



TUGAS AKHIR - MO 141326

**STUDI EKSPERIMEN REFLEKSI GELOMBANG PADA
TERUMBU BUATAN HEXAGONAL DENGAN PENGARUH
KONFIGURASI GAP SECARA HORIZONTAL**

GHIFARI

NRP. 0431134000084

Dosen Pembimbing

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

Sujantoko, ST, MT

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

**Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**



TUGAS AKHIR - MO 141326

**STUDI EKSPERIMEN REFLEKSI GELOMBANG PADA
TERUMBU BUATAN HEXAGONAL DENGAN PENGARUH
KONFIGURASI GAP SECARA HORIZONTAL**

GHIFARI

NRP. 0431134000084

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**



FINAL PROJECT - MO 141326

**EXPERIMENTAL STUDY OF REFLECTION WAVES ON
HEXAGONAL REEF WITH THE EFFECT OF GAP
CONFIGURATION IN HORIZONTAL**

GHIFARI

NRP. 0431134000084

Supervisors

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

Sujantoko, ST, MT

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

**Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018**

**STUDI EKSPERIMEN REFLEKSI GELOMBANG PADA
TERUMBU BUATAN HEXAGONAL DENGAN PENGARUH
KONFIGURASI GAP SECARA HORIZONTAL**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada program studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

GHIFARI

NRP. 0431134000084

Disetujui oleh:

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

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

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 EKSPERIMEN REFLEKSI GELOMBANG PADA TERUMBU
BUATAN HEXAGONAL DENGAN PENGARUH KONFIGURASI GAP SECARA
HORIZONTAL**

Nama : Ghifari

NRP : 0431134000084

**Pembimbing : Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., Ph.D.,
Sujantoko, ST., MT.,**

ABSTRAK

Seperti yang kita ketahui Indonesia sedang fokus terhadap pengembangan maritim. Salah satu aspek penting dalam pengembangan di bidang maritim adalah pembangunan struktur pelindung pantai sekaligus penjaga kelestarian ekosistem laut. Oleh karena itu, munculah beberapa ide untuk masalah erosi dan abrasi di sepanjang garis pantai Indonesia. Salah satunya adalah penggunaan terumbu buatan sebagai pemecah gelombang terbenam (Submerged Breakwater)., Variasi bentuk dari terumbu karang buatan itu sendiri banyak sekali macam dan modelnya tergantung kebutuhan dan kondisi lingkungan pesisir yang berbeda-beda di tiap daerahnya. Eksperimen pada studi yang dilakukan menggunakan model terumbu karang buatan dengan bentuk *hexagonal* dengan dimensi diameter 15 cm, tinggi 9 cm, sudut 84° , dengan jumlah 6 lubang, dan berat berkisar 1,5 kg sampai 2,5kg. . Hal yang diteliti dalam eksperimen ini adalah refleksi gelombang yang menghantam struktur untuk model dengan variasi tinggi gelombang, periode gelombang, dan konfigurasi gap secara horizontal. hasil eksperimen akan memberikan koefisien refleksi model terumbu karang buatan *hexagonal* yang akan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya,. sehingga dapat diketahui dimensi terumbu karang *hexagonal* mana yang mampu menyerap atau meredam energi lebih baik untuk mengatasi masalah erosi dan abrasi di garis pantai Indonesia.

Kata Kunci: *Struktur Pelindung Pantai, Breakwater, Pemodelan Fisik, Hexareef*

EXPERIMENTAL STUDY OF REFLECTION WAVES ON HEXAGONAL REEF WITH THE EFFECT OF GAP CONFIGURATION IN HORIZONTAL

Name : Ghifari

NRP : 0431134000084

**Supervisors : Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., Ph.D.,
Sujantoko, ST., MT.,**

ABSTRACT

Indonesia is focusing on maritime development. One of the most important aspects in maritime development is the growing of coastal protection structures which also serve as the preservation of marine ecosystems. Therefore, some ideas arose for preventing erosion and abrasion issues along the coastline of Indonesia. One of them is using artificial reefs; There are so many variation of the artificial reef shape and model depending on the needs and conditions of different coastal environments in each region. In this experiments, the reflection coefficient of hexagonal artificial reef model with with dimensions of 15 cm in diameter, 9 cm in height, with angle of 84° , and 6 holes, weights ranging from 1.5 kg to 2.5 kg will be examined. In this case, wave reflections that strike the artificial reef model will be studied based on the variation of wave height, wave period, and horizontal gap configuration. The result of reflection coefficient of hexagonal artificial reef model will be compared with previous research. Furthermore, an information of the best hexagonal artificial reefs configuration that able to absorb or dampen the energy will be obtained to overcome the problems of erosion and abrasion in the coastline of Indonesia.

Keywords: *Coastal Structure, Breakwater, Physical Modeling, Artificial Reef*

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT, karena berkat karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Studi Eksperimen Refleksi Gelombang pada Terumbu Buatan Hexagonal dengan Pengaruh Konfigurasi Gap secara Horizontal”.

Tugas akhir ini disusun penulis guna memenuhi salah satu syarat wajib yang harus di tempuh mahasiswa Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis sadar bahwa dalam pengerjaan dan penulisan tugas akhir ini memiliki kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan kritik dan saran yang sangat membangun. Agar kedepannya tugas akhir ini dapat dikembangkan lebih baik lagi oleh peneliti selanjutnya.

Wassalamualaikum Wr.Wb

Surabaya, 9 Januari 2018

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

Sehubungan dengan terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini, pertama penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Allah SWT karena dengan izinnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir beserta laporannya, serta pihak-pihak yang telah membantu saya, maka dalam lembar ini saya mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Eria Desomsoni dan Ibu Sylviawati Djaja selaku orang tua dari penulis, yang telah mengantarkan ke pintu perkuliahan dan dengan sabar membimbing secara moril dan materil, sehingga pada akhirnya penulis mampu menyelesaikan tugas akhir.
2. Bapak Haryo Dwito Armono, ST., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang selalu memberikan masukan dan arahan dalam pengerjaan tugas akhir ini dengan penuh kesabaran, sampai penulis mampu menyelesaikan tugas akhir.
3. Bapak Sujantoko, ST., MT., selaku dosen pembimbing II yang selama masa pengerjaan tugas akhir juga selalu memberi masukan agar hasil tugas akhir ini menjadi lebih baik lagi.
4. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc., Ph.D., selaku kepala Laboratorium *Flume Tank* yang telah mengizinkan penulis melakukan eksperimen menggunakan kolam *flume*.
5. Bapak Arif dan Bapak Aris selaku teknisi Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut yang telah membantu kelancaran eksperimen yang dilakukan penulis.
6. Tim eksperimen *hexareef* yang selalu memberikan dorongan moril agar penulis tetap semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini hingga selesai.
7. Teman-teman "Valtameri" angkatan 2013, yang menjadi teman menjalani masa-masa perkuliahan.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN JUDUL INGGRIS	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori.....	8
2.2.1 Terumbu Buatan.....	8
2.2.2 Pemodelan Fisik.....	9
2.2.3 Sebangun Geometrik.....	10
2.2.4 Teori Gelombang	11
2.2.5 Gelombang Irreguler	12
2.2.6 Refleksi Gelombang.....	13
2.2.7 Perhitungan Refleksi Gelombang Menurut Goda dan Suzuki	13
2.2.8 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	14
2.2.9 Karakteristik Gelombang	15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Diagram Alir	17
3.2 Penjelasan Diagram Alir	18
3.2.1 Studi Literatur	18
3.2.2 Persiapan Percobaan	18
3.2.3 Pelaksanaan Pengujian.....	22
3.2.4 Analisa Hasil	27
3.2.5 Kesimpulan	27

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1 Analisa Data.....	29
4.2 Perhitungan Koefisien Refleksi	33
4.3 Validasi Data.....	37
4.4 Pengaruh <i>Wave Steepness</i> terhadap Koefisien Refleksi	38
4.5 Pengaruh Lebar Relatif terhadap Koefisien Refleksi.....	39
4.6 Pengaruh Tinggi Gelombang terhadap Koefisien Refleksi.....	40
4.7 Pengaruh Periode Gelombang terhadap Koefisien Refleksi.....	41
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	43
5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43
DAFTAR PUSTAKA	45
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A DOKUMENTASI	
LAMPIRAN B DATA PEMBACAAN <i>WAVE PROBE</i>	
LAMPIRAN C TABEL PERHITUNGAN KOEFISIEN REFLEKSI	
LAMPIRAN D SEPARASI GELOMBAN DATANG DAN REFLEKSI PADA	
MATLAB	
LAMPIRAN E LANGKAH PENGOLAHAN DATA	
LAMPIRAN F KONSEP KALKULASI PERSAMAAN GODA PADA	
MATLAB	

DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Klasifikasi Gelombang Laut Menurut Kedalamannya.....	15
3.1	Variasi Konfigurasi <i>Hexareef</i>	23
3.2	Rencana Awal Penelitian	26
4.1	Hasil Kalibrasi.....	29
4.2	Variasi Tinggi Gelombang dan Periode.....	32
4.3	Koefisien Refleksi dari Pengujian dengan Beberapa Variasi	34

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
3.1	Diagram Alir Metodologi.....	17
3.2	Desain Model <i>Artificial Hexareef</i>	19
3.3	Kolam Gelombang	19
3.4	<i>Control Panel</i>	20
3.5	Komputer Kontrol	21
3.6	Pemasangan <i>Wave Probe</i>	21
3.7	Variasi Konfigurasi <i>Hexareef</i>	23
3.8	Konfigurasi Pada Kolam Gelombang	26
4.1	Input Kalibrasi <i>Wave Probe</i> pada <i>Wave Tide Meter Software</i>	30
4.2	Hasil Tes Gelombang Reguler	30
4.3	Hasil Tes Gelombang Irreguler.....	31
4.4	<i>Plotting Wave Steepness</i>	31
4.5	Bentuk Gelombang Irreguler Hasil Pengujian	32
4.6	Gerak Orbital Materi Air Pada Laut Transisi.....	33
4.7	Perbandingan antara Koefisien Refleksi dan <i>Wave Steepness</i>	39
4.8	Perbandingan antara Koefisien Refleksi dan Lebar Puncak Relatif ...	40
4.9	Perbandingan antara Koefisien Refleksi dan Tinggi Gelombang	41
4.10	Perbandingan antara Koefisien Refleksi dan Periode Gelombang.....	42

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Seperti yang kita ketahui Indonesia sedang fokus terhadap pengembangan maritim. Salah satu aspek penting dalam pengembangan di bidang maritim adalah pembangunan struktur pelindung pantai sekaligus penjaga kelestarian ekosistem laut. Masyarakat pesisir masih menghadapi empat persoalan utama yang harus dibenahi. Karena itulah, Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) akan mengintervensi penguatan ekonomi masyarakat pesisir dan ketahanan desa melalui Program Pengembangan Desa Pesisir Tangguh (PDPT). Menteri Kelautan dan Perikanan Sharif Cicip Sutardjo mengatakan, empat persoalan utama yang dihadapi masyarakat pesisir adalah tingkat kemiskinan, kerusakan sumber daya pesisir, rendahnya kemandirian organisasi sosial desa, serta minimnya infrastruktur dan kesehatan lingkungan di pemukiman desa. Keempat persoalan pokok di atas memberikan andil atas tingginya kerentanan desa menghadapi bencana alam dan perubahan iklim.

Dalam persoalan kerusakan sumber daya pesisir, masalah utama terdapat pada terumbu karang yang makin berkurang. Dimana, akan berdampak pada ancaman terhadap kelangsungan hidup terumbu karang, mengakibatkan kerusakan lingkungan yang besar. Terumbu karang yang merupakan sentral dari ekosistem laut sangat mempengaruhi kehidupan di laut. Komposisi oksigen di laut menjadi berkurang. Banyak biota laut, baik hewan maupun tumbuhan akan ikut musnah jika terumbu karang menjadi rusak. Selain itu, di daerah-daerah pesisir pantai akan mudah terjadi abrasi, mengakibatkan perubahan lingkungan yang drastis dan membuat tidak adanya perlindungan terhadap daerah pantai. Berbagai pencemaran yang terjadi bukan hanya merusak laut tapi juga mengancam kesehatan manusia. Namun, sudah banyak upaya yang dilakukan oleh pemerintah dalam melestarikan terumbu karang. Pemerintah sebagai pengatur dan pengawas masyarakat. Pemerintah dapat menetapkan kebijakan dan peraturan-peraturan untuk menyelamatkan

terumbu karang. Pemerintah juga dapat bekerja sama dengan lembaga-lembaga atau organisasi-organisasi lingkungan untuk menjaga kelestarian terumbu karang. Misalnya melakukan kampanye-kampanye lingkungan hidup bekerjasama dengan media-media atau organisasi seperti National Geographic Indonesia, WWF Indonesia, Yayasan Reef Check Indonesia, LIPI (Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia) dan Yayasan TERANGI (Terumbu Karang Indonesia) dan lainnya untuk mengawasi kelangsungan hidup terumbu karang. Baik mengawasi eksploitasi karena ulah manusia, pertumbuhan terumbu karang yang sedang direstorasi, dan pengawasan daerah terumbu karang yang terancam di Indonesia. Upaya restorasi adalah tindakan untuk membawa ekosistem yang telah terdegradasi kembali menjadi semirip mungkin dengan kondisi aslinya sedangkan tujuan utama restorasi terumbu karang adalah untuk peningkatan kualitas terumbu yang terdegradasi dalam hal struktur dan fungsi ekosistem. Mencakup restorasi fisik dan restorasi biologi. Restorasi fisik lebih mengutamakan perbaikan terumbu dengan fokus pendekatan teknik, dan restorasi biologis yang terfokus untuk mengembalikan biota berikut proses ekologis ke keadaan semula. Menurut Armono (2004), benda-benda ini digunakan untuk memberikan tempat perlindungan yang aman bagi hewan-hewan laut dan sekaligus juga meningkatkan produktifitas ikan, namun ada juga yang didesain terutama untuk mengurangi energi gelombang. Sedangkan menurut jaringan peneliti terumbu karang di Eropa (European Artificial Reef Research Network – EANRNN) mendefinisikan terumbu buatan sebagai suatu bangunan yang sengaja dibanamkan untuk menirukan karakteristik terumbu karang. Meninjau fungsi terumbu karang buatan yang bisa juga digunakan sebagai peredam energi gelombang, hal ini tentunya selaras dengan berkembangnya ilmu tentang rekayasa pantai yang saat ini sedang mengalami pergeseran paradigma dari pendekatan rekayasa secara teknis yang lugas (hard engineering approach) kearah pendekatan yang lebih mengedepankan aspek ramah lingkungan (soft engineering approach), misalnya bangunan pemecah gelombang yang awal ambangnya selalu terletak di atas muka air laut kini diturunkan elevasinya hingga terletak

dibawah muka air laut. Bleck (2002) menyatakan bahwa penggunaan pemecah gelombang tipe seawall dapat mengganggu pemandangan serta menyulitkan aktifitas masyarakat pantai. Suatu struktur pelindung pantai diperlukan untuk melindungi pantai terhadap erosi, namun diharapkan tidak merusak keindahan pantai (Yuwono, 1982). Dalam penelitian ini saya membuat ide penanaman terumbu buatan untuk menanggulangi terumbu karang yang sudah rusak, dan mampu sebagai struktur pelindung pantai dari erosi dan abrasi. Dan secara spesifik saya meneliti mengenai refleksi gelombang yang terjadi pada saat gelombang menghantam struktur. Dimana akan didapatkan koefisien refleksi yang dapat menunjukkan besarnya redaman yang dilakukan struktur terhadap gelombang. Adapun variasi yang digunakan adalah tinggi gelombang, periode gelombang, dan juga konfigurasi gap secara horizontal.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Berapa koefisien refleksi yang terjadi akibat pengaruh konfigurasi gap secara horizontal ?
2. Konfigurasi mana yang paling besar memberi refleksi dari beberapa konfigurasi terumbu buatan hexagonal tersebut?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Mengetahui nilai koefisien refleksi hexareef yang terjadi akibat pengaruh konfigurasi gap secara horizontal
2. Mengetahui mana konfigurasi yang paling efisien untuk meredam gelombang berdasarkan nilai koefisien refleksi.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Dapat memberikan informasi tentang daya redam gelombang dengan *submerged breakwater* bentuk hexagonal.
2. Dapat memberikan informasi tentang energi gelombang dan koefisien refleksi pada *submerged breakwater* bentuk hexagonal.
3. Dapat memberikan informasi tentang efisiensi dari beberapa konfigurasi *submerged breakwater* bentuk hexagonal.

1.5 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Variasi tinggi dan periode gelombang telah ditentukan.
2. Model yang digunakan yaitu terumbu karang bentuk hexagonal.
3. Gelombang yang digunakan adalah gelombang irreguler.
4. Dasar perairan model berupa rata dan licin.
5. Tinggi elevasi muka air telah ditentukan.
6. Arus yang melewati struktur tidak dianalisa.
7. Tidak dilakukan analisa geometri dan kekuatan struktur.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Sistematika Penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini dijelaskan mengenai latar belakang mengapa dilakukan penelitian ini, juga dibahas tentang perumusan masalah. Tujuan dan manfaat yang ingin dicapai dalam penelitian. Serta batasan-batasan masalah yang menjadi batasan acuan pengerjaan tugas akhir agar pembahasan tidak terlalu luas. Selain itu juga dijelaskan sistematika penulisan laporan untuk memudahkan pemahaman tentang susunan laporan ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Dalam bab II menjelaskan tentang tinjauan pustaka dan dasar teori yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penelitian juga sebagai landasan penyelesaian tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab III menjelaskan langkah-langkah pelaksanaan penelitian untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini menjelaskan tentang bagaimana hasil analisa dari penelitian yang telah dilakukan. Serta membahas hasil pengolahan data yang nantinya akan menjawab mengapa penelitian ini dilakukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab V menjelaskan tentang semua jawaban dari permasalahan yang didapat dan memberikan saran untuk peneliti selanjutnya.

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Terumbu karang buatan adalah benda yang di turunkan ke dasar perairan sehingga berfungsi layaknya habitat ikan. Banyak bentuk konstruksi dan jenis material yang diaplikasikan pada terumbu buatan, dari balok kayu biasa, papan, beton semen, besi dan kapal, bus bekas, PVC dan bahkan ban bekas. Pembuatannya mungkin pekerjaan mudah. Tapi proses penenggelaman dan penempatannya di laut memerlukan keterlibatan para ahli di bidangnya. Penenggelamannya tidak bisa di sembarang tempat di laut. Kedalamannya saja harus memenuhi syarat minimal 10 sampai 20 meter dari permukaan laut, supaya tidak mengganggu pelayaran. Selain itu dasar laut harus dipilih yang tidak berlumpur. Setelah terpasang di lokasi yang memenuhi syarat, di permukaan ditempatkan sebuah pelampung yang dihubungkan dengan tali dan diikatkan pada karang buatan itu. Pelampung itu akan menjadi tanda atau peringatan bagi pengguna perairan, misalnya nelayan, bahwa di lokasi dimaksud terdapat karang buatan. Kemudian terumbu buatan akan dihinggapi oleh binatang-binatang karang, yang seiring perjalanan waktu akan mengalami proses pengerasan atau pengapuran. Semakin lama berada di kedalaman air dan mengalami proses seperti itu, benda tersebut akan makin kuat, dan diharapkan bisa menjadi tempat bagi ikan-ikan di laut untuk bertelur serta tumbuh dan berkembang. Dengan fungsi seperti itu, karang buatan mirip dengan rumpon, hanya bedanya terumbu karang buatan memiliki fungsi-fungsi lain yang lebih kompleks. Pada penelitian sebelumnya digunakan struktur berupa *seawall* dengan pelindung kaki BPPT-*lock*. Akan dilakukan variasi tinggi gelombang yaitu 0,03 m, 0,05 m, 0,06 m dan 0,07 m. Sedangkan periode gelombang yaitu 1,2 dan 1,4 detik serta kemiringan pelindung kaki (*toe protection*) BPPT-*lock* yaitu 1:1,15 ; 1:1,5 dan 1:2. Hasil akhir dari penelitian ini dapat diperoleh grafik hubungan antara *wave stiffness* atau H/gT^2 dan koefisien refleksi (K_r). Pada penelitian ini digunakan struktur berupa *artificial hexa reef* dengan

dimensi diameter 25 cm, tinggi 15 cm, sudut 60°, dengan jumlah 8 lubang, dan berat berkisar 1,5 kg sampai 2,5kg dengan perbandingan model dan prototype 1:8. Dalam menentukan struktur yang paling baik memantulkan refleksi maka perlu dilihat bahwa semakin besar nilai H/gT^2 maka semakin besar juga nilai koefisien refleksi (K_r) yang didapatkan yang berarti semakin baik untuk memantulkan gelombang.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Terumbu Buatan

Terumbu karang adalah sekumpulan hewan karang yang bersimbiosis dengan sejenis tumbuhan alga yang disebut zooxanthellae. Istilah terumbu buatan ini adalah *fish aggregation device* (FAD) yaitu suatu cara mengubah suatu perairan yang sepi ikan menjadi perairan yang banyak ikan dan memperbaiki tutupan terumbu karang yang telah rusak. Peran terumbu karang ditinjau dari aspek konservasi, terumbu karang mempunyai fungsi dalam hal pemeliharaan proses-proses ekologis dan sistem penyangga kehidupan di wilayah pesisir, laut dan pulau-pulau kecil, habitat berbagai jenis biota sehingga berfungsi sebagai pengawetan keanekaragaman hayati dan plasma nutfah. Keberadaan terumbu karang merupakan benteng alamiah yang melindungi pantai dari bahaya erosi dan abrasi karena mampu meredam energi gelombang sebelum mencapai pantai. Ekosistem terumbu karang juga merupakan pabrik alam bagi terbentuknya pasir putih. Ditinjau dari aspek produksi, keberadaan ekosistem terumbu karang memberi manfaat yang besar bagi pemenuhan kebutuhan pangan, bahan baku industri dan menopang mata pencaharian masyarakat pesisir melalui kegiatan perikanan. Ekosistem terumbu karang merupakan habitat berbagai biota laut bernilai ekonomis penting. Peranan terumbu karang dalam menunjang perikanan sedikit-tidaknya dapat dilihat dari tiga aspek yaitu penangkapan ikan secara langsung di dalam ekosistem terumbu karang, penangkapan ikan di sekitar terumbu karang dan penangkapan ikan di laut lepas yang produktivitasnya didukung oleh keberadaan ekosistem terumbu karang. Sementara itu ditinjau dari aspek

rekreasi dan pariwisata, ekosistem terumbu karang memberi kontribusi yang signifikan bagi kemajuan pembangunan pariwisata khususnya pariwisata bahari. Kerusakan ekosistem terumbu karang selain disebabkan oleh cara-cara pengelolaan yang salah, juga sebagian besar disebabkan oleh ulah manusia yang tidak memperhatikan aspek kelestarian sumberdaya berkelanjutan dan berbasis masyarakat.

2.2.2 Pemodelan Fisik

Model yaitu bentuk sederhana dari sebuah bangunan atau objek, keadaan atau sebuah proses. Model dapat digolongkan menjadi model numerik dan model fisik. Model fisik dapat didefinisikan sebagai berikut :

- Pembuatan kembali sebuah sistem (biasanya dalam ukuran yang lebih kecil) dengan sedemikian rupa sehingga gaya-gaya dominan yang bekerja pada sistem tersebut terwakili dengan baik dan dengan proporsi yang valid menyerupai kondisi sistem fisik sesungguhnya. (Hughes, 1993)
- Model fisik adalah penyederhanaan dan pembuatan kembali sebuah objek menjadi lebih kecil menyerupai prototipenya dimana proses proses aliran dan karakteristiknya diteliti sedemikian rupa untuk mencari solusi permasalahan di bidang hidrodinamika dan hidraulika.

Dapat disimpulkan bahwa pemodelan fisik adalah pembuatan kembali objek dengan skala tertentu yang lebih sederhana sehingga perilaku model yang akan diuji serupa dengan perilaku prototipe-nya.

Terdapat keuntungan dan kekurangan dari pemodelan fisik. Dean dan Dalrymple (2000), menyatakan terdapat dua keuntungan dari pemodelan fisik, yaitu:

- Dalam pemodelan fisik, persamaan yang dipakai tanpa menyederhanakan asumsi yang biasanya digunakan untuk model analitis atau model numerik.
- Dari segi biaya untuk pengumpulan data, adanya model dalam skala kecil akan mempermudah pencatatan data dan pengurangan biaya, bila dibandingkan dengan pengumpulan data lapangan tentu lebih

sulit dan mahal, juga pengukuran data lapangan yang simultan sulit dicapai.

Selain kedua hal diatas, keuntungan dari pemodelan fisik yaitu adanya kebebasan dalam melakukan percobaan yang memungkinkan membuat simulasi keadaan yang ada di alam yang sangat bervariasi. Sedangkan kekurangan dari pemodelan fisik yaitu kurangnya fungsi gaya dan kondisi alam yang tidak disertakan dalam pemodelan fisik, biasanya hanya pembangkit gaya gelombang saja yang dimodelkan. Menurut Hughes (1993), pemodelan fisik juga terdapat kesalahan (error) yang mungkin terjadi, diantaranya:

- Efek laboratorium yang dapat mempengaruhi proses simulasi secara keseluruhan kalau tidak dilakukan pendekatan yang sesuai dengan prototipenya. Karena ketidak mampuan untuk menghasilkan kondisi pembebanan yang realistis serta adanya pengaruh keterbatasan yang dipunyai model terhadap proses yang disimulasikan.
- Efek skala, terjadi karena membuat model yang lebih kecil dari prototipe yang sebenarnya, sehingga tidak mungkin memodelkan semua variabel yang relevan dalam hubungan yang benar satu sama lain. Dapat diumpamakan adanya efek skala ini sama dengan adanya penyederhanaan pemodelan numerik.
- Pemodelan fisik ini relatif lebih mahal dibandingkan dengan model numerik. Pada situasi dimana model numerik memberikan hasil yang handal, maka tentu saja pilihan akan jatuh ke penggunaan model numerik.

2.2.3 Sebangun Geometrik

Keserupaan geometri dapat terpenuhi jika perbandingan (skala) dimensi panjang (L) dari model dan *prototipe* sama. Hubungan ini hanya menunjukkan keserupaan dalam bentuk, tidak dalam hal gerak (motion). Skala panjang model dan tinggi model dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (2.1)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \quad (2.2)$$

dengan:

- n_L = skala panjang
- L_p = panjang pada prototip
- L_m = panjang pada model
- h_p = panjang pada prototip
- h_m = panjang pada model

2.2.4 Teori Gelombang

Teori gelombang merupakan sebuah formulasi pendekatan dari gelombang pada kondisi yang sebenarnya, karena pada dasarnya gelombang di alam memiliki bentuk sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random. Teori gelombang mendeskripsikan fenomena alam dengan yang memenuhi suatu asumsi tertentu. Teori gelombang mungkin tidak valid / salah dalam mendeskripsikan fenomena lain yang tidak memenuhi asumsi tersebut (CERC,2007). Asumsi dasar dari teori gelombang adalah sebagai berikut :

- Fluida dianggap homogen dan ideal (tidak bisa ditekan / *infiscid* dan *incompressible*)
- Tekanan permukaan diabaikan
- Gaya coriolis karena rotasi bumi diabaikan
- Tekanan pada permukaan bebas dianggap konstan dan *uniform*
- Gerak partikel berdiri sendiri, tidak saling mengganggu dan bertubrukan selama bergerak.
- Dasar laut dianggap datar, tetap *impermeable*, sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol
- Amplitudo gelombang relatif kecil disbanding panjang gelombang.

Parameter penting untuk menjelaskan teori gelombang adalah panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air dimana gelombang tersebut menjalar. Parameter-parameter lainnya seperti pengaruh kecepatan dapat ditentukan dari ketiga parameter pokok diatas. Adapun pengertian dari beberapa parameter tersebut, yaitu :

- Tinggi gelombang / *wave height* (H), merupakan jarak vertikal dari lembah gelombang (*trough*) ke puncak gelombang (*crest*).
- Panjang gelombang / *wave length* (L_0), merupakan jarak horisontal dari puncak gelombang ke puncak berikutnya, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang.
- Periode gelombang / *wave period* (T), merupakan waktu yang ditempuh untuk mencapai satu panjang gelombang.
- Amplitudo gelombang / *wave amplitude* (A), diukur dari permukaan air tenang (*still water level* / *SWL*) ke puncak gelombang atau dari *SWL* ke lembah gelombang. Didefinisikan $H/2$
- Kecepatan rambat gelombang / *wave celerity* (C), merupakan perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T).
- Angka gelombang / *wave number* (k), didefinisikan sebagai $2\pi / L$

2.2.5 Gelombang Irregular

Secara umum, gelombang di laut sangat kompleks dan sulit untuk digambarkan secara matematis diakibatkan oleh ketidaklinierannya, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang acak, dimana suatu deret gelombang memiliki tinggi dan periode yang berbeda. Menurut Bhattacharyya (1972), gelombang irregular memiliki ciri-ciri sebagai berikut:

- Permukaan gelombang merupakan permukaan yang tidak beraturan

- Permukaan gelombang yang tidak beraturan selalu berubah dari waktu ke waktu dan bervariasi dari tempat ke tempat, tergantung oleh kecepatan angin.
- Dari interval ke interval, pola atau bentuk gelombang irregular tidak pernah berulang

2.2.6 Refleksi Gelombang

Ketika gelombang yang datang mengenai atau membentur rintangan seperti bangunan pelindung pantai, maka gelombang tersebut akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Peristiwa dipantulkannya kembali gelombang yang membentur rintangan disebut refleksi gelombang. Analisa refleksi gelombang sangat penting dalam perencanaan bangunan pelindung pantai, karena untuk mengetahui apakah bangunan tersebut dapat menyerap energi gelombang secara optimal. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang dapat diketahui melalui koefisien refleksi. Koefisien refleksi yaitu perbandingan antara tinggi gelombang pantul atau refleksi dengan tinggi gelombang datang. Koefisien refleksi dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$Kr = \frac{Hr}{Hi} = \left(\frac{Er}{Ei}\right)^{0,5} \quad (2.9)$$

Kr : Koefisien Refleksi

Hr : Tinggi Gelombang setelah refleksi

Hi : Tinggi Gelombang datang

Er : Energi Gelombang Refleksi

Ei : Energi Gelombang datang

2.2.7 Perhitungan Refleksi Gelombang Menurut Goda dan Suzuki

Pada uji coba di wave flume, hal yang patut jadi perhatian untuk selanjutnya menjadi acuan adalah karakteristik gelombang yang terjadi dan koefisien refleksi yang terjadi akibat adanya struktur. Goda dan Suzuki (1985) menemukan metode yang menggunakan teknik perubahan Fourier.

Persamaan yang bisa menggambarkan kejadian refleksi gelombang yang terjadi di *wave flume* saat struktur sudah terpasang adalah

$$h_i = \alpha_i \cos(kx - \omega t + e_i) \quad (2.10)$$

$$h_r = \alpha_r \cos(kx - \omega t + e_r) \quad (2.11)$$

dengan akhiran “I” dan “R” mengatakan Incident dan Reflected.

Sumbu positif X diambil dari arah datang gelombang yang menuju struktur. Bila diasumsikan profil gelombang terekam di 2 tempat, yaitu:

$c_1 = c$ dan $c_2 = c_1 + D_L$ maka :

$$\begin{aligned} h_1 &= (h_i + h_r)_{x=x_1} \\ &= A_1 \cos(\omega t) + B_1 \sin(\omega t) \end{aligned} \quad (2.12)$$

$$\begin{aligned} h_2 &= (h_i + h_r)_{x=x_2} \\ &= A_2 \cos(\omega t) + B_2 \sin(\omega t) \end{aligned} \quad (2.13)$$

dengan :

$$A_1 = \alpha_i \cos f_i + \alpha_r \cos f_r \quad (2.14)$$

$$B_1 = \alpha_i \sin f_i + \alpha_r \sin f_r \quad (2.15)$$

$$A_2 = \alpha_i \cos(kD_L + f_i) + \alpha_r \cos(kD_L + f_r) \quad (2.16)$$

$$B_2 = \alpha_i \sin(kD_L + f_i) + \alpha_r \sin(kD_L + f_r) \quad (2.17)$$

$$f_i = k x_1 + e_i \quad (2.18)$$

$$f_r = k x_1 + e_r \quad (2.19)$$

untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada lampiran F.

2.2.8 Fast Fourier Transform (FFT)

Sinyal periodik non-sinusoidal yang terdiri dari banyak komponen frekuensi sinusoidal diskrit. Proses untuk mendapatkan spektrum frekuensi $H(f)$ yang terdiri dari sinyal h tergantung waktu (t) disebut Analisis Fourier yang disebut Fourier Transform (FT).

Contoh umum dari spektrum frekuensi beberapa sinyal sederhana periodik terdiri dari jumlah terbatas atau tak terbatas. Namun, sebagian

besar sinyal elektronik tidak periodik dan juga memiliki durasi yang terbatas. Sebuah pulsa persegi tunggal atau sinyal sinusoidal eksponensial membusuk adalah contoh khas sinyal non-periodik, durasi terbatas. Bahkan sinyal-sinyal ini terdiri dari komponen sinusoidal namun tidak terpisah di alam, yaitu H yang sesuai (f) adalah fungsi kontinu dari frekuensi daripada serangkaian komponen sinusoidal diskrit, $H(f)$ dapat diturunkan dari $h(t)$ dengan menggunakan Fourier Integral. Konversi ini dikenal sebagai (forward) Fourier Transform (FT). Kebalikan Fourier Transform (FT -1) juga dapat dilakukan.

2.2.9 Karakteristik Gelombang

Selama penjalaran gelombang dari laut dalam ke laut dangkal, orbit partikel mengalami perubahan bentuk. Di laut dalam orbit perpindahan partikel berbentuk lingkaran pada seluruh kedalaman. Di laut transisi dan laut dangkal lintasan partikel berbentuk ellips. Semakin besar kedalaman laut, bentuk ellips semakin pipih, dan di dasar laut gerak partikel adalah horizontal.

Hal ini di pengaruhi oleh cepat rambat gelombang dan panjang gelombang. Untuk lebih jelasnya klasifikasi gelombang laut bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Klasifikasi Gelombang Laut Menurut Kedalamannya

Klasifikasi laut	h/L	$2\pi h/L$	$\tanh(2\pi h/L)$
Perairan dalam	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Transisi	$1/25 \dots 1/2$	$1/4 \dots \pi$	$\tanh(2\pi h/L)$
Perairan dangkal	$< 1/25$	$< 1/4$	$\approx 2\pi h/L$

Perhitungan untuk panjang gelombang adalah sebagai berikut :

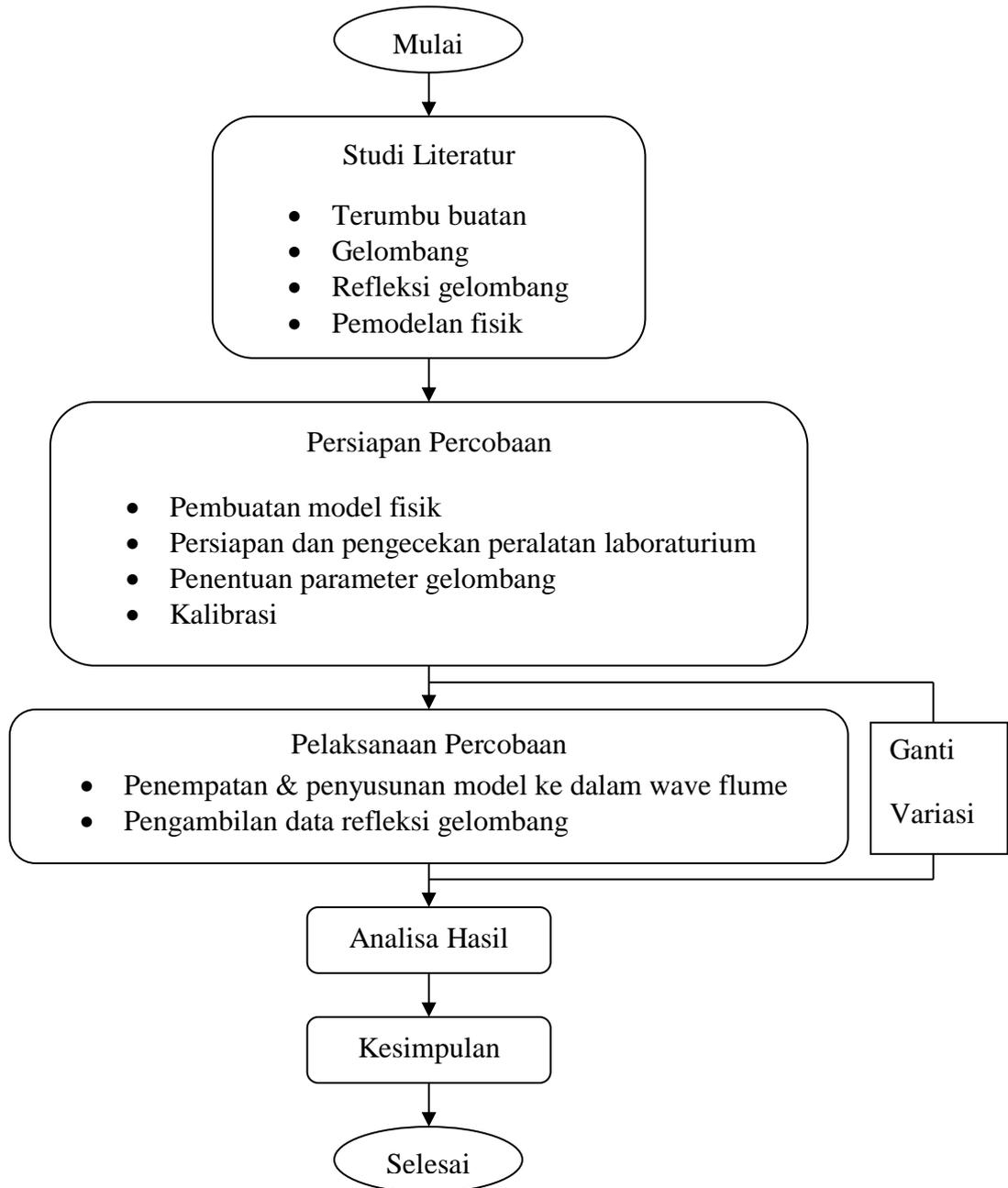
$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh kd \quad (2.10)$$

Setelah mengetahui panjang gelombang, maka bisa dilihat bentuk gerak orbital materi air menurut klasifikasi kedalamannya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir

Dalam penelitian ini diagram alir diuraikan sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

3.2. Penjelasan Diagram Alir

Berikut akan diuraikan langkah-langkah yang dilakukan di dalam diagram alir pada Gambar 3.1 :

3.2.1. Studi Literatur

Pada langkah ini kegiatan yang dilakukan oleh penulis adalah mencari, mengkaji, dan mengumpulkan data mengenai materi yang dibutuhkan dan berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan.

3.2.2. Persiapan Percobaan

Dalam penelitian ini menggunakan model fisik sebagai objek pengujian. Oleh karena itu diberlakukan kontrol dalam pengujian benda uji, yang bertujuan untuk mendapatkan hubungan sebab akibat dari hasil pengujian, untuk lebih jelasnya dokumentasi dapat dilihat pada Lampiran

A. Pada langkah persiapan dilakukan hal-hal dibawah ini:

a. Pembuatan model fisik

Model fisik dibuat dengan dimensi berskala 1:10 dengan prototipe yang akan direalisasikan. Sehingga dalam variasi konfigurasi gap secara horizontal juga dapat diberlakukan skala yang sama, sehingga akan didapatkan kondisi *real* saat di lapangan nantinya. Berikut rumus sebangun geometrik yang digunakan:

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} = \frac{150}{15} = 10$$

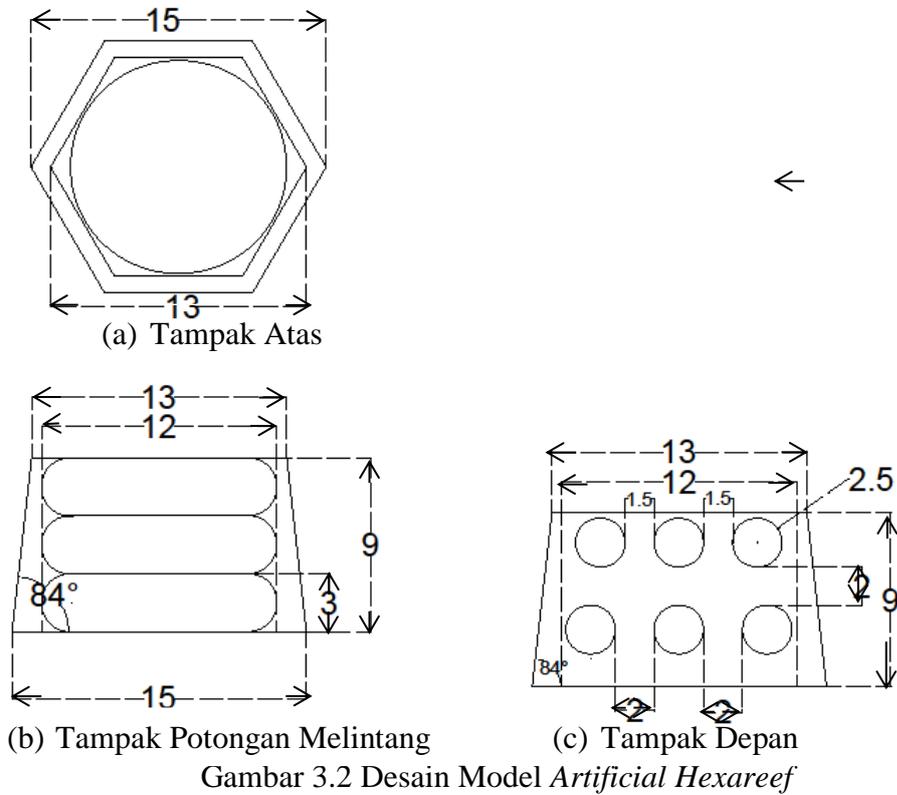
Dengan :

n_L = skala panjang

L_p = panjang pada prototip

L_m = panjang pada model

Sehingga didapatkan dimensi model dengan skala 1:10 seperti pada Gambar 3.2.



b. Persiapan dan Pengecekan Peralatan Laboratorium

Percobaan dilaksanakan di Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS. Peralatan didalam laboratorium yang akan digunakan antara lain:

- Kolam Gelombang

Kolam gelombang yang digunakan memiliki ukuran panjang 20m, tinggi 2.3m, dan lebar 2.5m. Seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Kolam Gelombang

- **Pembangkit Gelombang**

Pembangkit gelombang terdiri atas 4 unit pengapung dan penggerak gelombang, sebuah pengontrol tekanan dan sebuah komputer khusus dengan sinyal listrik. Masing-masing pengapung digerakkan ke atas dan ke bawah oleh actuator, yang terdiri dari linear slide assembly dan AC servo motor. Semua gerakan apung diserentakkan, semua penggerak dikontrol dengan komputer, *control panel* dapat dilihat pada Gambar 3.4



Gambar 3.4 *Control Panel*

- **Interface ADC**

Laboratorium *wave tank* dilengkapi dengan *Interface ADC* (*Analog Digital Converter*). Alat ini berfungsi merubah data analog dari *wave probe* menjadi data digital yang diproses dengan menggunakan piranti lunak.

Dengan perangkat ini maka dapat diketahui hasil percobaan secara digital maupun grafik. Dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Komputer Kontrol

- *Wave Probe*

Wave probe merupakan alat pengukur tinggi gelombang, apabila alat tersebut tercelup ke dalam air maka elektroda tersebut mengukur konduktivitas volume air. Konduktivitas tersebut berubah secara proporsional sesuai dengan variasi perubahan elevasi muka air. Jumlah *wave probe* yang digunakan pada penelitian ini dipasang minimal 3 buah seperti Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Pemasangan *Wave Probe*

- Penentuan Parameter Gelombang

Parameter gelombang digunakan untuk menentukan input pada pengujian yang hasilnya dapat dianalisa. Parameter gelombang meliputi:

- Tinggi gelombang (H)
- Periode Gelombang(T)

- Kalibrasi

Kalibrasi wajib dilakukan karena alat ukur yang digunakan sebagai sensor adalah *wave probe*, dimana sensor ini akan mengeluarkan hasil berupa besaran voltase. Yang nantinya voltase ini harus kita konversikan ke satuan tinggi berupa meter. Agar data dapat diolah dalam tabel. Contoh kalibrasi dalam penelitian sebelumnya adalah sebagai berikut:

- Kalibrasi pertama yaitu menggunakan alat ukur gelombang (*wave probe*), dengan cara mencatat *zero point* dari *wave probe* dan merekam kalibrasinya dengan menurunkan dan menaikkan *wave probe* sejauh 10 cm dari posisi *zero point*. Setelah proses pencatatan kalibrasi selesai, maka *wave probe* harus dikembalikan ke posisi *zero point*. Kalibrasi ini bertujuan untuk mencari hubungan antara perubahan elektrode yang tercelup dalam air dengan perubahan voltase yang tercatat pada *recorder*.

3.2.3. Pelaksanaan Pengujian

Dalam langkah ini model akan disusun sesuai variasi konfigurasi yang telah ditentukan dan diuji dengan variasi parameter gelombang yang telah ditentukan juga. Hal-hal yang dilakukan yaitu :

a) Penempatan & penyusunan model ke dalam *wave flume*

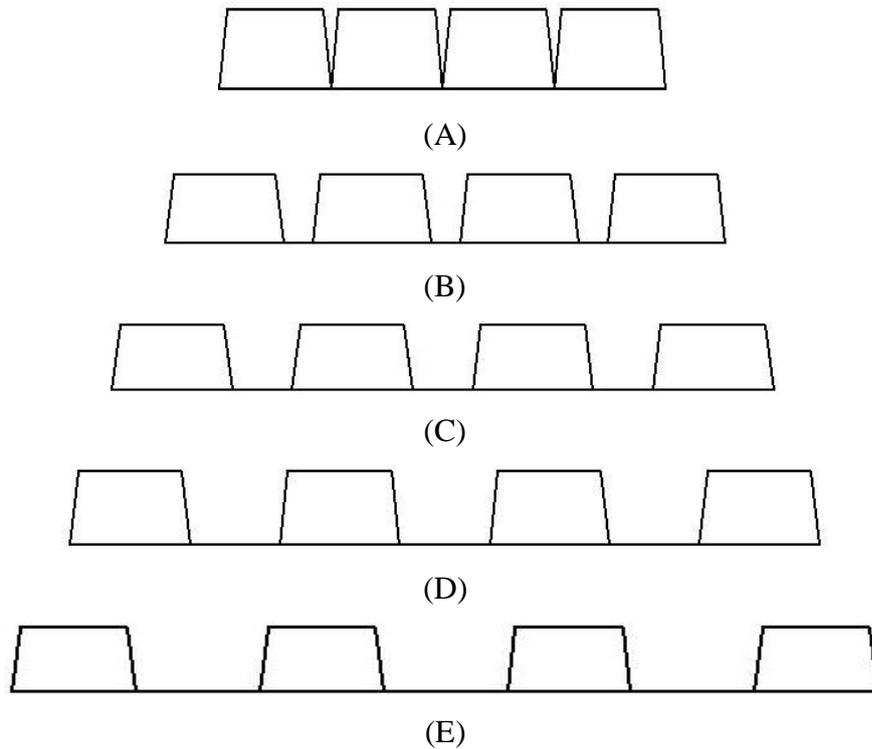
Model yang diuji akan disusun didalam *wave flume* berdasarkan beberapa konfigurasi yang telah ditentukan untuk diteliti. Konfigurasi model akan divariasikan dengan konfigurasi horizontal dengan jarak (*gap*) yang telah ditentukan pula yaitu dengan jarak 0d ;

$\frac{1}{4} d$; $\frac{1}{2} d$; $\frac{3}{4} d$ dan d , dimana d merupakan diameter model. Seperti pada Tabel 3.1 :

Tabel 3.1. Variasi Konfigurasi *Hexareef*

Nama Variasi Konfigurasi	Jarak (cm)
A	0
B	3,75
C	7,5
D	11,25
E	15

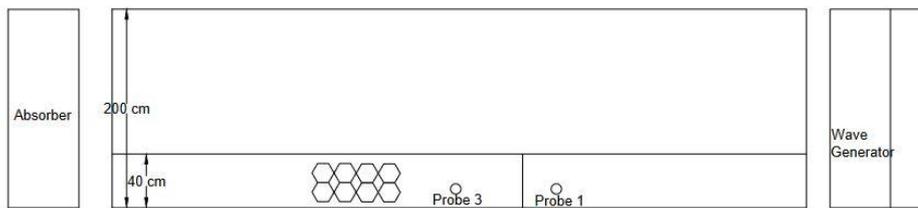
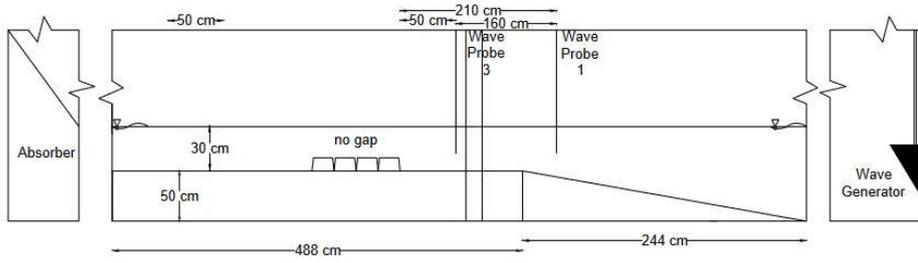
Dibawah ini merupakan gambaran dari penyusunan konfigurasi terumbu buatan bentu hexagonal:



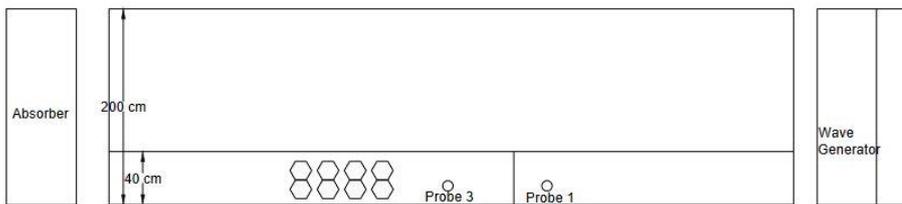
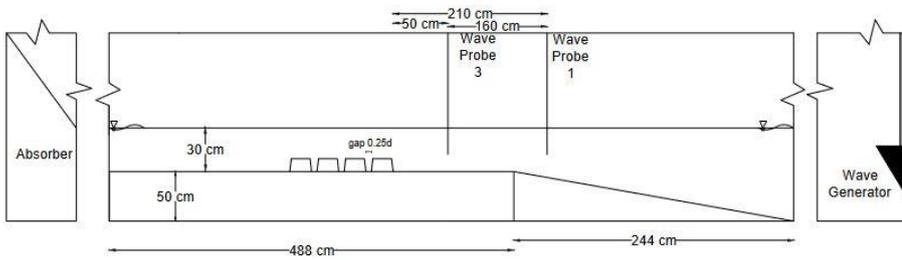
Gambar 3.7 Variasi Konfigurasi *Hexareef*

Penyusunan konfigurasi model *Hexareef* akan dilakukan pada kolam gelombang sebagai tempat dilakukannya percobaan penelitian

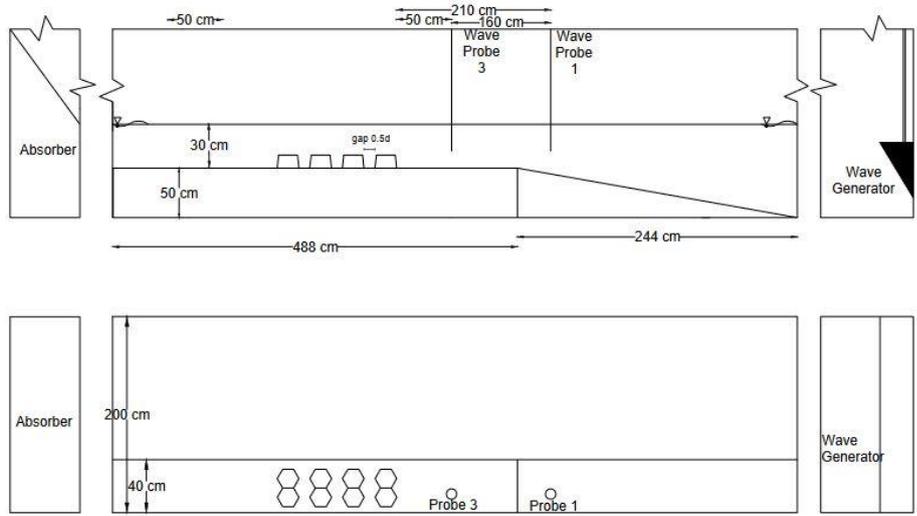
ini. Di dalam kolam gelombang telah disusun alas untuk pengujian *Hexareef* yang dapat dilihat pada gambar 3.8



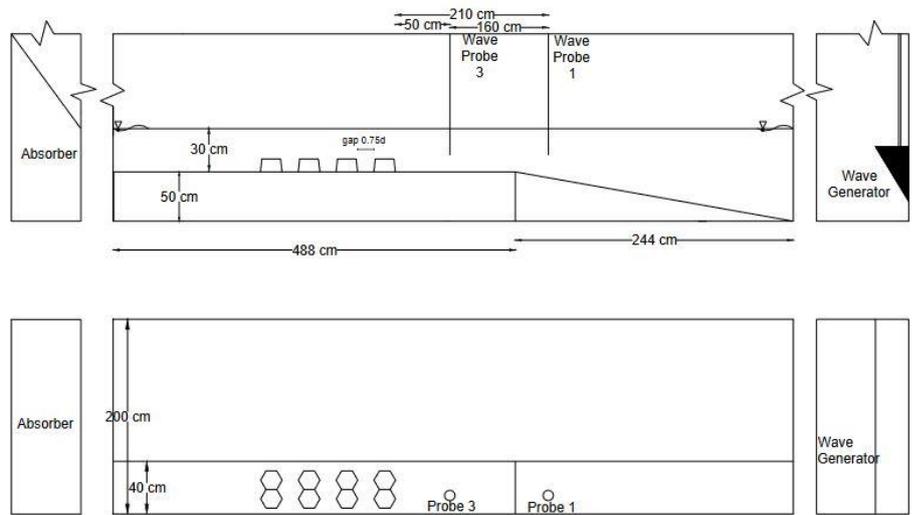
(A)



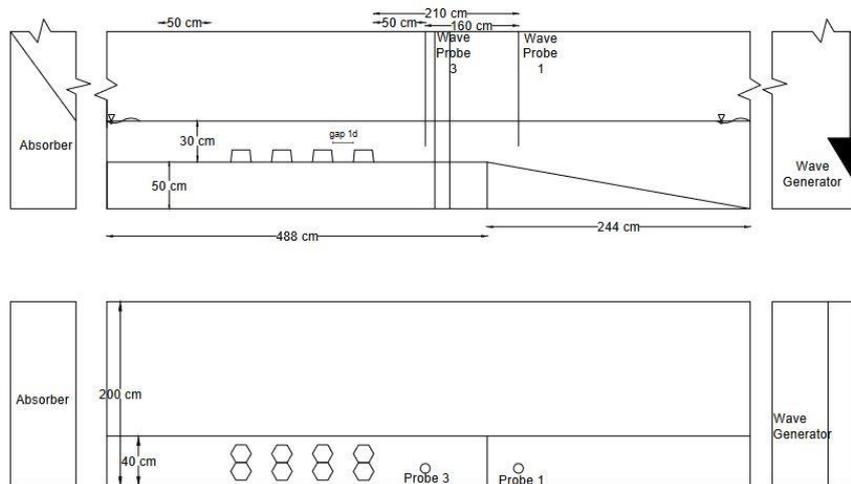
(B)



(C)



(D)



(E)

Gambar 3.8 Konfigurasi Pada Kolam Gelombang

Dalam Tabel 3.2 memperlihatkan rencana awal variasi dari penyusunan konfigurasi terumbu buatan bentuk hexagonal:

Tabel 3.2 Rencana Awal Penelitian

No	Konfigurasi	Tipe Gelombang	Tinggi Gelombang (cm)	Periode (s)	Jumlah Gelombang
			H	T	
1	B	Gelombang Irregular	3	1,3	200
			5	1,5	
			7	1,7	
2	C		3	1,3	
			5	1,5	
			7	1,7	
3	D		3	1,3	
			5	1,5	
			7	1,7	
4	E	3	1,3		
		5	1,5		
		7	1,7		

b) Pengambilan data refleksi gelombang

Semua rancangan konfigurasi yang telah ditetapkan akan di uji, dengan memasukkan terumbu buatan ke flume tank dengan semua konfigurasi susunan dan semua rancangan variasi parameter gelombang (tinggi gelombang, periode gelombang dan elevasi muka air) yang telah di tentukan pula.

3.2.4. Analisa Hasil

Data yang didapat akan diolah dengan persamaan Goda dan Suzuki menggunakan Matlab sehingga dihasilkan nilai Koefisien Refleksi. Lalu dibandingkan dengan grafik dimensional dan non dimensional yang memiliki korelasi dengan koefisien refleksi.

3.2.5. Kesimpulan

Setelah melakukan analisa secara menyeluruh maka akan didapatkan besar koefisien refleksi yang nantinya akan dibandingkan dengan variasi pada percobaan konfigurasi gap terumbu buatan secara horizontal, sehingga didapatkan hasil variasi redaman yang paling baik .

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

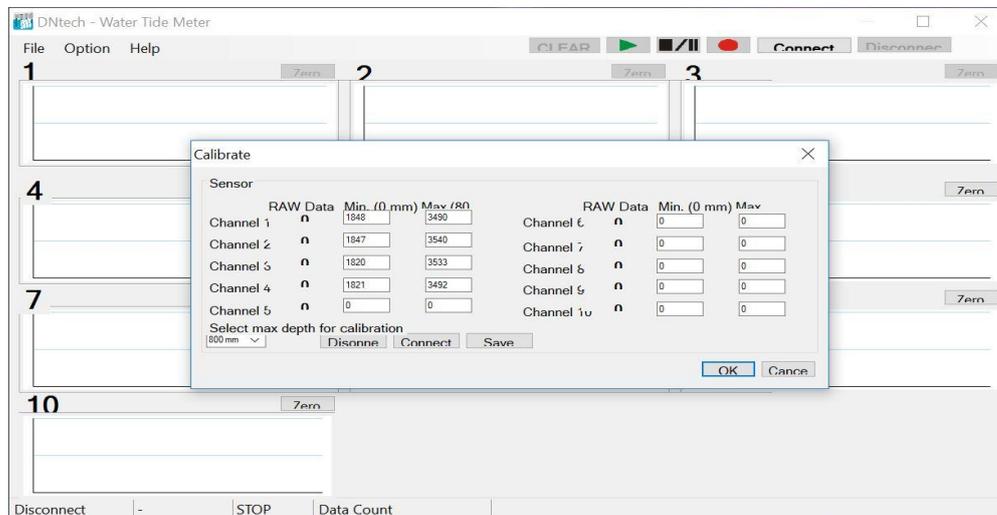
4.1 Analisa Data

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan di *wave flume* Teknik Kelautan ITS dengan model terumbu buatan *hexagonal* berlubang, telah didapatkan hasil berupa koefisien refleksi dari lima konfigurasi *gap* dan setiap konfigurasi diuji dengan 17 variasi *plot* terhadap tinggi gelombang dan periode. Sebelum pengujian dilaksanakan, dilakukan kalibrasi *wave probe* terlebih dahulu agar didapatkan nilai *zero offset* pada masing masing *probe* saat kondisi air tenang. Setelah kalibrasi dilakukan didapatkan nilai berupa satuan *kapasitas* pada *probe* yang nantinya akan di *input* pada software bawaan dari *probe*. Seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.1 .

Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi

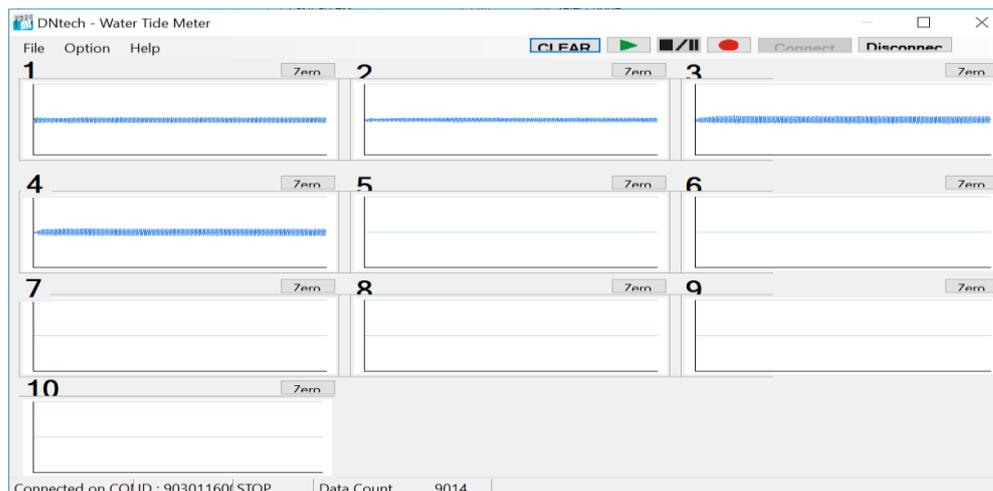
Nilai Kapasitor	Probe 1	Probe 2	Probe 3
Minimum	1848	1847	1820
Maximum	3490	3540	3533

Hasil dari kalibrasi akan memunculkan nilai maksimum dan minimum untuk di input pada *software wave tide meter* seperti pada Gambar 4.1



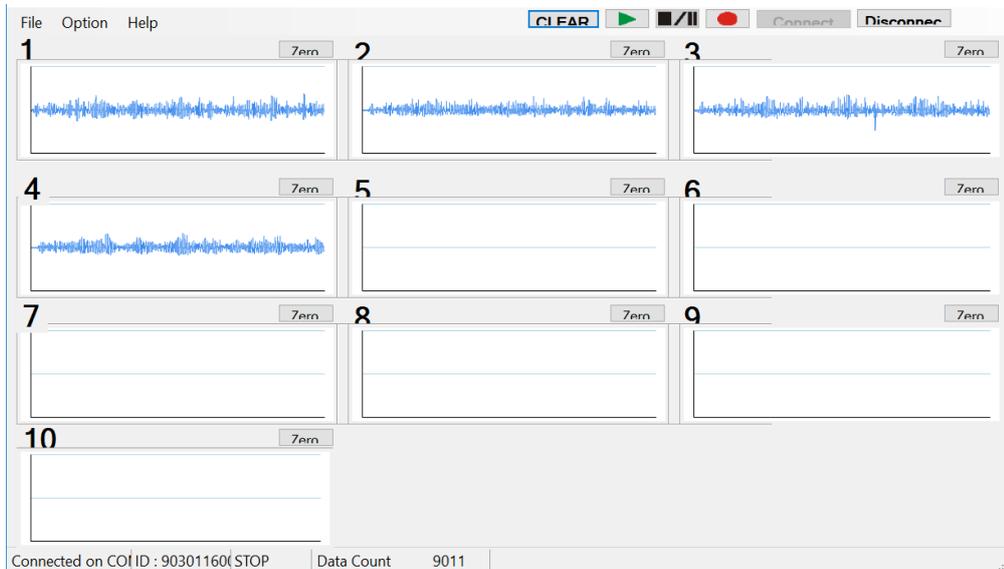
Gambar 4.1 Input Kalibrasi *Wave Probe* pada *Wave Tide Meter Software*

Setelah kalibrasi selesai, dilanjutkan dengan pengujian gelombang terlebih dahulu tanpa ada struktur. Hal ini dilakukan agar dapat mengetahui apakah posisi *zero offset* sudah sesuai, dan juga melihat apakah *wave probe* melakukan pembacaan dengan tepat. Sehingga dilakukan dua kali percobaan dengan parameter *input* yang sama pada gelombang regular dan irregular, hal ini akan membuktikan bahwa *output* yang dikeluarkan nanti berupa gelombang irregular, dimana dalam judul tugas akhir ini gelombang yang digunakan adalah gelombang irregular.



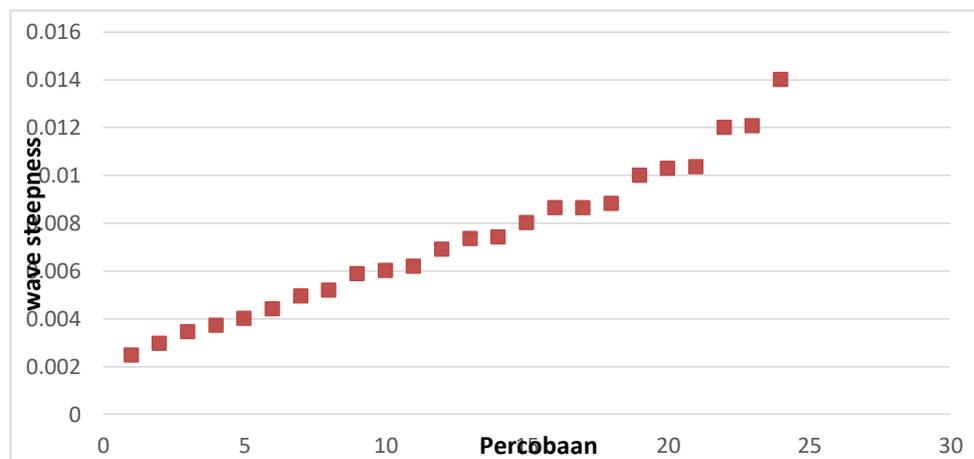
Gambar 4.2 Hasil Tes Gelombang Regular

Hasil percobaan gelombang irreguler ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Hasil Tes Gelombang Irreguler

Dalam menentukan variasi tinggi gelombang dan periode, kami menggunakan metode *plot* pada *wave steepness*. Dimana, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan variasi tinggi gelombang dan periode terlebih dahulu, lalu tinggi gelombang dan periode yang sudah ditentukan, dikalkulasi kedalam rumus *wave steepness* dengan *range* hasil antara 0,001 sampai 0,01 . Setelah itu, hasil yang memenuhi syarat dibuat kedalam grafik *wave steepness* dengan mengeliminasi nilai *wave steepness* yang sama. Sehingga grafik akan menunjukkan bentangan yang signifikan seperti pada Gambar 4.4.



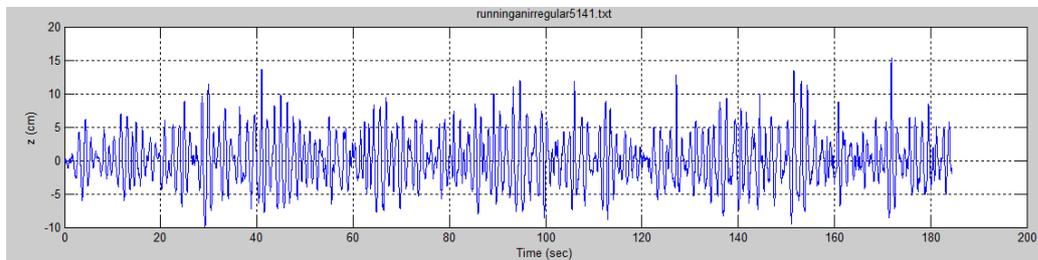
Gambar 4.4 *Plotting Wave Steepness*

Hasil *plotting* yang memiliki nilai *wave steepness* antara 0.001 sampai 0.01 diurutkan sebagaimana yang dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Variasi Tinggi Gelombang dan Periode

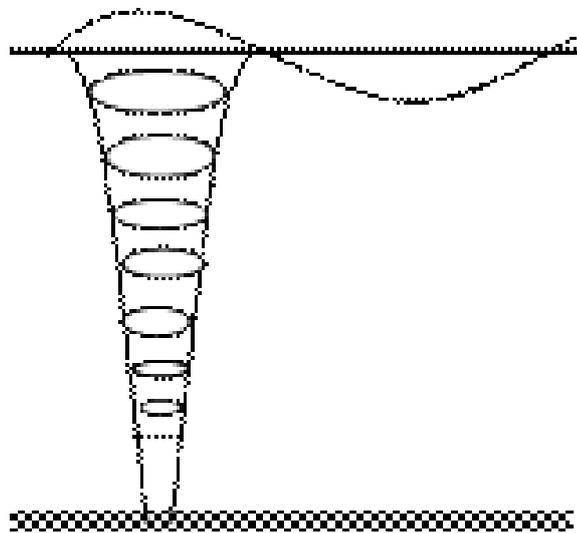
No	H (Tinggi Gelombang)	T (Periode Gelombang)
1	0,02	1,1
2	0,03	1,1
3	0,04	1,1
4	0,05	1,1
5	0,02	1,2
6	0,03	1,2
7	0,04	1,2
8	0,05	1,2
9	0,06	1,2
10	0,07	1,2
11	0,04	1,3
12	0,05	1,3
13	0,02	1,4
14	0,04	1,4
15	0,05	1,4

Menurut hasil pengujian di laboratorium *flume tank* didapatkan bentuk gelombang *irregular* dalam pengujian seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4.5 Bentuk Gelombang Irregular Hasil Pengujian

Dimana durasi pengujian dilakukan selama 180 detik, dan hasil analisa wawan menunjukkan gelombang memiliki periode 1,4 detik. Jadi karakteristik gelombang irregular yang diujikan mengacu pada jenis kedalaman laut pada keadaan *riil*, dengan menghitung panjang gelombang dengan persamaan 2.10 didapatkan panjang gelombang 2,1 meter. Sehingga rasio antara kedalaman dan panjang gelombang sebesar 0,14 atau $1/7$ yang menurut tabel 2.1 pada dasar teori, gelombang yang diujikan termasuk dalam kategori laut transisi. Dari hasil analisa ini, dapat ditentukan bahwa gerak orbital dari materi air pada laut transisi berbentuk seperti gambar 4.6.



Laut Transisi
 $1/20 < d/L < 1/2$

Gambar 4.6 Gerak Orbital Materi Air Pada Laut Transisi

4.2 Perhitungan Koefisien Refleksi

Berdasarkan pada hasil pengujian pada lima konfigurasi dengan 17 variasi tinggi gelombang dan periode di setiap konfigurasinya, untuk hasil pembacaan *wave probe* yang lebih lengkap dapat dilihat Lampiran B. Kami menggunakan persamaan algoritma Goda dan Suzuki (1985) yang disusun dalam program Matlab untuk mengolah 9000 data dari hasil pembacaan *Wave Tide Meter* pada satu kali pengujian, untuk langkah pengolahan data

yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran E, sedangkan untuk melihat hasil separasi gelombang datang dan refleksi dapat dilihat Lampiran D.

Berikut Tabel 4.3 yang menunjukkan nilai koefisien refleksi hasil uji :

Tabel 4.3 Koefisien Refleksi dari Pengujian dengan Beberapa Variasi

Konfigurasi 1 (Gap 0 d)

INPUT		OUTPUT			
H input (m)	Periode (T) (s)	ai (m)	Periode (T) (s)	ar (m)	Kr
0.02	1.1	0.028	0.750	0.014	0.4967
0.03	1.1	0.027	0.662	0.011	0.4112
0.04	1.1	0.058	1.004	0.031	0.5369
0.05	1.1	0.055	0.904	0.031	0.5762
0.02	1.2	0.043	0.790	0.025	0.5762
0.03	1.2	0.072	1.037	0.043	0.5921
0.04	1.2	0.038	0.712	0.023	0.6038
0.05	1.2	0.024	0.570	0.014	0.6048
0.06	1.2	0.058	0.900	0.035	0.6053
0.07	1.2	0.067	0.918	0.042	0.6308
0.04	1.3	0.063	0.878	0.040	0.6346
0.05	1.3	0.073	0.940	0.047	0.6458
0.02	1.4	0.079	0.945	0.052	0.6664
0.04	1.4	0.056	0.803	0.042	0.7362
0.05	1.4	0.080	0.926	0.062	0.7728

Konfigurasi 2 (Gap ¼ d)

INPUT		OUTPUT			
H input (m)	Periode (T) (s)	ai (m)	Periode (T) (s)	ar (m)	Kr
0.02	1.1	0.028	1.011	0.007	0.26299
0.03	1.1	0.027	0.741	0.008	0.30998
0.04	1.1	0.023	0.674	0.008	0.35195

H input (m)	Periode (T) (s)	ai (m)	Periode (T) (s)	ar (m)	Kr
0.05	1.1	0.058	1.000	0.021	0.37012
0.02	1.2	0.057	0.978	0.032	0.5675
0.03	1.2	0.061	1.041	0.035	0.5684
0.04	1.2	0.060	0.978	0.034	0.56887
0.05	1.2	0.040	0.750	0.023	0.5698
0.06	1.2	0.070	1.023	0.040	0.5714
0.07	1.2	0.070	0.947	0.040	0.5725
0.04	1.3	0.081	1.017	0.046	0.5743
0.05	1.3	0.062	0.861	0.036	0.5763
0.02	1.4	0.063	0.878	0.036	0.5787
0.04	1.4	0.079	0.978	0.047	0.5985
0.05	1.4	0.032	0.581	0.020	0.61211

Konfigurasi 3 (Gap ½ d)

INPUT		OUTPUT			
H input (m)	Periode (T) (s)	ai (m)	Periode (T) (s)	ar (m)	Kr
0.02	1.1	0.029	1.028	0.013	0.45746
0.03	1.1	0.027	0.800	0.013	0.49153
0.04	1.1	0.059	1.111	0.034	0.5686
0.05	1.1	0.027	0.687	0.015	0.5717
0.02	1.2	0.058	1.006	0.033	0.5717
0.03	1.2	0.044	0.870	0.025	0.5742
0.04	1.2	0.062	1.041	0.035	0.5758
0.05	1.2	0.060	0.984	0.035	0.5827
0.06	1.2	0.073	1.084	0.042	0.5832
0.07	1.2	0.038	0.712	0.022	0.5832
0.04	1.3	0.064	0.942	0.037	0.5874

H input (m)	Periode (T) (s)	ai (m)	Periode (T) (s)	ar (m)	Kr
0.05	1.3	0.072	0.995	0.043	0.5929
0.02	1.4	0.065	0.923	0.040	0.6194
0.04	1.4	0.079	1.006	0.050	0.6401
0.05	1.4	0.079	0.914	0.051	0.6406

Konfigurasi 4 (Gap $\frac{3}{4}$ d)

INPUT		OUTPUT			
H input (m)	Periode (T) (s)	ai (m)	Periode (T) (s)	ar (m)	Kr
0.02	1.1	0.028	0.968	0.008	0.29335
0.03	1.1	0.028	0.833	0.008	0.27225
0.04	1.1	0.028	0.723	0.016	0.56106
0.05	1.1	0.044	0.896	0.025	0.5643
0.02	1.2	0.058	1.023	0.033	0.5694
0.03	1.2	0.059	1.065	0.034	0.5706
0.04	1.2	0.058	1.000	0.033	0.573
0.05	1.2	0.058	0.942	0.033	0.5773
0.06	1.2	0.039	0.760	0.023	0.5811
0.07	1.2	0.064	0.932	0.038	0.5899
0.04	1.3	0.072	1.000	0.043	0.5932
0.05	1.3	0.066	0.923	0.040	0.5987
0.02	1.4	0.074	0.984	0.045	0.6136
0.04	1.4	0.080	0.957	0.050	0.6327
0.05	1.4	0.080	0.957	0.059	0.74263

Konfigurasi 5 (Gap 1 d)

INPUT		OUTPUT			
H input (m)	Periode (T) (s)	ai (m)	Periode (T) (s)	ar (m)	Kr
0.02	1.1	0.028	0.800	0.008	0.27145
0.03	1.1	0.027	0.726	0.007	0.27322
0.04	1.1	0.000	0.000	0.000	
0.05	1.1	0.027	0.723	0.010	0.36927
0.02	1.2	0.044	0.909	0.017	0.39248
0.03	1.2	0.062	1.023	0.035	0.57026
0.04	1.2	0.058	0.995	0.033	0.57206
0.05	1.2	0.038	0.741	0.022	0.5746
0.06	1.2	0.073	1.041	0.042	0.58333
0.07	1.2	0.067	0.968	0.039	0.5847
0.04	1.3	0.080	1.035	0.047	0.5889
0.05	1.3	0.061	0.918	0.036	0.5891
0.02	1.4	0.067	0.957	0.040	0.5946
0.04	1.4	0.066	0.928	0.041	0.61667
0.05	1.4	0.083	0.995	0.058	0.69523

Hasil perhitungan yang lebih lengkap dapat dilihat pada Lampiran C.

4.3 Validasi Data

Validasi dilakukan dengan membandingkan tinggi gelombang datang yang dibaca probe 1, pada saat ada struktur dan tidak ada struktur sebagai berikut :

- Pada saat ada struktur didapatkan pengolahan data dengan wawan

Basic Output

Number of Waves = 183

Average Wave Period = 0.9836 seconds

Significant Wave Height = 14.9750 centimetres

Maximum Wave Height = 25.9499 centimetres

Average Wave Height	= 8.6060 centimetres
rms Wave Height	= 10.2917 centimetres
Average of Highest 1/10	= 18.8184 centimetres
Sigmaz	= 2.8521 centimetres

Didapatkan tinggi gelombang signifikan 14.9750 cm

- Pada saat tanpa struktur didapatkan pengolahan data dengan wawan

Basic Output

Number of Waves	= 178
Average Wave Period	= 1.0112 seconds
Significant Wave Height	= 14.3383 centimetres
Maximum Wave Height	= 23.1999 centimetres
Average Wave Height	= 8.5629 centimetres
rms Wave Height	= 10.0059 centimetres
Average of Highest 1/10	= 18.0842 centimetres
Sigmaz	= 2.7670 centimetres

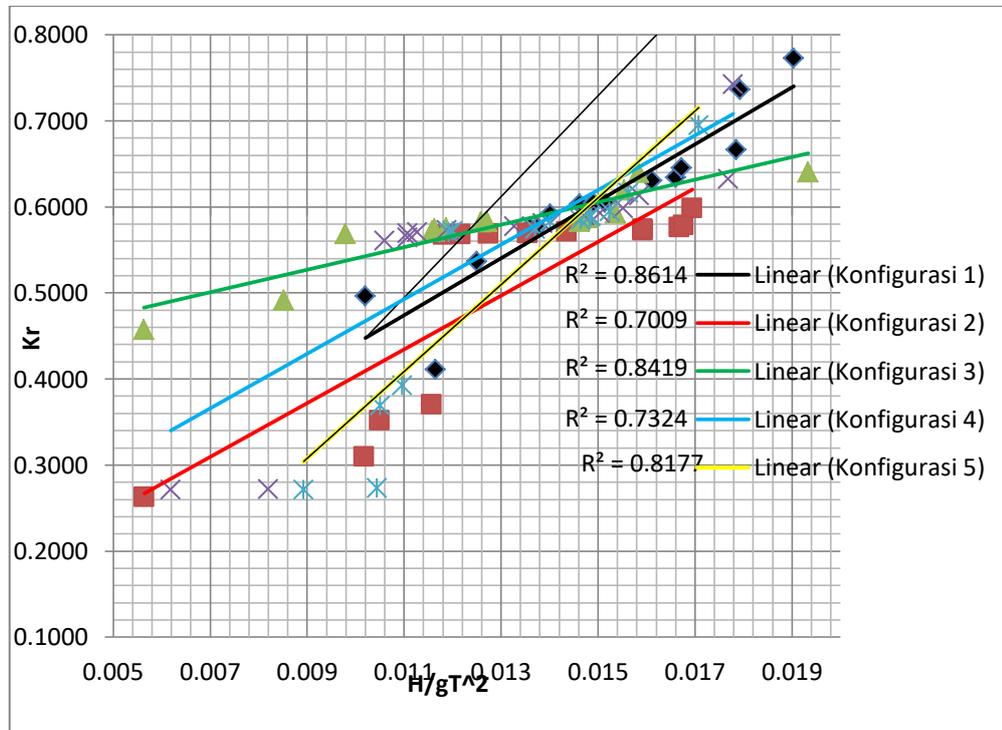
Didapatkan tinggi gelombang signifikan 14.3383 cm

Jadi dari dua percobaan dengan dan tanpa struktur pada parameter tinggi gelombang dan periode gelombang yang sama terdapat selisih tinggi gelombang sebesar 0,6367 cm. Sehingga bisa diasumsikan data yang diambil valid, karena selisih cukup kecil dan membuktikan bahwa probe 1 yang digunakan untuk mengukur gelombang datang tidak terpengaruh oleh refleksi dari struktur. Dengan kata lain penempatan posisi *wave probe* sudah tepat.

4.4 Pengaruh *Wave Steepness* terhadap Koefisien Refleksi

Setelah melakukan pengujian dengan variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), maka didapatkan titik-titik penyebaran nilai koefisien refleksi. Dari kelima grafik perbandingan antara koefisien refleksi dan *wave steepness*, baik pada konfigurasi gap sebesar 0 d, $\frac{1}{4}$ d, $\frac{1}{2}$ d, $\frac{3}{4}$ d, 1 d didapatkan bahwa semakin besar *wave steepness* maka semakin besar juga koefisien refleksi gelombang. Atau dapat dikatakan bahwa hubungan antara

koefisien refleksi dan *wave steepness* adalah berbanding lurus. Untuk lebih jelasnya, berikut adalah grafik-grafik yang menunjukkan nilai koefisien refleksi berdasarkan pengaruh bentuk *wave steepness* (H/gT^2) seperti pada Gambar 4.7

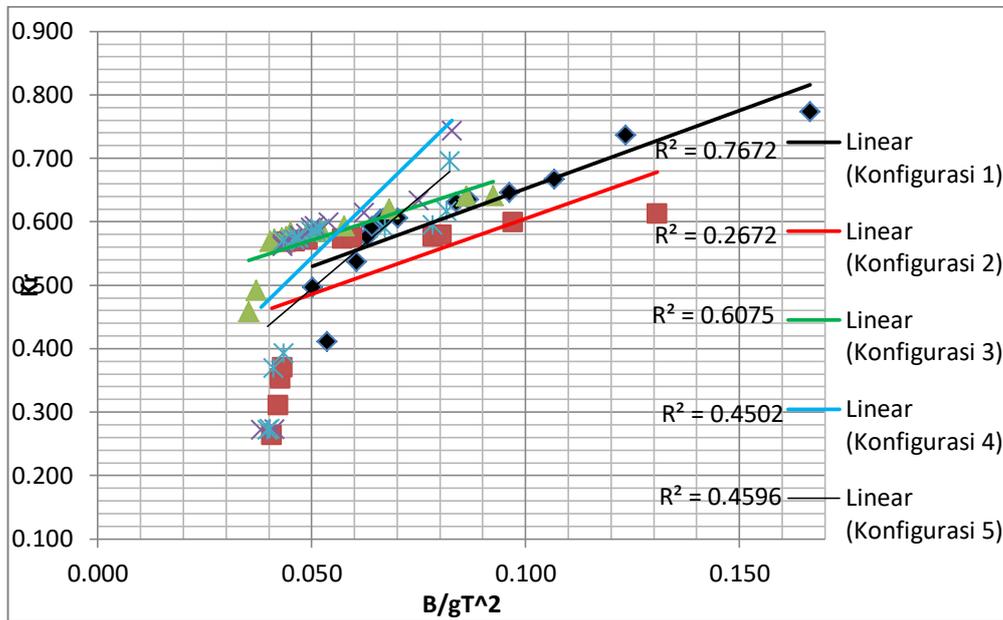


Gambar 4.7 Perbandingan antara Koefisien Refleksi dari Setiap Konfigurasi dan *Wave Steepness*

4.5 Pengaruh Lebar Relatif terhadap Koefisien Refleksi

Setelah melakukan pengujian dengan variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), maka didapatkan titik-titik penyebaran nilai koefisien refleksi. Dari kelima grafik perbandingan antara koefisien refleksi dan lebar puncak relatif, baik pada konfigurasi gap sebesar $0 d$, $1/4 d$, $1/2 d$, $3/4 d$, $1 d$ didapatkan bahwa semakin besar lebar puncak relatif maka semakin besar juga koefisien refleksi gelombang. Atau dapat dikatakan bahwa hubungan antara koefisien refleksi dan lebar puncak relatif adalah berbanding lurus. Untuk lebih jelasnya, berikut adalah grafik-grafik yang

menunjukkan nilai koefisien refleksi berdasarkan pengaruh bentuk lebar puncak relative seperti pada Gambar 4.8

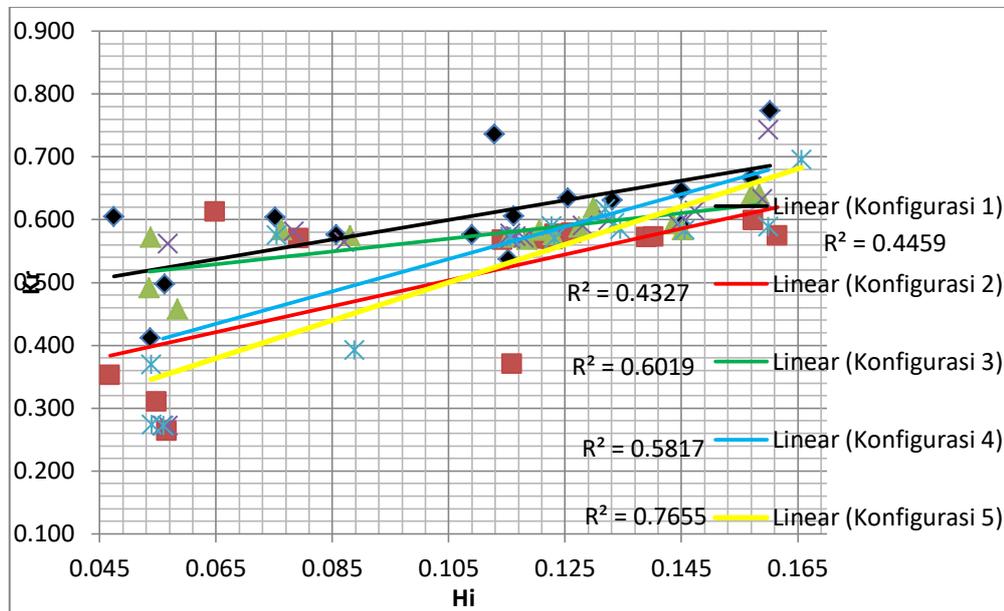


Gambar 4.8 Perbandingan antara Koefisien Refleksi dari Setiap Konfigurasi dan Lebar Puncak Relatif

4.6 Pengaruh Tinggi Gelombang terhadap Koefisien Refleksi

Setelah melakukan pengujian dengan variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), maka didapatkan titik-titik penyebaran nilai koefisien refleksi. Dari kelima grafik perbandingan antara koefisien refleksi dan tinggi gelombang, baik pada konfigurasi gap sebesar 0 d, 1/4 d, 1/2 d, 3/4 d, 1 d didapatkan bahwa semakin besar tinggi gelombang maka semakin besar juga koefisien refleksi gelombang. Atau dapat dikatakan bahwa hubungan antara koefisien refleksi dan tinggi gelombang adalah berbanding lurus.

Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat grafik-grafik pada Gambar 4.9 yang menunjukkan nilai koefisien refleksi berdasarkan pengaruh bentuk tinggi gelombang.

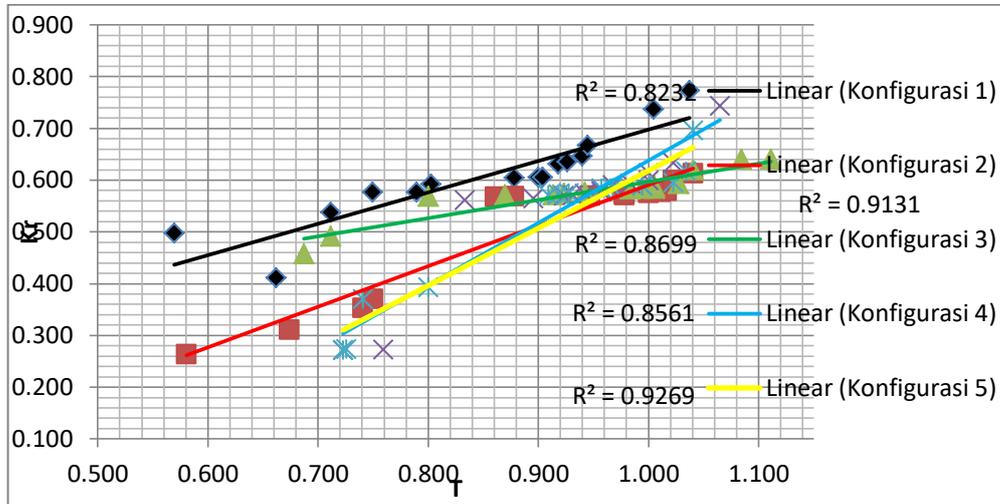


Gambar 4.9 Perbandingan antara Koefisien Refleksi dari Setiap Konfigurasi dan Tinggi Gelombang

4.7 Pengaruh Periode Gelombang terhadap Koefisien Refleksi

Setelah melakukan pengujian dengan variasi tinggi gelombang (H) dan periode gelombang (T), maka didapatkan titik-titik penyebaran nilai koefisien refleksi. Dari kelima grafik perbandingan antara koefisien refleksi dan periode gelombang, baik pada konfigurasi gap sebesar 0 d, 1/4 d, 1/2 d, 3/4 d, 1 d didapatkan bahwa semakin besar periode gelombang maka semakin besar juga koefisien refleksi gelombang. Atau dapat dikatakan bahwa hubungan antara koefisien refleksi dan periode gelombang adalah berbanding lurus seperti pada Gambar 4.10

Untuk lebih jelasnya, berikut adalah grafik-grafik yang menunjukkan nilai koefisien refleksi berdasarkan pengaruh bentuk periode gelombang.



Gambar 4.10 Perbandingan antara Koefisien Refleksi dari Setiap Konfigurasi dan Periode Gelombang

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari eksperimen yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Koefisien refleksi terbesar terdapat pada konfigurasi 1 (tanpa gap) dengan nilai sebesar 0.77 , ketika tinggi gelombang datang 5 cm dan periode gelombang sebesar 1.4 detik. Sedangkan untuk koefisien refleksi terkecil ada pada konfigurasi 5 (gap 1d) dengan nilai 0.27, ketika tinggi gelombang datang 2 cm dan periode gelombang sebesar 1.1 detik
2. Setelah melakukan *plotting* koefisien refleksi terhadap *wave steepness*, lebar relative, tinggi gelombang datang, dan periode gelombang didapatkan hasil grafik linier naik pada semua parameter yang menandakan koefisien refleksi berbanding lurus dengan parameter yang dibandingkan pada setiap grafik
3. Pada konfigurasi horizontal semakin besar gap pada eksperimen maka semakin kecil nilai koefisien refleksi, atau nilai koefisien refleksi berbanding terbalik dengan gap yang digunakan

5.2 Saran

Dari eksperimen yang telah dilakukan, saran yang dibeikan peneliti untuk peneliti berikutnya adalah :

1. Karena pada eksperimen ini menggunakan metode pengamatan pada dua titik, maka disarankan untuk peneliti berikutnya menggunakan metode pengamatan pada tiga titik. Agar dapat dibandingkan metode yang lebih akurat dalam separasi gelombang datang dan gelombang refleksi
2. Menggunakan variasi elevasi muka air untuk mengetahui nilai koefisien refleksi paling besar struktur pada kondisi *freeboard* tertentu

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Al Muzakki, Rizqi Haryono. 2010. "Studi Eksperimen Transmisi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Terapung Tipe Pile". Surabaya: Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Armono, H.D., (2004). "Wave Transmission over Hemispherical Shape Artificial Reefs". Marine Technology Conference (MARTEC), Johor Baru, Malaysia.
- Bhattacharyya. 1972. "Dynamic of Marine Vehicles, a Wiley Interscience Publication". New York: John Wiley & Sons.
- Bleck, M. dan Oumeraci, H. (2002), "Hydraulic Performance of Artificial Reefs : Global and Local Description", Proceeding of the 28th International Conference Coastal Engineering 2002, eds. Smith J.M., Cardif Wales, 2002, pp 1778-1790.
- CERC. 1984. Shore Protection Manual Volume I. US Army Coastal Engineering. Research Center. Washington.
- Darwis, Wahyudi. 2014. "Studi Refleksi Gelombang Pada Peredam Gelombang Sisi Miring Berpori Secara Eksperimental". Makassar: Teknik Sipil Universitas Hasanuddin.
- Dean, R.G. Dalrymple, R.A. 2000. Water Wave Mechanics For Engineer and Scienties. World Scientific. Singapore.
- Djarmiko, E.B. 2012. "Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut Di Atas Gelombang Acak". Surabaya: ITS Press.
- Goda, Yoshimi. 1985. "Random Seas and Design of Maritim Structure". Japan: University of Tokyo Press.

- Hughes, S.A. 1993. "Physical Models and Laboratory Techniques in Coastal Engineering". USA: Coastal Engineering Research Center.
- I.Yuwono, Nur. 1982. Dasar – Dasar Perencanaan Bangunan Pantai. Yogyakarta: Biro Penerbit FT UGM.
- Lee. B.W, dkk. 2013. Development Of Wave Power Generation Device With Resonance Channel. Proceeding of APAC 2013.
- MR, Abdullah. 2011. "Perangkat Lunak Terpadu pada Analisa Model Gelombang Acak pada Saluran Gelombang Jurusan Teknik Kelautan ITS". Surabaya: Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putra, Arya Okvan Pradana. 2012. "Pengaruh Elevasi Muka Air Laut Pada Koefisien Transmisi dan Refleksi *Composite Breakwater*". Surabaya: Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Riane, Okky Intan. "Analisis Refleksi Gelombang Pada *Floating Breakwater* Dengan Tiang Pancang". Surabaya: Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rindy, G. Nur Sawitri. 2017. "Pengaruh Kemiringan Batu Pelindung BPPT-LOCK Terhadap Koefisien Refleksi Gelombang Pada Seawall". Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Triatmodjo, Bambang. 1999. "Teknik Pantai". Yogyakarta: Beta Offset.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A DOKUMENTASI

LAMPIRAN B DATA PEMBACAAN *WAVE PROBE*

LAMPIRAN C TABEL PERHITUNGAN KOEFISIEN REFLEKSI

LAMPIRAN D *OUTPUT* SEPARASI MATLAB

LAMPIRAN E LANGKAH PENGOLAHAN DATA

LAMPIRAN F KONSEP KALKULASI PERSAMAAN GODA PADA
MATLAB

LAMPIRAN A DOKUMENTASI

PROSES PENCETAKAN *HEXAREEF*



HASIL CETAKAN



PROSES PEMBUATAN *SLOPE*



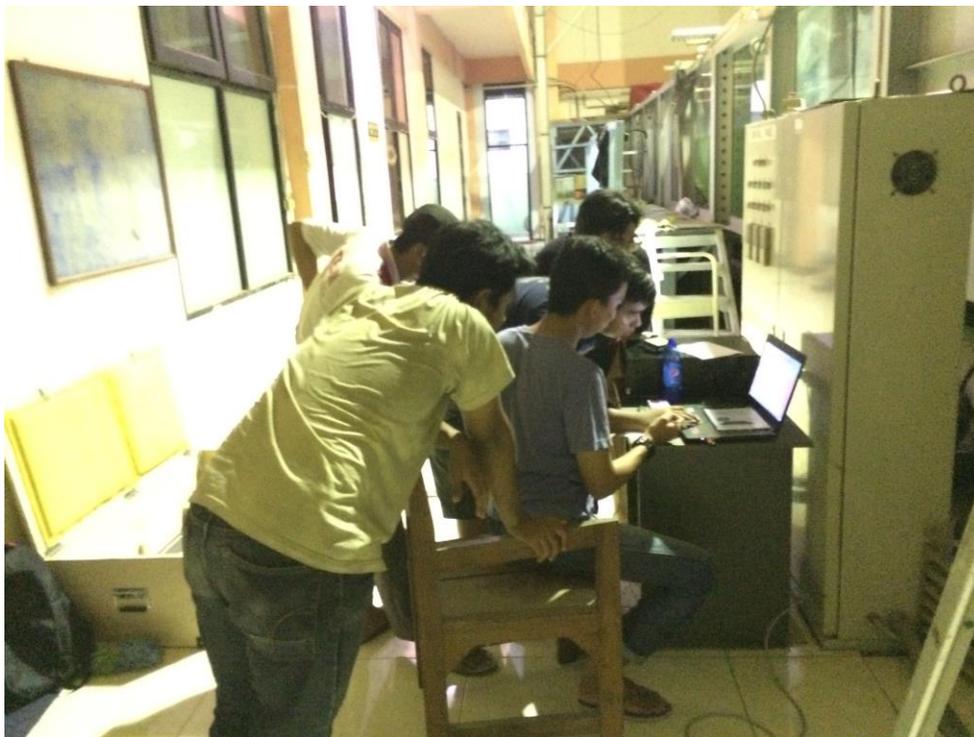
PROSES PEMASANGAN *SLOPE*



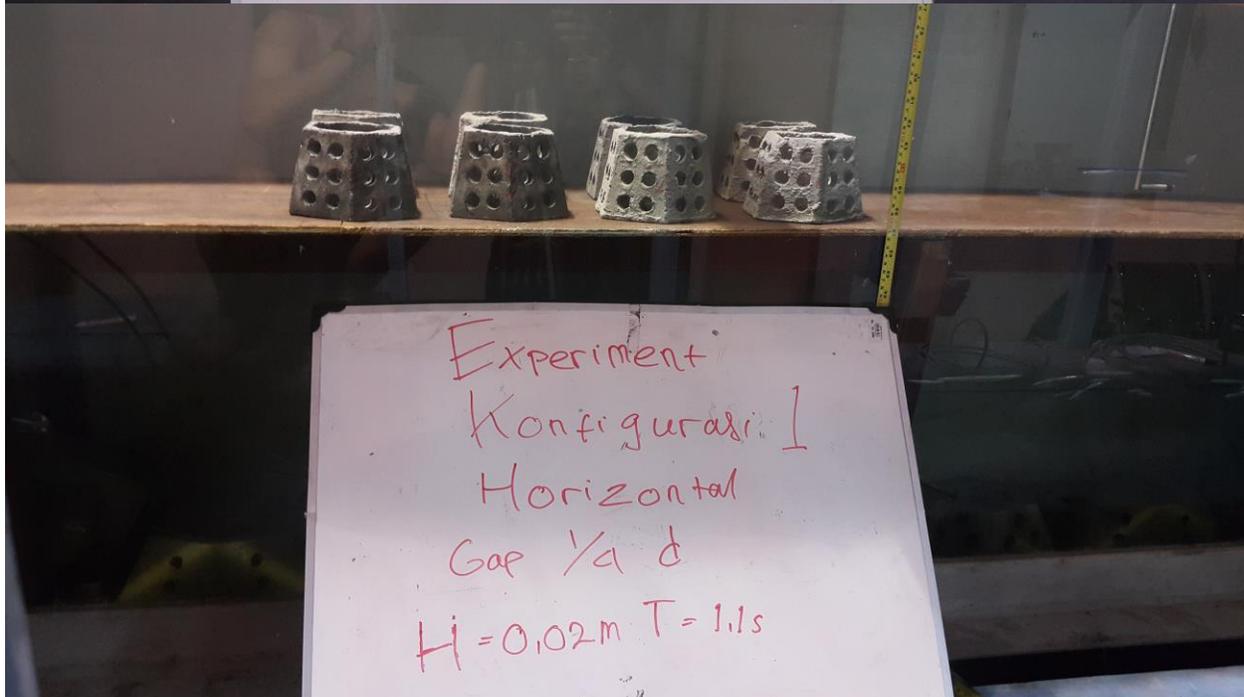
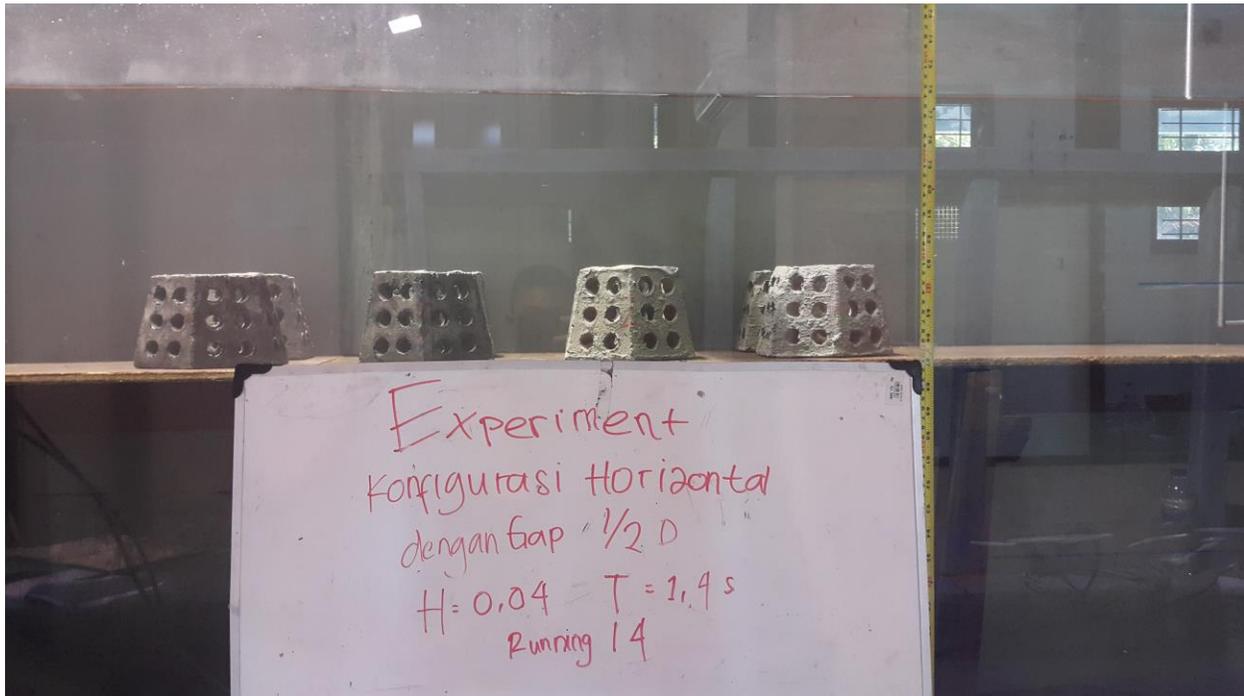
PENGISIAN KOLAM *FLUME*



KALIBRASI WAVE PROBE



CONTOH SUSUNAN *HEXAREEF* TAMPAK SAMPING



CONTOH SUSUNAN *HEXAREEF* TAMPAK ATAS



LAMPIRAN B DATA PEMBACAAN WAVE PROBE

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4
s(S)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0.02	-4	2	-1	2
0.04	-2	2	-1	2
0.06	-4	0	-3	2
0.08	-3	2	-2	2
0.1	-3	2	-1	2
0.12	-3	2	-1	2
0.14	-4	1	-3	2
0.16	-2	1	0	2
0.18	-4	1	0	-1
0.2	-3	2	-1	2
0.22	-6	0	0	0
0.24	-4	2	0	0
0.26	-4	2	0	2
0.28	-4	1	-1	2
0.3	-4	2	-3	2
0.32	-4	1	-1	0
0.34	-4	2	0	-2
0.36	-4	1	0	2
0.38	-4	2	0	0
0.4	-4	0	2	0
0.42	-5	0	2	2
0.44	-4	0	0	2
0.46	-4	2	1	1
0.48	-4	4	1	0
0.5	-4	1	0	2
0.52	-4	2	1	0
0.54	-5	2	-2	4
0.56	-2	0	0	2
0.58	-5	-2	0	2
0.6	-6	-2	1	2
0.62	-4	0	-2	2
0.64	-2	2	0	2
0.66	-3	1	0	2
0.68	-2	2	1	1
0.7	-3	1	2	0
0.72	-3	-2	0	1
0.74	0	-2	2	1
0.76	-2	0	2	-2
0.78	0	2	0	0

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4
(S)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0.8	-2	2	0	0
0.82	0	4	0	2
0.84	2	1	1	2
0.86	2	0	0	1
0.88	4	2	4	3
0.9	3	-1	0	2
0.94	2	3	0	0
0.96	3	3	0	0
0.98	4	2	0	0
1	4	1	0	1
1.02	4	2	-1	2
1.04	2	3	0	0
1.06	2	3	0	1
1.08	3	4	0	1
1.1	4	4	0	-2
1.12	3	4	0	0
1.14	4	1	0	2
1.16	6	2	0	-1
1.18	2	2	0	0
1.2	4	2	0	2
1.22	1	3	0	2
1.24	4	3	0	2
1.26	4	1	-2	2
1.28	2	4	0	2
1.3	2	2	0	2
1.32	1	2	-1	0
1.34	0	2	-1	1
1.36	-1	2	0	-2
1.38	-1	2	-3	4
1.4	0	1	-1	-1
1.42	0	2	-2	2
1.44	-3	2	-2	2
1.46	-4	2	-2	2
1.48	-4	1	-1	2
1.5	-5	2	-1	0
1.52	-6	4	0	2
1.54	-5	4	0	2

Time	Ch 1	Ch 2	Ch 3	Ch 4
(S)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1.62	-7	2	0	0
1.64	-4	4	0	1
1.66	-6	2	2	0
1.68	-7	1	2	2
1.7	-6	2	2	2
1.72	-8	3	2	1
1.74	-7	2	2	2
1.76	-8	2	2	2
1.78	-6	1	4	0
1.8	-5	0	4	2
1.82	-5	1	3	2
1.84	-6	3	4	2
1.86	-2	0	5	2
1.9	-4	3	4	2
1.92	-2	2	6	0
1.94	3	2	6	2
1.96	0	1	6	1
1.98	3	2	4	2
2	3	2	5	3
2.02	4	0	4	1
2.04	4	2	5	0
2.06	4	2	5	1
2.08	4	2	5	2
2.1	6	2	5	0
2.12	8	2	6	2
2.14	7	2	4	-3
2.16	7	2	5	2
2.18	10	-1	6	2
2.2	11	2	5	2
2.22	10	0	4	2
2.24	10	0	4	2
2.26	11	2	4	2
2.28	11	2	2	2
2.3	10	-2	4	2
2.32	11	2	2	2
2.34	10	2	2	2

LAMPIRAN C TABEL PERHITUNGAN KOEFISIEN REFLEKSI

Konfigurasi	Input		Tercatat		Kr	Hi/gT ²	B (m)	d (m)	h (m)	F (m)	B/gT ²	h/d	h/B
	H input (m)	Periode (T) (s)	Hi (m)	Periode (T) (s)									
	1 (no gap)	0.02	1.1	0.054									
0.03		1.1	0.075	0.712	0.7728	0.015	0.530	0.300	0.100	0.200	0.107	0.333	0.189
0.04		1.1	0.109	0.904	0.6346	0.014	0.530	0.300	0.100	0.200	0.066	0.333	0.189
0.05		1.1	0.126	0.878	0.7362	0.017	0.530	0.300	0.100	0.200	0.070	0.333	0.189
0.02		1.2	0.047	0.570	0.6038	0.015	0.530	0.300	0.100	0.200	0.167	0.333	0.189
0.03		1.2	0.086	0.790	0.4112	0.014	0.530	0.300	0.100	0.200	0.087	0.333	0.189
0.04		1.2	0.116	0.900	0.6458	0.015	0.530	0.300	0.100	0.200	0.067	0.333	0.189
0.05		1.2	0.133	0.918	0.6048	0.016	0.530	0.300	0.100	0.200	0.064	0.333	0.189
0.06		1.2	0.160	0.926	0.5921	0.019	0.530	0.300	0.100	0.200	0.063	0.333	0.189
0.07		1.2	0.157	0.945	0.5762	0.018	0.530	0.300	0.100	0.200	0.061	0.333	0.189
0.04		1.3	0.113	0.803	0.5369	0.018	0.530	0.300	0.100	0.200	0.084	0.333	0.189
0.05		1.3	0.145	0.940	0.5762	0.017	0.530	0.300	0.100	0.200	0.061	0.333	0.189
0.02		1.4	0.056	0.750	0.2510	0.010	0.530	0.300	0.100	0.200	0.096	0.333	0.189
0.04		1.4	0.115	1.004	0.6053	0.012	0.530	0.300	0.100	0.200	0.054	0.333	0.189
0.05		1.4	0.145	1.037	0.6664	0.014	0.530	0.300	0.100	0.200	0.050	0.333	0.189

Konfigurasi	Input		Tercatat		Kr	Hi/gT ²	B	d	h	F	B/gT ²	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)									
	(m)	(s)	(m)	(s)									
(gap 0,25)	0.02	1.1	0.047	0.674	0.5725	0.011	0.643	0.3	0.1	0.2	0.144	0.333	0.156
	0.03	1.1	0.065	0.581	0.5675	0.02	0.643	0.3	0.1	0.2	0.194	0.333	0.156
	0.04	1.1	0.116	1	0.5714	0.012	0.643	0.3	0.1	0.2	0.065	0.333	0.156
	0.05	1.1	0.123	0.861	0.5684	0.017	0.643	0.3	0.1	0.2	0.088	0.333	0.156
	0.02	1.2	0.055	0.741	0.5698	0.01	0.643	0.3	0.1	0.2	0.119	0.333	0.156
	0.03	1.2	0.079	0.75	0.5763	0.014	0.643	0.3	0.1	0.2	0.116	0.333	0.156
	0.04	1.2	0.114	0.978	0.5787	0.012	0.643	0.3	0.1	0.2	0.068	0.333	0.156
	0.05	1.2	0.126	0.878	0.5743	0.017	0.643	0.3	0.1	0.2	0.085	0.333	0.156
	0.06	1.2	0.157	0.978	0.5985	0.017	0.643	0.3	0.1	0.2	0.068	0.333	0.156
	0.07	1.2	0.162	1.017	0.61211	0.016	0.643	0.3	0.1	0.2	0.063	0.333	0.156
	0.04	1.3	0.12	0.978	0.30998	0.013	0.643	0.3	0.1	0.2	0.068	0.333	0.156
	0.05	1.3	0.14	0.947	0.56887	0.016	0.643	0.3	0.1	0.2	0.073	0.333	0.156
	0.02	1.4	0.057	1.011	0.37012	0.006	0.643	0.3	0.1	0.2	0.064	0.333	0.156
	0.04	1.4	0.123	1.041	0.35195	0.012	0.643	0.3	0.1	0.2	0.06	0.333	0.156
	0.05	1.4	0.139	1.023	0.26299	0.014	0.643	0.3	0.1	0.2	0.063	0.333	0.156

Konfigurasi	Input		Tercatat		Kr	Hi/gT ²	B	d	h	F	B/gT ²	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)									
	(m)	(s)	(m)	(s)									
3 (gap 0,5d)	0.02	1.1	0.054	0.687	0.64845	0.012	0.868	0.3	0.1	0.2	0.187	0.333	0.115
	0.03	1.1	0.076	0.712	0.5717	0.015	0.868	0.3	0.1	0.2	0.175	0.333	0.115
	0.04	1.1	0.115	1.006	0.5827	0.012	0.868	0.3	0.1	0.2	0.087	0.333	0.115
	0.05	1.1	0.127	0.942	0.5742	0.015	0.868	0.3	0.1	0.2	0.1	0.333	0.115
	0.02	1.2	0.054	0.8	0.5686	0.009	0.868	0.3	0.1	0.2	0.138	0.333	0.115
	0.03	1.2	0.088	0.87	0.5717	0.012	0.868	0.3	0.1	0.2	0.117	0.333	0.115
	0.04	1.2	0.123	1.041	0.5929	0.012	0.868	0.3	0.1	0.2	0.082	0.333	0.115
	0.05	1.2	0.13	0.923	0.5832	0.016	0.868	0.3	0.1	0.2	0.104	0.333	0.115
	0.06	1.2	0.157	1.006	0.6406	0.016	0.868	0.3	0.1	0.2	0.087	0.333	0.115
	0.07	1.2	0.158	0.914	0.5758	0.019	0.868	0.3	0.1	0.2	0.106	0.333	0.115
	0.04	1.3	0.121	0.984	0.5832	0.013	0.868	0.3	0.1	0.2	0.091	0.333	0.115
	0.05	1.3	0.144	0.995	0.6194	0.015	0.868	0.3	0.1	0.2	0.089	0.333	0.115
	0.02	1.4	0.058	1.028	0.49153	0.006	0.868	0.3	0.1	0.2	0.084	0.333	0.115
	0.04	1.4	0.119	1.111	0.5874	0.01	0.868	0.3	0.1	0.2	0.072	0.333	0.115
	0.05	1.4	0.145	1.084	0.6401	0.013	0.868	0.3	0.1	0.2	0.075	0.333	0.115

Konfigurasi	Input		Tercatat		Kr	Hi/gT ²	B	d	h	F	B/gT ²	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)									
	(m)	(s)	(m)	(s)									
(gap 0,75d)	0.02	1.1	0.057	0.723	0.35446	0.011	1.205	0.3	0.1	0.2	0.235	0.333	0.083
	0.03	1.1	0.078	0.76	0.5643	0.014	1.205	0.3	0.1	0.2	0.213	0.333	0.083
	0.04	1.1	0.117	1	0.5899	0.012	1.205	0.3	0.1	0.2	0.123	0.333	0.083
	0.05	1.1	0.133	0.923	0.6136	0.016	1.205	0.3	0.1	0.2	0.144	0.333	0.083
	0.02	1.2	0.056	0.833	0.56106	0.008	1.205	0.3	0.1	0.2	0.177	0.333	0.083
	0.03	1.2	0.087	0.896	0.5694	0.011	1.205	0.3	0.1	0.2	0.153	0.333	0.083
	0.04	1.2	0.116	1.023	0.5773	0.011	1.205	0.3	0.1	0.2	0.117	0.333	0.083
	0.05	1.2	0.128	0.932	0.5811	0.015	1.205	0.3	0.1	0.2	0.141	0.333	0.083
	0.06	1.2	0.159	0.957	0.74263	0.018	1.205	0.3	0.1	0.2	0.134	0.333	0.083
	0.07	1.2	0.16	0.957	0.27225	0.018	1.205	0.3	0.1	0.2	0.134	0.333	0.083
	0.04	1.3	0.116	0.942	0.573	0.013	1.205	0.3	0.1	0.2	0.138	0.333	0.083
	0.05	1.3	0.144	1	0.5987	0.015	1.205	0.3	0.1	0.2	0.123	0.333	0.083
	0.02	1.4	0.057	0.968	0.5706	0.006	1.205	0.3	0.1	0.2	0.131	0.333	0.083
	0.04	1.4	0.147	0.984	0.6327	0.016	1.205	0.3	0.1	0.2	0.127	0.333	0.083
	0.05	1.4	0.118	1.065	0.5932	0.011	1.205	0.3	0.1	0.2	0.108	0.333	0.083

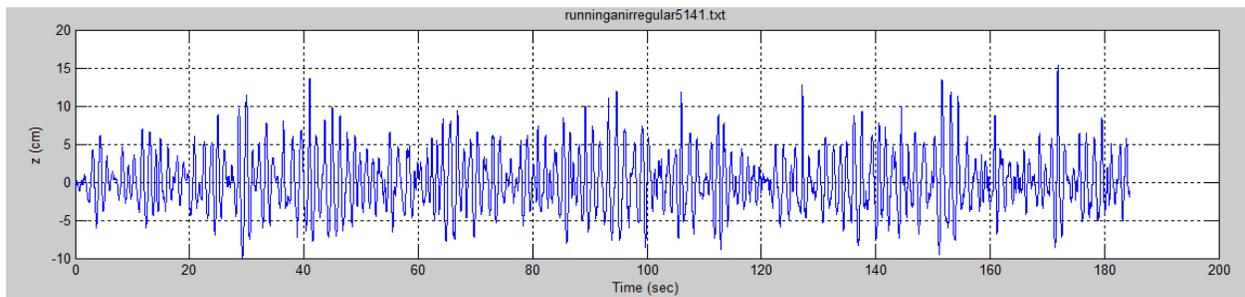
Konfigurasi	Input		Tercatat		Kr	Hi/gT ²	B	d	h	F	B/gT ²	h/d	h/B
	H input	Periode (T)	Hi	Periode (T)									
	(m)	(s)	(m)	(s)									
5 (gap 1d)	0.02	1.1	0.054	0.726	0.27145	0.01	1.655	0.3	0.1	0.2	0.32	0.333	0.06
	0.03	1.1	0.075	0.741	0.57026	0.014	1.655	0.3	0.1	0.2	0.307	0.333	0.06
	0.04	1.1	0	0	-	#DIV/0!	1.655	0.3	0.1	0.2	#DIV/0!	0.333	0.06
	0.05	1.1	0.135	0.968	0.69523	0.015	1.655	0.3	0.1	0.2	0.18	0.333	0.06
	0.02	1.2	0.054	0.723	0.27322	0.011	1.655	0.3	0.1	0.2	0.323	0.333	0.06
	0.03	1.2	0.089	0.909	0.36927	0.011	1.655	0.3	0.1	0.2	0.204	0.333	0.06
	0.04	1.2	0.123	1.023	0.58333	0.012	1.655	0.3	0.1	0.2	0.161	0.333	0.06
	0.05	1.2	0.132	0.928	0.5847	0.016	1.655	0.3	0.1	0.2	0.196	0.333	0.06
	0.06	1.2	0.16	1.035	0.5889	0.015	1.655	0.3	0.1	0.2	0.158	0.333	0.06
	0.07	1.2	0.166	0.995	0.5946	0.017	1.655	0.3	0.1	0.2	0.171	0.333	0.06
	0.04	1.3	0.123	0.918	0.57206	0.015	1.655	0.3	0.1	0.2	0.2	0.333	0.06
	0.05	1.3	0.146	1.041	0.39248	0.014	1.655	0.3	0.1	0.2	0.156	0.333	0.06
	0.02	1.4	0.056	0.8	0.5746	0.009	1.655	0.3	0.1	0.2	0.264	0.333	0.06
	0.04	1.4	0.116	0.995	0.5891	0.012	1.655	0.3	0.1	0.2	0.171	0.333	0.06
	0.05	1.4	0.134	0.957	0.61667	0.015	1.655	0.3	0.1	0.2	0.184	0.333	0.06

**LAMPIRAN D SEPARASI GELOMBANG DATANG DAN
REFLEKSI PADA MATLAB**

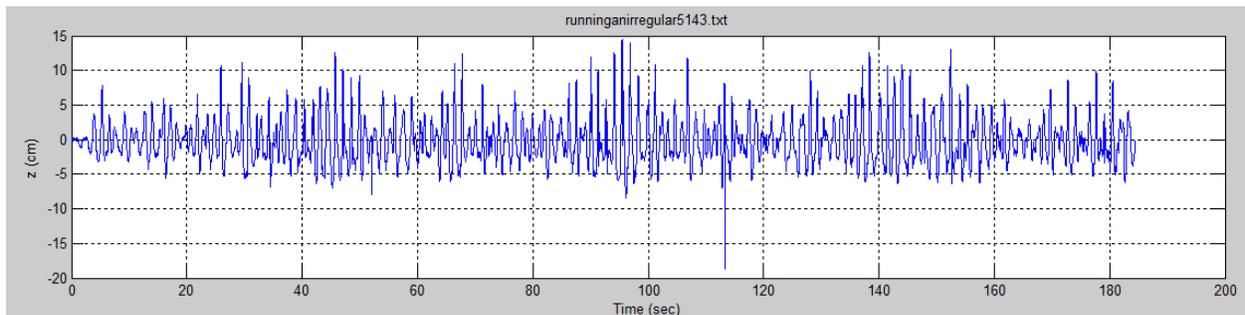
CONTOH SEPARASI GELOMBANG YANG DIUJIKAN

Sebelum dilakukan pengolahan data menggunakan algoritma dengan persamaan Goda, akan didapatkan grafik gelombang pada *probe 1* dan *probe 3* dengan durasi pengujian selama 180 detik. Berikut merupakan tampilan grafik gelombang :

Probe 1

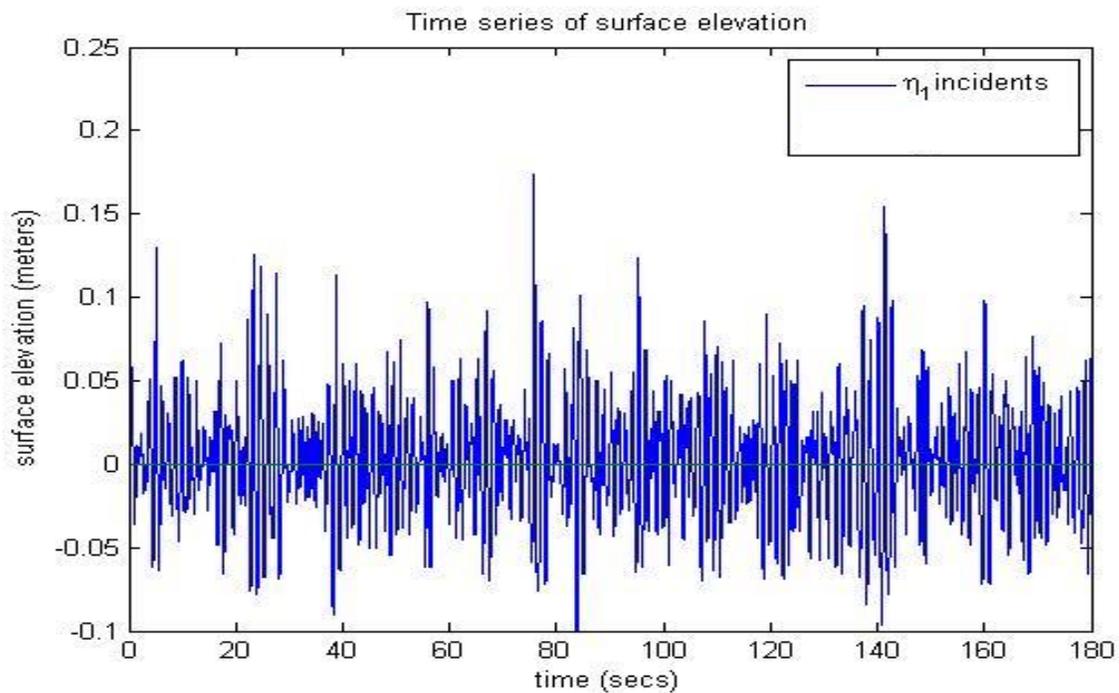


Probe 3

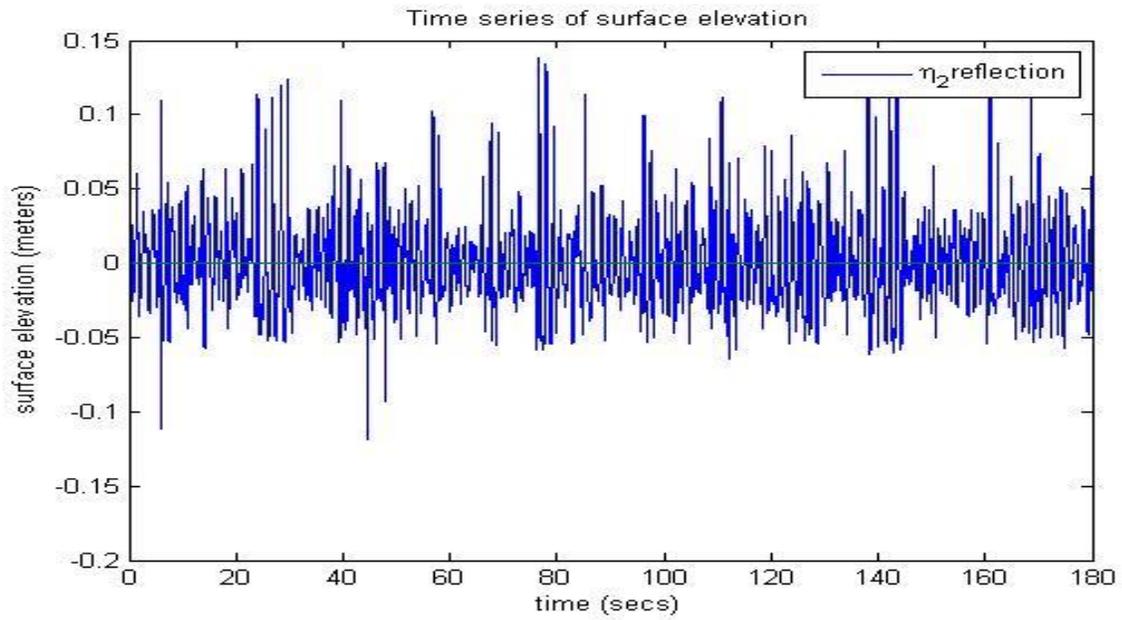


Karena dua hasil grafik gelombang diatas masih dalam pembacaan mentah, maka diperlukan adanya separasi gelombang yang menurut persamaan goda digunakan peninjauan di dua titik atau dua *probe*, pada kasus ini digunakan *probe 1* dan *probe 3* . Sehingga didapatkan hasil separasi sebagai berikut :

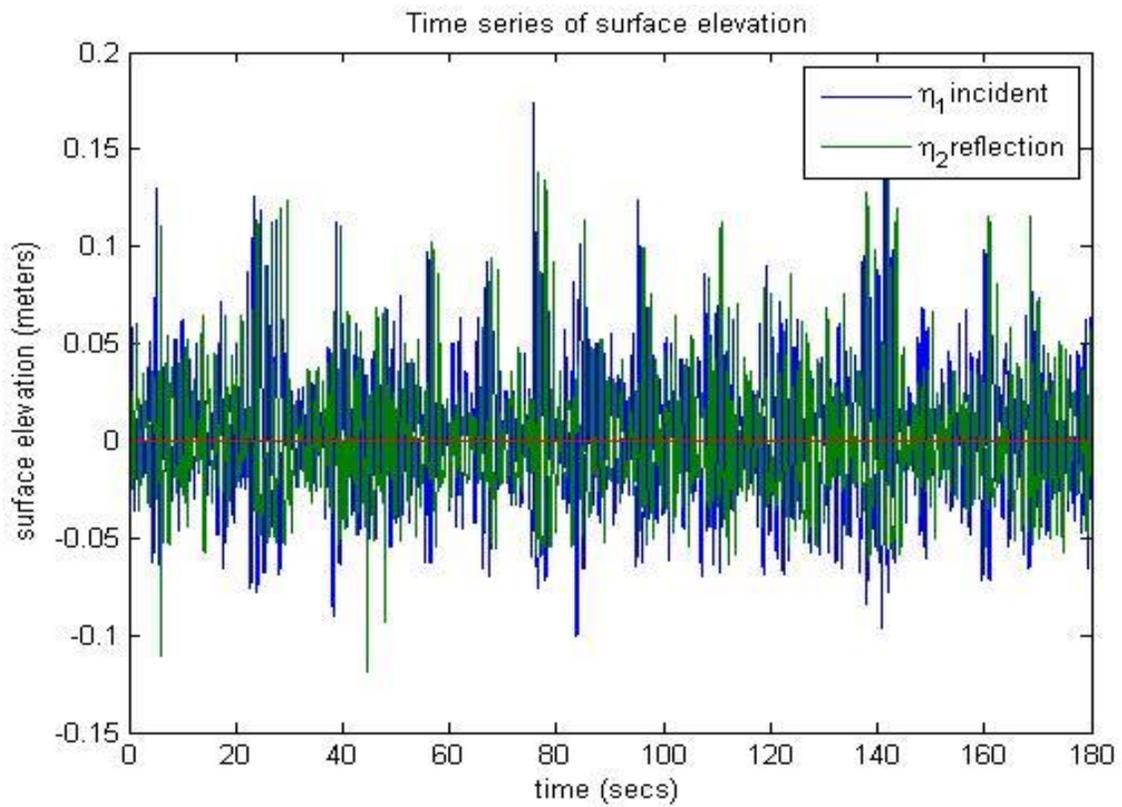
Gelombang Datang



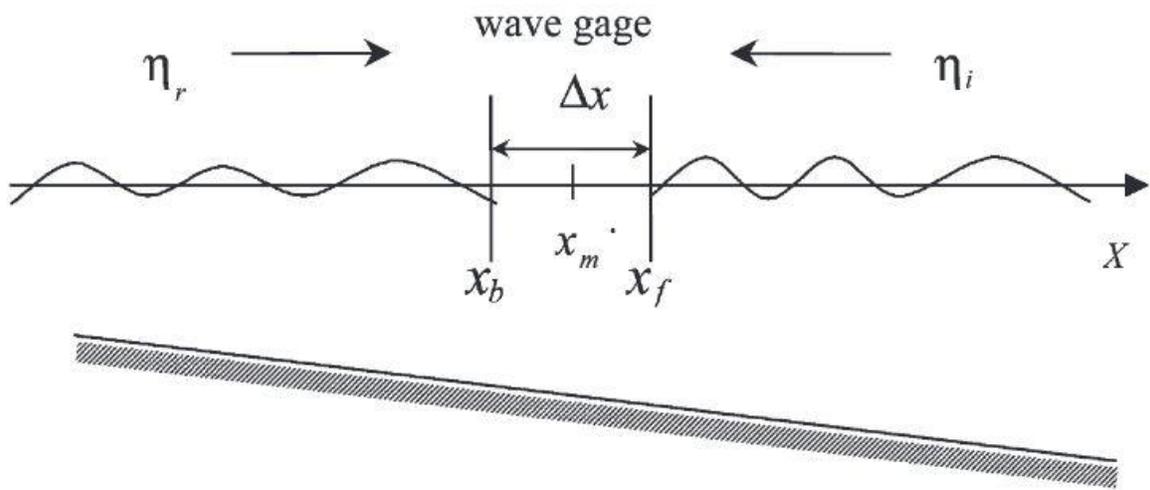
Gelombang Refleksi



Jika disatukan menjadi satu *plot area*, maka akan memiliki tampilan sebagai berikut:



*keterangan arah η_1 dan η_2



LAMPIRAN E LANGKAH PENGOLAHAN DATA

LANGKAH PENGOLAHAN DATA :

1. Setelah melakukan pengujian dengan gelombang irregular pada struktur *hexareef* akan didapatkan hasil pembacaan pada *wave tide meter software*. Dimana, hasilnya akan berisi amplitudo yang disimpan dalam format .csv yang bisa dibuka dengan Ms. Excel. Seperti tampilan dibawah ini :

Time (S)	Ch 1 (mm)	Ch 3 (mm)
0.02	-4	-1
0.04	-2	-1
0.06	-4	-3
0.08	-3	-2
0.1	-3	-1
0.12	-3	-1
0.14	-4	-3
0.16	-2	0
0.18	-4	0
0.2	-3	-1
0.22	-6	0
0.24	-4	0
0.26	-4	0
0.28	-4	-1
0.3	-4	-3
0.32	-4	-1
0.34	-4	0
0.36	-4	0
0.38	-4	0
0.4	-4	2
0.42	-5	2
0.44	-4	0

2. Merubah file dengan format .csv kedalam aplikasi notepad, koversi ini dilakukan karena matlab menggunakan format konten notepad dalam membaca data hasil pengujian. Seperti tampilan pada contoh dibawah :

Time (S)	Ch 1 (mm)	Ch 3 (mm)
0.02	-4	-1
0.04	-2	-1
0.06	-4	-3
0.08	-3	-2
0.1	-3	-1
0.12	-3	-1
0.14	-4	-3
0.16	-2	0
0.18	-4	0
0.2	-3	-1
0.22	-6	0
0.24	-4	0
0.26	-4	0
0.28	-4	-1
0.3	-4	-3
0.32	-4	-1
0.34	-4	0
0.36	-4	0
0.38	-4	0
0.4	-4	2
0.42	-5	2
0.44	-4	0

3. Data yang sudah dipindah ke aplikasi notepad harus di save satu folder dengan matlab editor yang berisikan persamaan Goda dan Suzuki. Setelah itu buka file matlab editor dengan software matlab, lalu dalam software matlab akan muncul *coding* seperti dibawah ini:

- Untuk mencari nilai koefisien refleksi

The screenshot shows the MATLAB editor interface. The 'Current Folder' window on the left contains files: `refleksion.txt`, `findL.m`, and `exercise21_k8.m`. The main editor window displays the following code:

```

1 % Solution to exercise 21 in coastal hydraulics
2 %
3
4 clear all;
5 load -ascii refleksion.txt % data are read into the matrix 'refleksion'
6
7
8 - deltal=1.60; % distance between gauges
9 - h=0.3; % water depth
10 - T=0.6618; % wave period
11 - L=findL(h,T); % wave length
12 - k=2*pi/L; % wave number
13
14 - eta1=refleksion(1:9000,2); % the first 32 values from column 2 are put into 'eta1'
15 - eta2=refleksion(1:9000,3); % the first 32 values from column 3 are put into 'eta2'
16 - n=length(eta1);
17
18 - deltat=refleksion(2,1)-refleksion(1,1); % time between measurements
19 - delta_f=1/(n*deltat); % basic frequency in Fourier Series

```

Annotations in the image include:

- A blue box around line 5 with an arrow pointing to the text "Input file dalam bentuk notepad".
- A blue box around lines 8-12 with an arrow pointing to the text "Input parameter yang digunakan dalam pengujian".

The screenshot shows the MATLAB editor with the following code:

```

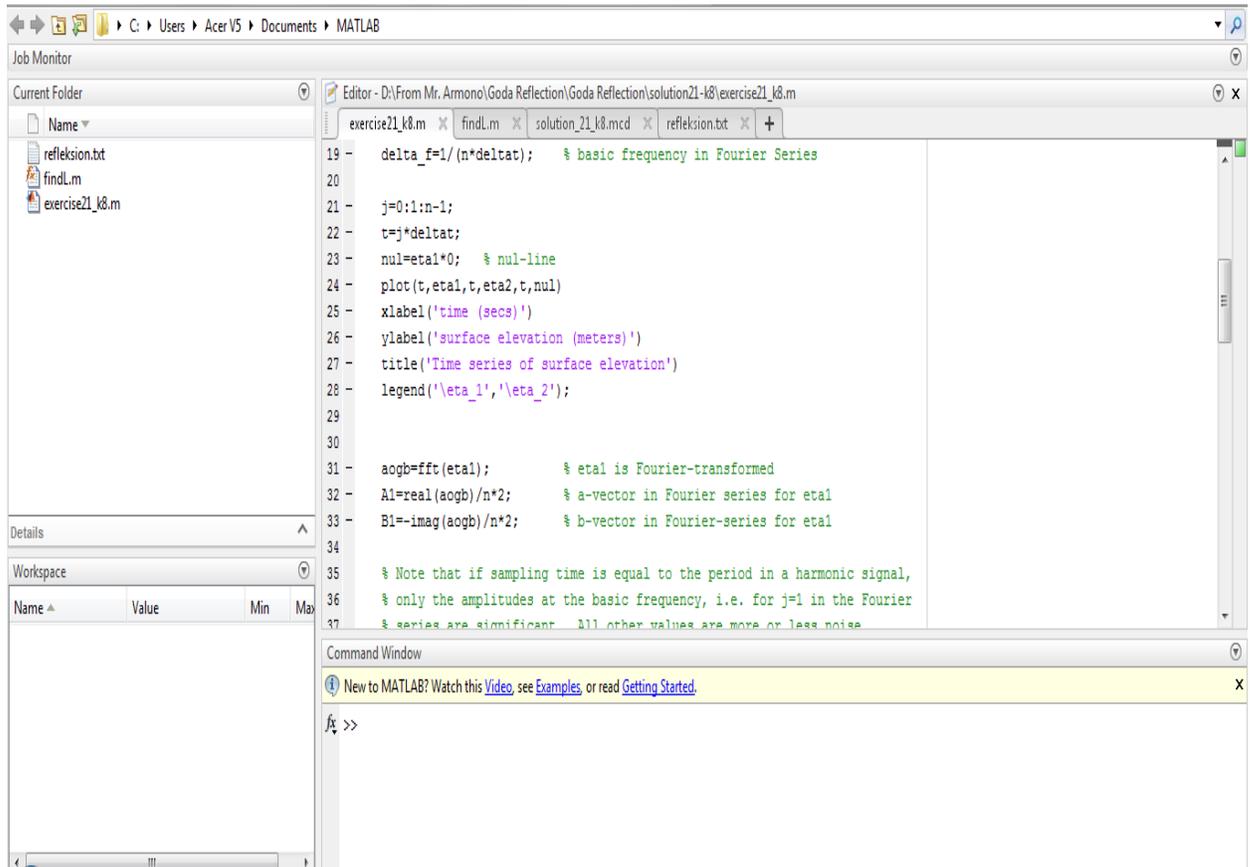
73 - K1=A2-A1*cos(k*deltat)-B1*sin(k*deltat);
74 - K2=B2+A1*sin(k*deltat)-B1*cos(k*deltat);
75
76 - a1=(K1.^2+K2.^2).^0.5/abs(sin(k*deltat));
77
78 - K3=A2-A1*cos(k*deltat)+B1*sin(k*deltat);
79 - K4=B2-A1*sin(k*deltat)-B1*cos(k*deltat);
80
81 - ar=(K3.^2+K4.^2).^0.5/abs(sin(k*deltat));
82
83 - Cr=ar./a1;
84
85 % even though all values in the Cr-vector are different from zero, it is only
86 % the values corresponding to j=1 in the Fourier series that has a physical meaning
87 % All other values are found by dividing noise by noise because
88 % eta1 og eta2 are not perfect sine-functions (the values are taken from
89 % a numerical model)
90
91 - disp(['The Refleksion Coefficient is ' num2str(Cr(2))])

```

An annotation in the image includes:

- A blue box around lines 73-83 with an arrow pointing to the text "Persamaan Goda".

- Untuk melihat hasil separasi plotting grafik gelombang η_1 (*incidents*) dan η_2 (*reflections*)

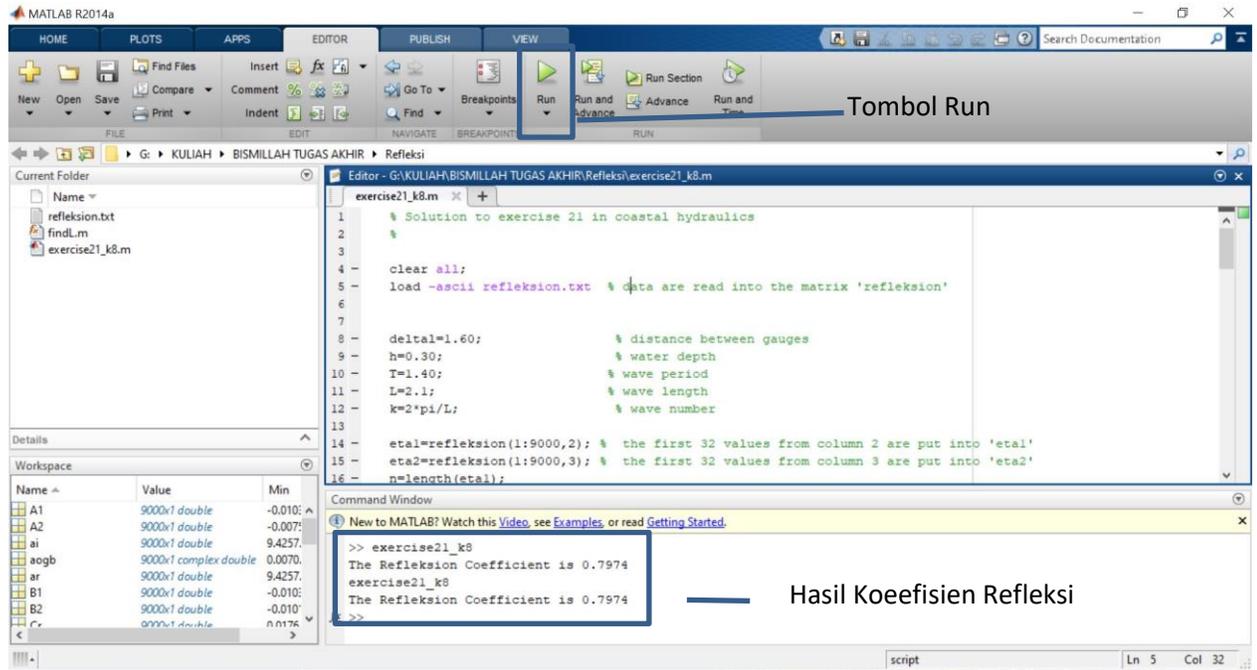


The screenshot displays the MATLAB IDE interface. The top toolbar shows navigation icons. Below it, the 'Job Monitor' window is visible. The main workspace is divided into three panes: 'Current Folder', 'Workspace', and 'Command Window'. The 'Current Folder' pane shows files: 'refleksion.txt', 'findL.m', and 'exercice21_k8.m'. The 'Workspace' pane is empty. The 'Command Window' shows a message: 'New to MATLAB? Watch this [Video](#), see [Examples](#), or read [Getting Started](#).' Below the message is a prompt 'fx >>'. The main editor window shows the following MATLAB code:

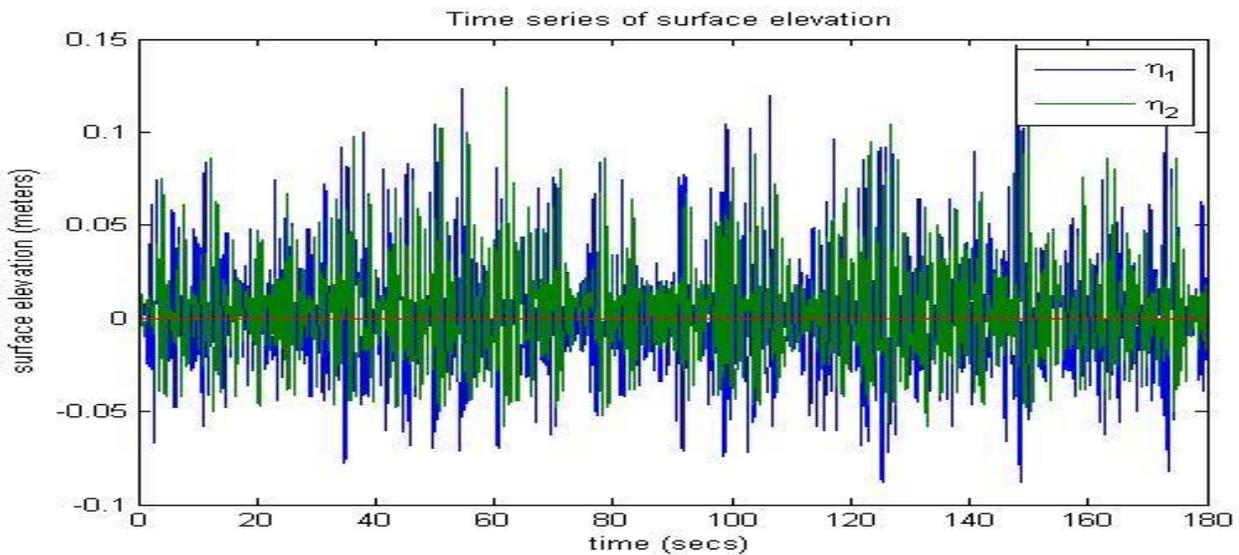
```
19 - delta_f=1/(n*deltat); % basic frequency in Fourier Series
20
21 - j=0:1:n-1;
22 - t=j*deltat;
23 - nul=etal*0; % nul-line
24 - plot(t,etal,t,eta2,t,nul)
25 - xlabel('time (secs)')
26 - ylabel('surface elevation (meters)')
27 - title('Time series of surface elevation')
28 - legend('\eta_1','\eta_2');
29
30
31 - aogb=fft(etal); % etal is Fourier-transformed
32 - A1=real(aogb)/n*2; % a-vector in Fourier series for etal
33 - B1=-imag(aogb)/n*2; % b-vector in Fourier-series for etal
34
35 % Note that if sampling time is equal to the period in a harmonic signal,
36 % only the amplitudes at the basic frequency, i.e. for j=1 in the Fourier
37 % series are significant. All other values are more or less noise
```

4. Klik tombol *run* untuk mengolah data, setelah itu akan muncul output berupa nilai koefisien refleksi dan plotting separasi gelombang datang dan refleksi. Dua *output* yang dimaksud adalah sebagai berikut :

- Nilai koefisien

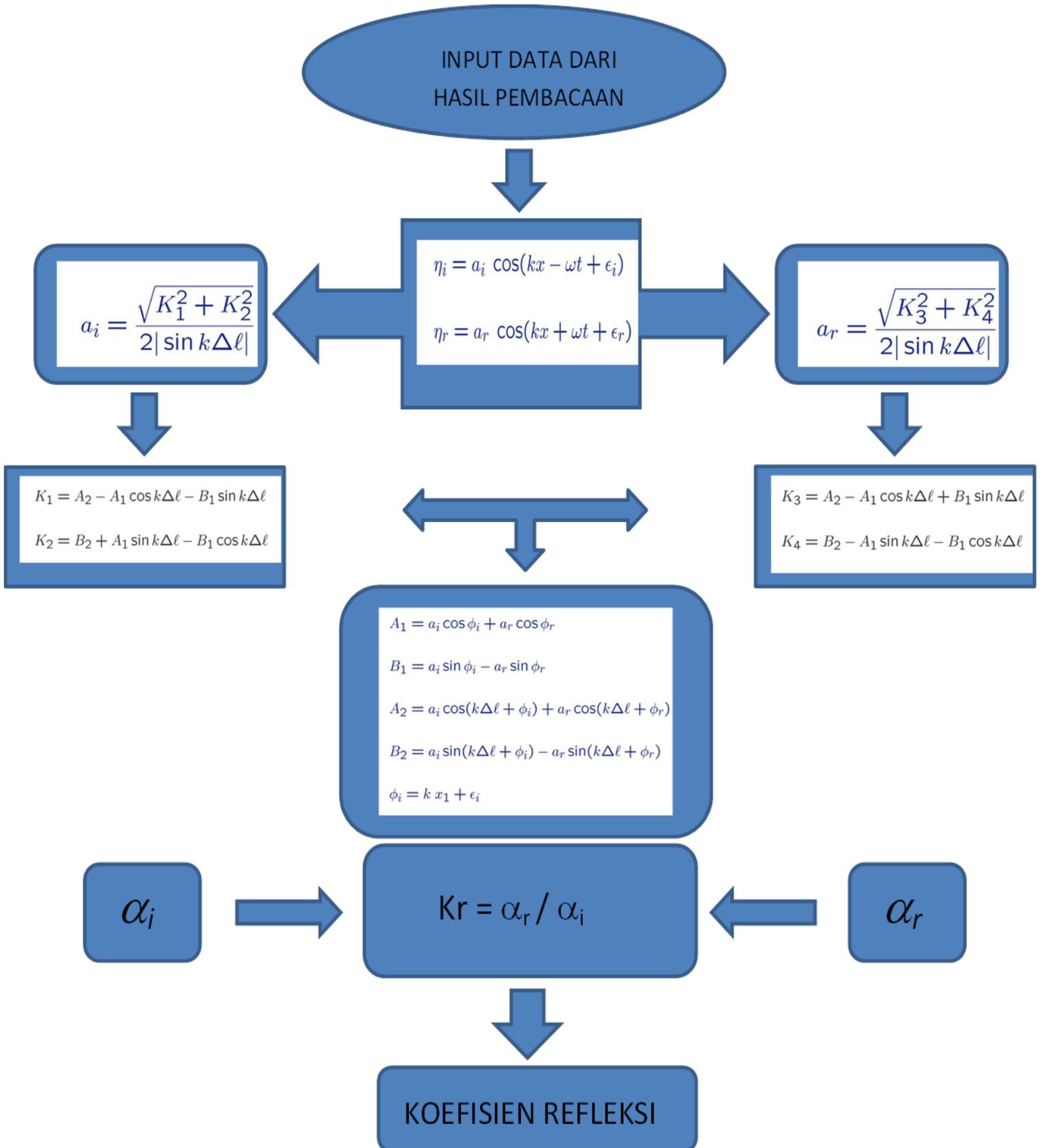


- Untuk hasil plotting separasi gelombang datang dan refleksi



LAMPIRAN F KONSEP KALKULASI PERSAMAAN GODA PADA
MATLAB UNTUK MENCARI KOEFISIEN REFLEKSI

ALUR PENGOLAHAN PERSAMAAN GODA DAN SUZUKI



BIODATA PENULIS



Ghifari dilahirkan di Jakarta, DKI Jakarta pada tanggal 29 Maret 1995. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN 9 Boyolali, dan kemudian pindah ke SD Kesatuan, Bogor, Jawa Barat. Menginjak pendidikan menengah pertama penulis melanjutkan pendidikan di SMP Kesatuan Bogor kemudian pendidikan menengah atas di SMAN 3 Bogor. Setelah lulus SMA pada tahun 2013 penulis melanjutkan studinya di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selama menjadi mahasiswa selain aktif dibidang akademis, penulis juga aktif dalam kegiatan intra kampus, baik dalam skala nasional maupun internasional. Kegiatan intra kampus yang pernah digeluti oleh penulis adalah menjadi Staf Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan FTK ITS, dan fokus pada perannya di Unit Kegiatan Mahasiswa. Penulis merupakan *founder* dari PEGAL (PEndaki Gunung Arek Laut) pada tahun 2014, dimana PEGAL adalah *club* pencinta alam kelautan yang sudah malang melintang di dunia pendakian nasional. Selain itu *club* jurusan yang ditekuni penulis adalah URC (*Underwater Robotic Club*) yang mengikuti kompetisi dalam bidang RC Boat seperti yang diselenggarakan oleh Universitas Indonesia, Universitas Diponegoro, dll yang berskala nasional. Dalam bidang akademis, penulis menjalani dua bulan kerja praktek di PT Swijetty Nusantara yang berbasis di Lampung. Penulis menjalani satu bulan pertama di *workshop* Lampung dalam bidang perawatan alat-alat proyek, dan melanjutkan satu bulan berikutnya di proyek pemancangan untuk pelabuhan PT Sinar Mas VCO Oil di Lubuk Linggau, Dumai, Provinsi Riau. Sehingga karena minat penulis pada pengerjaan yang berkaitan dengan *coastal engineering*, penulis menyelesaikan tugas akhir dengan judul ‘Studi Eksperimen Refleksi Gelombang Pada Terumbu Buatan Hexagonal Dengan Pengaruh Konfigurasi Gap Secara Horizontal’, pada penelitian ini penulis mengembangkan dimensi terumbu buatan yang baru dari terumbu buatan sebelumnya yang diharapkan memiliki peran yang lebih efisien sebagai struktur pelindung pantai, maupun penyeimbang ekosistem pesisir yang rusak karena hilangnya terumbu karang akibat perusakan. Jika pembaca berminat untuk mengetahui lebih lanjut mengenai tugas akhir penulis silahkan hubungi via email.

Contact person: gdesomsoni@gmail.com