

TUGAS AKHIR - MO 141326

**STUDI PENELITIAN REFLEKSI GELOMBANG PADA TERUMBU
BUATAN HEKSAGONAL DENGAN PENGARUH KONFIGURASI
VERTIKAL**

JAUHAR ABID MUKARROM

NRP. 0431134000054

Dosen Pembimbing

Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D

Sujantoko, ST.,MT

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**



UNDERGRADUATE THESIS - MO141326

**RESEARCH OF WAVE REFLECTION ON HEXAGONAL
ARTIFICIAL REEF WITH EFFECT OF VERTICAL
CONFIGURATION**

JAUHAR ABID MUKARROM

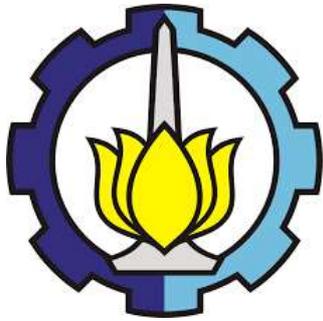
NRP. 0431134000054

Supervisor

Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D

Sujantoko, ST.,MT

**DEPARTEMENT OF OCEAN ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**



STUDI PENELITIAN REFLEKSI GELOMBANG PADA TERUMBU BUATAN HEKSAGONAL DENGAN PENGARUH KONFIGURASI VERTIKAL

JAUHAR ABID MUKARROM

NRP. 0431134000054

Dosen Pembimbing

Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D

Sujantoko, ST.,MT

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

**STUDI PENELITIAN REFLEKSI GEOMBANG PADA TERUMBU BUATAN
HEKSAGONAL DENGAN PENGARUH KONFIGURASI VERTIKAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

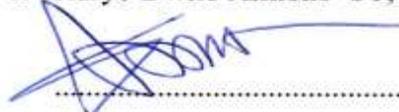
Oleh:

JAUHAR ABID MUKARROM

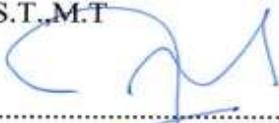
NRP. 04311340000054

Disetujui oleh :

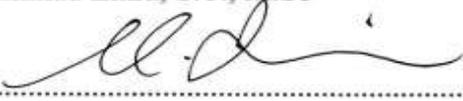
1. Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD (Pembimbing I)



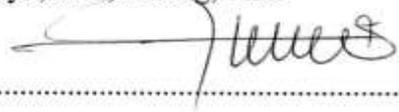
2. Sujantoko S.T., M.T (Pembimbing II)



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



4. Suntoyo, S.T., M.Eng, Ph.D (Penguji 2)



Surabaya, Januari 2018

STUDI PENELITIAN REFLEKSI GELOMBANG PADA TERUMBU BUATAN BENTUK HEKSAGONAL DENGAN PENGARUH KONFIGURASI VERTIKAL

Nama : Jauhar Abid Mukarrom
NRP : 0431134000054
Jurusan : Teknik Kelautan FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD
Sujantoko, ST, MT

ABSTRAK

Fungsi terumbu karang buatan (*artificial reef*) tidak hanya untuk meningkatkan pertumbuhan karang laut, tapi juga berfungsi sebagai peredam gelombang laut ambang bawah. Terdapat beberapa bentuk terumbu karang buatan yang berfungsi sebagai *submerged breakwater* diantaranya *Aqua reef*, *Turtle Reef*, *Reef Ball*, dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini akan dilakukan eksperimen refleksi gelombang pada terumbu buatan heksagonal dengan pengaruh konfigurasi vertikal.

Pada penelitian ini dilakukan pengujian pada model berskala 1 : 10 dengan 3 konfigurasi dan 15 variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T). Analisa dilakukan dengan cara menghitung nilai koefisien refleksi menggunakan persamaan Goda & Suzuki.

Data yang didapat dari *wave probe* dan *softwe water tide meter* kemudian diolah menggunakan MATLAB dengan menggunakan persamaan Goda & Suzuki untuk jenis gelombang *irreguler*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai koefisien refleksi pada konfigurasi A berkisar antara 0,11 – 0,46, nilai koefisien refleksi konfigurasi B berkisar antara 0,42-0,76, dan nilai koefisien refleksi untuk konfigurasi C berkisar antara 0,51 – 0,93. Nilai koefisien refleksi berbanding lurus dengan nilai H/gT^2 , sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai H/gT^2 maka semakin besar pula nilai koefisien refleksinya.

Keyword : *artificial hexareef*, koefisien refleksi, gelombang *irreguler*

RESEARCH STUDY OF WAVE REFLECTION ON HEXAGONAL ARTIFICIAL REEF WITH EFFECT OF VERTICAL CONFIGURATION

Name : Jauhar Abid Mukarrom
NRP : 0431134000054
Major : Ocean Engineering FTK - ITS
Supervisor : Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD
Sujantoko, ST, MT

SUMMARY

The function of artificial reefs is not only to improve the growth of coral reefs, but also serves as a wave damper. There are several forms of artificial reefs that serve as a marine breakwater such as Aqua reef, Turtle Reef, Reef Ball, and so forth. In this research the wave reflection of hexagonal artificial reefs with various vertical configuration will be examined.

This study was conducted on a 1: 10 scale model with 3 configurations and 15 variations of wave height (H) and wave period (T). The analysis is performed using reflection coefficient formula of Goda & Suzuki.

Data obtained from the wave probe and softwe water tide meter are processed using MATLAB by for irregular wave. The results showed the reflection coefficient on configuration A ranged from 0.11 to 0.46, the reflection coefficient on configuration B between 0.42-0.76, and for reflection coefficient for configuration C ranged from 0,51 - 0,93. The value of the reflection coefficient is proportional to the value of H / gT^2 , so it can be concluded that the greater the H / gT^2 the greater the result of his reflection.

Keyword : *artificial hexareef, reflection coefficient, irreguler wave*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas limpahan hidayah dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Studi Penelitian Transmisi Gelombang pada Terumbu Buatan Heksagonal Dengan Pengaruh Konfigurasi Vertikal" dengan lancar.

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan penting dalam menyelesaikan Program Studi Sarjana (S-1) penulis di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya.

Dalam pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan baik yang sengaja maupun tidaksengaja. Maka dari itu penulis mengharapkan adanya saran dan masukan yang membangun untuk Tugas Akhir ini ataupun untuk penelitian selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini dapat berguna dan bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang kelautan maupun bidang teknik pelabuhan.

Surabaya, 10 Januari 2018

Jauhar Abid Mukarrom

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam mengerjakan penelitian dan penulisan laporan untuk Tugas Akhir ini ada berbagai pihak yang ikut membantu dan memberikan dukungan untuk penulis. Maka dari itu penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Ibunda Tercinta Warsini M.Pd yang selalu mensupport dan mendoakan saya selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Kakak Tercinta J. Wardhani S.Pd yang telah mendukung selama pengerjaan Tugas akhir ini
4. Bapak Haryo Dwito A, S.T., M.Eng.,Ph.D, selaku Dosen Pembimbing 1 yang dengan sabar membimbing, mengarahkan, memberikan masukan serta ilmu yang berguna dalam penyelesaian masa studi dan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Sujantoko, ST, MT.,selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah berkenan meluangkan waktu untuk membimbing dan memberikan masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
6. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., selaku kepala lab. flum tank yang berkenan memberikan izin penggunaan laboratorium
7. Bapak Arif Mochtar, selaku teknisi lab flume tank yang berkenan meluangkan waktunya untuk membantu proses running.
8. Bapak Sholihin ST.,MT. selaku dosen wali yang telah membimbing dari awal masuk kuliah sampai saat ini.
9. Teman-teman *artificial hexareef* (Hasnan, Olan, Ghifari, Paung, Bang Bryan) yang dan teman-teman VALTAMERI ysngbanyak membantu dan saling support satu sama lain dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
KATA PENGANTAR.....	iv
UCAPAN TERIMAKASIH.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	3
2.1 Tinjauan Pustaka.....	3
2.2 Teori Gelombang Airy.....	4
2.2.1 Profil Muka air.....	6
2.2.2 Panjang Gelombang.....	6
2.2.3 Gelombang Irreguler.....	7
2.2.4 Gelombang representatif.....	9
2.2.5 Gelombang Refleksi.....	10
2.3 Spektrum gelombang.....	12
2.4 Terumbu karang.....	12
2.5 Pemodelan Fisik.....	13
2.5.1 Keserupaan Geometrik.....	14
2.5.2 Keserupaan Kinematik.....	15
2.5.3 Keserupaan dinamik.....	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir.....	17
3.2 Studi Literatur.....	18
3.3 Pembuatan platform, model dan persiapan <i>flumetank</i>	18

3.3.1	Perancangan platform	19
3.3.2	Pembuatan model uji	19
3.3.3	Persiapan <i>flumetank</i>	21
3.3.4	Persiapan alat uji.....	23
3.3.5	Penyusunan platform dan konfigurasi model	23
3.3.6	Kalibrasi probe	25
3.3.7	Peletakan <i>wave probe</i>	27
3.3.8	Menentukan variasi tinggi dan periode gelombang.....	28
3.4	Proses pengujian	30
3.5	Pengamatan dan pencatatan data	31
3.6	Analisa dan pembahasan.....	32
3.7	Kesimpulan	32
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Analisa Data.....	33
4.1.1	Gelombang tercatat.....	33
4.2	Perhitungan Koefisien Refleksi	36
4.3	Pembahasan	38
4.3.1	Hubungan antara koefisien refleksi dengan H/gT^2	38
4.3.2	Hubungan koefisien refleksi dengan Tinggi Gelombang	39
4.3.3	Hubungan koefisien refleksi dengan Periode Gelombang	40
4.4	Perbandingan nilai koefisien refleksi dengan penelitian sebelumnya	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		42
5.1	Kesimpulan.....	42
5.2	Saran	42
LAMPIRAN 1		45

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Parameter gelombang.....	5
Gambar 2.2 Jenis gelombang berdasarkan kedalaman relatif.....	7
Gambar 2.3 Definisi gelombang irregular.....	8
Gambar 2.4 Jenis Terumbu Karang buatan.....	13
Gambar 3.1 Bentuk platform.....	19
Gambar 3.2 Penampang melintang struktur terumbu buatan heksagonal.....	20
Gambar 3.3 Cetakan heksagonal dari plat dan pipa PVC.....	20
Gambar 3.4 Model uji yang telah dicetak.....	21
Gambar 3.5 <i>Flumetank</i>	22
Gambar 3.6 Pembangkit gelombang.....	22
Gambar 3.7 <i>wave arbsorber</i>	23
Gambar 3.8 Susunan Konfigurasi Model.....	23
Gambar 3.9 Penyusunan konfigurasi A dalam kolam gelombang.....	24
Gambar 3.10 Penyusunan konfigurasi B dalam kolam gelombang.....	24
Gambar 3.11 Penyusunan konfigurasi C dalam kolam gelombang.....	25
Gambar 3.12 <i>wave probe</i>	26
Gambar 3.13 <i>Amplify</i> dan software <i>water tide meter</i>	26
Gambar 3.14 Kolom <i>Calibrate</i> pada <i>water tide meter</i>	27
Gambar 3.15 Ploting variasi gelombang input.....	29
Gambar 3.16 Menu setting untuk mengatur <i>workspace</i> yang digunakan.....	31
Gambar 3.17 Pencatatan oleh <i>software water tide meter</i>	32
Gambar 4.1 Tampilan <i>water tide meter</i>	33
Gambar 4.2 Data Hasil Running	34
Gambar 4.3 Hubungan K_r dengan H/Gt^2	38
Gambar 4.4 Hubungan K_r dengan H_i	39
Gambar 4.5 Hubungan K_r dengan T	40

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Kalibrasi Probe.....	27
Tabel 3.2 Variasi input gelombang konfigurasi A,B, dan C.....	29
Tabel 4.1 Gelombang Input dan Gelombang tercatat.....	35
Tabel 4.2 Nilai amplitude dan nilai koefisien refleksi konfigurasi A.....	37
Tabel 4.3 Nilai amplitude dan nilai koefisien refleksi konfigurasi B.....	37
Tabel 4.4 Nilai amplitude dan nilai koefisien refleksi konfigurasi C.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Proses Pembuatan model	45
LAMPIRAN 2 Proses Running dan Pengamatan.....	46
LAMPIRAN 3 Rekaman saat Running pada sofwere <i>Water Tide Meter</i>	47
LAMPIRAN 4 Data Hasil rekaman pada excel.....	48
LAMPIRAN 5 Pengolahan data dengan WAVAN dan MATLAB.....	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Terumbu karang merupakan salah satu komponen utama dalam kelangsungan ekosistem laut. Selain faktor alam, salah satu faktor yang mempengaruhi kelestarian terumbu karang adalah kegiatan manusia. Tidak hanya di daratan, berbagai kegiatan manusia zaman sekarang telah membuat kerusakan di wilayah perairan. Berbagai kegiatan proyek seperti reklamasi, penangkapan ikan yang berlebihan menggunakan alat modern telah membuat kerusakan ekosistem laut, dalam hal ini kerusakan terumbu karang.

Restorasi terumbu karang perlu dilakukan untuk mengembalikan fungsi dan kegunaan dari terumbu karang. Salah satu upaya untuk mengembalikan kondisi terumbu karang adalah dengan transplantasi terumbu karang dan menggunakan teknologi terumbu karang buatan (*artificial reef*).

Terumbu karang buatan adalah benda-benda atau struktur bangunan yang diletakkan pada dasar air yang memiliki karakteristik menyerupai terumbu karang alami. Di zaman sekarang, terumbu karang buatan tidak hanya berfungsi sebagai ekosistem laut buatan tapi juga berfungsi sebagai bangunan pemecah gelombang ambang benam (*submerged breakwater*). Dalam perkembangannya, terdapat beberapa jenis terumbu karang buatan yang telah dikembangkan diantaranya *Aqua Reef, Turtle Reef, Reef Ball, Ultra Ball, Bay Ball, Square Reef, dan Bottle Reef*. Masing – masing bentuk terumbu karang buatan memiliki karakteristik yang berbeda beda. Terumbu karang buatan bentuk heksagonal merupakan bentuk baru dalam dunia terumbu karang buatan, sehingga perlu dilakukan penelitian untuk menentukan karakteristik dari struktur ini. Dalam tugas akhir ini akan dilakukan penelitian refleksi gelombang akibat pengaruh variasi konfigurasi terumbu karang buatan bentuk Heksagonal. Refleksi gelombang ini akan berdampak dalam redaman gelombang, sehingga fungsi terumbu buatan sebagai *breakwater* akan lebih maksimal.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diambil beberapa pokok permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Berapa nilai koefisien refleksi dari konfigurasi vertikal *artificial hexa reef*?
2. Konfigurasi manakah yang memiliki tingkat efektifitas redaman gelombang paling baik dalam penelitian ini?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui nilai koefisien dengan refleksi dengan variasi konfigurasi vertikal dari *Artificial Hexareef*
2. Mengetahui bentuk konfigurasi yang paling efektif untuk meredam gelombang dalam percobaan ini

1.4 Manfaat

Dari tugas akhir ini akan didapat koefisien refleksi dari struktur terumbu karang buatan heksagonal. Selain itu juga didapatkan nilai energi yang tereduksi dari masing masing konfigurasi. Dari hasil eksperimen tugas akhir ini diharapkan dapat digunakan sebagai referensi untuk penelitian berikutnya

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Material penyusun model terumbu karang adalah dari beton
2. Sudut datang gelombang tegak lurus terhadap model
3. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang *irregular* dengan spektrum gelombang JONSWAP
4. Arus yang mengenai struktur model tidak diperhitungkan
5. Dasar / lantai percobaan dianggap rata dan tidak ada gesekan
6. Pengamatan dilakukan melalui sudut pandang 2 dimensi
7. Percobaan menggunakan air tawar
8. Tinggi elevasi muka air telah ditentukan
9. Tidak ada pengaruh porositas model
10. Tinggi gelombang sudah ditentukan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Perubahan paradigma rekayasa teknis ke arah pendekatan aspek ramah lingkungan menyebabkan banyak penelitian mengenai fungsi lain bangunan pantai, salah satunya adalah penelitian tentang terumbu karang buatan. Selain memiliki fungsi untuk memperbaiki ekosistem laut, terumbu karang buatan kini juga memiliki fungsi lain yaitu sebagai pemecah gelombang ambang bawah. Penelitian tentang terumbu karang buatan telah banyak dilakukan sebelumnya. Menurut Sidek (2007) besarnya reduksi gelombang ditentukan oleh jumlah rongga dalam terumbu buatan. Semakin besar rongga terumbu, maka koefisien transmisi juga menjadi lebih besar dan reduksi gelombang lebih kecil. Hal ini dikarenakan bentuk lubang yang silinder memungkinkan gelombang untuk menembus struktur dan melepaskan energi dalam bentuk gelombang transmisi. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Akhwady (2012). Akhwady meneliti pengaruh porositas *bottle reef* dalam peredaman gelombang. Penelitian ini membandingkan 2 tipe *artificial bottle reef* dalam hal efektifitasnya untuk meredam gelombang. Karena heksagonal adalah bentuk baru dari terumbu karang, maka penelitian yang berkaitan dengan terumbu karang buatan bentuk heksagonal masih sedikit. Dalam penelitiannya, Faishal (2017) yang meneliti stabilitas dari terumbu karang buatan bentuk hexagonal dengan alas berupa pasir membandingkan stabilitas 2 konfigurasi dari terumbu karang buatan bentuk heksagonal. Winarto (2017) juga telah meneliti pengaruh konfigurasi terumbu karang buatan bentuk heksagonal terhadap transmisi gelombang. Dalam penelitian ini winarto mendapatkan nilai koefisien transmisi terkecil yaitu 0,53.

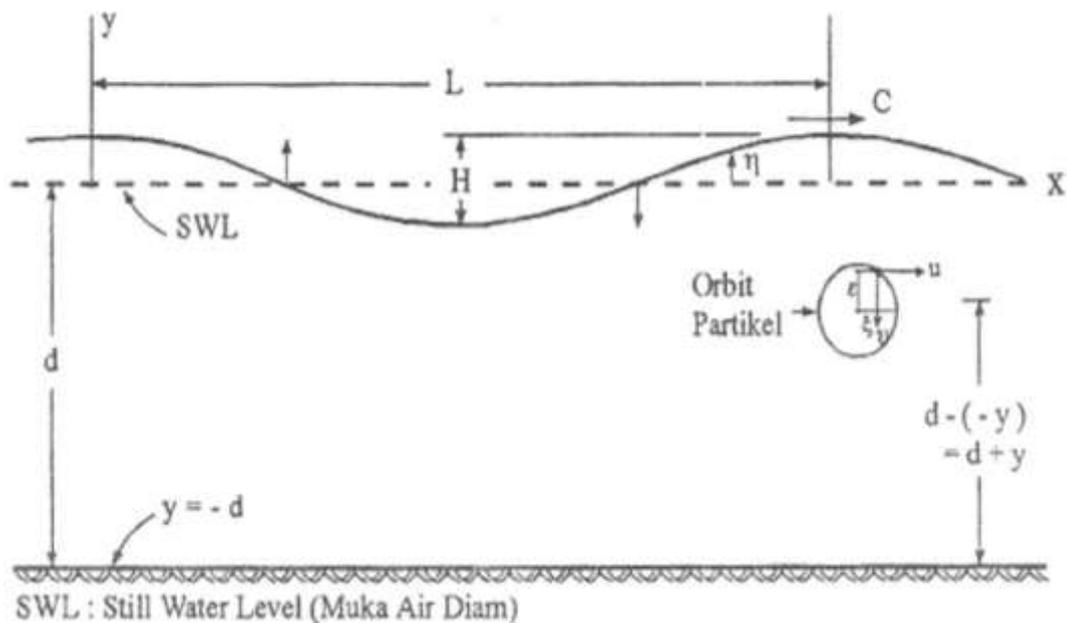
Refleksi gelombang adalah pemantulan gelombang sebagian/keseluruhan setelah gelombang mengenai suatu struktur bangunan. Besar kemampuan suatu struktur bangunan untuk emantulkan gelombang dapat diketahui melalui koefisien refleksi. Penelitian tentang refleksi gelombang selama ini hanya dilakukan untuk struktur *seawall, breakwater, jetty*, dan sejenisnya.

Dalam penelitian Putra (2013) terlihat bahwa elevasi muka air laut berpengaruh terhadap nilai koefisien transmisi dan koefisien refleksi dari struktur *composite breakwater*. Rindy (2017) dalam penelitiannya mengenai refleksi menyimpulkan bahwa semakin curam kemiringan batu pelindung maka semakin besar koefisien refleksi yang dihasilkan, dan sebaliknya semakin landai kemiringan batu pelindung, maka semakin kecil koefisien gelombang yang dihasilkan. Tinjauan refleksi gelombang sangat penting untuk diketahui dalam perencanaan bangunan pantai, sehingga akan didapatkan keadaan perairan yang relatif tenang pada pelabuhan atau pantai.

2.2 Teori Gelombang Airy

Gelombang merupakan faktor utama dalam menentukan tata letak bangunan pantai. Gelombang di laut bisa dibangkitkan oleh angin (gelombang angin), gaya tarik matahari dan bulan (pasang surut), letusan gunung berapi atau gempa (gelombang tsunami). Terdapat dua teori klasik tentang gelombang, pertama dikembangkan oleh Airy (1845) dan lainnya dikembangkan oleh Stokes (1880) yang menjelaskan teori gelombang sederhana. Angin yang berhembus akan mengenai partikel air pada permukaan laut, partikel air yang terkena hembusan angin akan bergerak sesuai dengan arah angin yang mengenainya. Selain bergerak sesuai dengan arah angin, partikel air membentuk orbit lingkaran yang nantinya akan membentuk puncak dan lembah gelombang. Peristiwa inilah yang menjadi proses terbentuknya gelombang.

Daerah dimana gelombang itu dibentuk disebut daerah pembangkitan gelombang (*wave generating area*). Gelombang yang terjadi di daerah pembangkitan disebut *sea*, sedangkan gelombang yang terbentuk di luar area pembangkitan disebut *swell*. Saat gelombang menjalar, partikel air pada permukaan membentuk orbit lingkaran yang sering kita sebut dengan puncak gelombang dan lembah gelombang. Dalam perhitungan matematis pada teori sederhana gelombang dikatakan bahwa satu gelombang terdiri dari satu puncak gelombang dan satu lembah gelombang.



Gambar 2.1 Parameter gelombang (Triatmodjo,2011)

Terdapat beberapa parameter penting dalam teori gelombang,yaitu :

- panjang gelombang / *wave length* (L_0), adalah jarak horisontal antara puncak/lembah gelombang satu ke puncak/lembah gelombang berikutnya.
- tinggi gelombang / *wave Height* (H), yaitu jarak vertikal dari lembah gelombang (*trough*) sampai puncak gelombang (*crest*).
- Amplitudo gelombang, yaitu jarak dari MSL ke puncak gelombang atau lembah gelombang, biasanya didefinisikan sebagai $H/2$
- Periode gelombang (T) , yaitu waktu yang dibutuhkan untuk mencapai satu gelombang.
- Kecepatan rambat gelombang /*wave celerity* (c),yaitu nilai perbandingan antara panjang gelombang dengan periode gelombang
- Kedalaman saat gelombang menjalar ,yaitu jarak yang diukur dari MSL sampai dasar laut

Dalam gambar tersebut gelombang bergerak dengan cepat rambat C di air dengan kedalaman d . Dalam hal ini yang bergerak hanya bentuk profil muka airnya . Pada gelombang partikel air bergerak dalam satu orbit tertutup sehingga tidak bergerak maju ke arah sumbu x .

2.2.1 Profil Muka air

Profil muka air merupakan fungsi ruang (x) dan waktu (t) yang mempunyai bentuk persamaan seperti berikut

$$\eta(x, t) = \frac{H}{2} \cos(kx - \sigma t) \quad (1)$$

Persamaan diatas menunjukkan bahwa fluktuasi muka air adalah periodik terhadap x dan t , dan merupakan gelombang sinusiodal dan progresif yang menjalar dalam arah sumbu x positif.

2.2.2 Panjang Gelombang

Panjang gelombang L diberikan oleh persamaan berikut ini,

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

Jika kedalaman air dan periode gelombang diketahui, maka dengan cara iterasi akan didapat panjang gelombang L .

Berdasarkan kedalaman relatifnya, gelombang dibedakan menjadi 3 macam yaitu :

- gelombang di laut dangkal jika $d/L < 1/20$
- gelombang di laut transisi $1/20 < d/L < 1/2$
- gelombang di laut dalam $d/L > 1/2$

Klasifikasi ini dilakukan untuk menyederhanakan rumus-rumus gelombang. Apabila kedalaman relatif d/L lebih besar dari 0,5 nilai $\tanh (2\pi d/L) = 1$ sehingga Persamaan 2 menjadi

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1,56 T^2 \quad (3)$$

Indeks 0 menunjukkan bahwa nilai-nilai tersebut adalah untuk kondisi di laut dalam, karena di laut dalam panjang gelombang hanya tergantung pada periode gelombang.

Apabila kedalaman relatif d/L lebih kurang dari $1/20$ nilai $\tanh (2\pi d/L) = 2\pi d/L$ sehingga Persamaan 2 menjadi

$$L = \sqrt{gd} T \quad (4)$$

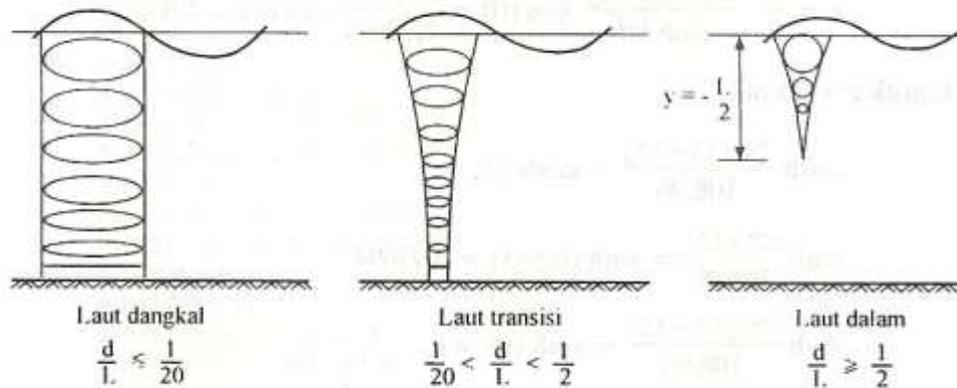
Untuk gelombang transisi, yaitu apabila $1/20 < d/L < 1/2$, panjang gelombang dihitung menggunakan persamaan (2).

Terdapat hubungan antara panjang gelombang di laut dalam dan di suatu lokasi yang ditinjau.

$$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \quad (5)$$

Persamaan 5 dapat digunakan untuk menghitung panjang gelombang di setiap kedalaman, apabila panjang gelombang di laut dalam L_0 diketahui. Penyelesaian persamaan (5) sulit diselesaikan karena membutuhkan iterasi yang sangat panjang. Oleh karena itu telah dibuat tabel yang disusun berdasarkan persamaan tersebut. dan disajikan dalam Lampiran A-1 pada buku Teknik Pantai (Bambang Triatmodjo). Dalam tabel tersebut juga diberikan beberapa fungsi yang akan banyak digunakan dalam perhitungan gelombang.

Selama Penjalaran gelombang dari laut dalam ke laut dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.3. Di laut transisi dan dangkal lintasan partikel berbentuk ellips. Semakin besar kedalaman bentuk ellips semakin pipih, dan di dasar laut gerak partikel adalah horisontal.



Gambar 2.2 Jenis gelombang berdasarkan kedalaman relatif.
(Triatmodjo, 2011)

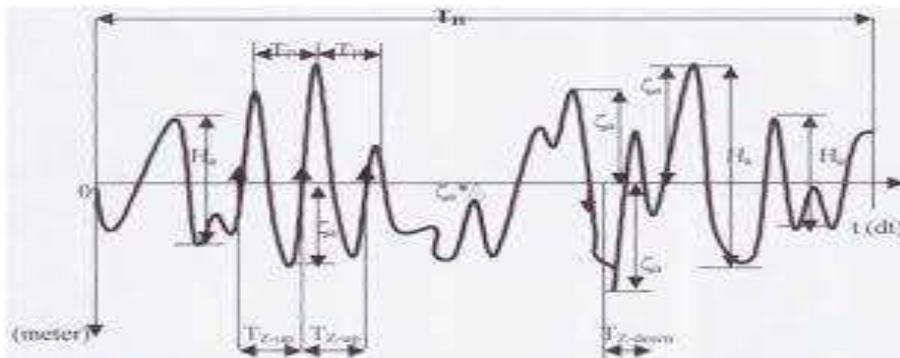
2.2.3 Gelombang Irreguler

Gelombang yang berada di laut sering nampak membingungkan, puncak permukaan air laut nampak berubah-ubah, hal ini diakibatkan oleh arah perambatan gelombang yang sangat bervariasi serta bentuk gelombang yang tak beraturan. Gelombang yang menjalar lebih cepat akan menyusul dan melampaui gelombang yang lebih lambat dari berbagai arah. Akibat interaksi ini, gelombang-gelombang tersebut akan saling menghilangkan atau menguatkan antara gelombang yang satu dengan gelombang yang lainnya.

Ketika angin bertiup dan gelombang timbul sebagai respon, laut cenderung tak beraturan, berbagai tinggi dan periode yang diamati. *Swell* memang terlihat lebih teratur, tetapi secara fundamental sebenarnya tidak teratur, dengan beberapa variasi pada tinggi dan periodenya. Pada kenyataannya, gelombang yang sangat teratur hanya bisa dihasilkan di laboratorium,

Menurut Bhattacharyya (1972), gelombang *irregular* ditandai sebagai berikut :

- Permukaan gelombang merupakan permukaan yang kompleks dan sulit digambarkan secara matematis, mempunyai bentuk acak dimana satu deret gelombang memiliki tinggi dan periode gelombang yang berbeda.
- Permukaan gelombang yang tidak beraturan selalu berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari tempat ke tempat tergantung dari kecepatan angin



Gambar 2.3 Definisi gelombang irregular
(<http://www.coastalwiki.org>)

Dengan :

- γ = elevasi gelombang
- γ_a = amplitude gelombang semu (*apparent wave amplitude*)
- H = tinggi gelombang semu (*apparent wave height*)
- T_r = Periode lintas nol semu (*apparent zero closing period*)
- T_c = Periode semu (*apparent period*)

Kekompleksan dan besarnya jumlah data hasil running, maka gelombang tersebut dianalisa secara statistik untuk mendapatkan bentuk gelombang tinggi gelombang. Dalam pengukuran gelombang *irregular* terdapat dua metode untuk menghitung gelombang yaitu *zero upcrossing* dan *zero downcrossing*. Sebelum melakukan dua metode tersebut, pertama kali ditetapkan elevasi rerata dari

permukaan air berdasarkan fluktuasi muka air saat pencatatan dilakukan. Muka air tersebut didefinisikan sebagai garis nol. Kemudian kurva gelombang ditelusuri dari awal sampai akhir.

Pada metode *zero upcrossing*, diberi tanda titik pada perpotongan antara garis nol dengan kurva gelombang naik. Titik tersebut dijadikan sebagai titik awal dari satu gelombang dan pada perpotongan garis nol dengan kurva naik selanjutnya dianggap sebagai titik akhir dari satu gelombang. Jarak antara kedua titik tersebut adalah periode gelombang (T_1). Jarak vertikal antara titik tertinggi dan titik terendah adalah H_1 . Penelusuran dilanjutkan hingga seluruh kurva teridentifikasi. Untuk metode *zero downcrossing*, mempunyai prosedur yang sama tapi titik perpotongan yang terjadi adalah antara garis nol dengan kurva turun dari kurva gelombang.

Gelombang irreguler dapat didefinisikan menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya.

$$E_T = \Sigma E_1 \quad (6)$$

atau dalam bentuk lain:

$$E_T = 1/2 \rho \cdot g \cdot \Sigma \xi \alpha_i \quad (7)$$

Dengan:

E_T = energi total

E_i = energi masing-masing gelombang sinusoidal

ρ = densitas air laut (kg/m^3)

g = percepatan gravitasi (m/dt^2)

$\Sigma \xi \alpha_i$ = amplitudo gelombang (m)

2.2.4 Gelombang representatif

Untuk mengetahui tinggi dan periode gelombang dari suatu data pencatatan gelombang, perlu dipilih tinggi dan periode gelombang individu yang dapat mewakili suatu spektrum gelombang. Gelombang tersebut dikenal dengan gelombang representatif. (*Triatmodjo, 2009*). Apabila tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari tertinggi ke terendah atau sebaliknya maka akan didapatkan tinggi H_n yang merupakan rerata dari n persen gelombang tertinggi.

Dengan demikian akan dapat dinyatakan karakteristik gelombang irreguler dalam bentuk gelombang tunggal. Misalnya, H_{10} adalah rerata dari 10 % gelombang tertinggi dari pencatatan gelombang. Metode yang paling banyak digunakan adalah menggunakan $H_{1/3}$ atau H_s (tinggi gelombang signifikan). H_s adalah tinggi rerata dari 33% nilai tertinggi dari tinggi gelombang tercatat. Cara yang sama juga digunakan untuk menghitung periode gelombang representatif.

2.2.5 Gelombang Refleksi

Apabila suatu gelombang bergerak menuju pantai, gelombang tersebut akan mengalami perubahan bentuk yang disebabkan oleh proses refraksi, pendangkalan gelombang, dan refleksi. (*triatmodjo,2011*).

Refleksi gelombang adalah peristiwa pemantulan energi gelombang laut akibat mengenai suatu struktur bangunan pantai. Energi gelombang yang mengenai suatu bangunan akan dipantulkan sebagian maupun seluruhnya, bergantung pada bentuk struktur yang mengenainya. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang dapat diketahui melalui nilai koefisien refleksi. Koefisien refleksi adalah perbandingan antara tinggi gelombang refleksi (H_r) dan tinggi gelombang datang (H_i). Tinjauan refleksi gelombang ini sangat penting untuk diketahui karena akan menjadi salah satu komponen dalam perhitungan reduksi energi gelombang yang nantinya didapatkan keadaan perairan yang relatif tenang pada bangunan pelabuhan dan pantai.

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \left(\frac{E_r}{E_i}\right)^{0,5} \quad (8)$$

K_r : Koefisien Refleksi

H_r : Tinggi Gelombang setelah refleksi

H_i : Tinggi Gelombang datang

E_r : Energi Gelombang Refleksi

E_i : Energi Gelombang datang

Dalam penelitiannya, Goda dan Suzuki (1985) telah menemukan metode untuk menggambarkan kejadian refleksi gelombang di *wave flume* saat struktur sudah terpasang. Metode tersebut termodelkan dalam bentuk persamaan sebagai berikut

$$\eta_i = a_i \cos(kx - \omega t + \epsilon_i) \quad (9)$$

$$\eta_r = a_r \cos(kx + \omega t + \epsilon_r) \quad (10)$$

Sumbu positif X diambil dari arah gelombang datang. Bila diasumsikan profil gelombang terekam di 2 tempat, yaitu di $X_1 = x$ dan $X_2 = X_1 + \Delta L$, maka

$$\eta_1 = (\eta_i + \eta_r)_{x=x_1} = A1 \cos(\omega t) + B1 \sin(\omega t) \quad (11)$$

$$\eta_2 = (\eta_i + \eta_r)_{x=x_2} = A2 \cos(\omega t) + B2 \sin(\omega t) \quad (12)$$

Dimana :

$$A1 = a_i \cos \phi_i + a_r \cos \phi_r \quad (13)$$

$$B1 = a_i \sin \phi_i - a_r \sin \phi_r \quad (14)$$

$$A2 = a_i \cos(k \Delta l + \phi_i) + a_r \cos(k \Delta l + \phi_r) \quad (15)$$

$$B2 = a_i \sin(k \Delta l + \phi_i) - a_r \sin(k \Delta l + \phi_r) \quad (16)$$

$$\phi_i = kx_1 + \epsilon_i \quad (17)$$

$$\phi_r = kx_1 + \epsilon_r \quad (18)$$

Karena tidak diketahui nilai a_i , a_r , ϕ_i , dan ϕ_r , maka dengan mengeliminasi keempat variable tersebut didapatkan persamaan

$$a_i = \frac{\sqrt{K_1^2 + K_2^2}}{2|\sin k \Delta l|} \quad (19)$$

$$a_r = \frac{\sqrt{K_3^2 + K_4^2}}{2|\sin k \Delta l|} \quad (20)$$

Dengan

$$K_1 = A2 - A1 \cos k \Delta l - B1 \sin k \Delta l \quad (21)$$

$$K_2 = B2 + A1 \sin k \Delta l - B1 \cos k \Delta l \quad (22)$$

$$K_3 = A2 - A1 \cos k \Delta l + B1 \sin k \Delta l \quad (23)$$

$$K_4 = B2 - A1 \sin k \Delta l - B1 \cos k \Delta l \quad (24)$$

2.3 Spektrum gelombang

Spektrum gelombang merupakan distribusi dari suatu energi gelombang sebagai fungsi dari frekuensi yang menerangkan jumlah total energi yang terpindahkan (transmitted) dari suatu daerah gelombang yang diberikan. Dalam analisa spektrum energi gelombang, diperlukan pencatatan gelombang selama 15-20 menit. Prinsip perhitungan spektrum gelombang adalah dengan menguraikan suatu gelombang iregular menjadi gelombang teratur dari berbagai frekuensi dan tinggi gelombang. Spektra JONSWAP dikemukakan berdasarkan percobaan yang dilakukan di North Sea. Persamaan untuk spektrum JONSWAP (Ochi, 1998) yaitu :

$$S(\omega) = a \cdot g^2 \cdot \omega^2 \exp \left[-125 \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{-4} \right] \gamma \exp \left[\frac{-(\omega - \omega_0)^2}{2\tau^2 \omega_0^2} \right]$$

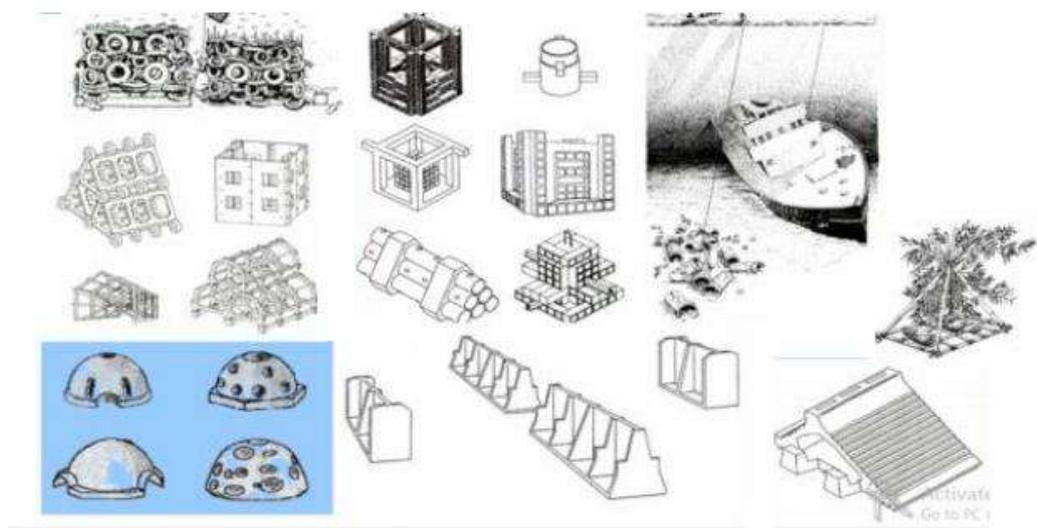
Dengan :

- ω = frekuensi gelombang (rad/detik)
- I = data waktu yang paling akhir diantara sampel
- γ = peak edness parameter
- τ = *shape parameter*
- τ_a = *untuk $\omega \leq \omega_0$*
- τ_b = *untuk $\omega \geq \omega_0$*

2.4 Terumbu karang

Terumbu karang buatan (*artificial reef*) adalah struktur buatan dengan material tertentu yang meniru karakteristik terumbu karang alami. Seiring berjalannya waktu, transplantasi terumbu karang buatan semakin sering dilakukan karena kondisi terumbu karang disekitar pantai yang rusak baik karena faktor alam maupun karena kegiatan manusia. Pada umumnya fungsi dari terumbu karang buatan adalah sebagai tempat berlindung serta mencari makan dari habitat laut. Namun berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa fungsi terumbu karang buatan saat ini tidak hanya sebagai tempat berlindung habitat laut, tapi juga berfungsi sebagai peredam gelombang laut guna perlindungan pantai (Armono, 1999). Saat ini sudah ada berbagai macam bentuk terumbu karang buatan yang berfungsi sebagai pemecah gelombang. Terdapat terumbu karang buatan bentuk kubus, silinder, setengah bola

dan lain sebagainya. Masing – masing terumbu memiliki kelebihan kekurangan serta karakteristik yang berbeda beda.



Gambar2.4 Jenis terumbu karang buatan
(http://www.coastalwiki.org/wiki/Artificial_reefs)

2.5 Pemodelan Fisik

Persoalan pada perencanaan bangunan pantai yang tidak dapat dipecahkan dengan perhitungan matematis diharapkan dapat diatasi dengan bantuan model hidrolis. Pembuatan model untuk penelitian harus memperhatikan proses fisik yang ditirukan, sehingga kejadian yang ada di model sebangun dengan benda aslinya. Pemodelan fisik dapat dikatakan sebagai percobaan yang dilakukan dengan membuat model yang ukurannya lebih kecil dengan kesebangunan atau similaritas yang cukup memadai. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik (panjang, lebar, tinggi), sebangun kinematik (kecepatan aliran), dan sebangun dinamik (berhubungan dengan besaran dan vektor gaya).

Di laboratorium kondisi model bisa diatur dan dikontrol sesuai dengan yang dikehendaki. Hal yang harus diperhatikan adalah adanya kesamaan parameter – parameter dominan antara model dengan prototipe. Metode pemodelan fisik ini memiliki beberapa kelebihan antara lain :

- Dalam melakukan percobaan, peneliti bebas melakukan variasi keadaan alam yang disimulasikan.

- Dari segi biaya, pembuatan model fisik ini bisa mengurangi biaya penelitian dengan variasi kondisi yang sangat banyak.

Selain memiliki kelebihan, metode pemodelan fisik juga memiliki beberapa kekurangan, yaitu :

- Efek laboratorium, yaitu efek yang muncul karena ketidakmampuan laboratorium menghasilkan kondisi pembebanan yang realistis karena adanya pengaruh keterbatasan yang dimiliki model terhadap proses yang disimulasikan.
- Efek skala, terjadi karena model dibuat lebih kecil dari prototipe nya, sehingga beberapa variabel yang berpengaruh dalam prototipe diasumsikan tidak ada pada model uji.

Masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama. Skala dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai yang ada di prototipe dengan nilai parameter tersebut pada model.

2.5.1 Kekerupaan Geometrik

Kekerupaan geometrik adalah kesebangunan bentuk model dan prototipe yang ditinjau dari kesamaan ukuran panjang. Perbandingan semua ukuran panjang antara model dengan prototipe adalah sama, dengan skala model nL .

- Skala panjang

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} = \frac{\text{panjang pada prototipe}}{\text{panjang pada model}}$$

- Skala tinggi

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} = \frac{\text{tinggi pada prototipe}}{\text{tinggi pada model}}$$

Dengan:

- nL = skala panjang
- n_h = skala tinggi
- L_p = panjang prototipe
- L_m = panjang model
- h_p = tinggi prototipe
- h_m = tinggi pada model

2.5.2 Keserupaan Kinematik

Keserupaan kinematik dapat dipenuhi apabila aliran pada model dan prototipe sebangun. Berbeda dengan prinsip keserupaan geometrik, keserupaan kinematik berlaku ketika prototipe memiliki nilai skala waktu, nilai skala kecepatan, atau nilai skala percepatan. Keserupaan kinematik didefinisikan dengan nilai-nilai berikut :

- Skala waktu :

$$n_T = \frac{T_p}{T_m}$$

- Skala kecepatan :

$$n_u = \frac{U_p}{U_m} = \frac{lp/Tp}{lm/Tm} = \frac{nL}{nT}$$

- Skala percepatan

$$n_\alpha = \frac{\alpha_p}{\alpha_m} = \frac{lp/Tp^2}{lm/Tm^2} = \frac{nL}{nT^2}$$

2.5.3 Keserupaan dinamik

Kesebangunan dinamik adalah kesebangunan antara model dan prototipe yang memperhitungkan segala macam gaya yang berlaku disekitarnya. Kesebangunan dinamik tidak hanya memperhatikan sisi geometri dan kinematisnya, semua gaya pada perbandingan model dan prototipe harus memiliki nilai yang sama besar. Gaya – gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya berat, gaya gesek, dan tegangan permukaan.

- Gaya inersia

$$F_1 = M \cdot a = \rho L^3 \cdot \frac{L}{T^2} = \rho U^2 \cdot L^2$$

- Gaya gesek

$$F_\mu = \mu \cdot v \cdot L$$

- Gaya berat

$$F_w = M \cdot g = \rho L^3 \cdot g = \rho L^3 \cdot g$$

- Gaya tegangan permukaan

$$F_\sigma = \sigma L$$

Dengan :

ρ = densitas fluida

L = panjang

U = kecepatan

g = percepatan gravitasi

μ = viskositas dinamik

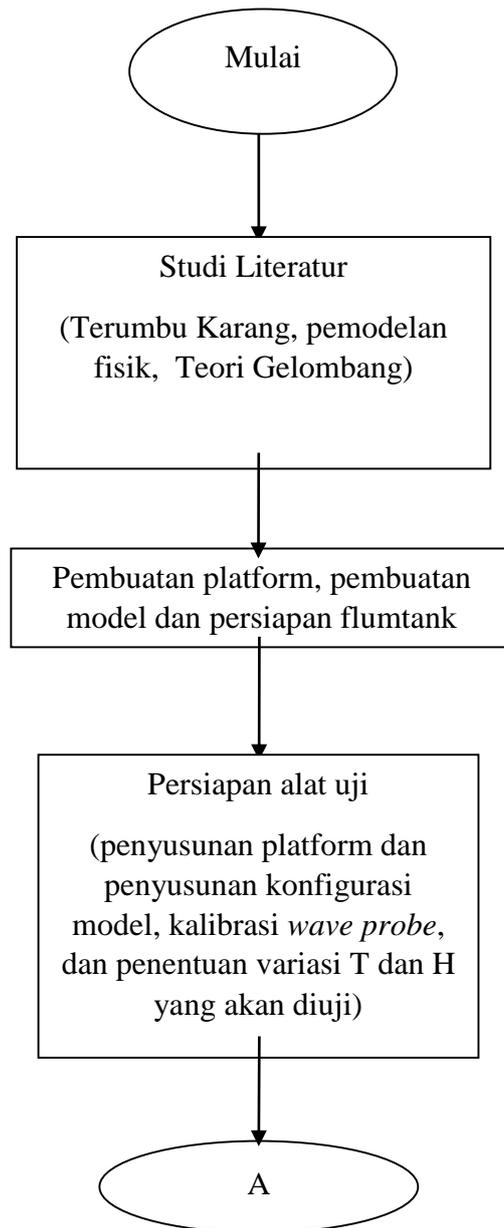
σ = tegangan permukaan

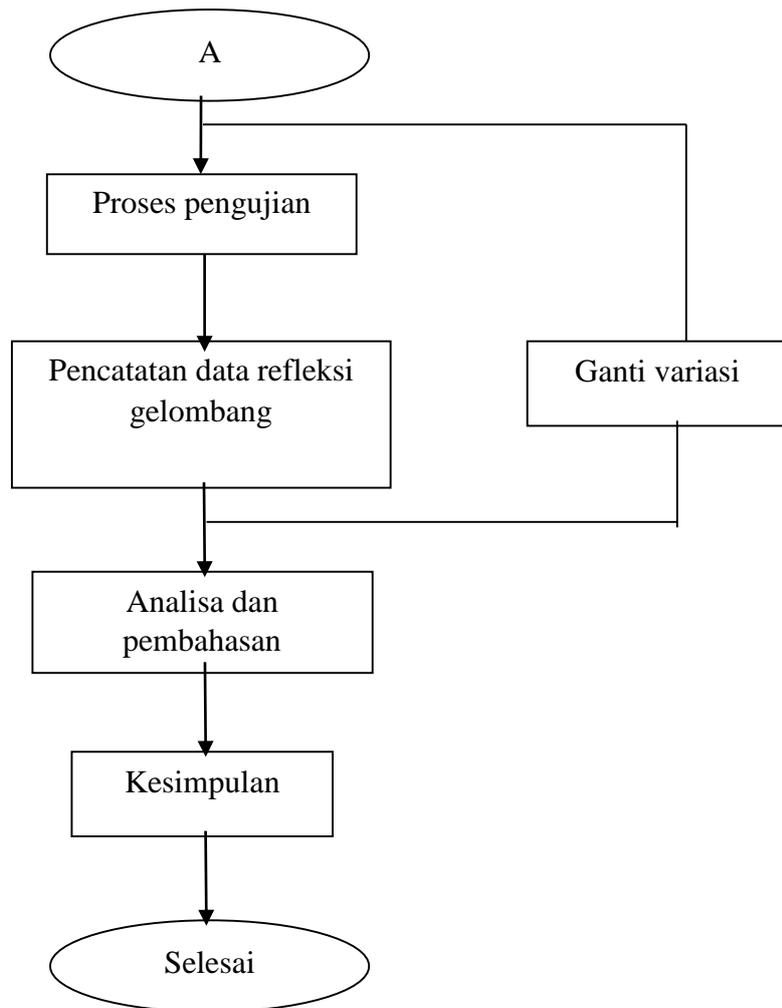
E = modulus elastis

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Adapun urutan pengerjaan atau diagram alir dalam penelitian serta penulisan laporan tugas akhir ini yaitu :





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

3.2 Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan referensi dari makalah ilmiah, jurnal, buku-buku dan laporan tugas akhir yang berkaitan dengan tugas akhir yang akan saya bahas untuk mendapatkan gambaran dan pemahaman terhadap materi. Literatur tersebut juga digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan tugas akhir. Adapun studi literatur antara lain :

- Studi mengenai perkembangan bentuk dan fungsi terumbu karang buatan
- Studi mengenai sifat – sifat gelombang
- Studi mengenai refleksi gelombang

3.3 Pembuatan platform, model dan persiapan *flumetank*

Tahap berikutnya adalah pembuatan platform, pembuatan model dan persiapan kapasitas flumetank. Dalam pembuatan alat ini, diperlukan beberapa perhitungan

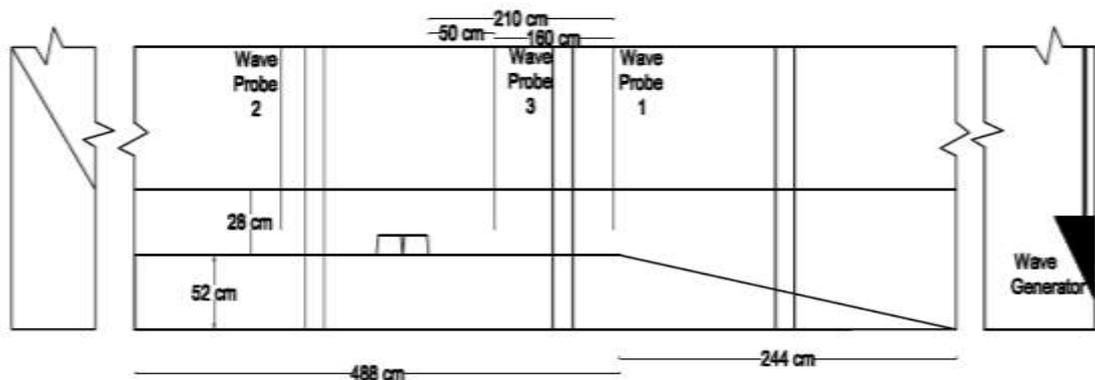
seperti dijelaskan dibawah ini. Perhitungan ukuran platform dan model uji tentu memperhitungkan prinsip kesebangunan geometrik.

3.3.1 Perancangan platform

Platform pengujian digunakan untuk mendapatkan rekayasa kedalaman yang diinginkan. Selain itu platform juga berfungsi untuk mempermudah pengamatan struktur pada kolam gelombang saat gelombang menjalar. Platform untuk pengujian dibuat dari bahan kayu dan tripleks dengan spesifikasi sebagai berikut

- Tinggi 50 cm
- Panjang 4,8 m
- Lebar 40 cm

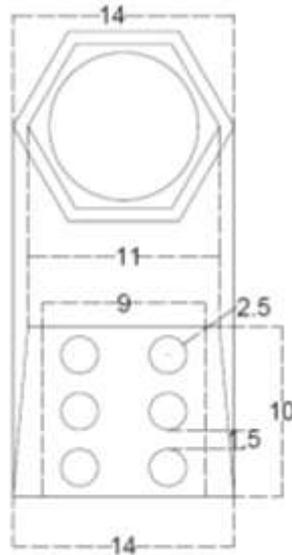
Slope platform dibuat dengan tinggi 50 cm dan panjang 2,4 meter dengan perbandingan tinggi dan kemiringan kemiringan 1 : 5. Gambar platform dan slope terlihat seperti pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Bentuk platform

3.3.2 Pembuatan model uji

Perancangan model terumbu karang buatan bentuk heksagonal ini dilakukan dengan prinsip keserupaan geometrik undistorted, dimana skala panjang dan lebar dari model hampir sama dengan panjang dan lebar dari prototipe. Berdasarkan ketersediaan bahan dan ketelitian pengukuran, maka model heksagonal dibuat dengan skala 1 : 10. Berikut adalah desain dari model terumbu heksagonal.



Gambar 3.2. Penampang melintang struktur terumbu buatan heksagonal

Sebelum model dibuat, yang pertama dilakukan adalah membuat cetakan heksagonal. Cetakan ini menggunakan 2 bahan, yaitu berbahan plat dan pipa PVC. Bahan plat digunakan untuk cetakan bagian luar, sedangkan bahan pipa PVC digunakan untuk cetakan bagian dalam. Cetakan luar memiliki tinggi 10 cm dan diameter 16 cm (dari ujung ke ujung) serta diberi lubang sebanyak 6 lubang berdiameter 2,5 cm pada setiap sisi. Berikut adalah cetakan yang telah dibuat.

Gambar 3.3 cetakan heksagonal dari plat dan pipa PVC



tampak atas & samping

Model uji terbuat dari campuran semen dan pasir dengan komposisi 1 : 5 yang diisikan ke dalam cetakan yang telah dibuat sebelumnya. Dalam eksperimen ini digunakan model sebanyak 18 buah. Berikut adalah gambar dari model uji yang sudah dicetak.



Gambar 3.4 Model uji yang telah dicetak.
tampak samping & atas

3.3.3 Persiapan *flumetank*

Pengujian ini akan dilaksanakan di laboratorium Rekayasa Dasar Laut dan Bawah Air, dengan Spesifikasi kolam gelombang adalah sebagai berikut :

Panjang kolam : 20,10 meter

Lebar kolam : 2 meter

Tinggi kolam : 1,5 meter

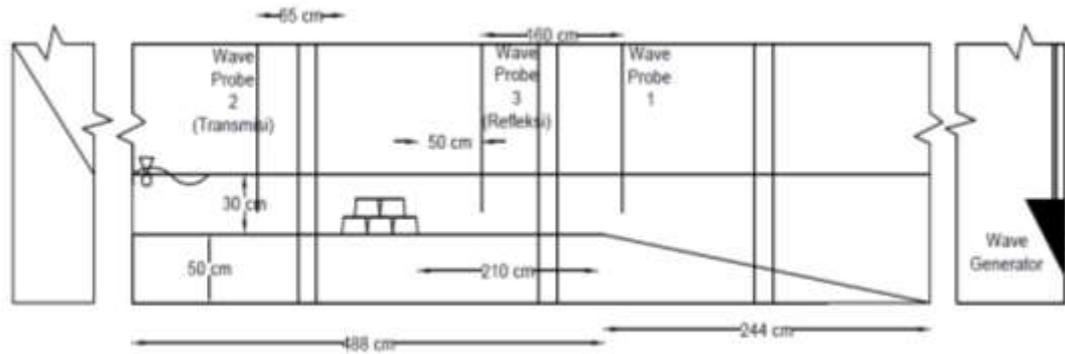
Tinggi gel.Maksimum : 0,3 meter

Jumlah pembangkit : 4 dengan tipe plunger

T gel. Reguler : 0,5 – 0,3 detik

T gel. Irreguler : menggunakan spektrum gelombang Jhonswap, Piershon-moskowitz, ISSC dan ITTC

Pada kolam gelombang diberi sekat plat selebar 40 cm. Sekat tersebut untuk memisahkan bidang pengamatan dengan bidang lainnya. Air pada kolam gelombang diisi hingga ketinggian 80 cm.



Gambar 3.5 Flume Tank

➤ Pembangkit gelombang

Wave generator adalah alat yang digunakan untuk membangkitkan gelombang buatan dalam kolam gelombang. *Wave generator* pada laboratorium Rekayasa Dasar Laut dan Bawah Air ini dapat membangkitkan gelombang reguler maupun irregular. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang irregular dengan variasi tinggi gelombang antara 0.02 – 0.07 meter dan variasi periode gelombang 1,1-1,4 detik.



Gambar 3.6. Pembangkit gelombang.

➤ Wave absorber

Wave absorber adalah sebuah alat yang diletakkan di ujung kolam gelombang yang berfungsi sebagai peredam gelombang agar gelombang yang dibangkitkan sebisa mungkin tidak memantul pada benda uji. Wave absorber ini terbuat dari bahan yang menyerap gelombang.



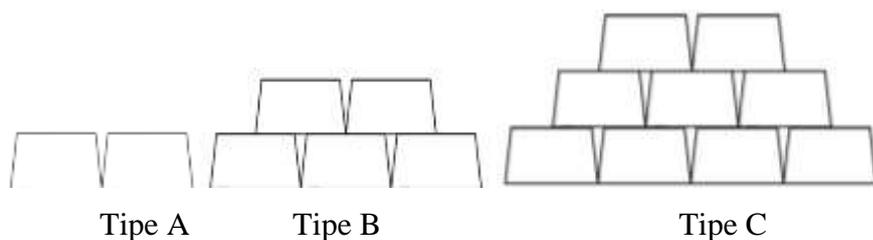
Gambar 3.7 *Wave absorber*

3.3.4 Persiapan alat uji

Setelah semua peralatan siap, langkah selanjutnya adalah memasukkan peralatan ke dalam kolam gelombang. Perlengkapan yang dimasukkan yaitu model uji serta platform dan pemberatnya. Setelah semua perlengkapan dimasukkan, wave probe dipasang di tempat yang telah ditentukan kemudian dilakukan kalibrasi probe. Berikut adalah tahapan persiapan alat uji.

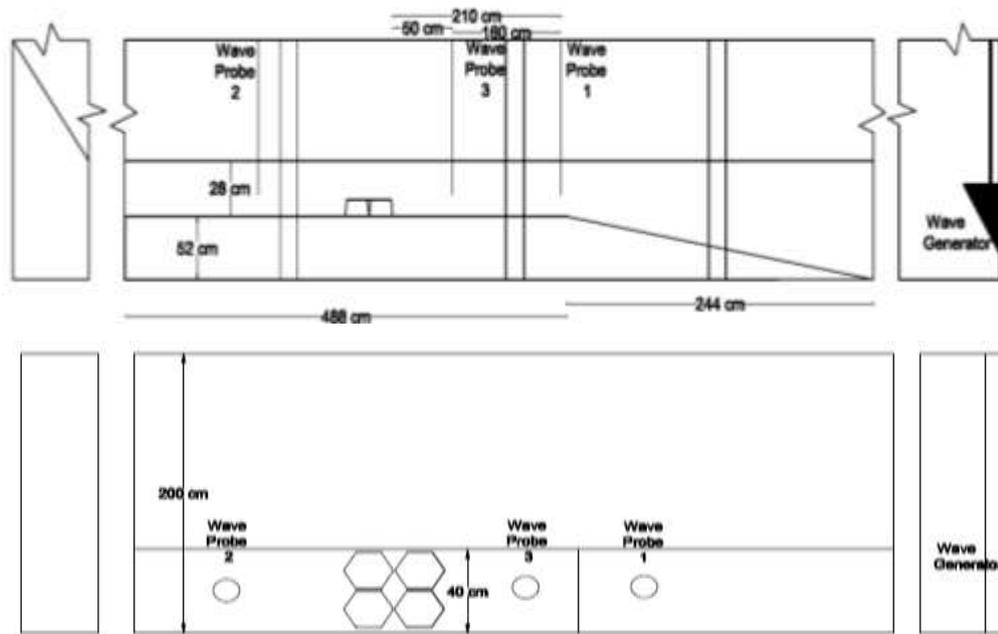
3.3.5 Penyusunan platform dan konfigurasi model

Penyusunan konfigurasi ini berdasarkan variasi yang ingin diuji. Dalam penelitian ini akan disusun 3 variasi konfigurasi model seperti gambar dibawah.

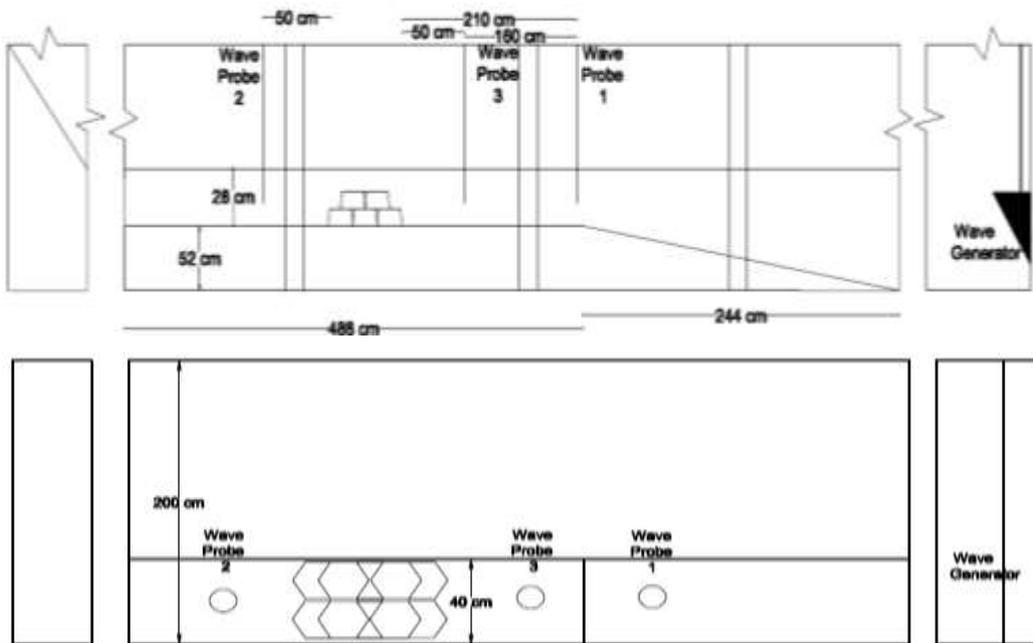


Gambar 3.8 Susunan konfigurasi model

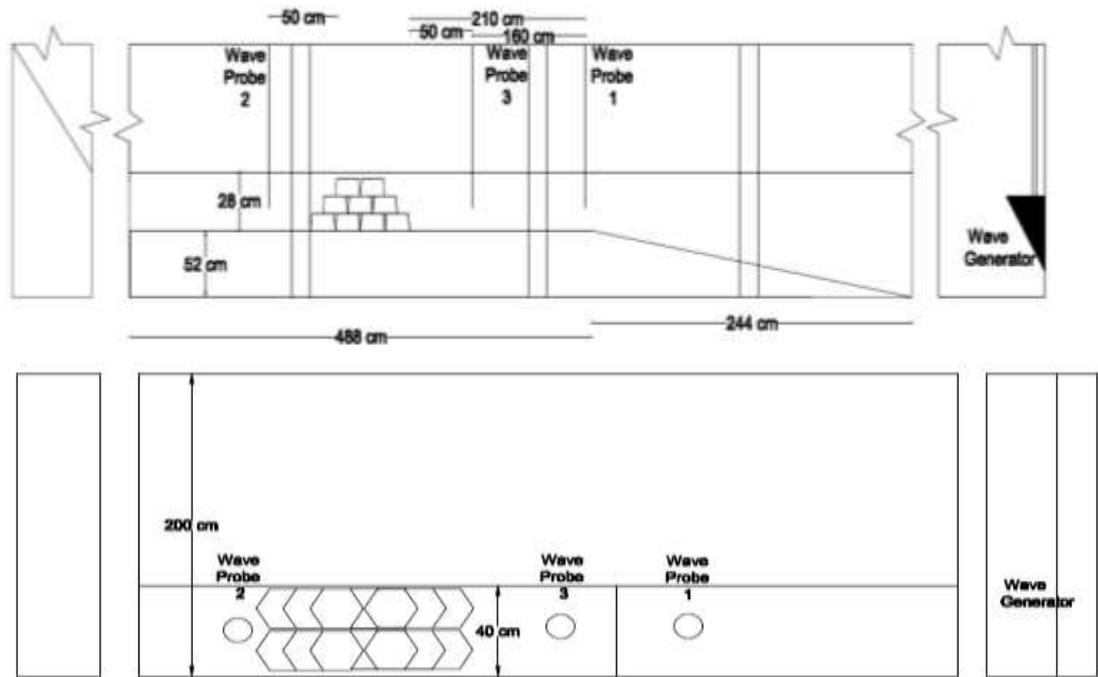
Tahap berikutnya adalah menyusun konfigurasi model ke dalam kolam gelombang. Model uji diletakkan di titik yang telah ditentukan pada platform seperti gambar di bawah ini.



Gambar 3.9 Penyusunan konfigurasi A pada kolam gelombang.



Gambar 3.10 Penyusunan konfigurasi B pada kolam gelombang.



Gambar 3.11 Penyusunan konfigurasi C pada kolam gelombang.

3.3.6 Kalibrasi probe

Kalibrasi digunakan untuk menentukan range gelombang yang akan direkam oleh probe. Sehingga data gelombang yang terekam pada software akan maksimal. Wave probe merupakan alat pengukur tinggi gelombang yang memiliki elektroda untuk mengukur kapasitansi. Kapasitansi ini berubah secara proposional sesuai dengan variasi perubahan elevasi muka air. Wave probe yang digunakan pada pengujian kali ini adalah wave probe dengan metode pengukuran gelombang menggunakan satuan kapasitansi.

Dalam suatu eksperimen, sebelum *wave probe* digunakan untuk mengukur gelombang perlu dilakukan kalibrasi. Kalibrasi *wave probe* dilakukan untuk mengetahui perubahan nilai kapasitansi terhadap pengukuran tinggi gelombang. Berbeda dengan wave probe yang sebelumnya, wave probe terbaru ini menggunakan amply yang terhubung pada software *wave tide meter*. Software ini secara otomatis mengeluarkan output berupa angka yang telah dikonversikan ke dalam satuan milimeter. Pada software ini perlu ditentukan batas nilai kapasitansi yang akan direkam oleh *wave probe*, yang diinputkan pada kolom batas atas dan batas bawah



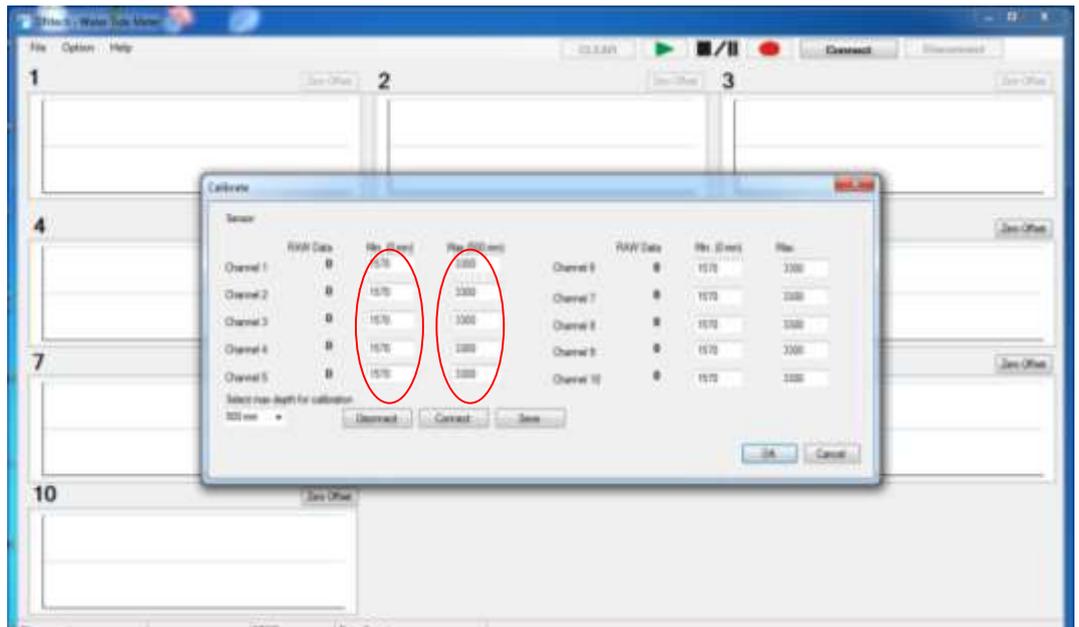
Gambar.3.12 Wave probe



Gambar 3.13 Amply dan software *water tide meter*

Sebelum kalibrasi dilakukan, tandai besi *wave probe* dengan ukuran sesuai dengan kedalaman air (80cm) yang akan digunakan saat running. Dalam pengujian kali ini, kalibrasi dilakukan dengan menggunakan software *Water Tide Meter*. Kalibrasi dilakukan dengan cara menempelkan ujung probe ke permukaan air, kemudian pada software akan muncul angka yang menunjukkan titik bawah dari kapasitansi. Setelah itu probe dicelupkan sampai kedalaman 80 cm, kemudian angka yang muncul di software dicatat sebagai titik atas dari kapasitansi probe. Titik bawah dan titik atas tersebut menjadi range gelombang yang akan tercatat pada probe pada saat gelombang dibangkitkan. Ke empat wave probe dikalibrasi dengan metode yang sama.

- Setelah membuka software *water tide meter* di komputer, klik setting untuk input nilai kapasitansi.



Gambar 3.14 Kolom *calibrate* pada software *Wave Tide Meter*

- Kemudian input angka hasil kalibrasi wave probe ke kolom *calibrate* yang terdapat pada lingkaran merah. Data yang di input terdapat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Angka kalibrasi *wave probe*

Batas Kapasitansi	probe 1	probe 3
Minimum	1848	1887
Maksimum	3490	3570

3.3.7 Peletakan *wave probe*

Dalam percobaan ini, probe yang digunakan berjumlah 3. Jarak probe dengan ujung depan model uji adalah sejauh satu panjang gelombang. Probe 2 diletakkan di belakang model uji, Sedangkan probe 3 untuk gelombang pantul diletakkan 50 cm dari ujung depan model uji. Karena terdapat banyak variasi tinggi dan periode gelombang, maka perhitungan panjang gelombang menggunakan variasi tinggi dan periode terbesar. Perhitungan panjang gelombang dapat dihitung melalui persamaan sebagai berikut

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = 1.56 T^2$$

Penentuan letak wave probe ini menggunakan acuan percobaan Goda & Suzuki. Penggunaan metode Goda & Suzuki (*Two waves gauges method*) hanya mengatur

jarak probe 1 dari model uji. Sedangkan untuk probe lainnya tidak ditentukan jarak secara detail.

Dalam percobaan ini perhitungan panjang gelombang menggunakan data periode terbesar, sehingga dengan metode iterasi didapatkan panjang gelombang sebagai berikut :

Diketahui :

Kedalaman air (d) : 0,3 m

Periode gelombang : 1,4 detik

$$L_0 = \frac{9.81 (1.4)^2}{2 \cdot (3.14)} = 1.56 (1.4)^2$$

$$L_0 = 3.057 \text{ meter}$$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{0.3}{3.057} = 0.0981$$

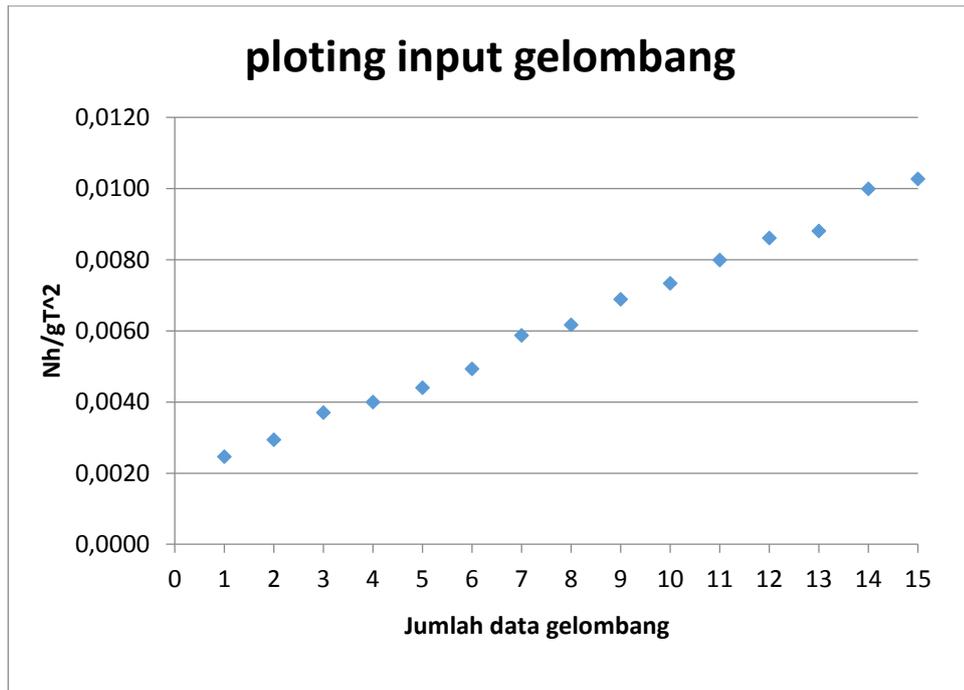
$$\frac{d}{L} = 0.13924 + \frac{0.0001}{0.001} (0.14011 - 0.13924) = 0.13932$$

$$L = \frac{0.3}{0.13932} = 2.1 \text{ meter}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan panjang gelombang 2.1 meter. Sehingga peletakkan wave probe 1 sejauh 2.1 meter di depan struktur

3.3.8 Menentukan variasi tinggi dan periode gelombang

Sebelum melakukan running terhadap konfigurasi model, terlebih dahulu menentukan input gelombang yang akan di running. Penentuan variasi periode dan tinggi gelombang dilakukan dengan cara menghitung parameter gelombang H/gT^2 dan kemudian di plot di grafik. Range grafik H/gT^2 adalah 0,01 – 0,001. Tujuan dari membuat plotting ini adalah agar hasil runningan dapat merata di range antara 0,01-0,001, sehingga dapat ditarik garis linear. Berikut adalah grafik beserta tabel plotting variasi gelombang pada tiap tiap konfigurasi model uji.



Gambar 3.15 Plotting variasi gelombang yang akan digunakan

Dari hasil perhitungan plotting diatas, terlihat rang nilai H/gT^2 antara 0,0024 – 0,01. Karena keterbatasan mesin pembangkit gelombang, dipilihlah 15 variasi gelombang yang akan digunakan untuk running pada kolam gelombang seperti pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.2 Variasi input gelombang konfigurasi A,B dan C

konfigurasi	H	T
A	0,02	1,1
	0,03	1,1
	0,04	1,1
	0,05	1,1
	0,02	1,2
	0,03	1,2
	0,04	1,2
	0,05	1,2
	0,06	1,2
	0,07	1,2
	0,04	1,3
	0,05	1,3
	0,02	1,4
	0,04	1,4
	0,05	1,4

konfigurasi	H	T
C	0,02	1,1
	0,03	1,1
	0,04	1,1
	0,05	1,1
	0,02	1,2
	0,03	1,2
	0,04	1,2
	0,05	1,2
	0,06	1,2
	0,07	1,2
	0,04	1,3
	0,05	1,3
	0,02	1,4
	0,04	1,4
	0,05	1,4

konfigurasi	H	T
B	0,02	1,1
	0,03	1,1
	0,04	1,1
	0,05	1,1
	0,02	1,2
	0,03	1,2
	0,04	1,2
	0,05	1,2
	0,06	1,2
	0,07	1,2
	0,04	1,3
	0,05	1,3
	0,02	1,4
	0,04	1,4
	0,05	1,4

3.4 Proses pengujian

Proses pengujian pada penelitian ini dilakukan dengan menjalankan gelombang irreguler. Proses pengujian dilakukan dengan cara menginput tinggi gelombang datang dan periode gelombang pada komputer yang tersambung oleh pembangkit gelombang. Data tinggi gelombang dan periode gelombang yang akan diinputkan sesuai dengan tabel variasi diatas. Proses running gelombang dilakukan sebanyak 15 kali pada tiap konfigurasi. Sehingga total jumlah runningan adalah sebanyak 45 kali.

Proses pengujian ini menggunakan bantuan software *water tide meter*. software ini terhubung oleh amply dan *wave probe*, sehingga saat gelombang menjalar, dapat direkam langsung software dan muncul grafik gelombang pada tiap probe. cara kerja *water tide software* adalah sebagai berikut:

- Pertama, sebelum menjalankan gelombang, terlebih dahulu men-setting workspace untuk menentukan *workspace* yang akan dipakai untuk merekam gelombang. Dalam penelitian ini, *workspace* yang dipakai adalah 3 menit.



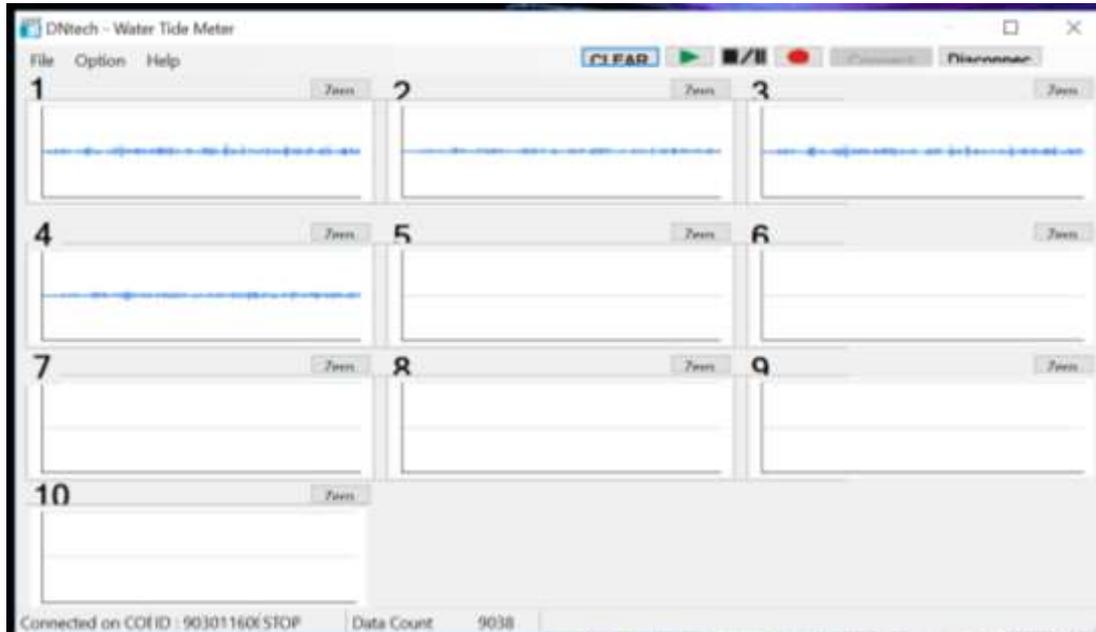
Gambar 3.16 Menu *setting* untuk mengatur *workspace* yang akan digunakan.

- Kedua, tentukan titik nol gelombang dengan cara klik *zero offset* pada saat kondisi air tenang. Setelah rekaman air tenang segaris dengan garis tengah yang terletak di tiap *workspace*, kemudian running gelombang bisa dilakukan
- Ketiga, running gelombang dilakukan melalui komputer operator. Pada saat gelombang pertama mengenai probe, klik tombol *connect* pada software *water tide meter* untuk mulai merekam gelombang yang menjalar. Kemudian klik stop saat *workspace* sudah penuh.
- Keempat, setelah running selesai simpan data gelombang yang terekam dengan cara klik save as, kemudian pilih file XLS untuk disave ke dalam format excel.
- Lakukan keempat langkah diatas untuk running gelombang pada tiap konfigurasi dan variasi gelombang.

3.5 Pengamatan dan pencatatan data

Data yang terekam oleh *water tide software* disimpan dalam bentuk excel. Didalam file excel tersebut terdapat angka angka yang menunjukkan ketinggian gelombang dari muka air tenang dalam satuan milimeter. Karena menggunakan ketelitian 50 data/detik, maka jumlah data yang terekam dalam satu kali running sekitar 9014 data gelombang. Setiap variasi gelombang dilakukan pencatatan data

.sehingga total data yang dicatat adalah $15 \times 3 = 45$ data runningan. Berikut contoh data hasil rekaman oleh software *water tide meter*.



Gambar 3.17 Pencatatan oleh software *water tide meter*

3.6 Analisa dan pembahasan

Analisa dilakukan setelah mendapatkan data dari eksperimen yang dilakukan di kolam uji laboratorium. Analisa dilakukan untuk mengetahui koefisien refleksi. Hasil perhitungan akan disajikan dalam bentuk grafik.

3.7 Kesimpulan

Dari hasil analisa akan diperoleh nilai koefisien refleksi dari masing masing konfigurasi. Dari nilai-nilai tersebut akan diperoleh konfigurasi yang paling baik untuk peredaman gelombang model hexagonal

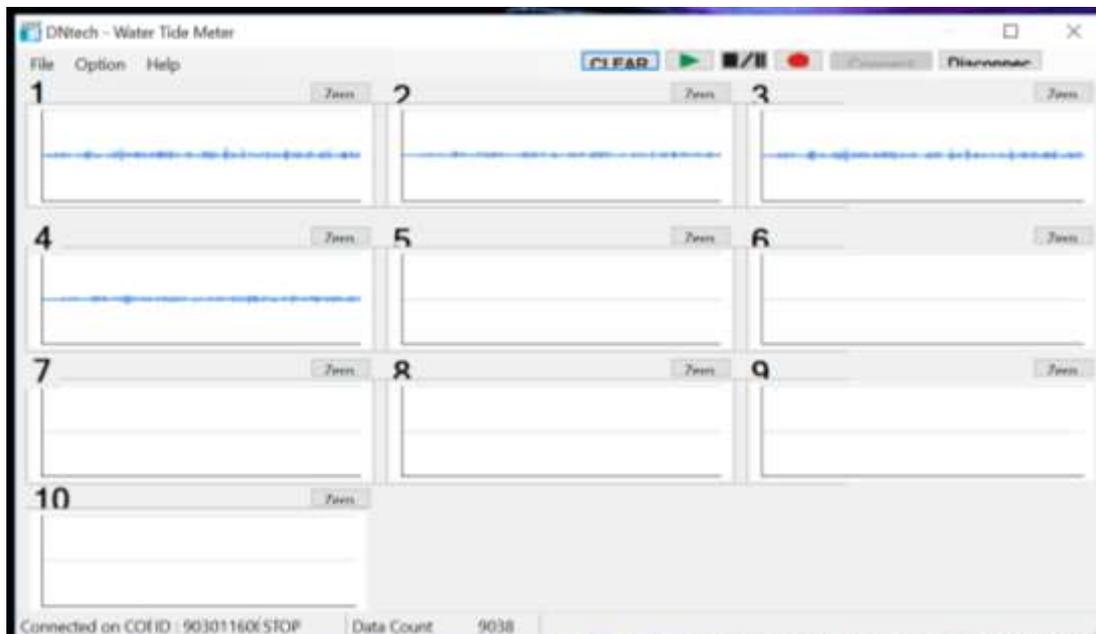
BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Data

4.1.1 Gelombang tercatat

Setelah melakukan uji laboratorium, didapatkan data dari hasil rekaman wave probe selama percobaan berlangsung. Data yang dihasilkan berupa data berupa nilai kapasitansi yang telah dikonversi kedalam ukuran milimeter pada excel oleh software *Water Tide Meter Software*. Berikut adalah tampilan data yang direkam oleh software *Water Tide* saat percobaan berlangsung.



Gambar 4.1 Tampilan *Water Tide Meter Software*

Pada tiap probe terekam data tinggi flutuasi gelombang dalam satuan milimeter. Karena pada saat setting software kita menggunakan ketelitian 50 data/detik, maka data yang dihasilkan adalah sebanyak 9084 data pada setiap runningan. Seperti terlihat pada gambar berikut.

Time (s)	Ch 1 (mm)	Ch 2 (mm)	Ch 3 (mm)	Ch 4 (mm)	Ch 5 (mm)	Ch 6 (mm)	Ch 7 (mm)	Ch 8 (mm)	Ch 9 (mm)	Ch 10 (mm)
0.02	3	8	5	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.04	2	13	4	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.06	-2	9	4	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.08	2	7	6	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.1	-2	8	6	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.12	0	8	4	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.14	2	9	4	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.16	1	10	3	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.18	1	10	6	-1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.2	-2	10	4	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.22	2	10	4	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.24	2	10	2	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.26	2	9	3	7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Gambar.4.2 Data hasil running

Pada gambar terlihat identitas data berupa waktu pengambilan data. Pada kolom pertama berisi keterangan waktu tiap detik saat data diambil. Pada kolom dua sampai kolom 5 berisi angka dalam satuan milimeter. Angka tersebut menunjukkan tinggi gelombang hasil rekaman wave probe pada saat running gelombang yang telah di konversi oleh *water tide meter software*.

Pada saat running gelombang, tinggi dan periode gelombang yang diinput ke mesin pembangkit memiliki perbedaan dengan tinggi dan periode gelombang tercatat sebagai output. Perhitungan tinggi dan periode gelombang tercatat dihitung menggunakan metode gelombang representatif yaitu H_a , dengan rumus

$$n = \frac{1}{3} x n x 100\% \quad (1)$$

$$H_{1/3} = \frac{\sum n}{n} \quad (2)$$

Dengan :

n = jumlah data

Tabel 4.1 Gelombang tercatat saat running gelombang pada ketiga konfigurasi.

Konfigurasi A			
input		output	
(m)	T (s)	H (s)	T (s)
0.02	1.1	0.0468	0.5255
0.03	1.1	0.0695	0.6081
0.04	1.1	0.1083	0.7877
0.05	1.1	0.1136	0.6440
0.02	1.2	0.0564	0.6429
0.03	1.2	0.0847	0.7725
0.04	1.2	0.1161	0.9114
0.05	1.2	0.1254	0.8145
0.06	1.2	0.1530	0.9474
0.07	1.2	0.1641	0.9302
0.04	1.3	0.1184	0.8675
0.05	1.3	0.1393	0.9686
0.02	1.4	0.0569	0.8802
0.04	1.4	0.1142	1.0140
0.05	1.4	0.1447	1.0588

Konfigurasi B			
input		output	
H (m)	T (s)	H (s)	T (s)
0.02	1.1	0.0519	0.6218
0.03	1.1	0.0783	0.8089
0.04	1.1	0.1125	0.8392
0.05	1.1	0.1262	0.8911
0.02	1.2	0.0551	0.6767
0.03	1.2	0.0849	0.7869
0.04	1.2	0.1181	0.9574
0.05	1.2	0.1204	0.8219
0.06	1.2	0.1551	0.9524
0.07	1.2	0.1564	0.8867
0.04	1.3	0.1184	0.8867
0.05	1.3	0.1427	0.9499
0.02	1.4	0.0547	0.7087
0.04	1.4	0.1135	0.9091
0.05	1.4	0.1431	0.9836

Konfigurasi C			
input		output	
H (m)	T (s)	H (s)	T (s)
0.02	1.1	0.0468	0.5255
0.03	1.1	0.0695	0.6081
0.04	1.1	0.1083	0.7877
0.05	1.1	0.1136	0.6440
0.02	1.2	0.0564	0.6429
0.03	1.2	0.0847	0.7725
0.04	1.2	0.1161	0.9114
0.05	1.2	0.1254	0.8145
0.06	1.2	0.1530	0.9474
0.07	1.2	0.1641	0.9302
0.04	1.3	0.1184	0.8675
0.05	1.3	0.1393	0.9686
0.02	1.4	0.0569	0.8802
0.04	1.4	0.1142	1.0140
0.05	1.4	0.1447	1.0588

4.2 Perhitungan Koefisien Refleksi

Pada gambar 4.2 diatas, terlihat probe yang digunakan sebanyak 4 probe. Namun dalam analisa ini data yang akan digunakan adalah data dari probe satu dan tiga. Dimana probe satu merekam data gelombang datang, dan probe tiga merekam data gelombang refleksi. Semua data yang tercatat akan diproses untuk mendapatkan nilai koefisien refleksi.

Perhitungan koefisien Refleksi ini menggunakan persamaan Goda & Suzuki (1985). Persamaan ini mengacu pada percobaan refleksi gelombang yang dilakukan oleh Goda & Suzuki menggunakan metode *two wave gauges*. Dalam percobaan tersebut, Goda & Suzuki (1985) menggunakan persamaan berikut yang telah di bahas lengkap di bab II.

$$K_R = \frac{a_i}{a_r}$$

Data yang telah didapat diolah untuk mendapatkan nilai amplitudo gelombang datang dan amplitudo gelombang refleksi. Pengolahan data ini menggunakan bantuan software MATLAB, karena jumlah data yang sangat banyak. Dari persamaan diatas, perhitungan refleksi dapat dilakukan dengan melakukan perbandingan antara amplitudo gelombang datang dengan amplitudo gelombang refleksi.

Setelah mendapatkan nilai amplitudo gelombang datang dan amplitudo gelombang refleksi, kemudian perhitungan koefisien refleksi dapat di lakukan. Berikut hasil dari perhitungan koefisien refleksi pada tiap konfigurasi

Tabel 4.2 nilai amplitudo dan nilai koefisien refleksi Konfigurasi A

H	T	ai	ar	Kr	g	H/gT ²
0.0498	0.5573	0.2490	0.0357	0.4588	9.81	0.0163
0.0714	0.6818	0.3567	0.06	0.2534	9.81	0.0157
0.1099	0.8933	0.5497	0.0616	0.3754	9.81	0.0140
0.1198	0.7742	0.5987	0.2166	0.3618	9.81	0.0204
0.0528	0.6383	0.2591	0.087	0.4637	9.81	0.0132
0.0839	0.7423	0.4200	0.1117	0.1120	9.81	0.0155
0.1162	0.9626	0.5809	0.1472	0.2661	9.81	0.0128
0.1339	0.9351	0.6698	0.3854	0.4372	9.81	0.0156
0.1592	1.0084	0.7956	0.3478	0.3588	9.81	0.0160
0.1561	0.9626	0.7805	0.4513	0.1682	9.81	0.0172
0.1187	1.0345	0.5938	0.3912	0.3588	9.81	0.0113
0.1468	1.0286	0.7342	0.4873	0.3956	9.81	0.0141
0.0567	0.8145	0.2840	0.0372	0.1433	9.81	0.0087
0.1222	1.0112	0.6111	0.3639	0.3356	9.81	0.0122
0.1497	0.9836	0.7488	0.4933	0.1311	9.81	0.0158

Tabel 4.3 nilai amplitudo dan nilai koefisien refleksi Konfigurasi B

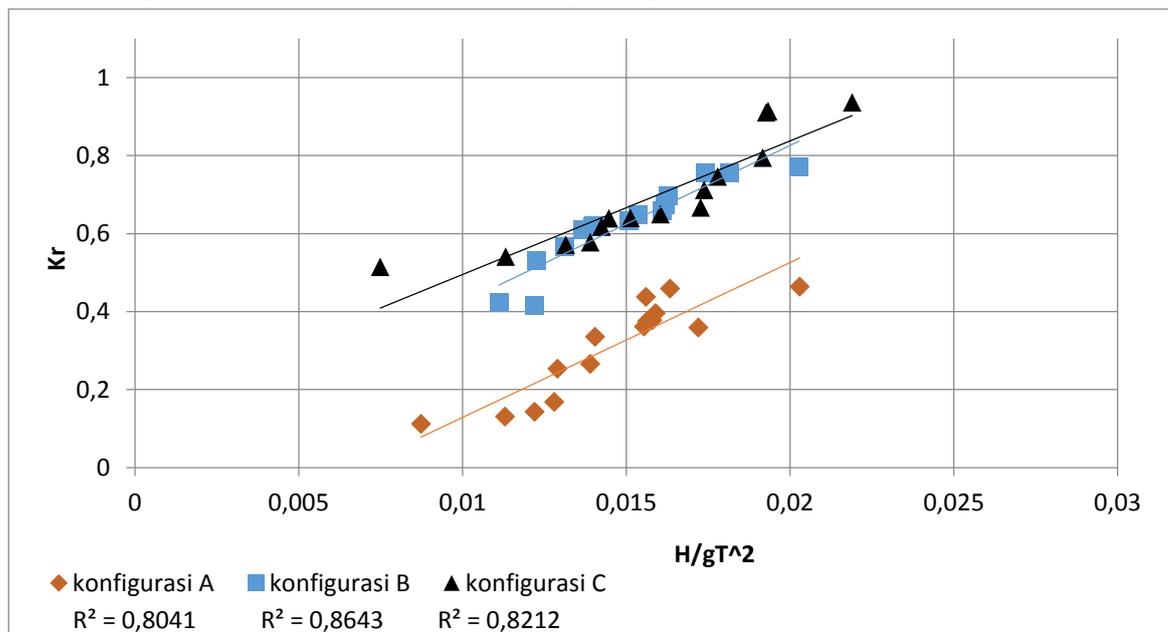
H	T	ai	ar	Kr	g	H/gT ²
0.0519	0.6218	0.0259	0.0158	0.6092	9.81	0.0137
0.0783	0.8089	0.0391	0.0088	0.2237	9.81	0.0122
0.1125	0.8392	0.0563	0.0177	0.3154	9.81	0.0163
0.1262	0.8911	0.0631	0.0335	0.5310	9.81	0.0162
0.0551	0.6767	0.0276	0.0156	0.5654	9.81	0.0123
0.0849	0.7869	0.0435	0.0262	0.6180	9.81	0.0140
0.1181	0.9574	0.0591	0.0399	0.6753	9.81	0.0131
0.1204	0.8219	0.0602	0.0420	0.6976	9.81	0.0182
0.1551	0.9524	0.0775	0.0568	0.7332	9.81	0.0174
0.1564	0.8867	0.0782	0.0584	0.7471	9.81	0.0203
0.1184	0.8867	0.0592	0.0486	0.8212	9.81	0.0153
0.1427	0.9499	0.0713	0.0613	0.8592	9.81	0.0161
0.0547	0.7087	0.0274	0.0238	0.8699	9.81	0.0111
0.1135	0.9091	0.0568	0.0542	0.9549	9.81	0.0140

Tabel 4.4 nilai amplitudo dan nilai koefisien refleksi Konfigurasi C

H	T	ai	ar	Kr	g	H/gt ²
0.0468	0.5255	0.0234	0.0120	0.5148	9.81	0.0173
0.0564	0.6081	0.0282	0.0161	0.5708	9.81	0.0155
0.0569	0.7877	0.0285	0.0168	0.5892	9.81	0.0094
0.0695	0.6440	0.0348	0.0318	0.9141	9.81	0.0171
0.0847	0.6429	0.0424	0.0229	0.5410	9.81	0.0209
0.1083	0.7725	0.0541	0.0312	0.5772	9.81	0.0185
0.1136	0.9114	0.0568	0.0347	0.6101	9.81	0.0139
0.1142	0.8145	0.0571	0.0381	0.6668	9.81	0.0175
0.1161	0.9474	0.058	0.0341	0.5878	9.81	0.0132
0.1184	0.9302	0.0592	0.0554	0.9360	9.81	0.0140
0.1254	0.8675	0.0627	0.0498	0.7942	9.81	0.0170
0.1393	0.9686	0.0696	0.0634	0.9104	9.81	0.0151
0.1447	0.8802	0.0723	0.0433	0.5992	9.81	0.0190
0.1530	1.0140	0.0765	0.0544	0.7115	9.81	0.0152
0.1641	1.0588	0.0821	0.0612	0.7459	9.81	0.0149

4.3 Pembahasan

4.3.1 Hubungan antara koefisien refleksi dengan H/gT^2

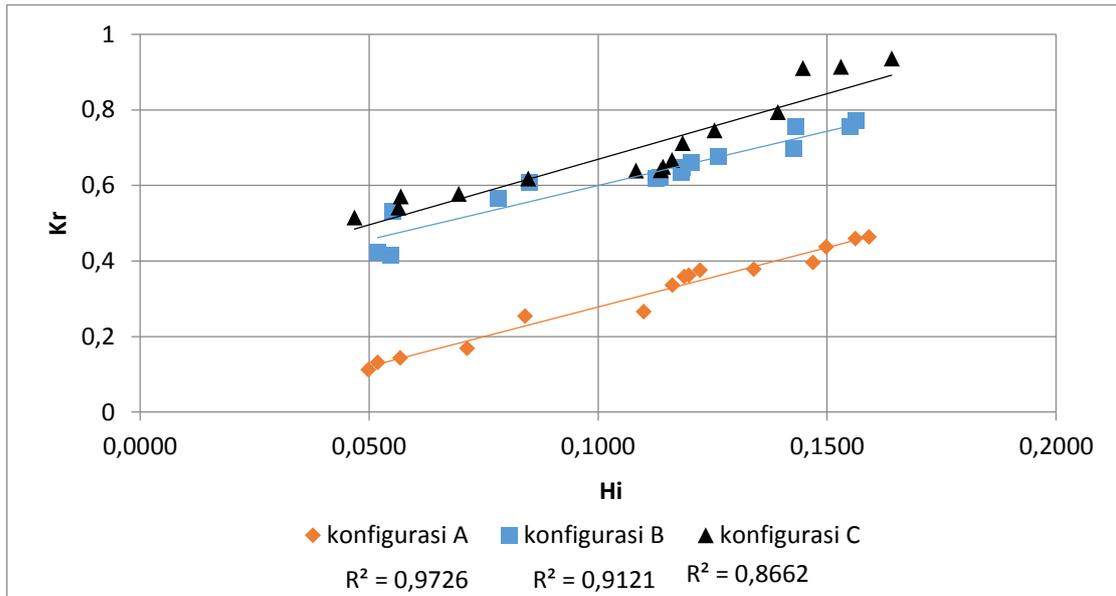


Gambar 4.3 Hubungan antara Kr dengan H/gT^2

Grafik 4.1 menunjukkan hubungan antara nilai koefisien refleksi dengan nilai *wave stepness*. Sumbu x adalah nilai *wave stepness* dan sumbu y adalah nilai koefisien

refleksi. Dari grafik diatas diperoleh nilai Kr pada konfigurasi A berkisar antara (0.11 – 0.46), nilai Kr pada konfigurasi B berkisar antara 0.41 – 0.77, sedangkan nilai Kr pada konfigurasi C berkisar antara 0.51 – 0.94. dari analisa grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai H/gT^2 berbanding lurus dengan nilai koefisien refleksi, dimana semakin tinggi nilai H/gT^2 , maka semakin tinggi pula nilai koefisien refleksi.

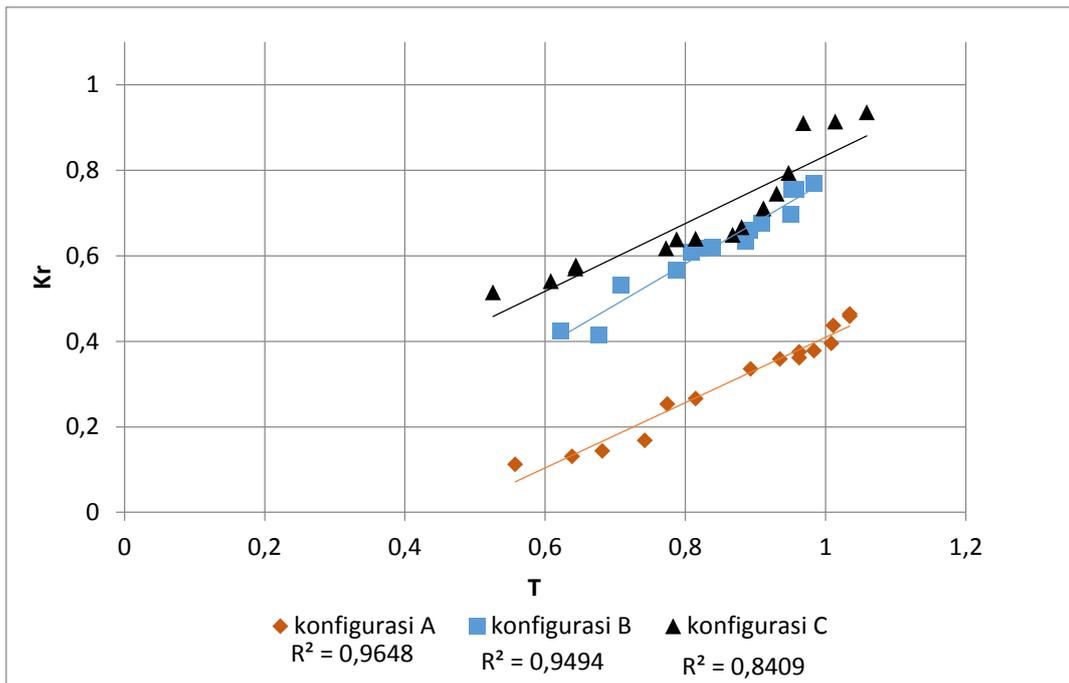
4.3.2 Hubungan koefisien refleksi dengan Tinggi Gelombang



Gambar 4.4 hubungan Kr dengan Hi

Grafik 4.1 menunjukkan hubungan antara nilai koefisien refleksi dengan nilai tinggi gelombang. Sumbu x adalah nilai tinggi gelombang dan sumbu y adalah nilai koefisien refleksi. Dari grafik diatas diperoleh nilai Kr pada konfigurasi A berkisar antara (0.11 – 0.46), nilai Kr pada konfigurasi B berkisar antara 0.41 – 0.77, sedangkan nilai Kr pada konfigurasi C berkisar antara 0.51 – 0.94. dari analisa grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai Hi berbanding lurus dengan nilai koefisien refleksi, dimana semakin tinggi nilai Hi , maka semakin tinggi pula nilai koefisien refleksi.

4.3.3 Hubungan koefisien refleksi dengan Periode Gelombang

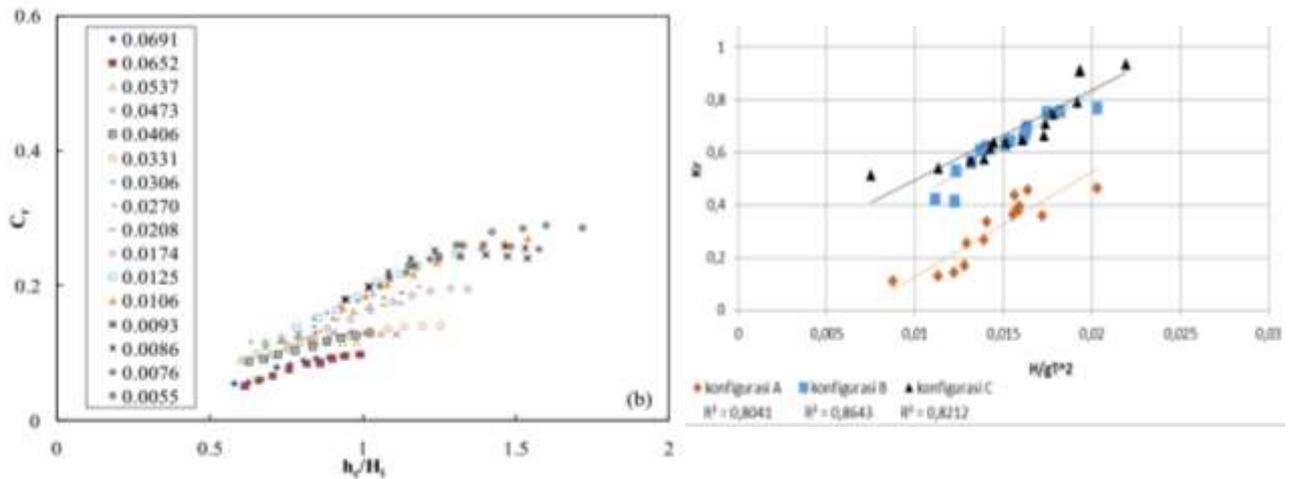


Grafik 4.5 Hubungan antara Kr dengan T

Grafik 4.1 menunjukkan hubungan antara nilai koefisien refleksi dengan nilai periode gelombang. Sumbu x adalah nilai periode gelombang dan sumbu y adalah nilai koefisien refleksi. Dari grafik diatas diperoleh nilai Kr pada konfigurasi A berkisar antara (0.11 – 0.46), nilai Kr pada konfigurasi B berkisar antara 0.41 – 0.77, sedangkan nilai Kr pada konfigurasi C berkisar antara 0.51 – 0.94. dari analisa grafik diatas dapat disimpulkan bahwa nilai T berbanding lurus dengan nilai koefisien refleksi, dimana semakin tinggi nilai T, maka semakin tinggi nilai koefisien refleksi.

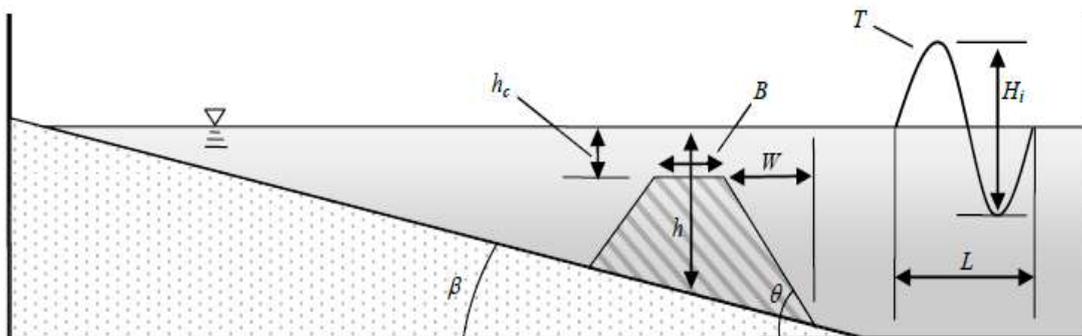
Pada grafik perbandingan nilai Kr dengan nilai *wave steepness* terlihat bahwa nilai kedua nya berbanding lurus, dimana semakin besar *wave steepness* semakin besar pula nilai koefisien refleksi. Hal ini berlaku pada semua konfigurasi. Pada grafik konfigurasi pertama, terlihat nilai perbandingan yang kecil. Hal ini disebabkan karena kecilnya pengaruh struktur konfigurasi pertama dalam hel redaman gelombang. Berbeda dengan konfigurasi pertama, nilai perbandingan antara konfigurasi 2 dan 3 memiliki nilai yang perbandingan yang besar dan saling berdekatan, nilai perbandingan yang dekat ini menunjukkan bahwa antara konfigurasi 2 dan 3 memiliki sedikit perbedaan karakteristik dalam hal peredaman gelombang.

4.4 Perbandingan nilai koefisien refleksi dengan penelitian sebelumnya



Gambar 4.6 Hasil Penelitian sebelumnya (kiri) & hasil penelitian *hexareef* (kanan)

Hasil penelitian model heksagonal di bandingkan dengan hasil penelitian sebelumnya. Pada gambar diatas terlihat hasil dari kedua penelitian. Hornack 2011 melakukan penelitian refleksi gelombang pada *submerged breakwater* bentuk trapesium. Pada penelitian tersebut terlihat nilai koefisien refleksi berkisar antara 0,05 – 0,33. Nilai ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai koefisien refleksi pada penelitian *hexareef*. Dimana penelitian *hexareef* memiliki nilai koefisien refleksi antara 0,11 – 0,94. Dari perbedaan nilai koefisien refleksi tersebut dapat disimpulkan bahwa struktur *hexareef* lebih baik daripada struktur trapesium (Honrack,2011) dalam merefleksikan gelombang .



Gambar 4.7 *Submerged Breakwater Trapeziodal* (Honrack,2011)

0BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa

1. Setelah running gelombang dengan variasi periode dan tinggi gelombang, di dapatkan nilai koefisien refleksi dari tiap konfigurasi. Yaitu nilai konfigurasi A berkisar antara 0.11 – 0,46, nilai koefisien refleksi konfigurasi B berkisar antara 0,42- 0.76, dan nilai koefisien refleksi untuk konfigurasi C berkisar antara 0,51 – 0,93.
2. Dari hasil perhitungan koefisien refleksi pada tiap konfigurasi, didapatkan nilai koefisien refleksi terbesar. Nilai koefisien refleksi terbesar pada percobaan ini yaitu 0,93. Nilai terbesar itu terdapat pada konfigurasi C. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dari ketiga konfigurasi, konfigurasi C merupakan konfigurasi paling baik dari ketiga konfigurasi.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan pengujian refleksi gelombang dengan spektrum gelombang lainnya.
2. Running gelombang dilakukan 3 kali pada tiap variasi gelombang untuk mengurangi data error saat perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, 2011. "Perencanaan Bangunan Pantai". Dikti. Kemendikbud RI.
- Musriyal. 2015. "Refleksi dan *Overtopping* Gelombang Pada *Breakwater* Dengan Pemusat Energi bentuk Cekung". Universitas Hasanuddin.
- Rindy. 2017. "Pengaruh Kemiringan Batu Pelindung BPPT-Lock Terhadap Koefisien Refleksi Gelombang Pada *SeaWall*". Teknik Kelautan, ITS.
- Sidek, dkk. 2007. " *The effect of Porosity of Submerged Breakwater Structures On Non-Breaking Wave Transformation*". Universitas Teknologi Malaysia.
- Akhwady., Mukhtasor., Armono., Mustain. 2012. "Pengaruh Beda Porositas Terumbu Buatan Tipe Silinder Berongga (*bottle Reef*) Sebagai *Submerged Breakwater* Terhadap Kinerja Peredaman Gelombang". Jurnal Kelautan Nasional Vol.17 No.2 Juni, Balitbang KKP RI.
- Saputra, "Studi Eksperimen Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Terapung Tipe Mooring". Jurnal , ITS.
- Anas, 2014. "Studi Pemecah Gelombang Blok Beton Berpori Susun Seri". Teknik Sipil, Universitas Hasanudin.
- Wahyudi, dkk. Januari 2005. " Pengaruh Spektrum Gelombang Terhadap Stabilitas Batu Pecah Pada Permukaan *Cellular Cofferdam* Akibat Gelombang *Overtopping*". Jurnal Teknologi Kelautan. Vol 9 No.1.ITS.
- Surendro, dkk. Desember 2014. " Transmisi dan Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda Tumpukan Batu". Jurnal Ilmu dan Terapan Bidang Teknik Sipil. Vol. 20 No.2. PII.
- MS., Guntur., dkk. 2009. " Rekayasa Terumbu Karang Buatan Dalam Upaya Pemulihan Ekosistem Terumbu Karang di Wilayah Sendang Biru Malang Selatan". Hibah Penelitian Strategis Nasional. Universitas Brawijaya.
- Putra, pradana. 2013. " Pengaruh Elevasi Muka Air Laut pada Koefisien Transmisi dan Koefisien Refleksi *Composite Breakwater*". Jurnal Teknik POMITS. Vol. 2 No. 1. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Faishal, 2017. “ Analisa Stabilitas Model Terumbu Buatan Bentuk Heksagonal”. Teknik Kelautan, ITS.

Winarto, 2017. “Pengaruh Konfigurasi Terumbu Buatan Bentuk Heksagonal Pada Transmisi Gelombang”. Teknik Kelautan, ITS.

Goda, Yoshimi. 1985. “Random Seas And Design of Maritime Structure”. Japan: University of Tokyo Press.

Triatmodjo, Bambang.1999. “Teknik Pantai”. Yogyakarta: Beta Offset.

Ochi, 1998. “OCEAN WAVES, The Stochastic Approach”. Amerika Serikat: Cambridge University Press.

http://www.coastalwiki.org/wiki/Artificial_reefs

LAMPIRAN 1

(Proses Pembuatan Model)

Pembuatan model



LAMPIRAN 2

(Proses Running dan Pengamatan)

KONFIGURASI A



KONFIGURASI B



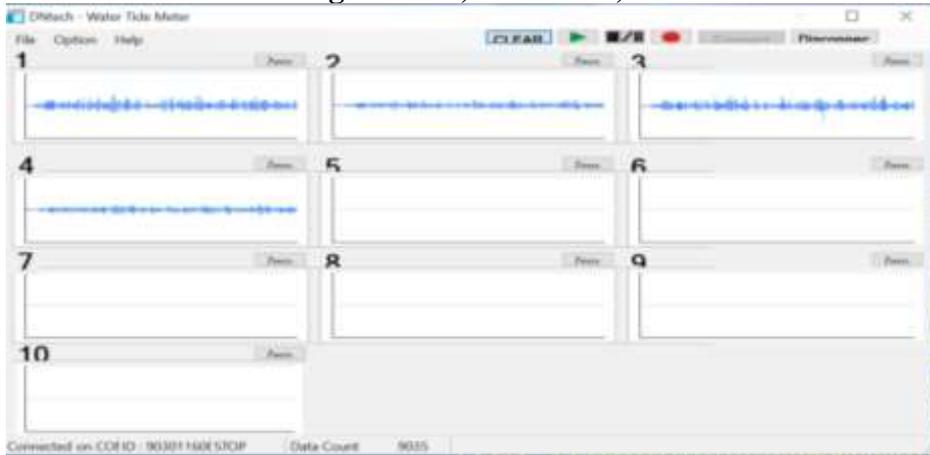
KONFIGURASI C



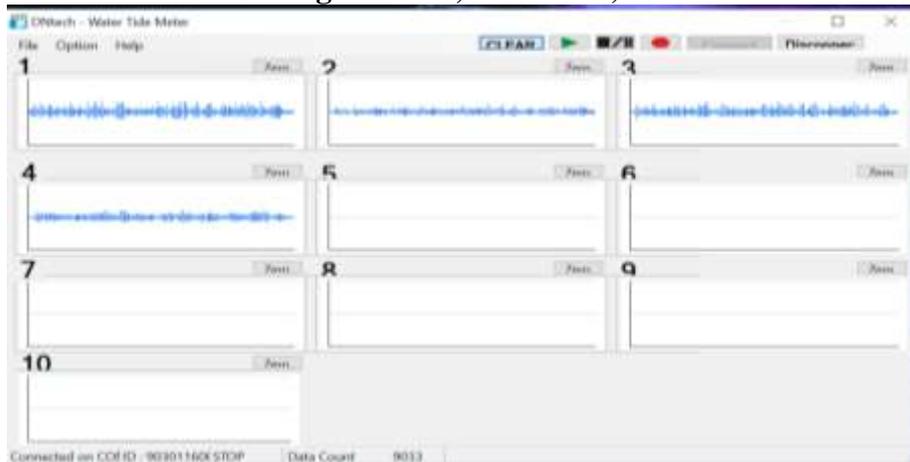
LAMPIRAN 3

(Rekaman saat running pada software)

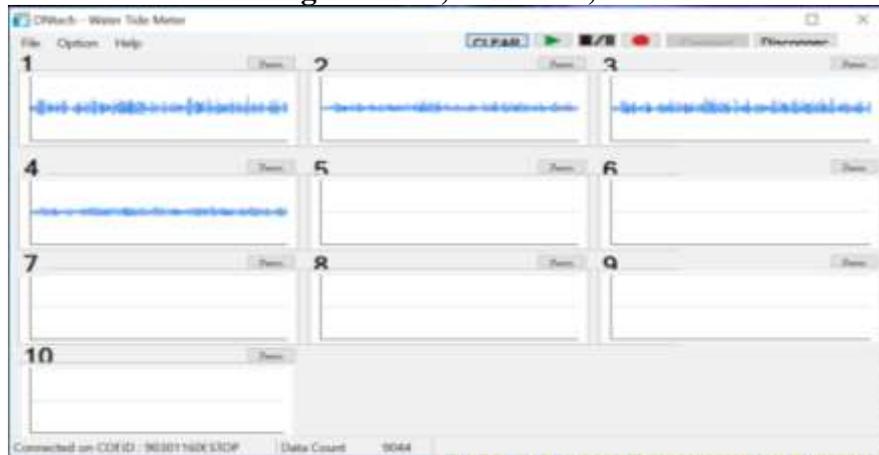
KONFIGURASI A
Running 10. H=0,07 m. T= 1,2 detik



KONFIGURASI B
Running 10. H= 0,07 m. T= 1,2 detik



KONFIGURASI C
Running 10. H= 0,07 m. T=1,2 detik.



LAMPIRAN 4

(Data hasil rekaman pada excel)

KONFIGURASI A

Time (S)	Ch 1 (mm)	Ch 2 (mm)	Ch 3 (mm)	Ch 4 (mm)	Ch 5 (mm)	Ch 6 (mm)	Ch 7 (mm)	Ch 8 (mm)	Ch 9 (mm)	Ch 10 (mm)
0.02		4	8	5	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.04		6	10	4	-2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.06		7	10	4	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.08		8	10	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.1		12	9	6	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.12		12	11	6	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.14		12	8	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.16		14	12	6	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.18		18	10	6	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.2		20	10	6	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.22		22	9	8	-4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.24		23	10	7	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.26		21	8	4	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.28		22	8	6	5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.3		26	7	2	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.32		28	6	2	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.34		27	6	4	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

H=0,07 T=1,2 detik

KONFIGURASI B

Time (S)	Ch 1 (mm)	Ch 2 (mm)	Ch 3 (mm)	Ch 4 (mm)	Ch 5 (mm)	Ch 6 (mm)	Ch 7 (mm)	Ch 8 (mm)	Ch 9 (mm)	Ch 10 (mm)
0.02		4	8	2	-14	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.04		4	8	3	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.06		4	7	6	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.08		2	6	6	-7	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.1		4	5	6	-5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.12		4	7	5	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.14		4	6	5	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.16		4	6	-1	-6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.18		4	4	2	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.2		4	5	2	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.22		3	6	1	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.24		1	2	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.26		4	3	1	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.28		3	3	4	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.3		4	4	2	3	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.32		2	2	2	1	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.34		2	2	2	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

H= 0,07 m, T= 1,2 detik

KONFIGURASI C

Time (s)	Ch 1 (mm)	Ch 2 (mm)	Ch 3 (mm)	Ch 4 (mm)	Ch 5 (mm)	Ch 6 (mm)	Ch 7 (mm)	Ch 8 (mm)	Ch 9 (mm)	Ch 10 (mm)
0.02	4	12	-8	0	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.04	2	14	-4	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.06	-2	14	-4	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.08	-6	17	-6	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.1	-10	18	0	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.12	-10	18	0	4	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.14	-15	18	-2	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.16	-17	20	3	2	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.18	-19	20	4	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.2	-22	19	4	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.22	-24	19	4	6	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.24	-24	19	5	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.26	-24	18	4	5	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.28	-26	18	8	9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.3	-26	20	8	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.32	-24	18	8	8	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.34	-24	18	8	10	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
0.36	-28	19	10	9	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

H=0,07 m. T= 1,2 detik

LAMPIRAN 5
(Pengolahan data dengan WAVAN dan MATLAB)

```
>> wavan

                          Program WAVAN
                          Wave Analysis

INPUT
enter input filename  bismillah1.txt
Enter Number of Columns in Input File:  2
Enter No. of Points (Multiple of 8):    9000
Do you want plots? - Yes=1, No=0:      0
Remove Mean (1) or Trend (2)?:         2
Enter Desired Resolution, M:           5

Enter Number of Bins for Histogram:  5

Basic Output
Mean Water Level           =  0.4979 centimetres
Water Level Trend         =  0.00035 cm/s
Sigma                     =  1.405 centimetres
Wave Statistics
Up-Crossing (1), Down-Crossing (2) or Average (3)?:  3
Number of Waves           =  323
Average Wave Period       =  0.5573 seconds
Significant Wave Height   =  4.9798 centimetres
Maximum Wave Height       = 10.9500 centimetres
Average Wave Height       =  2.3178 centimetres
rms Wave Height           =  3.1878 centimetres
Average of Highest 1/10   =  6.6909 centimetres
Sigmaz                    =  0.9109 centimetres
For the Raw Spectrum
fmin                      =  0.0056 Hz
Sigma                     =  1.4046 cm
S(p)                      = 20.4043 cm2/Hz
f(p)                      =  1.1222 Hz
T(p)                      =  0.8911 sec
Variance                  =  1.9729 cm2
Long Wave Variance        =  0.0277 cm2
Short Wave Variance       =  1.9452 cm2
Hmo                       =  5.62 cm
Long Wave Hmo             =  0.67 cm
Short Wave Hmo            =  5.58 cm
First Moment              =  2.46364 centimetres
Second Moment             =  7.40254 centimetres
Third Moment              = 87.79608 centimetres
Fourth Moment             = 1628.06086 centimetres
Epsilon Squared          =  0.98 centimetres
T(0,1)                   =  0.80 centimetres
T(0,2)                   =  0.52 centimetres
```

For the Spectrum with Defined Resolution

resolution = 0.0278 Hz
Sigma = 1.4040 cm
S(p) = 6.3954 cm²/Hz
f(p) = 0.9556 Hz
T(p) = 1.05 sec
Variance = 1.9713 cm²
Long Wave Variance = 0.0238 cm²
Short Wave Variance = 1.9475 cm²
Hmo = 5.62 cm
Long Wave Hmo = 0.62 cm
Short Wave Hm = 5.58 cm
First Moment = 2.46462 centimetres
Second Moment = 7.40014 centimetres
Third Moment = 87.67034 centimetres
Fourth Moment = 1624.80568 centimetres
Epsilon Squared = 0.98 centimetres
T(0,1) = 0.80 centimetres
T(0,2) = 0.52 centimetres

For the Average of 4 Spectra

fmin = 0.0222 Hz
Sigma = 1.4046 cm
S(p) = 6.3517 cm²/Hz
f(p) = 1.0444 Hz
T(p) = 0.96 sec
Variance = 1.9729 cm²
Long Wave Variance = 0.0265 cm²
Short Wave Variance = 1.9464 cm²
Hmo = 5.62 cm
Long Wave Hmo = 0.65 cm
Short Wave Hmo = 5.58 cm

For the Average of 7 Spectra

fmin = 0.0222 Hz
Sigma = 1.4246 cm
S(p) = 5.2852 cm²/Hz
f(p) = 0.9333 Hz
T(p) = 1.07 sec
Variance = 2.0294 cm²
Long Wave Variance = 0.0244 cm²
Short Wave Variance = 2.0050 cm²
Hmo = 5.70 cm
Long Wave Hmo = 0.62 cm

Short Wave Hmo = 5.66 cm

PEMROGRAMAN MATLAB

```
clear all;
load -ascii refleksion.txt % data are read into the matrix 'refleksion'

deltal=1.60; % distance between gauges
h=0.03; % water depth
T=0.5573; % wave period
L=findL(h,T); % wave length
k=2*pi/L; % wave number

eta1=refleksion(1:9000,2); % the first 32 values from column 2 are put
into 'eta1'
eta2=refleksion(1:9000,3); % the first 32 values from column 3 are put
into 'eta2'
n=length(eta1);

deltat=refleksion(2,1)-refleksion(1,1); % time between measurements
delta_f=1/(n*deltat); % basic frequency in Fourier Series

j=0:1:n-1;
t=j*deltat;
nul=eta1*0; % nul-line
plot(t,eta1,t,eta2,t,nul)
xlabel('time (secs)')
ylabel('surface elevation (meters)')
title('Time series of surface elevation')
legend('\eta_1', '\eta_2');

aogb=fft(eta1); % eta1 is Fourier-transformed
A1=real(aogb)/n*2; % a-vector in Fourier series for eta1
B1=-imag(aogb)/n*2; % b-vector in Fourier-series for eta1

% Note that if sampling time is equal to the period in a harmonic signal,
% only the amplitudes at the basic frequency, i.e. for j=1 in the Fourier
% series are significant. All other values are more or less noise.

figure; % new figure
subplot(2,2,1);
stem(j,A1,'r')
axis([0 5 -0.5 0.5])
xlabel('j')
ylabel('A1[j]')
title('Fourier coefficients at 1. gauge');

subplot(2,2,2);
stem(j,B1)
axis([0 5 -0.5 0.5])
xlabel('j')
ylabel('B1[j]');

aogb=fft(eta2); % eta1 is Fourier-transformed
A2=real(aogb)/n*2; % a-vector in Fourier series for eta2
B2=-imag(aogb)/n*2; % b-vector in Fourier-series for eta2

%figure; % dan ny figur
subplot(2,2,3);
```

```

stem(j,A2,'r')
axis([0 5 -0.5 0.5])
xlabel('j')
ylabel('A2[j]')
title('Fourier coefficients at 2. gauge');

subplot(2,2,4);
stem(j,B2)
axis([0 5 -0.5 0.5])
xlabel('j')
ylabel('B2[j]');

% ai og ar are calculated with Goda og Suzuki's method

K1=A2-A1*cos(k*deltal)-B1*sin(k*deltal);
K2=B2+A1*sin(k*deltal)-B1*cos(k*deltal);

ai=(K1.^2+K2.^2).^0.5/2/abs(sin(k*deltal));

K3=A2-A1*cos(k*deltal)+B1*sin(k*deltal);
K4=B2-A1*sin(k*deltal)-B1*cos(k*deltal);

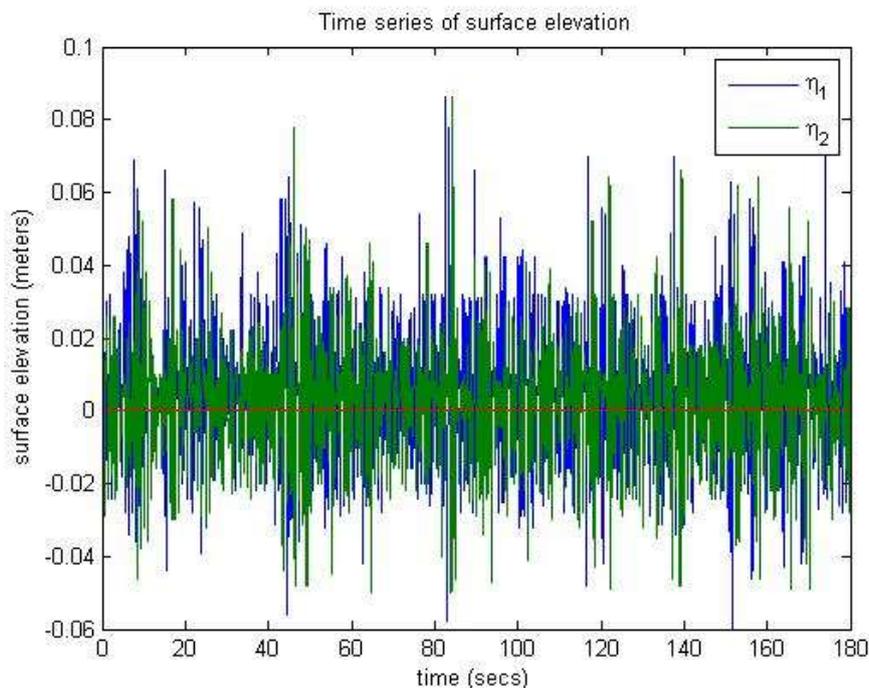
ar=(K3.^2+K4.^2).^0.5/2/abs(sin(k*deltal));

Cr=ar./ai;

% even though all values in the Cr-vector are different from zero, it is
only
% the values corresponding to j=1 in the Fourier series that has a
physical meaning
% All other values are found by dividing noise by noise because
% etal og eta2 are not perfect sine-functions (the values are taken from
% anumerical model)

disp(['The Refleksion Coefficient is ' num2str(Cr(2))])

```



BIODATA PENULIS



Jauhar Abid Mukarrom dilahirkan di Sidoarjo, 11 Mei 1994, merupakan anak ke dua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kemala Bhayangkari, SDN Sidoklumpuk, dan SMA Negeri 4 Sidoarjo. Setelah lulus dari SMA Negeri 4 Sidoarjo tahun 2013, Penulis mengikuti SNMPTN dan diterima di Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Di Departemen Teknik Kelautan, penulis mengambil bidang studi Rekayasa Perlindungan Pantai (*Coastal Engineering*). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di beberapa kegiatan kemahasiswaan seperti anggota Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan, staff ahli di departemen Kesma tahun 2014-2015. Penulis juga aktif di organisasi ekstra kampus sebagai Ketua Lembaga Teknologi Mahasiswa Islam. Selama kuliah, penulis melakukan kerja praktek selama 2 bulan di PT. Indospek Jakarta dengan menganalisa instalasi new pipeline.