudut  $30^\circ$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,2 detik



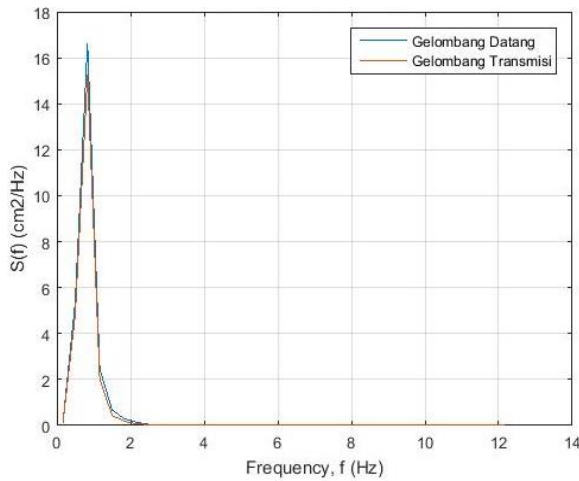
$$m_{0,i} = 8.064$$

$$m_{0,t} = 6.750$$

$$\Delta m_0 = 1.314$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,4 detik

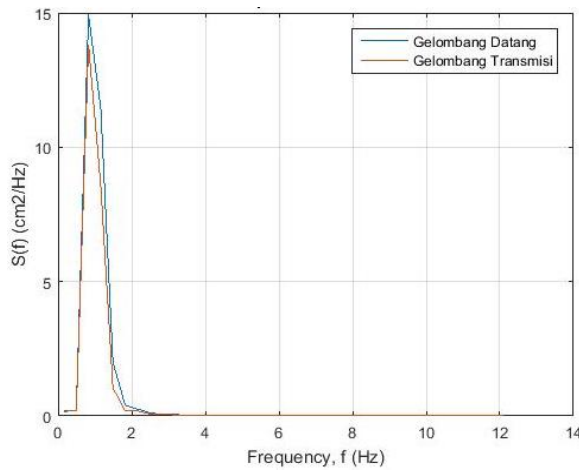


$$m_{0,i} = 8.642$$

$$m_{0,t} = 7.685$$

$$\Delta m_0 = 0.957$$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,0 detik

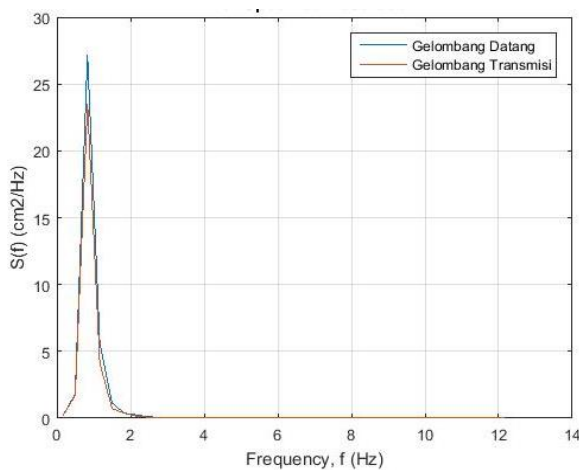


$$m_{0,i} = 9.902$$

$$m_{0,t} = 8.136$$

$$\Delta m_0 = 1.766$$

Sudut  $30^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,2 detik



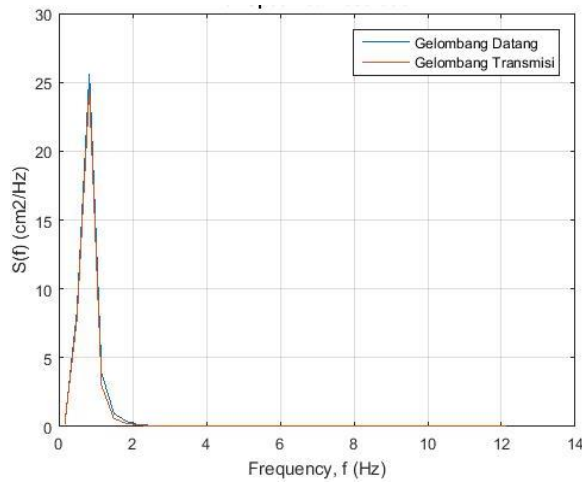
$$m_{0,i} = 12.323$$

$$m_{0,t} = 10.395$$

$$\Delta m_0 = 1.928$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $30^\circ$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,4 detik

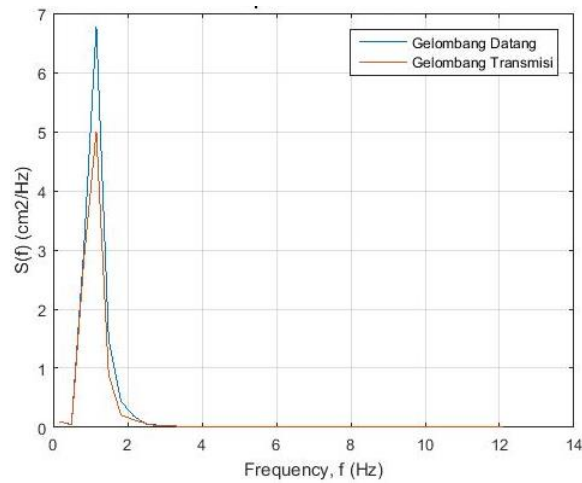


$$m_{0,i} = 13.270$$

$$m_{0,t} = 12.237$$

$$\Delta m_0 = 1.033$$

Sudut  $45^\circ$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,0 detik

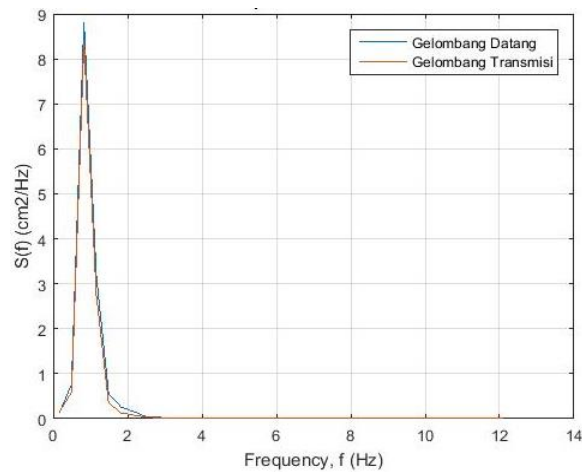


$$m_{0,i} = 4.083$$

$$m_{0,t} = 3.118$$

$$\Delta m_0 = 0.965$$

Sudut  $45^\circ$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,2 detik



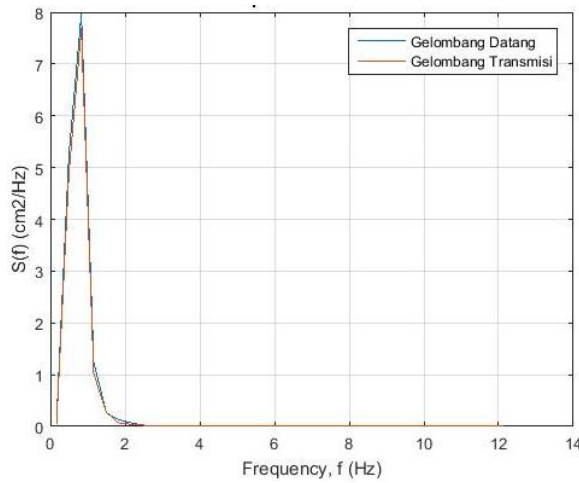
$$m_{0,i} = 4.663$$

$$m_{0,t} = 4.171$$

$$\Delta m_0 = 0.492$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,4 detik

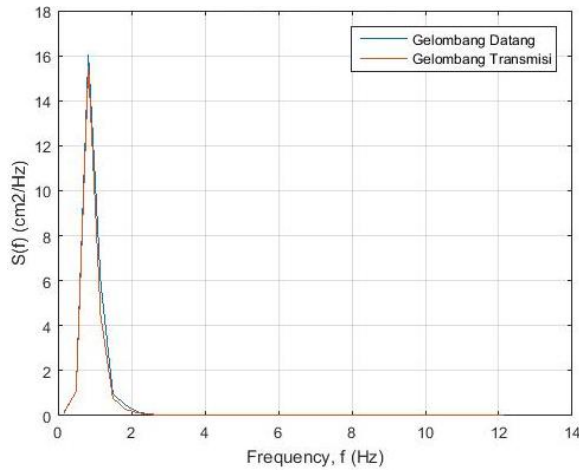


$$m_{0,i} = 5.012$$

$$m_{0,t} = 4.692$$

$$\Delta m_0 = 0.320$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,0 detik

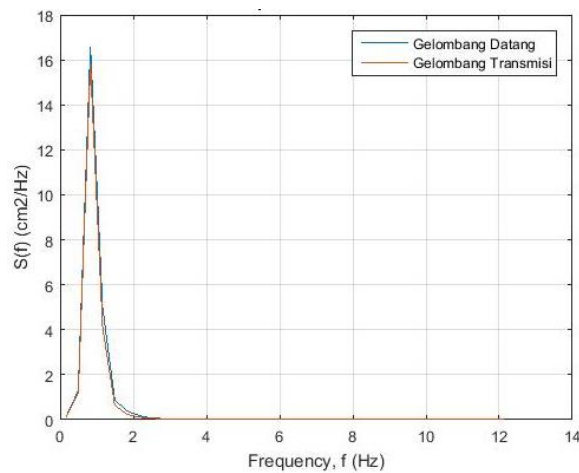


$$m_{0,i} = 8.340$$

$$m_{0,t} = 7.522$$

$$\Delta m_0 = 0.818$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,2 detik



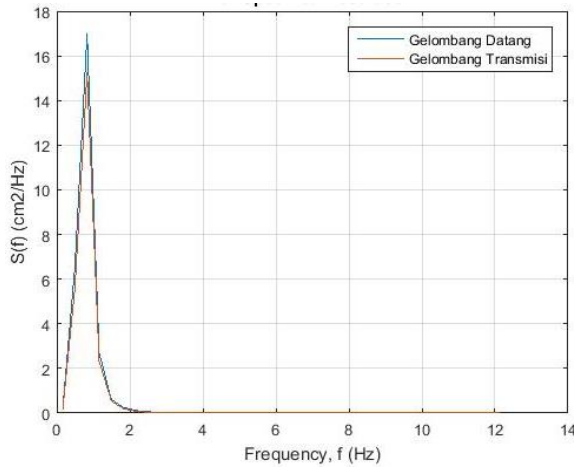
$$m_{0,i} = 8.222$$

$$m_{0,t} = 7.459$$

$$\Delta m_0 = 0.763$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,4 detik

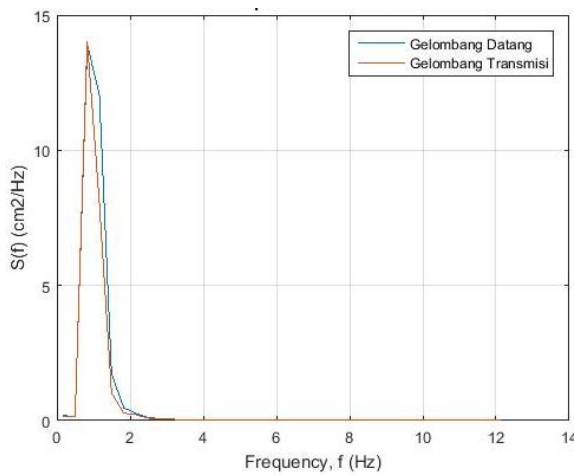


$$m_{0,i} = 9.177$$

$$m_{0,t} = 8.088$$

$$\Delta m_0 = 1.089$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,0 detik

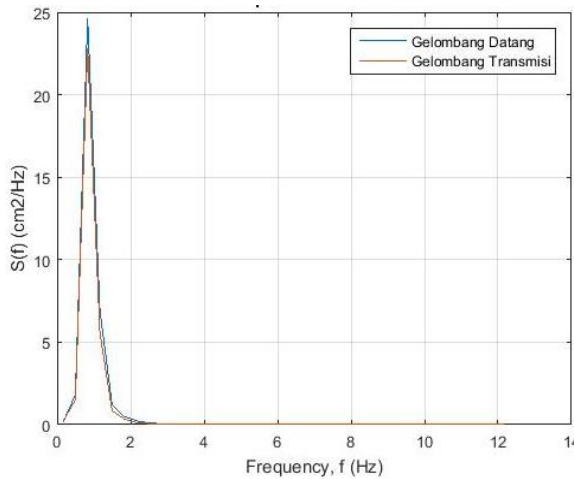


$$m_{0,i} = 9.713$$

$$m_{0,t} = 8.058$$

$$\Delta m_0 = 1.654$$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,2 detik



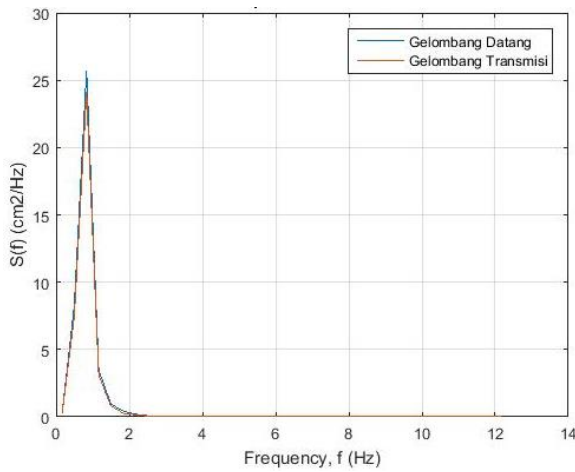
$$m_{0,i} = 11.930$$

$$m_{0,t} = 10.575$$

$$\Delta m_0 = 1.354$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $45^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,4 detik

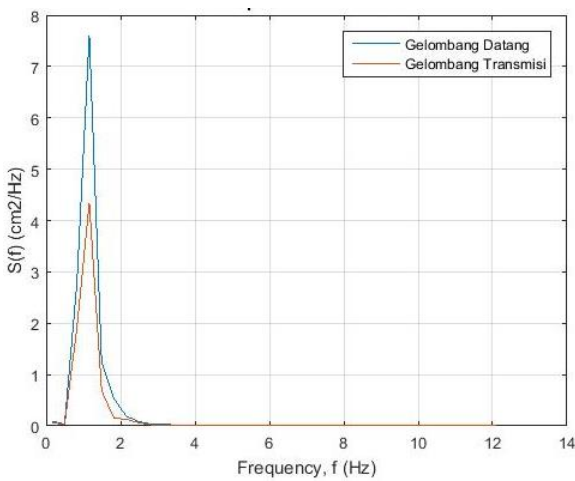


$$m_{0,i} = 13.196$$

$$m_{0,t} = 12.146$$

$$\Delta m_0 = 1.051$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,0 detik

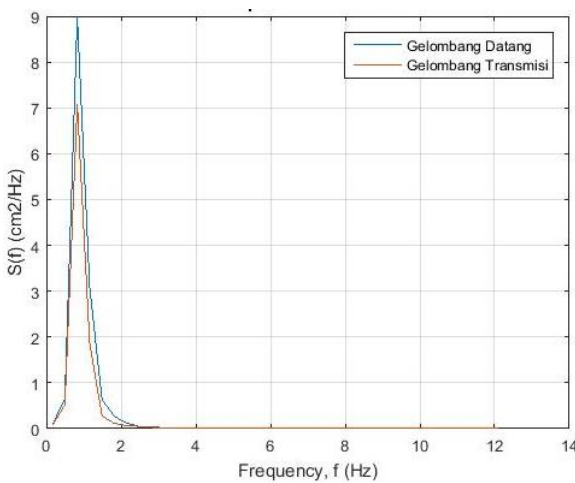


$$m_{0,i} = 4.226$$

$$m_{0,t} = 2.478$$

$$\Delta m_0 = 1.748$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,2 detik



$$m_{0,i} = 4.648$$

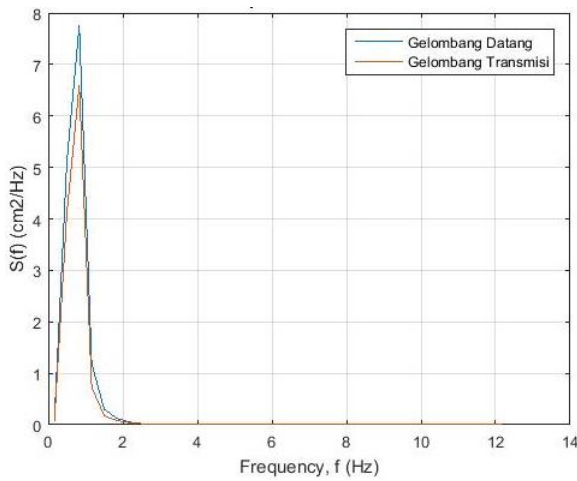
$$m_{0,t} = 3.364$$

$$\Delta m_0 = 1.283$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$



Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,4 detik

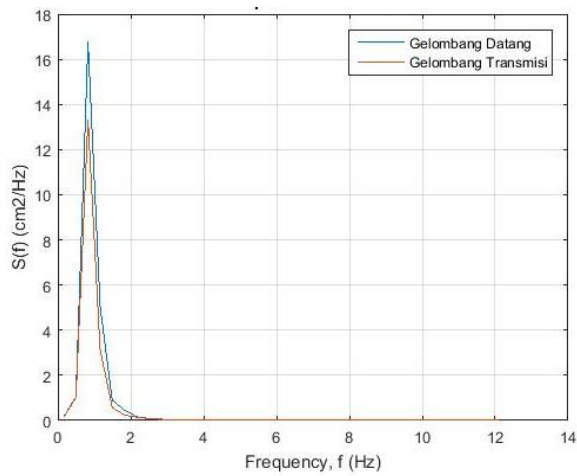


$$m_{0,i} = 4.909$$

$$m_{0,t} = 3.964$$

$$\Delta m_0 = 0.945$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,0 detik

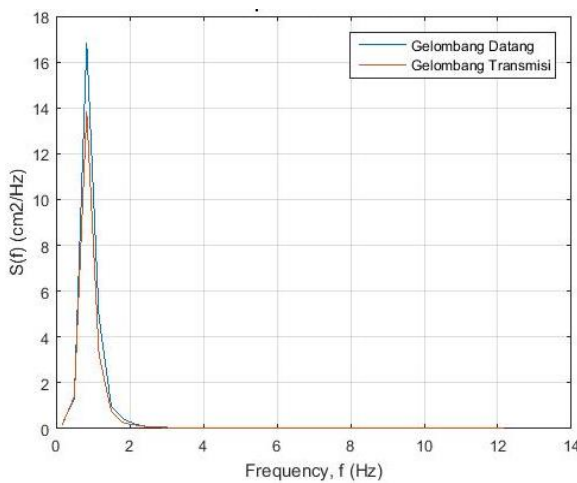


$$m_{0,i} = 8.261$$

$$m_{0,t} = 6.268$$

$$\Delta m_0 = 1.993$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,2 detik



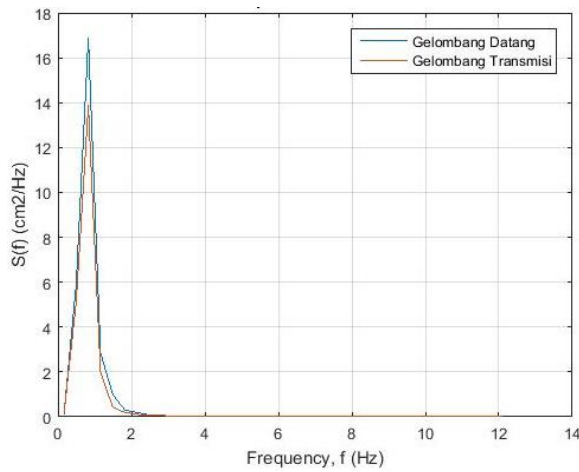
$$m_{0,i} = 8.397$$

$$m_{0,t} = 6.729$$

$$\Delta m_0 = 1.668$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,4 detik

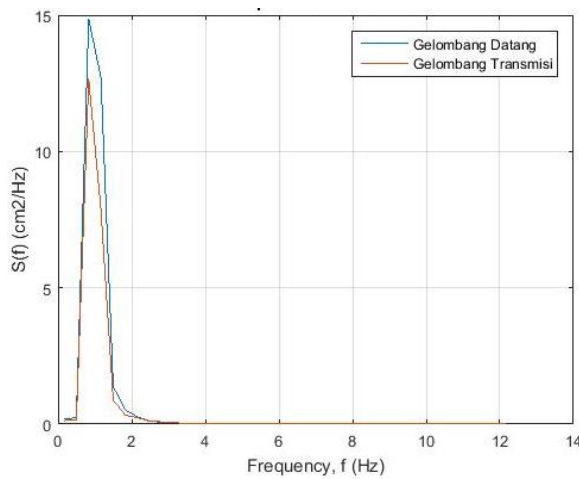


$$m_{0,i} = 9.134$$

$$m_{0,t} = 7.322$$

$$\Delta m_0 = 1.813$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,0 detik

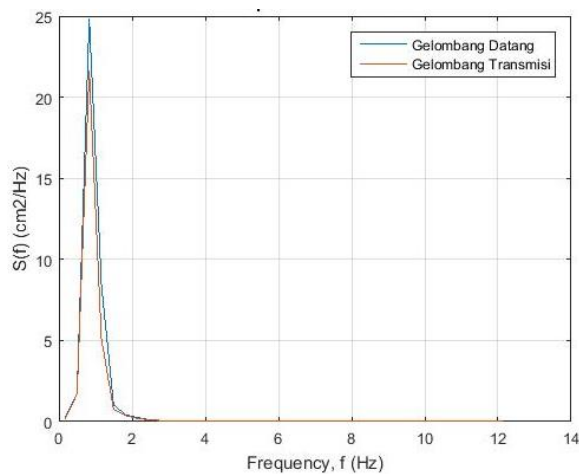


$$m_{0,i} = 10.191$$

$$m_{0,t} = 7.556$$

$$\Delta m_0 = 2.634$$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,2 detik



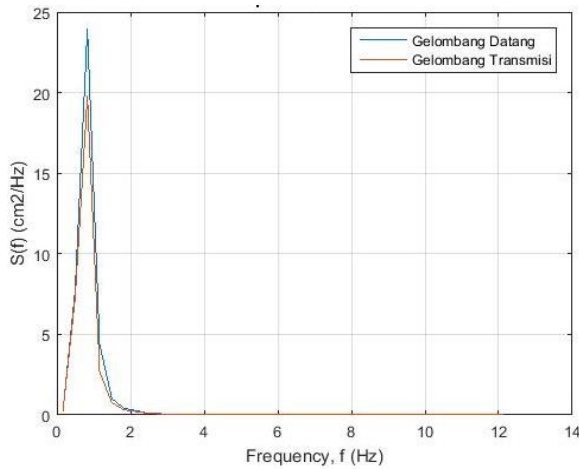
$$m_{0,i} = 12.412$$

$$m_{0,t} = 10.092$$

$$\Delta m_0 = 2.319$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $60^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,4 detik

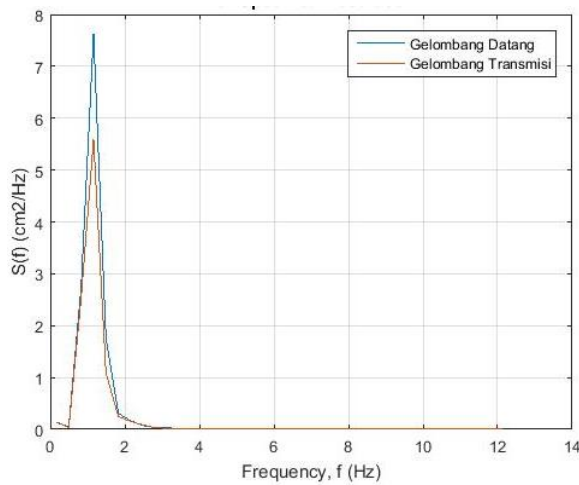


$$m_{0,i} = 12.723$$

$$m_{0,t} = 10.512$$

$$\Delta m_0 = 2.211$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,0 detik

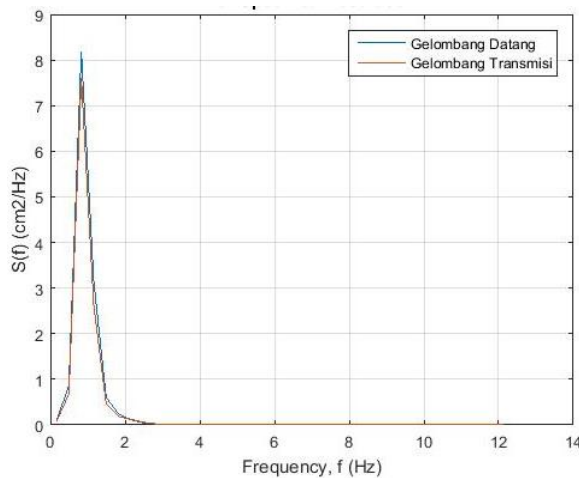


$$m_{0,i} = 4.329$$

$$m_{0,t} = 3.324$$

$$\Delta m_0 = 1.006$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,2 detik



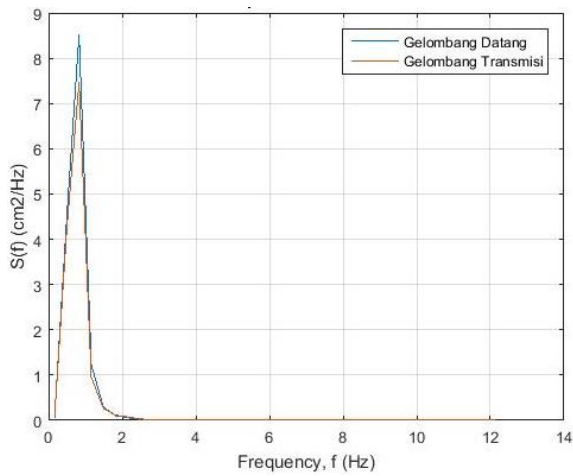
$$m_{0,i} = 4.454$$

$$m_{0,t} = 3.953$$

$$\Delta m_0 = 0.500$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 8,1 cm, periode 1,4 detik

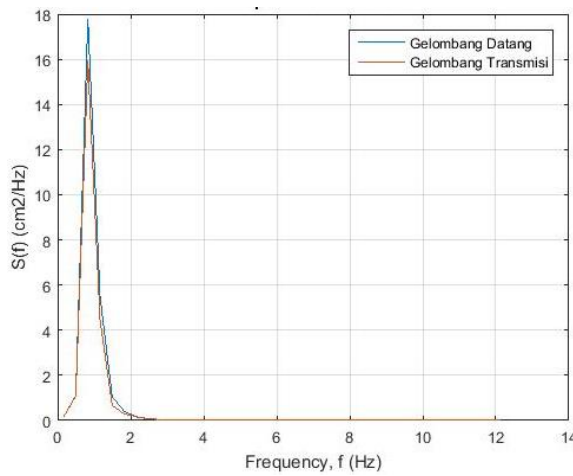


$$m_{0,i} = 4.935$$

$$m_{0,t} = 4.417$$

$$\Delta m_0 = 0.518$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,0 detik

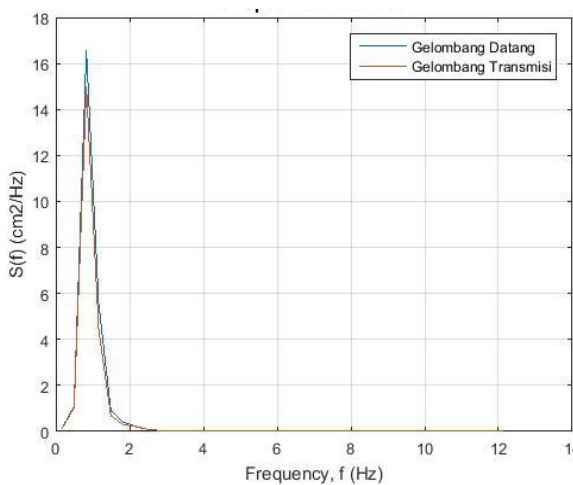


$$m_{0,i} = 8.778$$

$$m_{0,t} = 7.655$$

$$\Delta m_0 = 1.124$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,2 detik



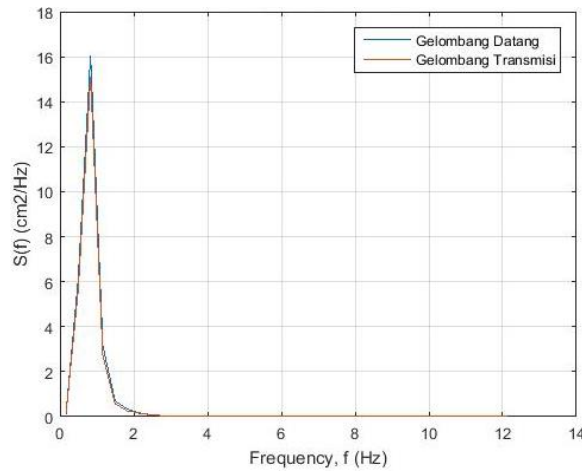
$$m_{0,i} = 8.376$$

$$m_{0,t} = 7.340$$

$$\Delta m_0 = 1.036$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 11,1 cm, periode 1,4 detik

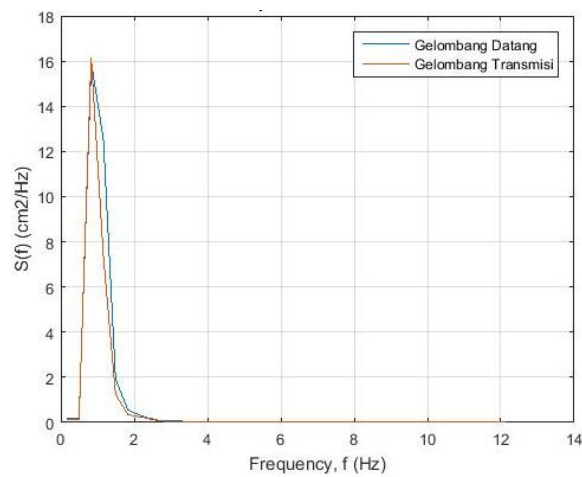


$$m_{0,i} = 8.952$$

$$m_{0,t} = 8.266$$

$$\Delta m_0 = 0.686$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,0 detik

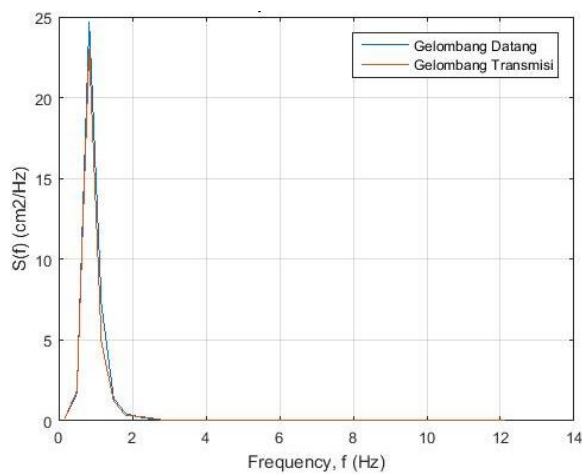


$$m_{0,i} = 10.671$$

$$m_{0,t} = 8.660$$

$$\Delta m_0 = 2.011$$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,2 detik



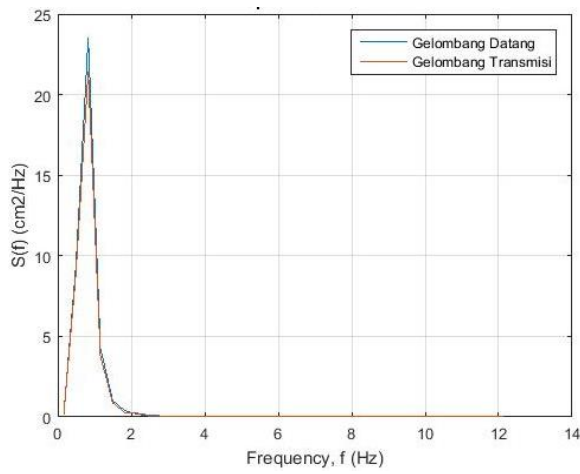
$$m_{0,i} = 12.037$$

$$m_{0,t} = 10.697$$

$$\Delta m_0 = 1.339$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

Sudut  $90^0$ , tinggi gelombang 13,4 cm, periode 1,4 detik



$$m_{0,i} = 13.031$$

$$m_{0,t} = 12.025$$

$$\Delta m_0 = 1.006$$

Keterangan :  $m_0$  dalam satuan  $cm^2$

## LAMPIRAN B

### Penyusunan Pendekatan Persamaan Koefisien Transmisi

#### Konfigurasi Bentuk-1

T (sec)	Hi (cm)	Ht (cm)	Kt	Hi/gT <sup>2</sup>
0.948	7.988	7.079	0.886	0.009
1.192	8.425	7.768	0.922	0.006
1.580	8.554	8.159	0.954	0.003
1.228	11.035	10.119	0.917	0.007
1.247	10.807	9.916	0.918	0.007
1.414	11.501	10.806	0.940	0.006
0.985	12.614	10.585	0.839	0.013
1.097	13.611	12.105	0.889	0.012
1.452	14.482	13.130	0.907	0.007
0.911	7.462	6.498	0.871	0.009
1.098	7.690	6.986	0.909	0.007
1.321	7.919	7.398	0.934	0.005
1.284	10.540	9.597	0.911	0.007
1.080	10.752	9.268	0.862	0.009
1.301	11.062	9.972	0.902	0.007
1.022	12.227	10.193	0.834	0.012
1.226	13.386	11.853	0.885	0.009
1.301	14.039	12.692	0.904	0.008
0.912	8.352	6.675	0.799	0.010
1.190	8.404	7.507	0.893	0.006
1.432	8.267	7.562	0.915	0.004
1.209	11.002	9.452	0.859	0.008
1.322	11.168	9.685	0.867	0.007
1.340	11.367	10.143	0.892	0.006
1.005	12.697	9.827	0.774	0.013
1.210	13.786	10.915	0.792	0.010
1.414	14.002	12.223	0.873	0.007
0.856	7.918	6.681	0.844	0.011
1.153	8.117	7.497	0.924	0.006
1.431	8.303	7.810	0.941	0.004
1.134	10.752	9.514	0.885	0.009
1.136	10.881	9.821	0.903	0.009
1.301	11.032	10.162	0.921	0.007
1.021	12.581	10.661	0.847	0.012
1.226	13.363	12.012	0.899	0.009
1.452	13.958	12.817	0.918	0.007

## Penyusunan Pendekatan Persamaan Koefisien Transmisi

### Konfigurasi Bentuk-2

Ti (sec)	Hi (cm)	Ht (cm)	Kt	Hi/gT <sup>2</sup>
0.913	7.756	6.744	0.870	0.009
1.399	8.086	7.631	0.944	0.004
1.357	8.108	7.668	0.946	0.004
1.172	11.087	10.031	0.905	0.008
1.317	11.027	9.943	0.902	0.006
1.303	11.345	10.468	0.923	0.007
1.039	12.398	10.787	0.870	0.012
1.191	13.714	12.141	0.885	0.010
1.410	14.569	13.356	0.917	0.007
0.818	7.715	6.964	0.903	0.012
1.116	8.143	7.716	0.948	0.007
1.543	8.091	8.136	0.959	0.003
1.172	10.983	10.384	0.945	0.008
1.172	10.909	10.137	0.929	0.008
1.228	11.312	10.619	0.939	0.008
1.026	12.263	11.040	0.900	0.012
1.170	13.491	12.391	0.918	0.010
1.450	14.120	13.244	0.938	0.007
0.913	7.899	6.352	0.804	0.010
1.039	8.076	6.980	0.864	0.008
1.394	8.247	7.525	0.912	0.004
1.174	11.126	9.256	0.832	0.008
1.153	11.026	9.574	0.868	0.008
1.339	11.569	10.340	0.894	0.007
0.932	12.263	9.630	0.785	0.014
1.135	13.529	11.341	0.838	0.011
1.228	13.798	11.642	0.844	0.009
0.855	8.047	7.060	0.877	0.011
1.043	8.062	7.174	0.890	0.008
1.432	8.043	7.355	0.914	0.004
1.081	11.352	10.035	0.884	0.010
1.172	11.143	10.029	0.900	0.008
1.378	11.364	10.312	0.907	0.006
1.172	12.741	11.382	0.893	0.009
0.986	13.568	11.898	0.877	0.014
1.262	13.876	12.389	0.893	0.009

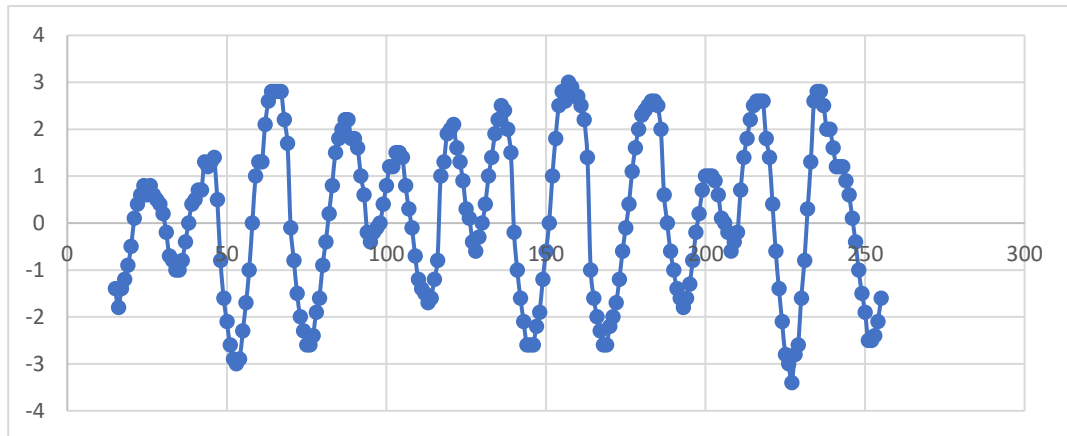


## LAMPIRAN C

### VALIDASI Hs DAN Tp

Untuk mengetahui hasil dari MATLAB benar atau tidak dilakukan validasi dengan cara membandingkan hasil dari MATLAB dengan hasil perhitungan secara manual

- Validasi Hs



Contoh data gelombang yang diolah

Gelombang ke-n	puncak	lembah	H (cm)
1	0.6	-1.8	2.4
2	0.8	-1	1.8
3	1.4	-3	4.4
4	2.8	-2.6	5.4
5	2.2	-0.4	2.6
6	1.4	-1.7	3.1
7	2.1	-0.6	2.7
8	2.4	-2.6	5
9	2.9	-2.6	5.5
10	2.5	-1.8	4.3
11	0.9	0.6	0.3
12	2.6	-3.4	6

Perhitungan Hs secara manual

Gelombang ke-n	H (cm)	1/3 H Tertinggi	Hs (cm)	H rata-rata (cm)
1	6	6	5.475	3.625
2	5.5	5.5		
3	5.4	5.4		
4	5	5		
5	4.4	21.9		
6	4.3			
7	3.1			
8	2.7			
9	2.6			
10	2.4			
11	1.8			
12	0.3			
Jumlah	43.5	21.9		

Perhitungan Hs dengan menggunakan MATLAB

```

Command Window

Enter Number of Bins for Histogram: 5

Basic Output

Mean Water Level           = -0.0848 centimetres
Water Level Trend          =  0.06075 cm/s
Sigma                       =  1.581 centimetres

Wave Statistics

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

Number of Waves            =  12
Average Wave Period        =  0.8267 seconds
Significant Wave Height    =  5.3268 centimetres
Maximum Wave Height        =  6.0268 centimetres
Average Wave Height        =  3.7907 centimetres
rms Wave Height            =  4.0757 centimetres
Average of Highest 1/10    =  5.8281 centimetres
fx Sigmaz                  =  0.9095 centimetres
    
```

Perbandingan perhitungan Hs secara manual dan dengan MATLAB

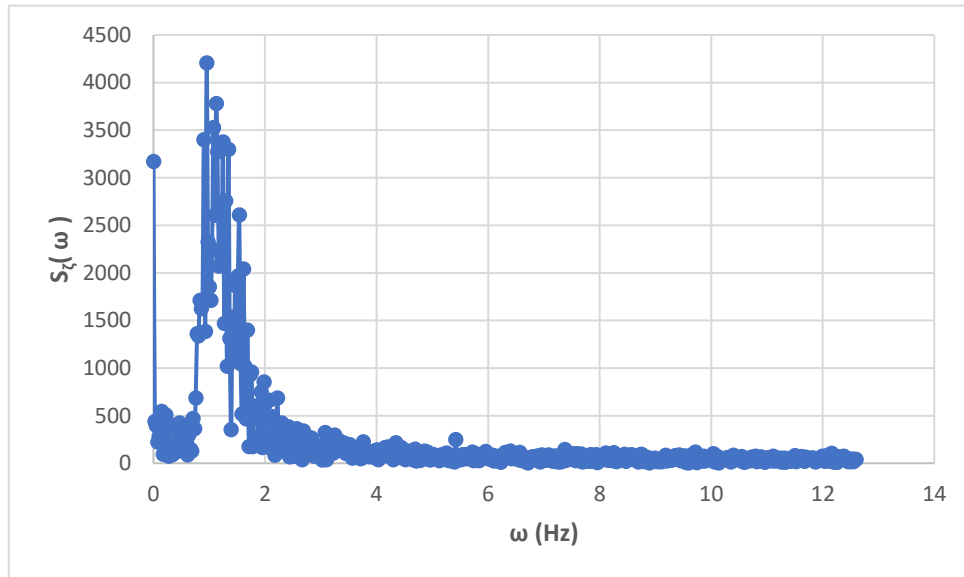
		Error %
Wavan	5.3268	2.78
Manual	5.475	

- Validasi Tp (Periode Puncak)

Data yang didapat dari pengujian diubah terlebih dahulu menjadi kurva spektra energi gelombang dalam domain frekuensi, dengan menggunakan algoritma FFT (*Fast Fourier Transform*).

Time (s)	Hs (cm)	Kepadatan energi gelombang $S_{\zeta}(\omega)$	$\omega$ (Hz)
0.04	-1	3173	0
0.08	0	442.3508415	0.024414
0.12	5	398.655724	0.048828
0.16	6	222.2565149	0.073242
0.2	6	282.3797268	0.097656
0.24	6	363.6779127	0.12207
0.28	6	547.1792604	0.146484
0.32	6	95.24549652	0.170898
0.36	4	396.0078351	0.195313
0.4	3	509.2198185	0.219727
0.44	-2	212.1926541	0.244141
0.48	-6	76.1125301	0.268555
0.52	-10	407.3195852	0.292969
0.56	-15	154.702309	0.317383
0.6	-14	91.85836833	0.341797
0.64	-18	107.0246456	0.366211
0.68	-14	378.2132818	0.390625
0.72	-12	211.4865263	0.415039
0.76	-9	128.9970371	0.439453
0.8	-5	424.1850237	0.463867
0.84	1	372.1880581	0.488281
0.88	4	382.4901367	0.512695
0.92	6	191.11994	0.537109
0.96	8	227.4097736	0.561523
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
.....	.....	.....	.....
40.84	14	282.3797268	24.90234
40.88	22	222.2565149	24.92676
40.92	30	398.655724	24.95117
40.96	36	442.3508415	24.97559

Selanjutnya tabel diatas diplot dalam grafik, dengan sumbu x berupa frekuensi gelombang ( $\omega$ ) dan sumbu y berupa spektra kepadatan energi gelombang  $S_{\zeta}(\omega)$  seperti dibawah ini.



Dari grafik diatas didapatkan frekuensi 0.952 Hz memiliki kepadatan energi gelombang tertinggi. Frekuensi yang didapatkan tersebut kemudian diubah menjadi periode. Sehingga didapatkan periode puncak sebesar 1.05042 s dari perhitungan manual. Untuk perhitungan WAVAN bisa dilihat pada gambar dibawah ini.

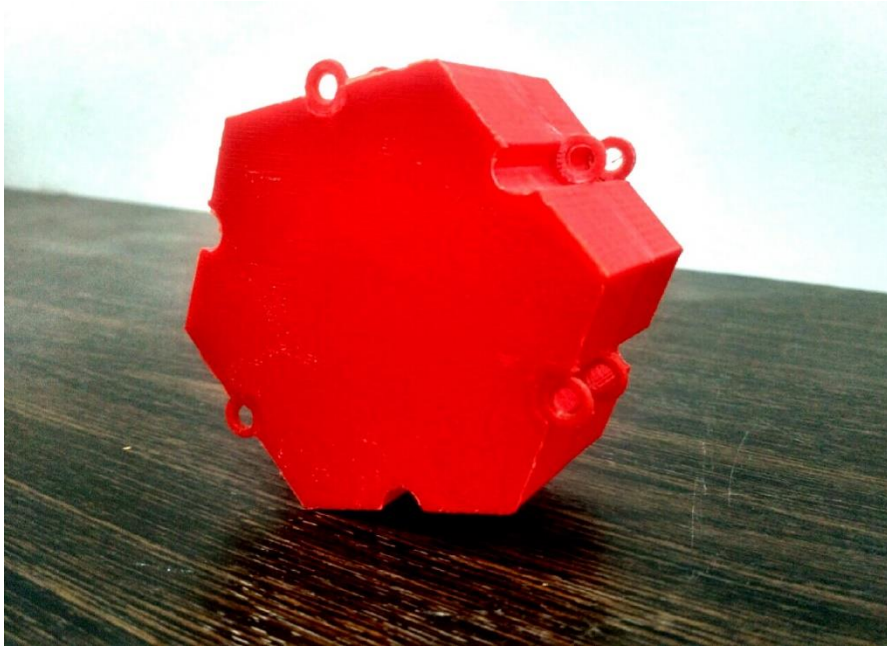
```

Command Window
Sigma          = 19.3917 cm
S(p)           = 1382.2096 cm2/Hz
f(p)           = 0.9521 Hz
T(p)           = 1.0503 sec
    
```

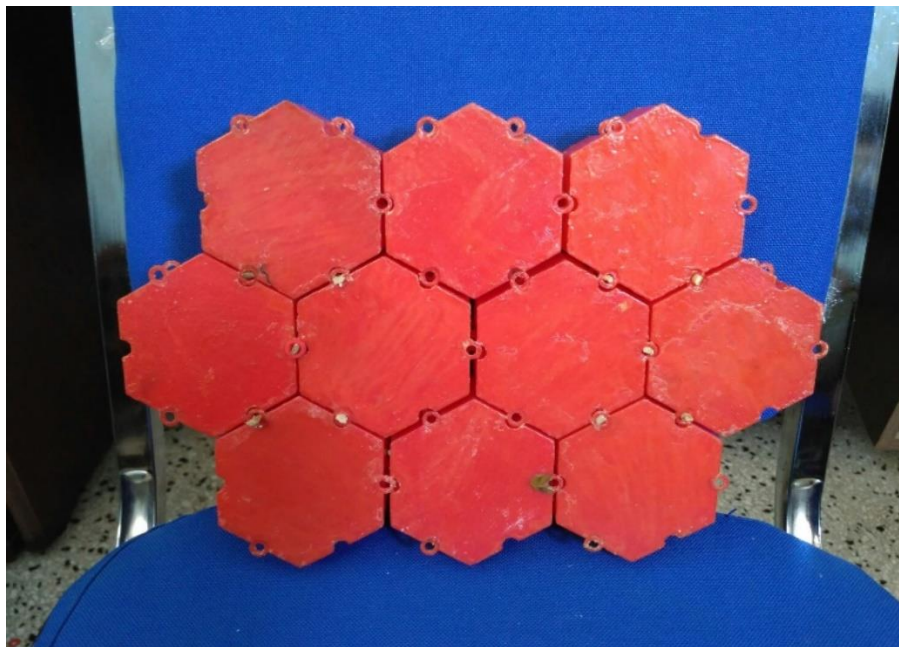
Perbandingan perhitungan Hs secara manual dan dengan MATLAB

		Error %
Wavan	1.0503	0.01
Manual	1.05042	

**LAMPIRAN D**  
**DOKUMENTASI KEGIATAN**



*Model Hexagonal Floating Breakwater*



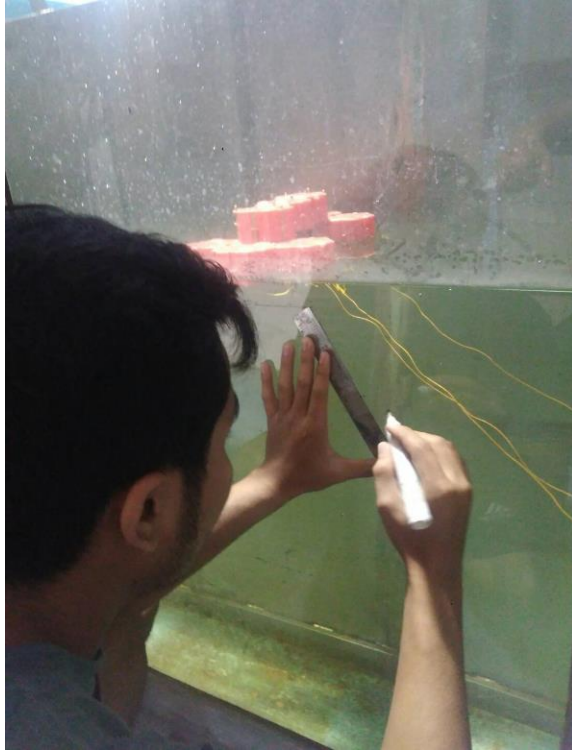
Konfigurasi Bentuk-1



Konfigurasi Bentuk-2



Kalibrasi *Wave Probe*



Penentuan Sudut Tali *Mooring*



Pemasangan Model di *Wave Tank*

## BIODATA PENULIS



Raka Ardyansyah dilahirkan di Klaten, Jawa Tengah pada tanggal 13 September 1996. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal dimulai dengan menyelesaikan jenjang pendidikan dasar di SD Negeri 3 Sobayan. Menginjak pendidikan menengah pertama penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 2 Pedan. Kemudian menginjak pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Cawas. Setelah lulus SMA pada tahun 2014 penulis melanjutkan studinya di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) dengan Nomor Registrasi Peserta 4314100003. Selama menjadi mahasiswa selain aktif dibidang akademis, penulis juga aktif dalam kegiatan intra kampus. Kegiatan intra kampus yang pernah digeluti oleh penulis adalah menjadi Staff Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan FTK ITS pada tahun 2015-2016, Staff Ahli Departemen Sosial Masyarakat Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan FTK ITS pada tahun 2016-2017, dan Ketua Divisi Departemen Sosial Masyarakat BEM FTK ITS pada tahun 2016-2017. Pada tahun 2017 penulis melakukan kerja praktik pada perusahaan marine surveyor di kota Jakarta, yaitu di PT Refindo Ewimora dan pada tahun 2018 penulis melakukan kerja praktik di PT Pertamina (Persero) MOR V Surabaya pada bagian technical service. Di Departemen Teknik Kelautan, penulis menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Analisis Perubahan Spektrum Gelombang pada *Floating Breakwater bentuk Hexagonal*”. Jika pembaca berminat untuk mengetahui lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, silahkan menghubungi kontak dibawah.

Kontak Penulis :

Email : raka.ardyans@gmail.com  
Telepon : 0812 1511 0007