

SKRIPSI

**STUDI PENGARUH KONFIGURASI KANTONG PASIR
TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI PADA BANGUNAN
REVETMENT**



OLEH :

NUR AMIN
105 81 1934 13

IBRAHIM
105 81 1991 13

**JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

2018

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR



FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

Tugas akhir ini di ajukan untuk memenuhi syarat-syarat ujian guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Judul Skripsi : **STUDI PENGARUH KONFIGURASI KANTONG PASIR TERHADAP
GELOMBANG REFLEKSI PADA BANGUNAN REVETMENT**

Nama : **NUR AMIN
IBRAHIM**

No. Stambuk : **105 81 1934 13
105 81 1991 13**

Makassar, 11 AGUSTUS 2018

Telah Diperiksa dan Disetujui

Oleh Dosen Pembimbing

Pembimbing I

Ir. H. Marudding Laining, MS

Pembimbing II

Dr. Hj. Nurnawati, ST., MT



Mengetahui,
Ketua Jurusan Sipil

Andi Makbul Syamsuri, ST., MT

NBM: 118 3084



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR

FAKULTAS TEKNIK

GEDUNG MENARA IQRA LT. 3

Jl. Sultan Alauddin No. 259 Telp. (0411) 866 972 Fax (0411) 865 588 Makassar 90221

Website : www.unismuh.ac.id, e-mail : unismuh@gmail.com

Website : <http://teknik.unismuh.makassar.ac.id>

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

PENGESAHAN

Skripsi atas nama Nur Amin dengan nomor induk Mahasiswa 10581193413 dan Ibrahim dengan nomor induk Mahasiswa 10581199113, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0011/SK-Y/22201/091004/2018, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 31 Agustus 2018.

Panitia Ujian :

Makassar,

01 Muharram 1440 H

11 September 2018 M

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Dr. H. Abdul Rahman Rahim, SE., MM.

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Dr. Ir. H. Muhammad Arsyad Thaha, MT

2. Penguji

a. Ketua : Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, MT

b. Sekretaris : Muh. Amir Zainuddin, ST., MT

3. Anggota

1. Prof. Dr. Ir. H. Lawalenna Samang, M.Sc., M.Eng

2. Dr. Ir. Nenny T. Karim, ST., MT

3. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT

Pembimbing I

Mengetahui :

Pembimbing II

Ir. H. Marudding Lainiq, MS

Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST., MT

Dekan

Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT

NBM : 855 500

STUDI PENGARUH KONFIGURASI KANTONG PASIR TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI PADA BANGUNAN REVETMENT

Nur Amin⁽¹⁾ dan Ibrahim⁽²⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Unismuh Makassar
Email : nuramin260891@gmail.com

²⁾Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Unismuh Makassar
Email : ibrahimibam76@gmail.com

ABSTRAK

Permasalahan umum pada daerah pantai adalah abrasi, terutama yang disebabkan oleh gelombang laut. Salah satu pencegahan abrasi adalah penggunaan bangunan revetment. Revetment merupakan struktur yang dibangun sejajar garis pantai, memisahkan antara daratan dan perairan pantai yang terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan (buis) beton, turap, kayu atau tumpukan batu. Struktur bangunan revetment tipe beton atau pasangan batu menjadi tidak ekonomis apabila dilaksanakan pada daerah pantai terpencil yang terbatas infrastruktur dan sumber material konstruksi. Salah satu cara untuk mengatasi masalah keterbatasan infrastruktur dan sumber material tersebut adalah penggunaan kantong pasir sebagai bangunan revetment. Kelebihan kantong pasir sebagai bangunan revetment adalah lebih sedikit dalam penggunaan material, dapat memanfaatkan material setempat serta dapat dilakukan dengan peralatan terbatas. Penelitian ini berbentuk pengujian model fisik 2-D yang dilakukan dikolam gelombang. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa model revetment yang paling efektif meredam gelombang datang adalah model A, karena tinggi gelombang refleksi dan koefisien refleksi yang dihasilkan paling rendah.

Kata Kunci : Bangunan revetment , Konfigurasi kantong pasir, Gelombang refleksi.

ABSTRACT

Common problems in coastal areas are abrasion, especially those caused by ocean waves. One prevention of abrasion is the use of revetment buildings. Revetment is a structure that is built parallel to the shoreline, separating between land and coastal waters made of pairs of rocks, concrete, piles (buis) of concrete, plaster, wood or stone piles. Concrete type revetment building structures or stone pairs become uneconomical when implemented in remote coastal areas that are limited in infrastructure and source of construction material. One way to overcome the problem of limited infrastructure and material resources is the use of sand bags as a revetment building. Excess sand bags as revetment buildings are less in the use of materials, can utilize local materials and can be done with limited equipment. This study is in the form of testing 2-D physical models carried out in the wave pool. The results of the observation show that the revetment model that is most effective in reducing incoming waves is model A, because the reflection wave height and reflection coefficient are the lowest.

Keywords: Building revetment, Sand bag configuration, Wave reflection.

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah yang diberikan selama ini kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan satu tugas berat dalam rangka penyelesaian studi di Universitas Muhammadiyah Makassar.

Sebagai manusia biasa, penulis sangat menyadari bahwa Tugas Akhir yang sederhana ini masih banyak terdapat kekeliruan dan masih memerlukan perbaikan secara menyeluruh, hal ini tidak lain disebabkan keterbatasan ilmu dan kemampuan yang dimiliki oleh penulis dalam menyelesaikan tugas yang bagi penulis dirasakan cukup berat, karenanya berbagai masukan dan saran yang sifatnya membangun sangatlah diharapkan demi sempurnanya Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam proses awal hingga selesainya Tugas Akhir ini, banyak sekali pihak yang telah terlibat dan berperan serta untuk mewujudkan selesainya Tugas Akhir ini, karena itu pada tempatnyalah penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang setinggi-tingginya kepada mereka yang secara moril maupun materi telah banyak membantu penulis untuk merampungkan Tugas Akhir ini hingga selesai.

Pertama-tama ucapan terima kasih penulis haturkan secara khusus kepada kedua orang tua yang penulis hormati dan cintai Ayahanda dan Ibunda yang telah membesarkan penulis dengan penuh kesabaran hingga penulis dapat berhasil menyelesaikan studi pada jenjang yang lebih tinggi juga kepada seluruh saudara penulis yang dengan semangat member dorongannya selama ini.

Selanjutnya ucapan terima kasih penulis haturkan kepada :

1. Bapak Hamzah Al Imran, ST., MT. sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammaiyyah Makassar.
2. Bapak Andi Makbul Syamsuri, ST., MT. sebagai Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Bapak Ir. H. Marudding Laining, MS. selaku pembimbing I, Ibu Dr. Hj. Nurnawati, ST., MT selaku pembimbing II, yang mana dengan penuh kesabaran memberikan bimbingannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Juga kepada sahabat yang banyak memberikan dorongan agar cepat selesai dan ikut membantu penulis mencari data selama penyusunan Tugas Akhir, dan rekan-rekan lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu pada kesempatan ini.

Harapan penulis semoga apa yang telah dibantukan selama ini secara moril maupun materil mendapatkan imbalan amal dari Allah SWT dan semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi kita semua. Amin.

Makassar, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah.....	3
E. Manfaat Penelitian.....	3
F. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Pengertian Pantai.....	5
B. Karakteristik Gelombang	7

C. Teori Dasar Gelombang	11
D. Klasifikasi Teori Gelombang	12
E. Parameter Gelombang	13
F. Teori Redaman Gelombang.....	14
G. Gelombang Berdiri Parsial	15
H. Gelombang Refleksi	16
I. Revetment.....	19
J. Hukum Dasar Model	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	24
A. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	24
B. Jenis dan Sumber Data	24
C. Bahan dan Alat	24
D. Model penelitian.....	26
E. Prosedur pelaksanaan penelitian	27
F. Bagan Alur Penelitian	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Hasil Penelitian	30
B. Pembahasan	34
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	39
A. Kesimpulan.....	39
B. Saran	40

DAFTAR PUSTAKA	41
DAFTAR LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Nomor		Halaman
1.	Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam	12
2.	Koefisien refleksi	17
3.	Dimensi kantong pasir	26
4.	Data Tinggi Gelombang	31
5.	Hasil Pengamatan Koefisien Refleksi	34

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Terminologi pantai untuk keperluan pengelolaan pantai (Yuwono, 2005)	5
2. Defenisi dan karakteristik gelombang di daerah pantai (<i>Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999</i>)	7
3. karakteristik Gelombang (<i>Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999</i>)	8
4. Proses Erosi Pantai (<i>Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999</i>)	11
5. Gerak partikel air dalam gelombang (<i>Pelabuhan, Triadmodjo, 1999</i>)	13
6. Profil gelombang berdiri parsial (<i>Teknik Pantai, Triadmodjo, 1991</i>)	16
7. Revetment dan Revetment di Pantai Cermin Aceh (Multidecon Internal, 2004)	19
8. Revetment bronjong dan pembuatan revetment bronjong di Pantai Glagah	20
9. Revetment dari beton bertulang precast di Pelabuhan Ikan Cilacap (PT PP, 2011)	20
10. Revetment dari bahan geobag (http://4.bp.blogspot.com)	21
11. Tangki pembangkit gelombang	25
12. Unit pembangkit gelombang type flap	25
13. Variasi susunan kantong	27
14. Bagan alur penelitian	29
15. Grafik Hubungan H_i terhadap H_r	35
16. Grafik Hubungan T terhadap H_r	36
17. Grafik Pengaruh H_i/L terhadap koefisien refleksi (K_r)	37

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

H_r	: Tinggi gelombang refleksi
H_i	: Tinggi gelombang datang
L	: Panjang gelombang
T	: Periode gelombang
A	: Amplitudo gelombang
C	: Kecepatan rambat gelombang
K_r	: Koefisien refleksi
H_{max}	: Tinggi gelombang maksimum
H_{min}	: Tinggi gelombang minimum
g	: Percepatan gravitasi bumi
E_r	: Energi gelombang refleksi
E_i	: Energi gelombang datang
H_i/L	: Kecuraman gelombang
S	: Stroke
H/L	: Kemiringan gelombang
d/L	: kedalaman relatif

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pantai merupakan perbatasan antara daratan dan lautan, yaitu sebuah perairan yang sangat dinamis. Pantai selalu menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian sehingga mampu meredam energi gelombang datang. Penyesuaian bentuk tersebut merupakan tanggapan dinamis alami pantai terhadap laut. Sering kali pertahanan alami pantai ini tidak mampu menahan serangan aktifitas laut (gelombang, arus, angin dan pasang surut).

Dalam beberapa tahun terakhir, garis pantai di beberapa daerah di Indonesia mengalami erosi yang cukup memprihatinkan. Data menunjukkan lebih dari 400 km atau sekitar 40% dari total panjang pantai di Indonesia mengalami kerusakan (erosi/abrasi). Dari fakta yang ada maka diperlukan penanganan yang serius terhadap permasalahan erosi pantai adalah membuat system perlindungan pantai.

Upaya untuk mengatasi erosi di daerah pantai yang telah dilakukan dapat dibagi menjadi dua pendekatan utama, yaitu dengan hard approach dan soft approach. Penangan dengan hard approach dapat berupa pembangunan struktur pantai seperti breakwater, groin, jetty, revetment dan seawall (tembok laut).

Revetment merupakan struktur yang dibangun sejajar garis pantai, memisahkan antara daratan dan perairan pantai. Fungsi utama dari *revetment* adalah mencegah terjadinya erosi pantai dan limpasan gelombang (*overtopping*) ke daratan. *Revetment* biasanya dibangun dengan sisi miring, ditempatkan sejajar atau hampir

sejajar garis pantai, dapat terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan (buis) beton, turap, kayu atau tumpukan batu.

Permasalahan tersebut kemudian dituangkan dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan judul : “**Studi Pengaruh Konfigurasi Kantong Pasir**

Terhadap Gelombang Refleksi Pada Bangunan Revetment.”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah kami uraikan di atas, maka rumusan masalahnya adalah :

1. Bagaimana hubungan gelombang datang (H_i) dengan gelombang refleksi (H_r).
2. Bagaimana hubungan gelombang refleksi (H_r) dengan periode gelombang (T)
3. Bagaimana pengaruh kecuraman gelombang (H_i/L) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r) .

C. Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui hubungan gelombang datang dengan gelombang refleksi.
2. Untuk mengetahui hubungan gelombang refleksi dengan periode gelombang.
3. Untuk mengetahui pengaruh kecuraman gelombang terhadap koefisien refleksi.

D. Batasan Masalah

Untuk menjaga agar pembahasan materi dalam tugas akhir ini lebih terarah, penulis menetapkan ruang lingkup penulisan sebagai berikut :

1. Gelombang yang datang tegak lurus terhadap model
2. Gelombang yang di bangkitkan adalah gelombang teratur (*regular wave*) yang belum pecah
3. Fluida yang digunakan adalah air tawar (salinitas dan pengaruh mineral air tidak diperhitungkan)
4. Stabilitas struktur tidak dikaji, sehingga untuk perkuatan struktur hanya untuk menjaga agar struktur tidak berpindah saat dilakukan pengujian.
5. Pengaruh ketebalan lapis inti tidak dikaji.

E. Manfaat Penelitian

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya sebagai berikut :

1. Sebagai sarana untuk kajian ilmiah atau referensi bagi penelitian bangunan pelindung pantai.
2. Sebagai referensi untuk penelitian – penelitian lanjutan.

F. Sistematika Penulisan

Susunan sistematika dalam tugas akhir ini dapat diuraikan sebagai berikut:

Bab I Pendahuluan, yang berisikan penjelasan umum tentang materi pembahasan yakni Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan

Penelitian, Manfaat Penelitian, Batasan Masalah dan Sistematika Penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka, yang berisikan kajian literatur-literatur yang berhubungan dengan masalah yang dikaji dalam penelitian ini.

Bab III Metodologi Penelitian, yang menguraikan secara lengkap tentang lokasi penelitian, waktu penelitian, langkah – langkah atau prosedur pengambilan dan pengolahan data hasil penelitian.

Bab IV Hasil dan Pembahasan, merupakan bab yang menyajikan data – data hasil penelitian di laboratorium, analisis data, hasil analisis data dan pembahasannya.

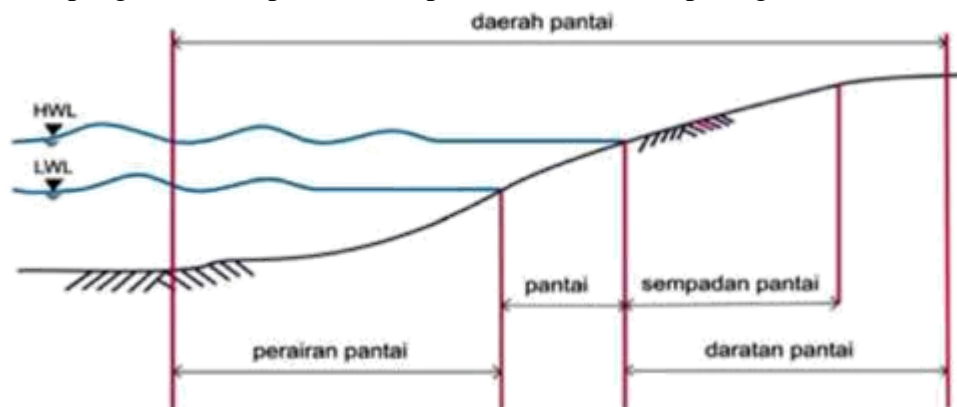
Bab V Penutup, merupakan bab yang berisi kesimpulan penulisan dan penelitian disertai dengan saran – saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Pantai

Pantai dipersepsikan sebagai perbatasan wilayah darat dan wilayah laut. Kata pantai biasa di samakan juga dengan pesisir (*coast*) dan pantai (*shore*). Pesisir adalah daerah darat di tepi laut yang masih mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut dan perembesan air laut. Sedang pantai adalah daerah di tepi perairan yang di pengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai dari batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut di mulai dari sisi laut pada garis surut terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Garis pantai adalah garis batas pertemuan antara daratan dan air laut, dimana posisinya tidak tetap dan dapat berpindah sesuai dengan pasanag surut air laut dan erosi pantai yang terjadi. Sempadan pantai adalah kawasan tertentu sepanjang pantai yang mempunyai manfaat penting untuk mempertahankan kelestarian fungsi pantai. pengertian dari pantai ini dapat secara skematik pada gambar berikut.

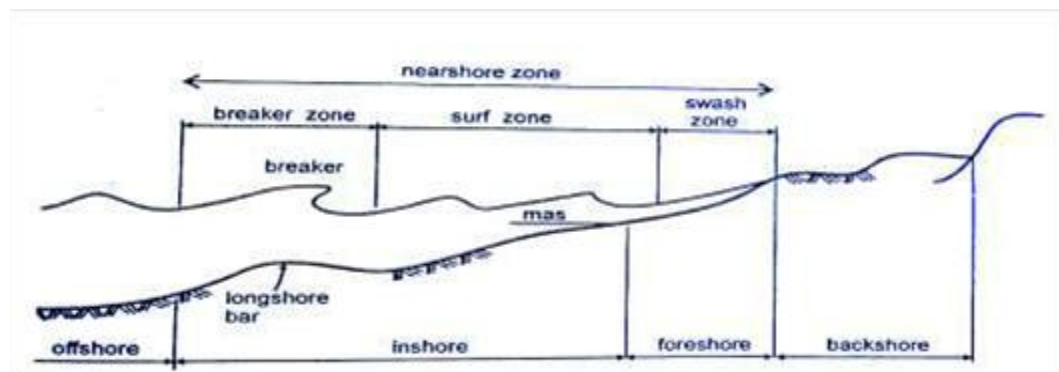


Gambar 1. Terminologi pantai untuk keperluan pengelolaan pantai (Yuwono, 2005)

Gelombang yang merambat dari laut dalam mengalami perubahan bentuk karena pengaruh perubahan kedalaman laut. Berkurangnya kedalaman laut menyebabkan semakin berkurangnya panjang gelombang dan bertambahnya tinggi gelombang. Pada saat kemiringan gelombang (perbandingan antara tinggi dan panjang gelombang) mencapai batas maksimum, gelombang akan pecah. Karakteristik gelombang setelah pecah berbeda dengan sebelum pecah. Gelombang yang telah pecah merambat terus ke arah pantai sampai akhirnya gelombang bergerak naik dan turun pada permukaan pantai (uprush dan downrush). Garis gelombang pecah merupakan batas perubahan perilaku gelombang dan juga transport sedimen pantai. Daerah dari garis gelombang pecah ke arah laut disebut dengan offshore. Sedangkan daerah yang terbentang ke arah pantai dari gelombang pecah dibedakan menjadi tiga daerah yaitu breaker zone, surf zone dan swash zone. Daerah gelombang pecah (breaker zone) adalah daerah dimana gelombang yang datang dari laut (lepas pantai) mencapai ketidak-stabilan dan pecah. Di pantai yang landai gelombang pecah bisa terjadi dua kali. Surf zone adalah daerah yang terbentang antara bagian dalam dari gelombang pecah dan batas naik-turunnya gelombang di pantai. Pantai yang landai mempunyai surf zone yang lebar. Swash zone adalah daerah yang dibatasi oleh garis batas tertinggi naiknya gelombang dan batas terendah turunnya gelombang di pantai.

Ditinjau dari profil pantai, daerah ke arah pantai dari garis gelombang pecah dibagi menjadi tiga daerah yaitu inshore, foreshore dan back shore. Perbatasan antara inshore dan foreshore adalah batas antara air laut pada saat muka air rendah dan permukaan pantai. Proses gelombang pecah di daerah

inshore sering menyebabkan terbentuknya longshore bar, yaitu gumpalan pasir yang memanjang dan kira-kira sejajar dengan pantai. foreshore adalah daerah yang terbentang dari garis pantai pada saat muka air rendah sampai batas dari uprush pada saat air pasang tinggi. Profil di daerah inshore dan backshore. Backshore adalah daerah yang dibatasi oleh foreshore dan garis pantai yang terbentuk pada saat terjadi gelombang badai bersamaan dengan muka air tinggi. Definisi dan karakteristik dari profil pantai ini dapat dilihat pada gambar 2 berikut ini :



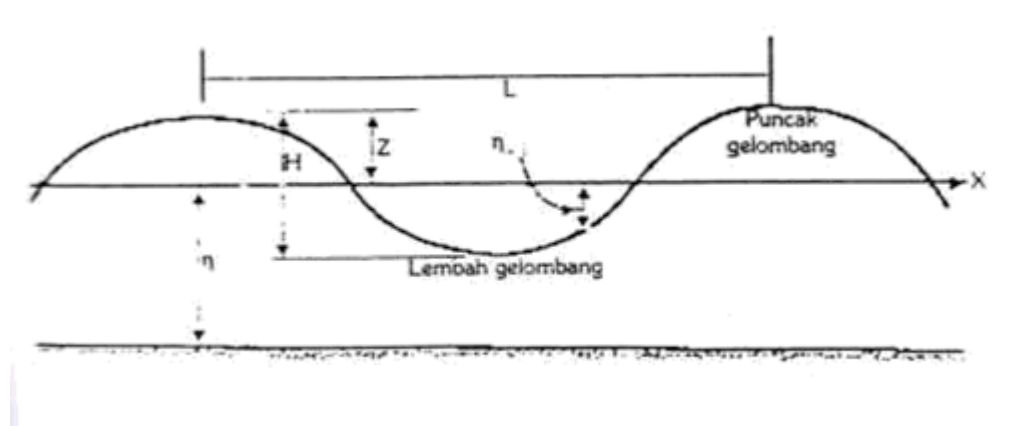
Gambar 2. Definisi dan karakteristik gelombang di daerah pantai (*Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999*)

B. Karakteristik Gelombang

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

1. Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau titik tertinggi gelombang yang berurutan, bisa juga dikatakan sebagai jarak antara dua lembah gelombang

2. Periode gelombang (T) adalah waktu yang dibutuhkan oleh dua puncak/lembah gelombang yang berurutan melewati suatu titik tertentu.
3. Kecepatan rambat gelombang (*celerity*) (C) adalah perbandingan antara panjang gelombang dan periode gelombang (L/T). ketika gelombang air menjalar dengan kecepatan C . partikel air tidak turut bergerak ke arah perambatan gelombang. Sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air tenang. Yaitu $z=-h$
4. Amplitudo (a) adalah jarak vertikal antara puncak/titik tertinggi gelombang atau lembah/titik terendah gelombang, dengan muka air tenang ($H/2$). Secara skematik dimensi mengenai karakteristik gelombang dapat dilihat pada gambar 3 berikut :



Gambar 3. karakteristik Gelombang (Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999)

Gelombang terjadi karena hembusan angin di permukaan air. Daerah dimana gelombang di bentuk disebut daerah pembangkitan gelombang (wave generating area). Gelombang yang terjadi di daerah pembangkitan disebut 'sea' sedangkan gelombang yang di bentuk diluar daerah pembangkitan disebut 'swell'. Ketika gelombang menjalar, partikel air bergerak dalam suatu lingkaran vertikal

kecil dan tetap pada posisinya selagi bentuk dan energi gelombang berjalan maju. Partikel air di permukaan bergerak dalam satu lingkaran besar dan membentuk puncak gelombang di puncak lingkaran dan lembah gelombang pada lintasan terendah. Di bawah permukaan, air bergerak dalam lingkaran-lingkaran yang makin kecil sampai pada kedalaman lebih besar dari setengah panjang gelombang.

Pada saat gelombang bergerak menuju ke garis pantai (*shoreline*), gelombang mulai bergesekan dengan dasar laut dan menyebabkan pecahnya gelombang ditepi pantai. hal ini juga dapat terjadi pengaruh pada garis pantai dan bangunan yang ada disekitarnya. Keenam peristiwa tersebut adalah:

1. Refraksi gelombang yakni peristiwa berbeloknya arah gerak puncak gelombang.
2. Difraksi gelombang yakni peristiwa berpindahnya energi di sepanjang puncak gelombang ke arah daerah yang terlindungi.
3. Refleksi gelombang yakni peristiwa pemantulan energi gelombang yang biasanya disebabkan oleh suatu bidang bangunan di lokasi pantai.
4. *Wave shoaling* yakni peristiwa membesarnya tinggi gelombang saat bergerak ke tempat yang lebih dangkal.
5. *Wave damping* yakni peristiwa tereduksinya energi gelombang yang biasanya disebabkan adanya gaya gesekan dengan dasar pantai.
6. *Wave breaking* yakni peristiwa pecahnya gelombang yang biasanya terjadi pada saat gelombang mendekati garis pantai (*surfzone*).

Gelombang yang memecah di pantai merupakan penyebab utama proses erosi dan akresi (pengendapan) garis pantai. karakteristik gelombang ini tergantung pada kecepatan angin, durasi dan jarak seret gelombang (*fetch*).

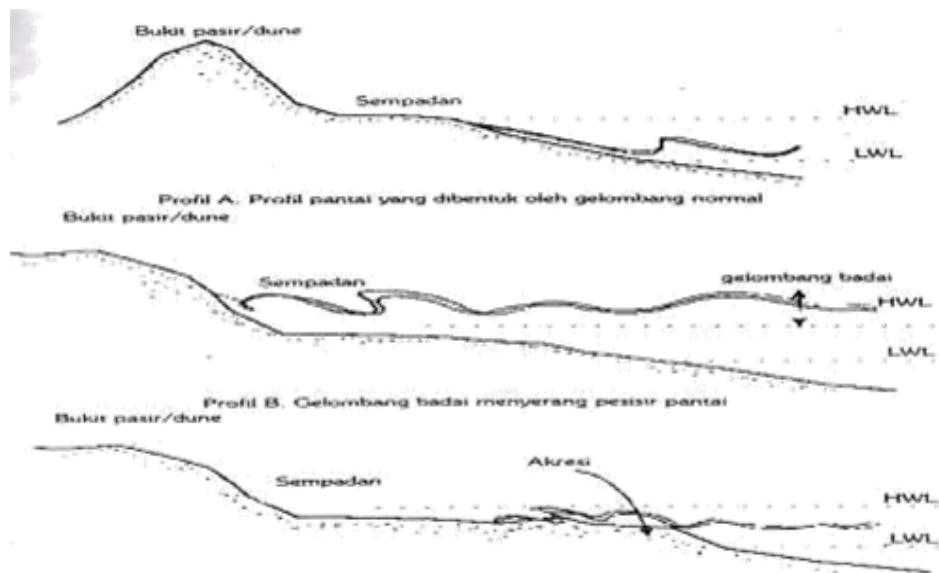
Sebagian besar gelombang datang dengan membentuk sudut tertentu terhadap garis pantai dan menimbulkan arus sejajar pantai (*longshore current*), yang menggerakkan '*littoral drift*' atau sedimen sekitar garis pantai dalam bentuk *zigzag* sebagai akibat datang dan surutnya gelombang ke laut.

Kemampuan air memindahkan material pantai tergantung pada kecepatannya. Gelombang besar atau gelombang dengan arus kuat atau cepat mampu mengangkut sedimen yang cukup besar dan dalam jumlah yang cukup banyak. Material sedimen ini diendapkan ketika kecepatan air mulai menurun dan kemudian akan diambil kembali ketika kecepatan air meningkat.

Elevasi muka air juga mempengaruhi proses terjadinya erosi pantai. Perubahan tinggi gelombang ini disebabkan misalnya karena pasang surut, musim, atau badai. Pantai dengan kemiringan relatif datar memiliki sistem perlindungan alami terhadap erosi. Keberadaan terumbu karang dan kemiringan pantai yang relatif datar akan memudahkan tereduksinya energi gelombang yang mendekati pesisir pantai. Sempadan pantai mencegah muka air laut yang tinggi mencapai daratan. Bukit pasir dan hutan bakau melindungi pantai dari serangan gelombang badai dan berfungsi sebagai tampungan sedimen.

Ekosistem hutan bakau (*mangrove*) merupakan kawasan yang paling produktif dari total sistem wilayah pesisir. Terutama disebabkan oleh kemampuannya sebagai penyaring (*filter*) nutrien. Dengan keunikan sistem

perakarannya yang mampu mengikat sedimen dan kemampuannya mengikat substrat. Kawasan ini berperan dalam menjaga keseimbangan dan keberlangsungan ekosistem pesisir dan lautan.



Gambar 4. Proses Erosi Pantai (*Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999*)

C. Teori Dasar Gelombang

Gelombang di alam memiliki bentuk sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random. Adapun beberapa teori gelombang yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam.

Terdapat beberapa teori untuk menjelaskan fenomena gelombang yang terjadi di alam, antara lain sebagai berikut :

1. Teori gelombang linier (*Airy Wave Theory, Small-Amplitude Wave Theory*)

2. Teori gelombang non linier (*Finite-Amplitude Wave Theories*), diantaranya :

- Gelombang *Stokes* orde 2, orde 3, orde 4 dan seterusnya.
- Gelombang *Cnoidal*
- Gelombang *Solitary*

Masing-masing teori tersebut mempunyai batasan keberlakuan yang berbeda. Teori gelombang *Airy* merupakan gelombang amplitudo kecil, sedang teori yang lain adalah gelombang amplitudo terbatas (*finite amplitudo waves*).

D. Klasifikasi Teori Gelombang

Jika ditinjau dari kedalaman relatif dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang laut dangkal, gelombang laut transisi dan gelombang laut dalam. Batasan dari ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang (d/L).

Batasan penggunaannya dapat dilihat pada tabel berikut:

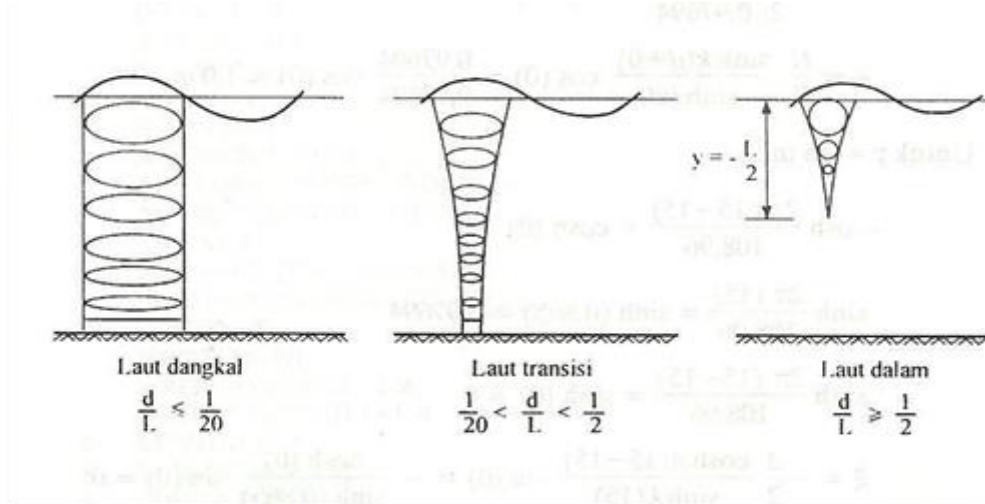
Tabel 1. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam

Kategori gelombang	d/L	$2\pi d/L$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Laut dalam	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Laut transisi	$1/20 - 1/2$	$0,25 - \pi$	$\text{Tanh}(2\pi d/L)$
Laut dangkal	$< 1/20$	$< 0,25$	$2\pi d/L$

(sumber: *Teknik Pantai, Triatmodjo, 1999*)

Dalam gelombang terdapat partikel-partikel air yang berubah selama penjalaran gelombang dari laut dalam sampai laut dangkal. Bentuk partikel yang

terdapat dalam gelombang yang bergerak menuju laut dangkal digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 5. Gerak partikel air dalam gelombang (*Pelabuhan, Triatmodjo, 1999*)

E. Parameter Gelombang

Berdasarkan teori Airy maka gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinus harmonis (sinusoidal progressive wave), gelombang dapat dijelaskan secara geometris (Triatmojo, 1999) berdasarkan :

1. Tinggi gelombang (H), yaitu jarak antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang.
2. Panjang gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.

$$L = A = \frac{gT^2}{\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_0}\right) \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan menggunakan cara iterasi maka persamaan (2.1) dapat diselesaikan untuk menentukan panjang gelombang (L). Pada persamaan (2.1) diperlukan panjang gelombang awal (L_0) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L_o = 1,56T^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

3. Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut.

Ketiga parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti :

- a. Kemiringan gelombang (*wave steepness*) = H/L
- b. Ketinggian relatif (*relative height*) = H/d
- c. Kedalaman relatif (*relative depth*) = d/L

Parameter penting lainnya seperti :

- a. Amplitudo gelombang (A) biasanya diambil setengah tinggi gelombang $\left(\frac{H}{2}\right)$
- b. Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (*wave crest*),
- c. Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per-detik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $f = \left(\frac{1}{T}\right)$. Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut (θ) = 2π seperti dijelaskan pada gambar dibawah ini.

F. Teori Redaman Gelombang

Gelombang yang menjalar melalui suatu rintangan, sebagian dari energi gelombang akan dihancurkan melalui proses gesekan, turbulensi dan gelombang pecah, dan sisanya akan dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi) dan yang diteruskan (transmisi) tergantung dari karakteristik gelombang datang (periode,

tinggi gelombang dan panjang gelombang), tipe perlindungan pantai (permukaan halus atau kasar) dan dimensi serta geometri perlindungan (kemiringan, elevasi dan lebar halangan) serta kondisi lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai) (CERC, 1984). Parameter refleksi gelombang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (Kr) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$Kr = \frac{Hr}{Hi} = \sqrt{\frac{Er}{Ei}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana energi refleksi $Er = \frac{1}{8} \rho g H r^2$ dan energi gelombang datang adalah $Ei = \frac{1}{8} \rho g H i^2$ dengan ρ adalah rapat massa zat cair dan g adalah percepatan gravitasi. Nilai Kr berkisar dari 1,0 untuk refleksi total dan 0 untuk tidak ada refleksi.

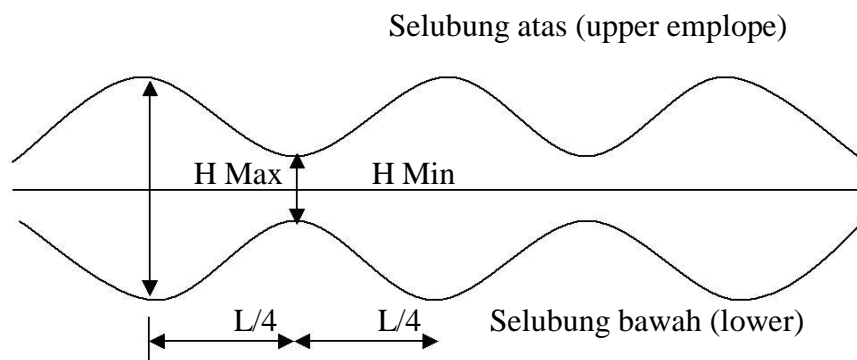
G. Gelombang Berdiri Parsial

Apabila gelombang yang merambat melewati suatu penghalang, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali oleh penghalang tersebut. Apabila pemantulanya sempurna atau gelombang datang dipantulkan seluruhnya, maka tinggi gelombang di depan penghalang menjadi dua kali tinggi gelombang datang dan disebut gelombang berdiri (*standing wave*). Akan tetapi jika penghalang memiliki porositas atau tidak dapat memantulkan secara sempurna, maka tinggi gelombang di depan penghalang akan kurang dari dua kali tinggi gelombang datang dan pada kondisi ini disebut gelombang berdiri parsial (sebagian). Contoh kejadian gelombang parsial adalah gelombang yang membentur pantai atau pemecah gelombang (*breakwater*) mengalami pemantulan energi yang tidak sempurna.

Jika suatu gelombang yang mengalami pemantulan yang tidak sempurna membentur suatu penghalang, maka tinggi gelombang datang H_i akan lebih besar dari tinggi gelombang yang direfleksikan H_r . Periode gelombang datang dan yang dipantulkan adalah sama, sehingga panjang gelombangnya juga sama. Profil gelombang total di depan penghalang adalah (Dean dan Dalrymple, 1994) :

$$\eta = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \sigma t) + \frac{H_r}{2} \cos(kx + \sigma t + \varepsilon) \dots \dots \dots (2.4)$$

Karena pemantulan yang tidak sempurna, menyebabkan tidak ada node yang sebenarnya dari profil gelombang tersebut. Profil gelombang untuk gelombang berdiri parsial ini dapat dilihat pada (Gambar 2.6).



Gambar 6. Profil gelombang berdiri parsial (*Teknik Pantai, Triatmodjo, 1991*)

Jika gelombang datang menghantam penghalang sebagian ditransmisikan, maka gelombang yang lewatpun akan mengalami hal yang sama seperti ketika membentur penghalang

H. Gelombang Refleksi

Gelombang datang yang mengenai/membentur satu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya. Tinjauan refleksi gelombang penting di

dalam perencanaan bangunan pantai, terutama pada bagian pelabuhan. Refleksi gelombang di dalam pelabuhan akan menyebabkan ketidaktenangan di dalam perairan, maka bangunan-bangunan yang ada di pelabuhan/pantai harus dapat menyerap/menghancurkan energi gelombang.

Susunan pancangan struktur tersebut berfungsi untuk merefleksikan gelombang. Alat ini dapat berfungsi dengan baik jika pancangan struktur dibuat serapat mungkin. Kekurangan dari jenis ini adalah diperlukan pekerjaan pemancangan yang banyak.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi H_r dan tinggi gelombang datang H_i :

$$X = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots(2.5)$$

Koefisien refleksi bangunan diestimasi berdasarkan tes model, seperti disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Koefisien refleksi

Tipe Bangunan	X
Dinding vertikal dengan puncak di atas air	0,7 – 1,0
Dinding vertikal dengan puncak terendam	0,5 – 0,7
Tumpukan batu sisi miring	0,3 – 0,6
Tumpukan balok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi lubang)	0,05 – 0,2

(Sumber: Bambang Triatmodjo, Teknik Pantai)

Dinding vertikal dan tak permiabel memantulkan sebagian gelombang. Pada bangunan seperti itu, koefisien refleksi adalah $X = 1$, dan tinggi gelombang

yang dipantulkan sama dengan tinggi gelombang datang. Gelombang di depan dinding vertical merupakan superposisi dari kedua gelombang dengan periode, tinggi dan angka gelombang yang sama tetapi berlawanan arah. Apabila Refleksi sempurna, $X = 1$ maka :

$$H = H_i \cos kx \cos \sigma t \dots\dots\dots (2.6)$$

Persamaan tersebut menunjukkan fluktuasi muka air pada gelombang berdiri (*standing wave* atau *clapotis*) yang periodik terhadap waktu (t) dan terhadap jarak (x). Apabila $\cos kx - \cos \sigma t = 1$ maka tinggi maksimum adalah $2H_i$, yang berarti bahwa tinggi gelombang di depan bangunan vertikal bisa mencapai dua kali tinggi gelombang datang.

Jika suatu gelombang mengenai benda yang menghalangi laju gelombang tersebut, maka gelombang tersebut mengalami refleksi dan transmisi. Demikian halnya yang terjadi pada gelombang yang mengenai suatu struktur pelindung pantai. Refleksi gelombang secara sederhana bias diartikan sebagai seberapa besar gelombang terpantulkan oleh struktur pelindung bila dibandingkan dengan besar nilai gelombang datang. Sehingga, bila dibahasakan dalam rumus matematis, koefisien refleksi menjadi.

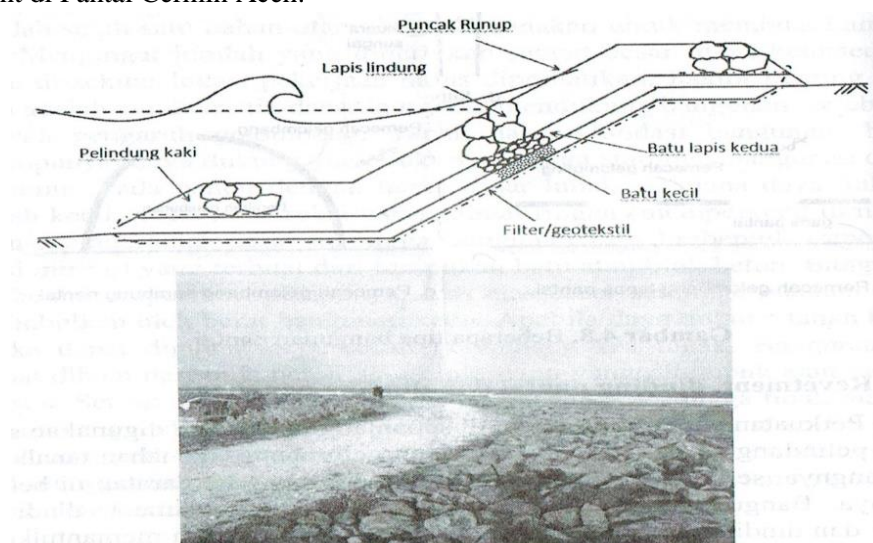
$$Kr = \frac{Hr}{Hi} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan Hr adalah tinggi gelombang setelah mengenai struktur yang lalu terpantulkan kembali (terrefleksikan) dan Hi adalah tinggi gelombang sebelum mengenai struktur. Refleksi gelombang pada *revetment* merupakan sebuah fungsi yang terdiri berbagai parameter dan suku sebagai sebuah fungsi parameter gelombang struktur (PIANC, 1994).

I. Revetment

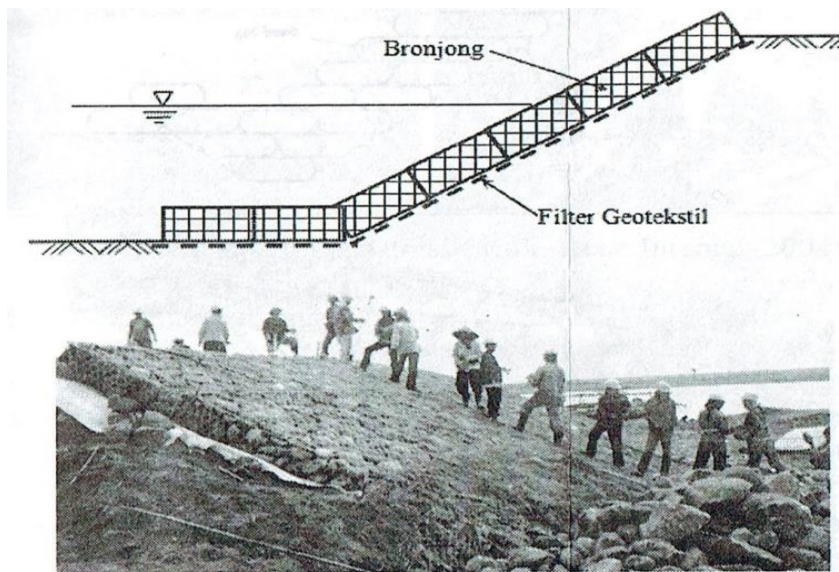
Revetment atau dinding pantai adalah bangunan yang memisahkan daratan dan perairan pantai, yang terutama berfungsi sebagai pelindung pantai terhadap erosi dan limpasan gelombang (overtopping) ke darat. Daerah yang dilindungi adalah daratan tepat di belakang bangunan. Permukaan bangunan yang menghadap arah datangnya gelombang dapat berupa sisi vertikal atau miring. Dinding pantai biasanya berbentuk dinding vertikal, sedang revetment mempunyai sisi miring. Bangunan ini ditempatkan sejajar atau hampir sejajar dengan garis pantai dan bisa terbuat dari pasangan batu, beton, tumpukan pipa (buis) beton, turap, kayu, atau tumpukan batu.

Dalam perencanaan revetment, perlu ditinjau fungsi dan bentuk bangunan, lokasi, panjang, tinggi, stabilitas bangunan, dan tanah fondasi, elevasi muka air baik di depan maupun di belakang bangunan, ketersediaan bahan bangunan, dan sebagainya. Gambar 7 adalah contoh bentuk revetment dari tumpukan batu dan revetment di Pantai Cermin Aceh.

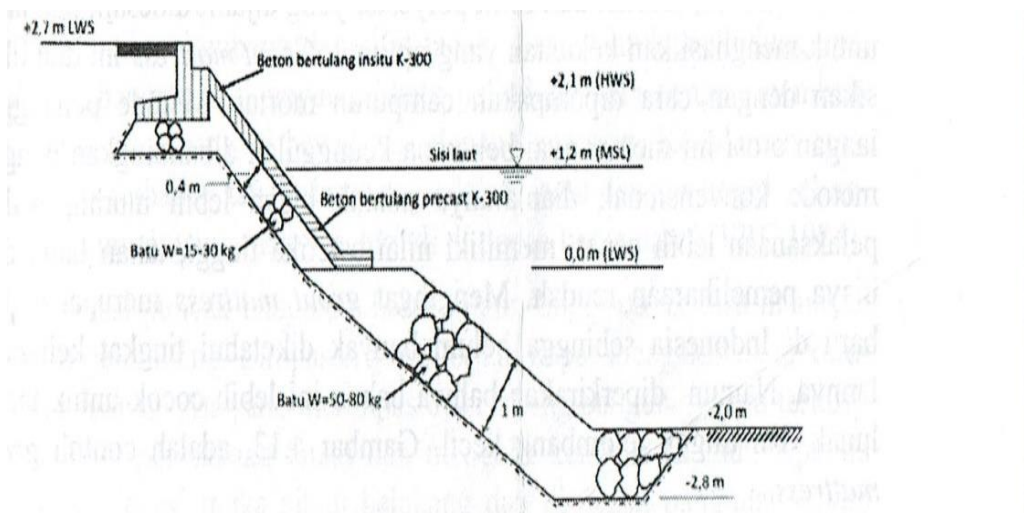


Gambar 7. Revetment dan Revetment di Pantai Cermin Aceh (Multidecon Internal, 2004)

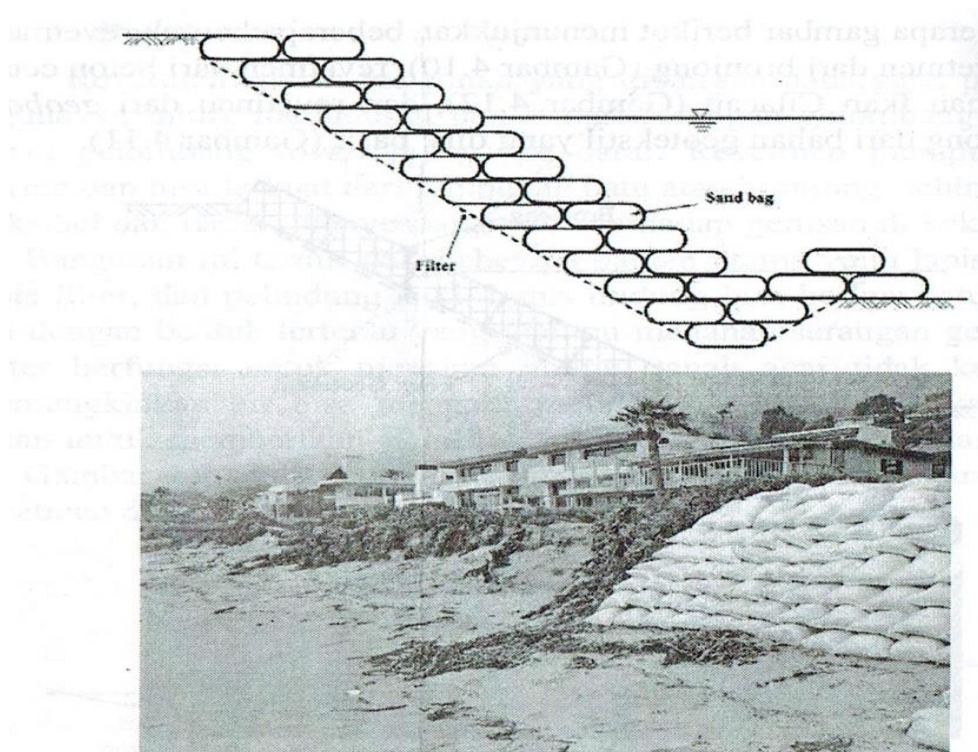
Beberapa gambar berikut menunjukkan beberapa bentuk revetment, seperti revetment dari bronjong (Gambar 8), revetment dari beton cetak di pelabuhan Ikan cilacap (Gambar 9) dan revetment dari *geobag*, Yaitu kantong dari bahan geotekstil yang diisi pasir (gambar 10)



Gambar 8. Revetment bronjong dan pembuatan revetment bronjong di Pantai Glagah



Gambar 9. Revetment dari beton bertulang precast di Pelabuhan Ikan Cilacap (PT PP, 2011)



Gambar 10. Revetment dari bahan geobag (<http://4.bp.blogspot.com>)

J. Hukum Dasar Model

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik (Nur Yuwono, 1996).

Hubungan antara model dan prototipe diturunkan dengan skala, untuk 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.

1. Sebangun geometric

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototipe tetapi ukuran bisa berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototipe adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa *distorsi*) dan sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*). Pada sebangun geometrik sempurna skala panjang arah horisontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted* model skala panjang dan skala tinggi tidak sama. Jika memungkinkan sebaiknya skala dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi.

2. Sebangun kinematic

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horisontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan *distorted* model.

3. Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja

pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan.

Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik Reynold (*Reynold number*) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik froude (*froude number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi, bilangan Cauchy (*Cauchy Number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (*Weiber Number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan.

Untuk penelitian refleksi dan transmisi gelombang terhadap gelombang yang merambat melalui pemecah gelombang terapung banyak dipengaruhi gaya gravitasi sehingga digunakan kesebangunan Froud.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium fakultas teknik sipil Universitas Muhammadiyah Makassar dengan menggunakan flume. Pelaksanaan penelitian dimulai dari penyiapan peralatan uji model, pengambilan data menggunakan model fisik saluran dengan media pasir. Waktu penelitian selama 3 bulan.

B. Jenis dan Sumber Data

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yakni :

1. Data primer yakni data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik laboratorium.
2. Data sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dari hasil penelitian yang sudah ada baik yang telah dilakukan di Laboratorium maupun dilakukan di tempat lain.

C. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan berupa pasir dan model penahan gelombang (*breakwater*) yang dicampurkan ke air laut yang dapat diamati.

Alat yang digunakan dalam pembuatan model adalah :

- | | |
|------------|-----------|
| 1. Gunting | 3. Benang |
| 2. Mistar | 4. Jarum |

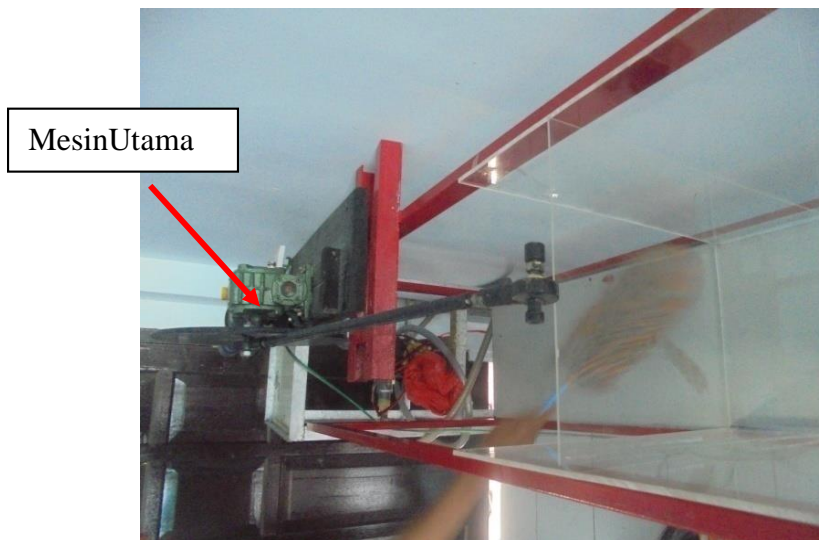
1. Alat yang digunakan dalam penelitian

- a. Dilakukan pada saluran gelombang multi guna berukuran panjang 6 m, lebar 0,30 m. Kedalaman efektif saluran 46 cm.



Gambar 11. Tangki pembangkit gelombang

- b. Unit pembangkit gelombang, Mesin pembangkit terdiri dari *mesin utama*, *pulley* yang berfungsi mengatur waktu putaran piringan yang dihubungkan pada *stroke* sehingga menggerakkan flap pembangkit gelombang.



Gambar 12. Unit pembangkit gelombang type flap

- c. Mistarukur / meteran digunakan untuk mengukur tinggi gelombang
- d. Stopwatch untuk mengukur periode gelombang

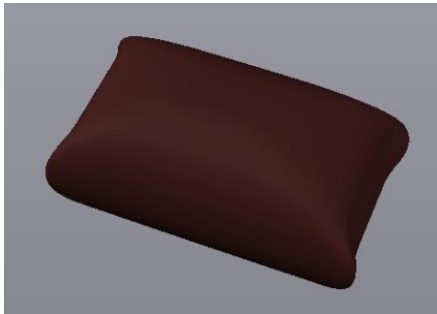
- e. Kamera untuk dokumentasi
 - f. Tabel dan lattulis
2. Bahan pembuatan model
- a. Pasir
 - b. Karung goni

D. Model penelitian

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan perancangan model berdasarkan variabel yang akan diteliti.

1. Model revetment terbuat dari karung goni yang diisi dengan pasir, adapun dimensi kantong pasir disajikan dalam tabel 3.

Tabel 3. Dimensi kantong pasir

Bentuk Kantong	Dimensi (cm)		
	Panjang	Lebar	Tebal
	9.5	7	3

2. Variasi Model susunan kantong pasir dibuat 2 model yaitu Model A dan Model B, seperti tampak pada Gambar 3. Pada model A kantong pasir disusun dengan sumbu panjang tegak lurus arah gelombang dan pada model B kantong pasir disusun dengan sumbu panjang sejajar dengan arah gelombang.



Model A



Model B

Gambar 13. Variasi susunan kantong

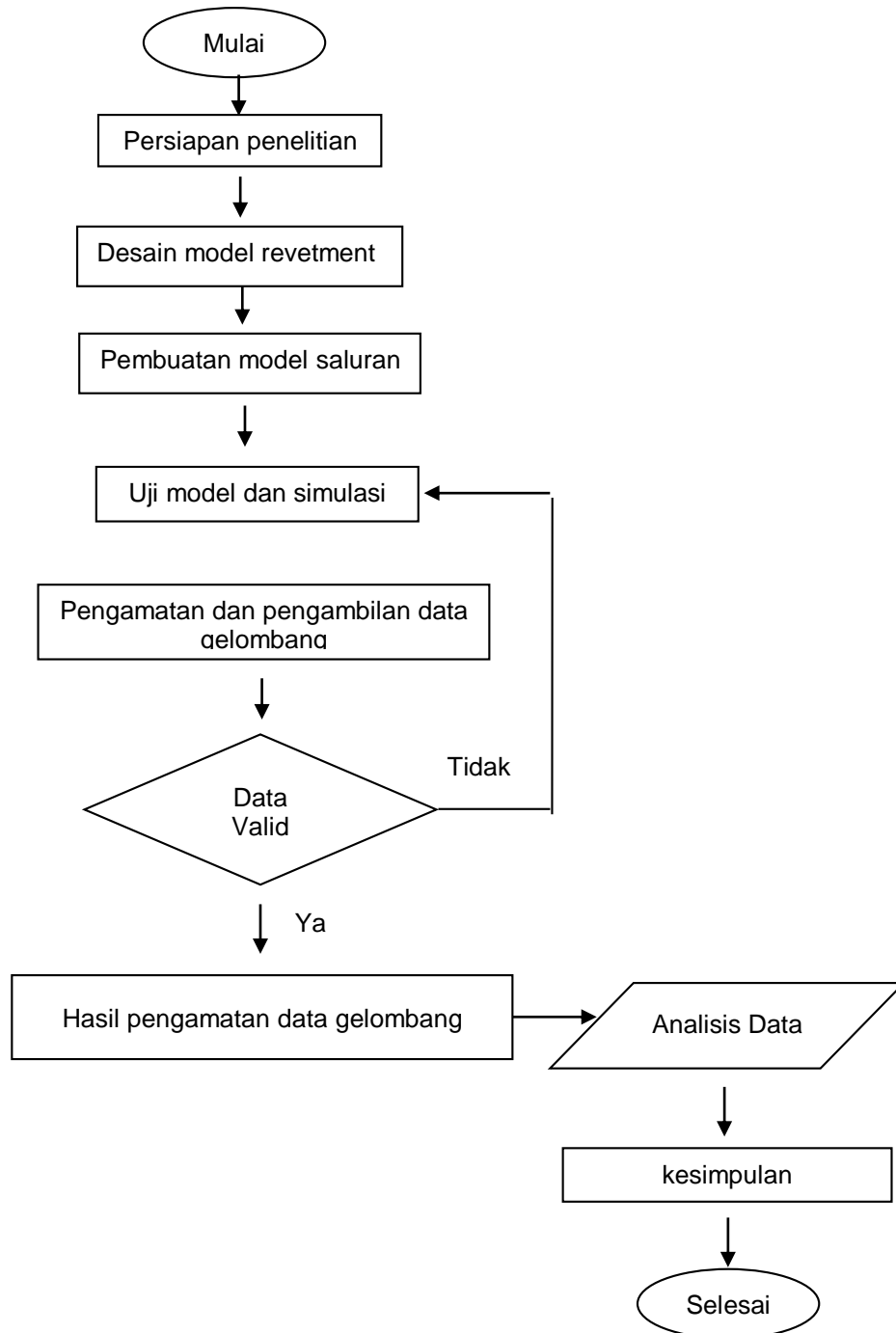
E. Prosedur pelaksanaan penelitian

Sebelum melakukan pengambilan data terlebih dahulu mengukur kedalaman air yang telah ditentukan sebelumnya yaitu sekitar 20 cm, kemudian untuk perletakan posisi model pada saluran gelombang harus berada pada penempatan yang tepat sehingga efektif apabila gelombang datang di depan model maupun gelombang refleksi dibelakang model. Dalam pengambilan data pengamatan tinggi gelombang diukur dan dicatat pada 9 titik di depan model,

dengan jarak tiap titik pengukuran adalah panjang gelombang dibagi 10. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan pada saat gelombang yang dibangkitkan pada kondisi stabil, yaitu beberapa saat setelah gelombang dibangkitkan.

Secara garis besar prosedur perolehan data adalah sebagai berikut :

1. Percobaan pembangkitan gelombang dilakukan untuk melakukan kalibrasi alat pencatatan tinggi gelombang.
2. Struktur revetment yang digunakan sebagai model penelitian ditempatkan pada flume.
3. Setelah semua komponen siap, pelaksanaan pengamatan dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menekan tombol *start* pada kontrol pembangkit.
4. Tinggi gelombang maksimal dan minimum di model diukur dan dicatat pada masing-masing 9 titik.
5. Prosedur 1 sampai 5 dilakukan berulang-ulang sesuai dengan variasi tinggi gelombang dan periode gelombang.
6. Prosedur 1 sampai 6 dilakukan untuk variasi model susunan.

F. Bagan Alur Penelitian

Gambar 14. Bagan alur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Hasil penelitian dari seluruh kegiatan eksperimen yang telah dilakukan di laboratorium akan dipaparkan sebagai berikut

1. Panjang Gelombang

Penentuan panjang gelombang dapat dilakukan dengan dua cara yaitu dengan pengukuran langsung dan metode iterasi dari persamaan panjang gelombang yang ada. Untuk pengukuran langsung di laboratorium dapat diketahui dengan kasat mata dengan mengukur panjang gelombang langsung yang terdiri dari 2 bukit dan 1 lembah. Sedangkan untuk metode iterasi kita cukup membutuhkan data periode saja.

2. Data Tinggi Gelombang

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan di depan model untuk mendapatkan tinggi gelombang datang (H_i). Dari hasil pengamatan dan pencatatan pada tiap titik lokasi pengamatan diperoleh tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) kemudian diolah sehingga diperoleh tinggi gelombang datang (H_i). Berikut ini salah satu contoh tabel hasil tinggi gelombang datang (H_i).

Tabel 4. Data Tinggi Gelombang

DATA PENGUKURAN GELOMBANG					
MODEL	PERIODE	STROKE GELOMBANG	L (cm)	Hmax (cm)	Hmin (cm)
A	1	1	3.5	1.70	0.80
		2	3.5	2.30	1.40
		3	3.5	2.60	1.80
	1.6	1	4.9	0.80	0.30
		2	4.9	1.70	0.70
		3	4.9	2.80	1.40
	2.0	1	6.2	1.10	0.40
		2	6.2	1.80	1.10
		3	6.2	2.20	1.50
B	1	1	3.5	1.20	0.50
		2	3.5	2.10	1.00
		3	3.5	2.60	1.40
	1.6	1	4.9	1.10	0.60
		2	4.9	1.60	0.90
		3	4.9	2.40	1.40
	2.0	1	6.2	1.00	0.30
		2	6.2	1.20	0.40
		3	6.2	2.00	1.00

3. Tinggi Gelombang datang (H_i), Gelombang refleksi (H_r), dan Koefisien Refleksi (K_r)

Tinggi Gelombang datang (H_i) yang dialami oleh peredam gelombang berpori tergantung berapa besar tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) yang dialami oleh bagian depan peredam gelombang berpori tersebut, hal ini berdasarkan landasan teori yakni besarnya gelombang datang sama dengan H_{max} dijumlahkan dengan H_{min} kemudian hasil penjumlahannya dibagi 2. Hasil pembagian tersebut merupakan besar tinggi gelombang datang (H_i), dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan

(landasan teori). Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang datang (H_i) pada model revetment susunan A periode 1 dt yaitu sebagai berikut.

$$\text{Diketahui : } H_{\max} = 1.70 \text{ cm}$$

$$H_{\min} = 0.80 \text{ cm}$$

$$H_i = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2}$$

$$H_i = \frac{1.70 + 0.80}{2}$$

$$H_i = 2.10 \text{ cm}$$

Gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya yaitu gelombang refleksi. Tinggi gelombang refleksi (H_r) dapat diselesaikan dengan persamaan (tinjauan pustaka). Salah satu contoh perhitungan refleksi gelombang di depan model revetment susunan A periode 1 dt yakni sebagai berikut:

$$\text{Diketahui : } H_{\max} = 1.70 \text{ cm}$$

$$H_{\min} = 0.80 \text{ cm}$$

$$H_r = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2}$$

$$H_r = \frac{1.70 - 0.80}{2}$$

$$H_r = 1.30 \text{ cm}$$

Besarnya tinggi gelombang yang diredam/diabsorpsi (disipasi) H_d adalah tinggi gelombang datang (H_i) dikurangi tinggi gelombang yang direfleksikan (H_r) dan ditransmisikan (H_t). Sehingga besarnya koefisien refleksi berdasarkan landasan teori pada bab 2, dihitung dengan menggunakan persamaan (landasan

teori). Salah satu contoh perhitungan koefisien refleksi gelombang pada model revetment susunan A periode 1 dt yakni sebagai berikut

$$\text{Diketahui : } H_i = 2.10 \text{ cm}$$

$$H_r = 1.30 \text{ cm}$$

$$K_r = \frac{H_r}{H_i}$$

$$K_r = \frac{1.30}{2.10} =$$

$$K_r = 0.62$$

4. Parameter Kecuraman Gelombang $\left(\frac{H_i}{L}\right)$

Untuk menyajikan hubungan kecuraman gelombang dengan nilai koefisien refleksi (K_r) digunakan parameter tak berdimensi H_i/L . Berikut adalah contoh perhitungan nilai kecuraman gelombang

$$\text{Diketahui : Tinggi Gelombang Datang } (H_i) = 2.10 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang Gelombang } (L) = 3.50 \text{ cm}$$

$$\frac{H_i}{L} = \frac{2.10}{3.50}$$

$$= 0.60 \text{ cm}$$

Tabel 5. Hasil Pengamatan Koefisien Refleksi

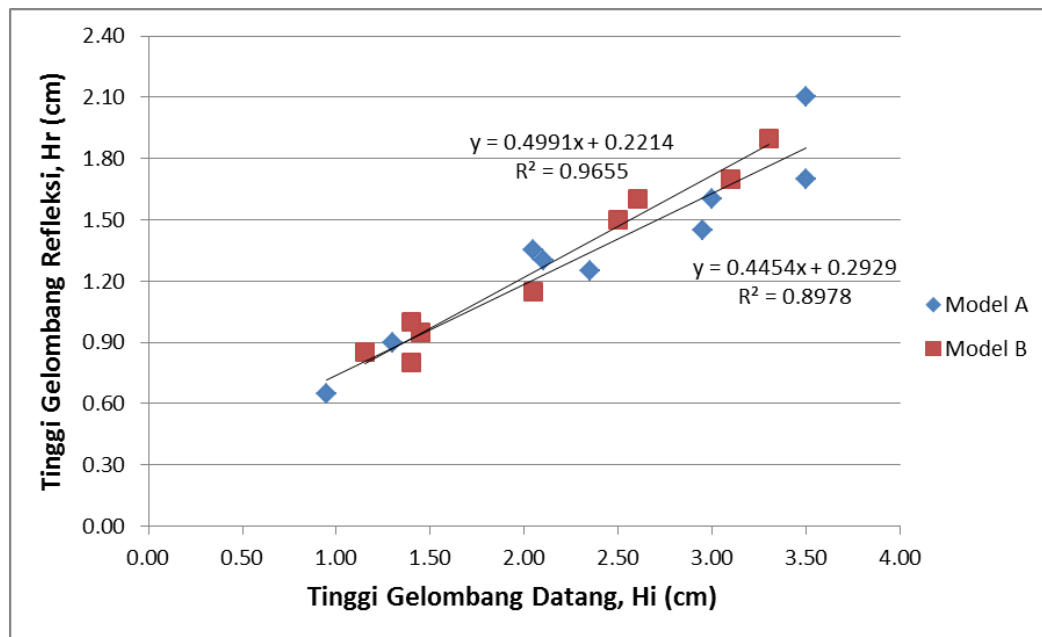
DATA PENGUKURAN GELOMBANG									
MODEL	PERIODE	STROKE GELOMBANG	Hmax (cm)	Hmin (cm)	Hi (cm)	Hr (cm)	L (cm)	Hi/L	Kr
A	1	1	1.70	0.80	2.10	1.30	3.50	0.60	0.62
		2	2.30	1.40	3.00	1.60	3.50	0.86	0.53
		3	2.60	1.80	3.50	1.70	3.50	1.00	0.49
	1.6	1	0.80	0.30	0.95	0.65	4.90	0.19	0.68
		2	1.70	0.70	2.05	1.35	4.90	0.42	0.66
		3	2.80	1.40	3.50	2.10	4.90	0.71	0.60
	2.0	1	1.10	0.40	1.30	0.90	6.20	0.21	0.69
		2	1.80	1.10	2.35	1.25	6.20	0.38	0.53
		3	2.20	1.50	2.95	1.45	6.20	0.48	0.49
DATA PENGUKURAN GELOMBANG									
MODEL	PERIODE	STROKE GELOMBANG	Hmax (cm)	Hmin (cm)	Hi (cm)	Hr (cm)	L (cm)	Hi/L	Kr
B	1	1	1.20	0.50	1.45	0.95	3.50	0.41	0.66
		2	2.10	1.00	2.60	1.60	3.50	0.74	0.62
		3	2.60	1.40	3.30	1.90	3.50	0.94	0.58
	1.6	1	1.10	0.60	1.40	0.80	4.90	0.29	0.57
		2	1.60	0.90	2.05	1.15	4.90	0.42	0.56
		3	2.40	1.40	3.10	1.70	4.90	0.63	0.55
	2.0	1	1.00	0.30	1.15	0.85	6.20	0.19	0.74
		2	1.20	0.40	1.40	1.00	6.20	0.23	0.71
		3	2.00	1.00	2.50	1.50	6.20	0.40	0.60

B. Pembahasan

Pembahasan untuk hasil dari penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut

1. Hubungan Gelombang Datang Terhadap Tinggi Gelombang Refleksi

Berikut disajikan hubungan gelombang datang (H_i) terhadap tinggi gelombang refleksi (H_r):



Gambar 15. Grafik Hubungan H_i terhadap H_r

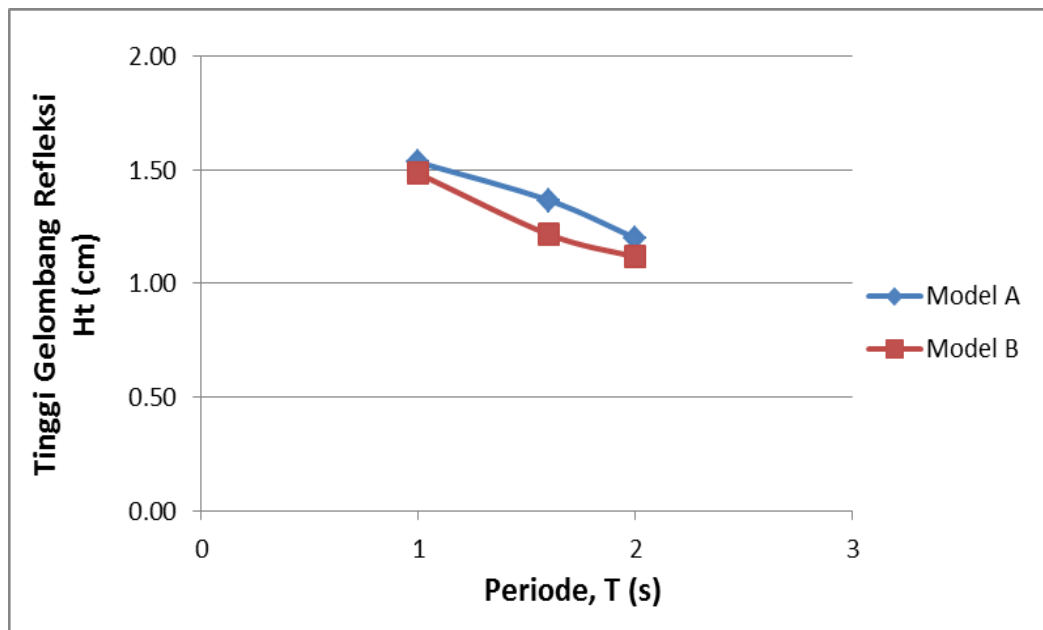
Visualisasi grafik menunjukkan bahwa tinggi gelombang refleksi (H_r) berbanding lurus dengan tinggi gelombang datang (H_i), yaitu semakin tinggi gelombang datang (H_i) maka semakin meningkat nilai gelombang refleksi (H_r).

Untuk revetment model A meredam energi gelombang datang dengan nilai gelombang refleksi yang dihasilkan berkisar 0.70 – 1.85, sedangkan untuk revetment model B gelombang refleksi yang dihasilkan berkisar 0.80 – 1.90.

Dengan demikian maka yang paling optimal meredam energi gelombang datang yaitu revetment model A, karena tinggi gelombang refleksi yang dihasilkan paling rendah.

2. Hubungan Periode Gelombang Terhadap Tinggi Gelombang Refleksi

Berikut disajikan hubungan periode gelombang (T) terhadap tinggi gelombang refleksi (H_r) :



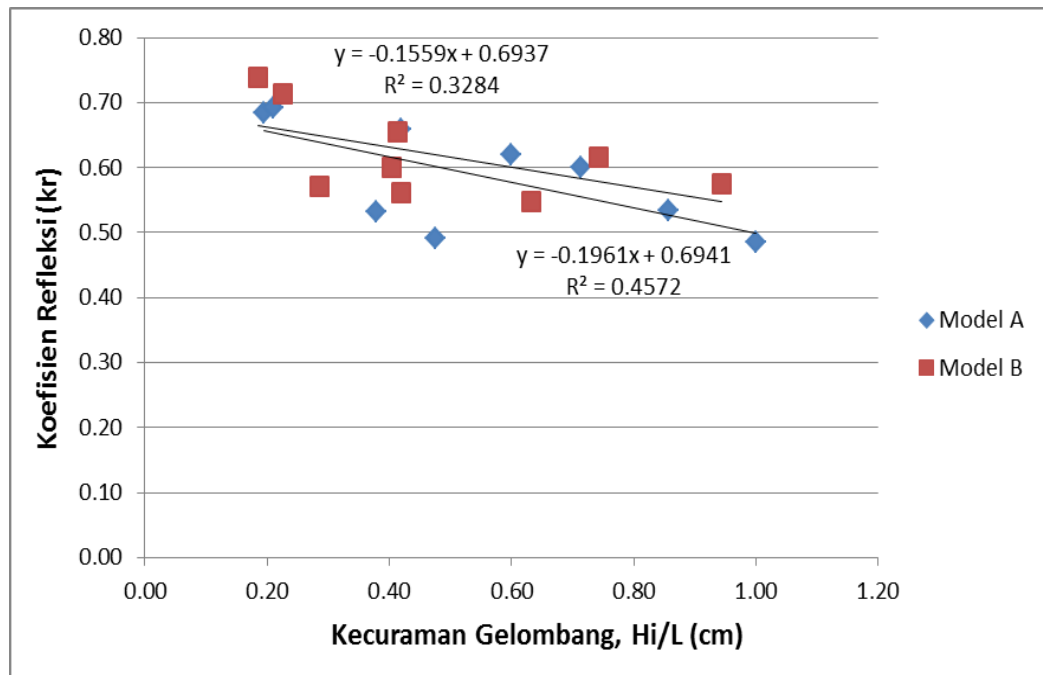
Gambar 16. Grafik Hubungan T terhadap H_r

Gambar diatas menggunakan 3 periode yaitu $T_1 = 1$ s, $T_2 = 1.6$ s dan $T_3 = 2.0$ s. nilai H_r pada revetment tiap model digunakan H_r rata-rata dari ketiga periode.

Grafik tersebut menunjukkan hubungan yang berbanding terbalik antara periode gelombang (T) dan tinggi gelombang refleksi (H_r), yang berarti bahwa semakin besar periode gelombang (T) maka nilai tinggi gelombang refleksi (H_r) semakin menurun pada setiap model.

3. Hubungan Kecuraman Gelombang Terhadap Nilai Koefisien Refleksi

Berikut disajikan hubungan kecuraman gelombang ($\frac{H_i}{L}$) terhadap nilai koefisien refleksi (K_r)



Gambar 17. Grafik Pengaruh H_i/L terhadap koefisien refleksi (K_r)

Visualisasi grafik menunjukkan bahwa untuk setiap model revetment, semakin besar kecuraman gelombang (H_i/L) maka semakin menurun nilai koefisien refleksi (K_r).

Grafik diatas menunjukkan bahwa energi gelombang yang datang (H_i) akan teredam setelah sampai pada revetment model A dengan nilai koefisien refleksi (K_r) berkisar 0.49 – 0.65 dan revetment model B dengan nilai koefisien refleksi (K_r) yang dihasilkan 0.56 – 0.68.

Dengan demikian maka model revetment model A menghasilkan koefisien refleksi paling rendah, berarti revetment model A lebih banyak

meredam energi gelombang datang dibanding revetment model B, sehingga paling efektif dalam meredam energi gelombang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa:

1. Hubungan parameter gelombang datang (H_i) terhadap tinggi gelombang refleksi (H_r) menghasilkan hubungan berbanding lurus pada setiap model revetment, dimana semakin tinggi nilai H_i maka nilai H_r semakin meningkat. Nilai H_r untuk model A = 0.70 – 1.85 dan untuk model B = 0.80 – 1.90.
2. Pengaruh periode gelombang (T) terhadap tinggi gelombang refleksi (H_r) menunjukkan bahwa semakin besar periode gelombang maka tinggi gelombang refleksi akan semakin menurun.
3. Hubungan antara parameter kecuraman gelombang H_i/L terhadap koefisien refleksi (K_r) menghasilkan hubungan berbanding terbalik, yang semakin tinggi nilai H_i/L maka semakin menurun nilai K_r . Nilai koefisien refleksi (K_r) pada model A = 0.49 – 0.65 dan nilai koefisien refleksi (K_r) pada model B = 0.56 – 0.68.
4. Pengaruh model revetment terhadap parameter gelombang menunjukkan bahwa model revetment yang paling efektif meredam gelombang datang adalah model A, karena tinggi gelombang refleksi dan koefisien refleksi yang dihasilkan paling rendah. Semakin rendah

koefisien refleksi berarti semakin banyak energi gelombang yang diredam oleh bangunan Revetment.

B. Saran

Agar penelitian ini dapat diketahui hasilnya lebih memadai, maka disarankan bahwa dalam rangka pengembangan penelitian ini sebaiknya dilakukan beberapa hal sebagai berikut :

1. Variasi bentuk kemiringan profil, kedalaman air, variasi model pada profil sehingga diharapkan ada peneliti yang mengkaji lebih lanjut.
2. Penelitian ini menggunakan pencatatan tinggi gelombang manual dengan pengamatan visual, untuk mendapatkan pencatatan yang lebih baik disarankan penelitian selanjutnya menggunakan pencatat gelombang otomatis. Pencatat gelombang otomatis dapat menghasilkan data deret gelombang selama percobaan, sehingga efek disipasi dapat diketahui lebih jelas dibanding pengamatan manual.

DAFTAR PUSTAKA

- Saputra, Septhian Dwi. 2012. *Studi Eksperimen Refleksi Gelombang pada Pemecah Gelombang Terapung Tipe Mooring*. Teknik Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November.
- Darwis, Wahyuddin. 2014. *Studi Refleksi Gelombang pada Peredam Gelombang Sisi Miring Berpori Secara Eksperimental*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Nurnawaty. 2017. *Model pengurangan laju intrusi air asin pada model akuifer pada pantai dengan menggunakan sistem grouting*. Publikasi Ilmiah Hasil Penelitian I, Program Doktor Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar ISSN 2087-7986.
- Nurnawaty. 2017. *Pengaruh Tinggi Tekanan Air Terhadap Laju Intrusi Air Asin*. Publikasi Ilmiah Hasil Penelitian II, Program Doktor Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar ISSN 2087-7986.
- Nurnawaty. 2017. *Studi Eksperimental Model Sekat Soil Semen Untuk Mengurangi Intrusi Air Asin Pada Akuifer Pantai*. Publikasi Hasil Penelitian III, Program Doktor Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Makassar ISSN 2087-7986.
- Nurnawaty. 2016. *Pengurangan Rembesan Air Asin Pada Model Akuifer Bebas Daerah Pantai Prosiding Symposium Nasional Teknologi Terapan (SNNT 4 2016) FGDT-PTM VII di Universitas Muhammadiyah Purwokerto*, ISBN 978-602-72676-7.1.
- Amiruddin, Azwar. 2012. *Studi Disipasi dan Run-up/Run-down Gelombang Peredam Gelombang Sisi Miring Perforasi Vertikal*. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Anas, Muh Azwar. 2014. *Studi Pemecah Gelombang Blok Beton Berpori Susun Seri*. Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

- Ariyaratne. 2007. *Efficiency of Perforated Breakwater And Associated Energy Dissipation*. Texas A&M University Texas.
- Dean, R.G. Dalrymple, R.A. 2000. *Water Wave Mechanics For Engineer and Scientist*. World Scientific. Singapore
- Triatmodjo, B. 1999. *Pelabuhan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yuwono, Nur. 1996. *Perencanaan Model Hidraulik*. Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Wurjanto, Andoyo Dkk. 2010. *Pemodelan Fisik 2-D untuk Mengukur Tingkat Efektivitas Perforated Skirt Breakwater pada Kategori Gelombang Panjang*. Jurnal Teknik Sipil vol 17 no 3. Jurusan Ilmu Kelautan FTSL-ITB

DAFTAR LAMPIRAN

Tabel 1. Data pengukuran tinggi gelombang model A

MODEL	PERIODE (T)	STROKE GELOMBANG	PEMBACAAN DEPAN MODEL											H Max	H Min	
A	1	1	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.4	20.5	20.5	20.7	20.5	20.4	20.5	20.5	20.1	1.7	0.8	
			LEMAH	19	19.1	19.3	19	19	19.2	19.1	19	19.3				
		TINGGI GELOMBANG				1.4	1.4	1.2	1.7	1.5	1.2	1.4	1.5	0.8		
		2	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	21.3	20.7	21	21.4	21.3	20.9	21.2	21.1	20.7	2.3	1.4	
			LEMAH	19.1	19.3	18.9	19.1	19.3	19.5	19.2	18.9	18.7				
		TINGGI GELOMBANG				2.2	1.4	2.1	2.3	2	1.4	2	2.2	2		
	3	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.5	20.7	20.7	21	20.3	21	21.1	21.1	20.2	2.6	1.8		
		LEMAH	18.8	18.7	18.7	18.9	18.5	18.9	18.9	18.5	19					
	TINGGI GELOMBANG				1.7	2	2	2.1	1.8	2.1	2.2	2.6	1.2			
	1.6	1	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.4	20.2	20.1	20.2	20.2	20.2	20	20.3	20	0.8	0.3	
			LEMAH	19.6	19.5	19.6	19.5	19.4	19.6	19.7	19.6	19.4				
		TINGGI GELOMBANG				0.8	0.7	0.5	0.7	0.8	0.6	0.3	0.7	0.6		
		2	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.8	20.3	20.4	20.6	21	20.8	20.3	20.7	20.5	1.7	0.7	
			LEMAH	19.2	19.6	19.3	19.2	19.3	19.2	19.5	19.3	19.1				
		TINGGI GELOMBANG				1.6	0.7	1.1	1.4	1.7	1.6	0.8	1.4	1.4		
	3	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	21.3	21.8	21.5	21.4	21.5	22	22.1	21	21.2	2.8	1.4		
		LEMAH	18.9	19	19.4	19	18.9	19.3	19.3	19.6	19					
	TINGGI GELOMBANG				2.4	2.8	2.1	2.4	2.6	2.7	2.8	1.4	2.2			
2.0	1	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.1	20	20.1	20.3	20.3	20.4	20.3	20.2	20	1.1	0.4		
		LEMAH	19.6	19.5	19.7	19.5	19.6	19.3	19.7	19.7	19.3					
	TINGGI GELOMBANG				0.5	0.5	0.4	0.8	0.7	1.1	0.6	0.5	0.7			
	2	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.8	20.5	20.6	20.5	20.8	20.4	20.5	20.5	20.7	1.8	1.1		
		LEMAH	19.2	19.1	19.3	19.2	19	19.3	19.4	19.2	19					
	TINGGI GELOMBANG				1.6	1.4	1.3	1.3	1.8	1.1	1.1	1.3	1.7			
3	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	21.1	21	21.3	21.1	21.2	21	21.2	21.1	21.4	2.2	1.5			
	LEMAH	19	19.5	19.1	18.9	19	18.8	19	19.2	19.3						
TINGGI GELOMBANG				2.1	1.5	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.9	2.1				

Tabel 2. Data pengukuran tinggi gelombang model B

MODEL	PERIODE (T)	STROKE GELOMBANG	PEMBACAAN DEPAN MODEL											H Max	H Min
			ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.3	20.2	20.5	20.6	20.4	20.2	20.3	20.5	20.1		
B	1	1	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.3	20.2	20.5	20.6	20.4	20.2	20.3	20.5	20.1	1.2	0.5
			LEMBAH	19.2	19.7	19.6	19.4	19.2	19.4	19.6	19.4	19.2			
			TINGGI GELOMBANG	1.1	0.5	0.9	1.2	1.2	0.8	0.7	1.1	0.9			
		2	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.8	20.5	20.9	21.3	20.9	20.7	20.6	20.7	20.7	2.1	1
			LEMBAH	19	19.5	19.2	19.2	19	19.3	19.2	19	19.1			
			TINGGI GELOMBANG	1.8	1	1.7	2.1	1.9	1.4	1.4	1.7	1.6			
	3	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	21.9	21.5	21.2	21.8	21.5	20.9	21.4	21.5	20.9	2.6	1.4	
		LEMBAH	19.4	19.6	19.8	19.2	19	18.5	18.9	19	18.7				
		TINGGI GELOMBANG	2.5	1.9	1.4	2.6	2.5	2.4	2.5	2.5	2.2				
	1.6	1	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.4	20.2	20.2	20.3	20.4	20.4	20.2	20.3	19.9	1.1	0.6
			LEMBAH	19.3	19.4	19.6	19.6	19.4	19.4	19.5	19.4	18.9			
			TINGGI GELOMBANG	1.1	0.8	0.6	0.7	1	1	0.7	0.9	1			
		2	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.6	20.3	20.4	20.6	20.6	20.6	20.4	20.6	20.4	1.6	0.9
			LEMBAH	19.3	19.3	19.5	19.2	19	19.5	19.4	19.2	19.3			
			TINGGI GELOMBANG	1.3	1	0.9	1.4	1.6	1.1	1	1.4	1.1			
	3	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.8	20.6	20.8	21.2	21.1	21	20.6	21	20.7	2.4	1.4	
		LEMBAH	18.8	19	19.2	19	18.7	19	19.2	18.9	18.6				
		TINGGI GELOMBANG	2	1.6	1.6	2.2	2.4	2	1.4	2.1	2.1				
2.0	1	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.2	20.1	20.1	20.3	20.3	20.4	20.2	20.3	20	1	0.3	
		LEMBAH	19.5	19.5	19.8	19.6	19.5	19.4	19.7	19.6	19.2				
		TINGGI GELOMBANG	0.7	0.6	0.3	0.7	0.8	1	0.5	0.7	0.8				
	2	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	20.4	20.2	20.2	20.3	20.3	20.4	20.2	20.3	20	1.2	0.4	
		LEMBAH	19.5	19.5	19.8	19.6	19.4	19.2	19.3	19.4	19.1				
		TINGGI GELOMBANG	0.9	0.7	0.4	0.7	0.9	1.2	0.9	0.9	0.9				
3	ELEVASI GELOMBANG	PUNCAK	21.1	21	21.3	21.3	21.1	21.2	20.9	21.2	21.3	2.0	1.0		
	LEMBAH	19.2	19.1	19.4	19.3	19.1	19.5	19.9	19.4	19.5					
	TINGGI GELOMBANG	1.9	1.9	1.9	2	2	1.7	1	1.8	1.8					

Tabel 3. Rekapitulasi data tinggi gelombang

DATA PENGUKURAN GELOMBANG					
MODEL	PERIODE	STROKE GELOMBANG	L (cm)	Hmax (cm)	Hmin (cm)
A	1	1	3.5	1.70	0.80
		2	3.5	2.30	1.40
		3	3.5	2.60	1.80
	1.6	1	4.9	0.80	0.30
		2	4.9	1.70	0.70
		3	4.9	2.80	1.40
	2.0	1	6.2	1.10	0.40
		2	6.2	1.80	1.10
		3	6.2	2.20	1.50
B	1	1	3.5	1.20	0.50
		2	3.5	2.10	1.00
		3	3.5	2.60	1.40
	1.6	1	4.9	1.10	0.60
		2	4.9	1.60	0.90
		3	4.9	2.40	1.40
	2.0	1	6.2	1.00	0.30
		2	6.2	1.20	0.40
		3	6.2	2.00	1.00

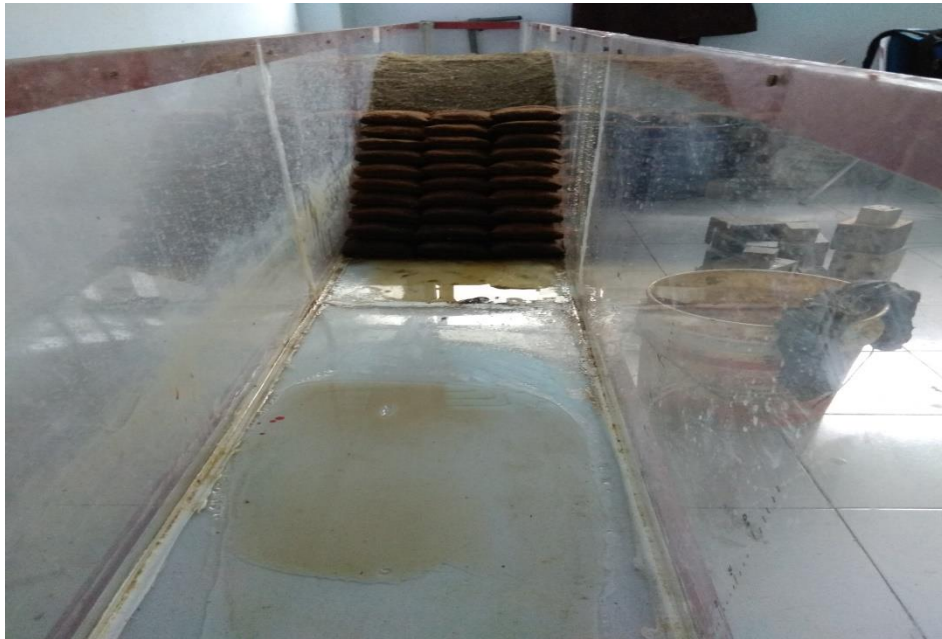
Tabel 4. Hasil pengamatan koefisien refleksi

DATA PENGUKURAN GELOMBANG									
MODEL	PERIODE	STROKE GELOMBANG	Hmax (cm)	Hmin (cm)	Hi (cm)	Hr (cm)	L (cm)	Hi/L	Kr
A	1	1	1.70	0.80	2.10	1.30	3.50	0.60	0.62
		2	2.30	1.40	3.00	1.60	3.50	0.86	0.53
		3	2.60	1.80	3.50	1.70	3.50	1.00	0.49
	1.6	1	0.80	0.30	0.95	0.65	4.90	0.19	0.68
		2	1.70	0.70	2.05	1.35	4.90	0.42	0.66
		3	2.80	1.40	3.50	2.10	4.90	0.71	0.60
	2.0	1	1.10	0.40	1.30	0.90	6.20	0.21	0.69
		2	1.80	1.10	2.35	1.25	6.20	0.38	0.53
		3	2.20	1.50	2.95	1.45	6.20	0.48	0.49

Tabel 4. Hasil pengamatan koefisien refleksi

DATA PENGUKURAN GELOMBANG									
MODEL	PERIODE	STROKE GELOMBANG	Hmax (cm)	Hmin (cm)	Hi (cm)	Hr (cm)	L (cm)	Hi/L	Kr
B	1	1	1.20	0.50	1.45	0.95	3.50	0.41	0.66
		2	2.10	1.00	2.60	1.60	3.50	0.74	0.62
		3	2.60	1.40	3.30	1.90	3.50	0.94	0.58
	1.6	1	1.10	0.60	1.40	0.80	4.90	0.29	0.57
		2	1.60	0.90	2.05	1.15	4.90	0.42	0.56
		3	2.40	1.40	3.10	1.70	4.90	0.63	0.55
	2.0	1	1.00	0.30	1.15	0.85	6.20	0.19	0.74
		2	1.20	0.40	1.40	1.00	6.20	0.23	0.71
		3	2.00	1.00	2.50	1.50	6.20	0.40	0.60

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1. Saluran Pembangkit Gelombang



Gambar 2. Model Uji



Gambar 3. Susunan model A



Gambar 4. Susunan Model B



Gambar 5. Pengambilan data gelombang depan model



Gambar 6. Pengambilan data tinggi gelombang di titik yang telah ditentukan



Gambar 7. Pengambilan data tinggi gelombang di depan model