

**SKRIPSI**

**UJI PENGARUH DURASI GELOMBANG TERHADAP  
BANGUNAN KANTONG SIRTU PELINDUNG GERUSAN**

**PANTAI**



**OLEH :**

**A. SETIYO MULYO UTOMO**  
105 81 2012 13

**ISKANDAR SUKARNAID**  
105 81 1915 13

**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR**

**2019**



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](http://www.unismuh.ac.id), e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

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



## HALAMAN PENGESAHAN

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

Judul Skripsi : **UJI PENGARUH DURASI GELOMBANG TERHADAP BANGUNAN KANTONG SIRTU PELINDUNG GERUSAN PANTAI**

Nama : **A. SETIYO MULYO UTOMO  
ISKANDAR SUKARNAD**

Stambuk : 105 81 2012 13  
105 81 1915 13

Makassar, 07 Agustus 2019

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing.

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, ST., MT

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

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Pengairan

Andri Makbul Syamsuri, ST., MT

NBM : 1183 08





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](http://www.unismuh.ac.id) e-mail : [unismuh@gmail.com](mailto:unismuh@gmail.com)

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



### PENGESAHAN

Skripsi atas nama A. Setiyo Mulyo Utomo dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 2012 13 dan Iskandar Sukarnaid dengan nomor induk Mahasiswa 105 81 1915 13, dinyatakan diterima dan diizinkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0004/SK-Y/22201/091004/2019, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Rabu tanggal 07 Agustus 2019

Makassar, 06 Dzulhijah 1440 H  
07 Agustus 2019 M

Panitia Ujian :

1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. 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. Fenty Daud S, MT

b. Sekretaris : Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM

3. Anggota : 1. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM

2. Ir. Amrullah Mansida, ST., MT., IPM

3. Ir. Mahmuddin, ST., MT., IPM

Mengetahui :

Pembimbing I

Dr. Ir. Hj. Ratna Musa, ST., MT

Pembimbing II

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

Dekan

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

NBM : 855 500



## UJI PENGARUH DURASI GELOMBANG TERHADAP BANGUNAN KANTONG SIRTU PELINDUNG GERUSAN PANTAI

A. Setiyo Mulyo Utomo<sup>(1)</sup> dan Iskandar Sukarnaid<sup>(2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Unismuh Makassar  
Email : [ahmadtiyo@gmail.com](mailto:ahmadtiyo@gmail.com)

<sup>2)</sup>Program Studi Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Unismuh Makassar  
Email : [iskandarteknik92@gmail.com](mailto:iskandarteknik92@gmail.com)

### ABSTRAK

**Abstrak : Uji Pengaruh Durasi Gelombang Terhadap Bangunan Kantong Sirtu Pelindung Gerusan Pantai.** Penelitian ini mengambil lokasi di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Makassar. Tujuan penelitian ini Untuk melindungi gerusan pantai menggunakan kantong sirtu terhadap gelombang transmisi dan keefisien transmisi dan mengetahui hubungan durasi gelombang terhadap kerusakan pantai. Permasalahan umum pada daerah pantai adalah abrasi, terutama yang disebabkan oleh gelombang laut. Penelitian ini berbentuk pengujian model fisik 2-D yang dilakukan dikolam gelombang. Penelitian ini menggunakan data primer yakni data yang diperoleh langsung dari simulasi model fisik laboratorium dan data sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dari hasil penelitian yang sudah ada. Analisis penelitian berupa perhitungan tinggi gelombang dan volume kerusakan. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pengaruh durasi gelombang terhadap tingkat kerusakan pantai yaitu apabila durasi gelombang ditambah maka mempengaruhi kerusakan yang terjadi pada pantai tersebut bertambah pula, kerusakan pada vulley 1 pada 3 menit sebesar 0,0225 m<sup>3</sup> terjadi peningkatan pada durasi waktu 6 menit yaitu 0.0924 m<sup>3</sup> kemudian dilanjutkan pada durasi waktu 9 menit sebesar 0.1745 m<sup>3</sup>. begitu pula dengan vulley 2 yang setiap penambahan durasi waktu terjadi peningkatan. Hal ini juga terjadi pada vulley 3 yang meningkat setiap tambahan waktu yang digunakan.

Kata Kunci : Bangunan pemecah gelombang, kantong sirtu, Tinggi Gelombang.

### ABSTRACT

**Abstract: Test the Effect of Wave Duration on Building Scouring Protector Sirtu Pouch.** This study took place at the Laboratory of Civil Engineering, Muhammadiyah University, Makassar. The purpose of this study is to protect coastal scour using sirtu bags against transmission waves and transmission efficiency and determine the relationship of wave duration to beach damage. A common problem in coastal areas is abrasion, especially those caused by ocean waves. This research takes the form of testing a 2-D physical model that is carried out in a wave pool. This study uses primary data that is data obtained directly from physical laboratory model simulations and secondary data that is data obtained from the literature from existing research results. Research analysis in the form of calculation of wave height and damage volume. The observations show that the influence of the wave duration on the level of beach damage is that if the wave duration is added it affects the damage that occurs on the beach also increases, damage to vulley 1 at 3 minutes by 0.0225 m<sup>3</sup> is an increase in the duration of 6 minutes ie 0.0924 m<sup>3</sup> then continued in a 9 minute duration of 0.1745 m<sup>3</sup>. as well as vulley 2, with each increase in the duration of time there was an increase. This also happens to Vulley 3 which increases with each additional time spent.

Keywords: Building breakwater, sirtu bag, wave height.

## 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 kedua pembimbing penulis Ibu Dr.Ir.Hj. Ratna Musa,ST.,MT. selaku pembimbing I, Ibu Dr.Ir.Hj.Nurnawati, ST.,MT selaku pembimbing II, yang mana dengan penuh kesabaran memberikan bimbingannya dalam penyelesaian Tugas Akhir ini. 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, Juli 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSETUJUAN .....	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN.....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Batasan Masalah.....	3
E. Manfaat Penelitian .....	3
F. Sistematika Penulisan .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Penelitian Terdahulu.....	5

B.	Definisi Pemecah Gelombang/ <i>Breakwater</i> .....	6
1.	Berdasarkan Lokasi .....	7
2.	Berdasarkan Material .....	9
3.	Berdasarkan Permeabilitas .....	11
C.	Gelombang .....	12
D.	Karakteristik Gelombang .....	13
E.	Klasifikasi Gelombang .....	16
F.	Teori gelombang Airy .....	17
G.	Parameter Bangunan Peredam Energi .....	18
H.	Hukum Dasar Model .....	21
1.	Sebangun Geometric .....	22
2.	Sebangun Kinematic .....	23
3.	Sebangun Dinamik .....	23
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>		
A.	Waktu dan Lokasi Penelitian .....	24
B.	Jenis dan Sumber Data .....	24
C.	Bahan dan Alat .....	24
D.	Desain Penelitian .....	26
E.	Prosedur pelaksanaan penelitian .....	27
F.	Bagan Alur Penelitian .....	29



## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

A.	Hasil Penelitian .....	30
1.	Panjang Gelombang .....	30
2.	Data Tinggi Gelombang .....	30
3.	Tinggi Gelombang datang ( $H_i$ ), Gelombang Transmisi ( $H_t$ ), dan Koefisien Transmisi ( $K_t$ ) .....	32
B.	Pembahasan .....	33
1.	Hubungan Tinggi Gelombang Datang ( $H_t$ ) dengan Durasi Gelombang .....	34
2.	Hubungan Durasi Gelombang Terhadap Volume Kerusakan Pantai .....	34

## **BAB V PENUTUP**

A.	Kesimpulan .....	37
B.	Saran .....	38

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
Tabel 1. Klasifikasi gelombang berdasarkan periode.....	16
Tabel 2. Koefisien refleksi .....	20
Tabel 3. Dimensi kantong pasir .....	26
Tabel 4. Data tinggi gelombang depan model.....	31
Tabel 5. Data tinggi gelombang belakang model.....	31
Tabel 6. Hasil perhitungan data gelombang .....	32
Tabel 7. Hasil perhitungan data gelombang .....	33
Tabel 8. Volume kerusakan sebelum adanya breakwater.....	35
Tabel 9. Volume kerusakan sesudah adanya breakwater.....	35



## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
Gambar 1. <i>Offshore Breakwaters</i> .....	8
Gambar 2. <i>Shore-Connect Breakwater</i> .....	9
Gambar 3. <i>Tetrapod Breakwater</i> (Bambang Triatmodjo, 2012) .....	10
Gambar 4. Pohon mangrove dan terumbu karang (Bambang Triatmodjo, 2012) .....	11
Gambar 5. karakteristik Gelombang (Teknik Pantai, Triadmodjo, 1999) ..	14
Gambar 6. Tangki pembangkit gelombang .....	25
Gambar 7. Unit pembangkit gelombang type flap .....	25
Gambar 8. Detail memanjang .....	27
Gambar 9. Variasi susunan kantong sirtu .....	27
Gambar 10. Bagan alur penelitian .....	29
Gambar 11. Grafik hubungan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dengan durasi gelombang .....	34
Gambar 12. Hubungan volume kerusakan dengan durasi gelombang .....	36

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN



$H_r$	=	Tinggi gelombang refleksi
$H_t$	=	Tinggi gelombang transmisi
$H_i$	=	Tinggi gelombang datang
$L$	=	Panjang gelombang
$A$	=	Amplitudo gelombang
$C$	=	Kecepatan rambat gelombang
$t$	=	Durasi waktu
$K_r$	=	Koefisien refleksi
$K_t$	=	Koefisien transmisi
$K_d$	=	Koefisien disipasi
$H_{max}$	=	Tinggi gelombang maksimum
$H_{min}$	=	Tinggi gelombang minimum
$E_r$	=	Energi gelombang refleksi
$E_t$	=	Energi gelombang transmisi
$E_i$	=	Energi gelombang datang
$H_i/L$	=	Kecuraman gelombang
$\rho$	=	Rapat massa zat cair
$g$	=	Percepatan gravitasi
$S$	=	Stroke

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### A. Latar Belakang

Indonesia sebagai negara kepulauan mempunyai lebih dari 17.000 pulau dan wilayah pantai sepanjang 80.000 km. Wilayah pantai ini merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk kegiatan manusia, seperti sebagai kawasan pusat pemerintahan, pemukiman, industri, pelabuhan, pertambangan, pertanian/perikanan, pariwisata, dan sebagainya. Adanya berbagai kegiatan tersebut dapat menimbulkan peningkatan kebutuhan akan lahan, sarana dan prasarana, yang selanjutnya akan mengakibatkan timbulnya masalah-masalah baru.

Naiknya permukaan air laut, mengakibatkan garis pantai bergerak mundur dan terjadi pengikisan pantai yang menyebabkan erosi. Erosi secara terus-menerus oleh gelombang laut dan arus laut merusak dinding pantai. Dampak dari erosi pantai ini dapat merusak kawasan pemukiman dan prasarana kota yang berupa mundurnya garis pantai. Erosi pantai bisa terjadi secara alami oleh serangan gelombang atau karena adanya kegiatan manusia seperti penebangan hutan bakau, pengambilan karang pantai, pembangunan pelabuhan atau bangunan pantai lainnya, perluasan areal tambak ke arah laut tanpa memperhatikan wilayah sempadan pantai dan sebagainya.

Metode penanggulangan erosi pantai adalah dengan membuat struktur *breakwater* sebagai salah satu dari struktur pelindung pantai,

dimana struktur tersebut berfungsi sebagai peredam energi gelombang pada lokasi tertentu. Struktur *breakwater* terbaik untuk pengelolaan dan perlindungan garis pantai adalah dengan cara membuat situasi dimana garis pantai berorientasi secara paralel terhadap garis puncak gelombang datang, sehingga meminimalkan angkutan sedimen transport sepanjang pantai dan menciptakan pola pantai yang setimbang.

Permasalahan tersebut kemudian dituangkan dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan judul : **“Uji Pengaruh Durasi Gelombang Terhadap Bangunan Kantong Sirtu Pelindung Gerusan Pantai.”**

#### **B. Rumusan Masalah**

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

1. Bagaimana pengaruh breakwater kantong sirtu terhadap gelombang transmisi dan koefisien transmisi.
2. Hubungan durasi gelombang terhadap volume kerusakan pantai.

#### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk melindungi gerusan pantai menggunakan kantong sirtu terhadap gelombang transmisi dan koefisien transmisi.
2. Untuk mengetahui hubungan durasi gelombang terhadap kerusakan pantai.

#### D. Batasan Masalah

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

1. Arah sudut datang gelombang tegak lurus terhadap model.
2. Variasi sudut kemiringan struktur, tinggi gelombang, periode gelombang dan elevasi muka air sudah ditentukan.
3. Stabilitas struktur tidak dikaji, sehingga untuk perkuatan struktur hanya untuk menjaga agar struktur tidak berpindah saat dilakukan pengujian.
4. Air yang digunakan merupakan air tawar

#### E. Manfaat Penelitian

Hasil Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat diantaranya sebagai berikut :

1. Sebagai sarana untuk kajian ilmiah atau referensi bagi penelitian *breakwater* pada daerah pantai.
2. Sebagai referensi untuk penelitian – penelitian lanjutan.

#### F. Sistematika Penulisan

Susunan sistematika penulisan 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 Analisa Hasil dan Pembahasan**, merupakan bab yang menyajikan data – data hasil penelitian di laboratorium, analisis data, hasil analisis data dan pembahasannya.

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





## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Penelitian Terdahulu

Dalam penelitian ini penulis memaparkan beberapa penelitian terdahulu yang relevan dengan permasalahan yang akan diteliti.

Hasriyani dkk (2016) yang berjudul "Transmisi Gelombang Pada Bangunan Breakwater Tipe Caisson Berpori" memaparkan simpulan bahwa hubungan parameter gelombang datang ( $H_i$ ) terhadap tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) menghasilkan hubungan berbanding lurus pada setiap model dan pengaruh periode gelombang ( $T$ ) terhadap tinggi gelombang tinggi transmisi ( $H_t$ ) menunjukkan bahwa semakin besar periode gelombang maka tinggi gelombang transmisi akan semakin menurun.

Wirawan dkk (2018) dengan judul "Uji Model Fisik Pemecah Gelombang Kubus Beton Berpori Type Lurus Dan Zig Zag Terhadap Panjang Transmisi Gelombang" memaparkan kesimpulan bahwa Parameter yang mempengaruhi transmisi, pada model pemecah gelombang adalah tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), periode gelombang ( $T$ ), tinggi air di atas model ( $d-k$ ), jarak antar blok ( $x/L$ ), dan desain blok yang membuat pemecah gelombang lolos air, Pengaruh jarak antar blok ( $x/L$ ) dan tinggi air di atas model ( $d-k$ ) terhadap efektifitas kerja pemecah gelombang memperlihatkan hasil semakin besar jarak antar blok dan semakin rendah tinggi air diatas model, maka nilai koefisien

transmisi ( $K_t$ ) semakin kecil dan Perbandingan parameter hasil penelitian antara dua jenis model yakni model blok beton type lurus menghasilkan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang lebih besar (73-83% berbanding 65-69%) dari blok beton type zig zag, Oleh karena itu dapat diambil kesimpulan bahwa model pemecah gelombang type lurus lebih efektif dalam memecah gelombang dikarenakan energi yang diredam/dihilangkan ditransmisikan lebih besar dibanding model pemecah gelombang type zig zag.

Agie Dwi Setiawan dkk (2018) dengan judul “Studi Respon Breakwater Terapung Akibat Perubahan Gelombang” memaparkan kesimpulan bahwa Besarnya koefisien refleksi ( $K_r$ ) berbanding lurus dengan kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ). Semakin besar kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ) yang terjadi maka semakin besar nilai koefisien refleksinya, Semakin lama periode ( $T$ ) maka semakin menurun nilai koefisien refleksinya ( $K_r$ ) dan semakin lama periode ( $T$ ) maka semakin meningkat nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) dan Respon dari breakwater terapung terhadap gelombang adalah gelombang yang diterima breakwater hanya menahan bagian atas saja, tidak bisa menahan gelombang tengah dan dasar.

## **B. Definisi Pemecah Gelombang/*Breakwater***

Pemecah untuk melindungi pantai atau kegiatan di sepanjang pantai dari gelombang. Adapun prinsip kerja dari bangunan pantai ini antara lain adalah :

- a. Memperkuat/melindungi pantai/perairan lain (missal kolam pelabuhan) agar mampu menahan laju gelombang.
- b. Mengurangi energi gelombang yang datang ke pantai.
- c. Mengubah laju transport sedimen sepanjang pantai.
- d. Menambah pasokan sedimen pada daerah-daerah yang telah mengalami penggerusaan.

Skema *breakwater* memiliki banyak variabel yang menentukan dampak pada garis pantai. Skema tersebut dapat menjadi berdasarkan lokasi, material, dan permeabilitas.

### 1. Berdasarkan Lokasi

Berdasarkan lokasinya, *Breakwater* ini ditentukan oleh koneksi terhadap pesisir pantainya. Lokasi *breakwater* ini dibagi menjadi dua macam, yaitu:

#### a. *Offshore Breakwater*

*Offshore Breakwater* adalah bangunan yang dibuat sejajar dengan pantai dan berjarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang berada di belakangnya dari hantaman gaya gelombang yang dapat mengakibatkan tergerusnya material pantai/erosi pada pantai tersebut. Seperti halnya *groin* bangunan pantai jenis ini biasanya dibuat secara seri, tergantung panjang pantai yang dilindungi. Antara satu *breakwater* dengan yang lainnya yang dipisahkan oleh celah. Melalui celah inilah gaya gelombang yang telah terdifraksi dapat

diteruskan ke pantai, tentunya dengan energi yang lebih kecil. Karena sedimen di belakang breakwater terlindungi maka akan terbentuk tumpukan sedimen yang biasa disebut salien. Jika tumpukan sedimen itu menyentuh breakwater dan mengakibatkan terbentuknya daratan baru maka salien seperti ini dinamakan tombolo. Offshore breakwater biasanya dibuat dalam bentuk rubble mound, dengan armor layer yang berbeda-beda.



Gambar 1. *Offshore Breakwaters* (<https://www.aecom.com>)

*b. Shore-Connect Breakwater*

Berbeda dengan jenis breakwater sebelumnya, breakwater jenis ini tidak dibangun di perairan lepas, namun masih terhubung dengan daratan pantai. Breakwater jenis ini biasanya dibangun di pelabuhan. Seperti yang terdapat di pelabuhan Internasional Tanjung Priok Jakarta. Fungsi dari breakwater jenis ini adalah sebagai bangunan pelindung yang akan meredam/menghambat gaya gelombang yang datang dari laut lepas yang kemudian bertransformasi ke daerah perairan dangkal sehingga

gelombang yang berada di belakang breakwater tersebut menjadi tenang. Kondisi inilah yang memungkinkan aktivitas bongkar-muat di pelabuhan tersebut.



Gambar 2. *Shore-Connect Breakwater* (<http://zendreilcivil.blogspot.com>)

## 2. Berdasarkan Material

Berdasarkan material pembentuknya, *breakwater* dapat di bagi menjadi dua macam, yaitu buatan dan alami :

### a. Buatan

*Breakwater* ini di buat manusia berdasarkan kebutuhan yang diinginkan agar dapat dimanfaatkan oleh manusia. Material yang digunakan untuk *breakwater* ini dapat berupa beton, tumpukan kerikil, dan banyak macam lainnya. Namun seiring jalannya waktu banyak peneliti membuatnya dengan tujuan sebagai pemacu tumbuhnya terumbu karang. Secara umum, batu buatan dibuat dari beton tidak bertulang konvensional

kecuali beberapa unit dengan banyak lubang yang menggunakan perkuatan serat baja. Untuk unit-unit yang lebih kecil, seperti Dolos dengan rasio keliling kecil, berbagai tipe dari beton berkekuatan tinggi dan beton bertulang (tulangan konvensional, prategang, fiber, besi, profil-profil baja) telah dipertimbangkan sebagai solusi untuk meningkatkan kekuatan struktur unit-unit batu buatan ini. Tetapi solusi-solusi ini secara umum kurang hemat biaya, dan jarang digunakan.



Gambar 3. *Tetrapod Breakwater* (Bambang Triatmodjo, 2012)

b. Alami

*Breakwater* ini biasanya terbentuk karena faktor alam. Hal ini menjadikan breakwater jenis yang paling bagus karena dapat habitan sekelilingnya secara alami. Hal ini juga menjadi pemicu para peneliti untuk membuat breakwater berbahan alami. Material dalam breakwater ini

dapat berupa pohon mangrove, pohon api-api, terumbu karang, bambu, kulit kerang, dan banyak macam lainnya.



Gambar 4. Pohon mangrove dan terumbu karang (Bambang Triatmodjo, 2012)

### 3. Berdasarkan Permeabilitas

Selain berdasarkan materialnya klasifikasi breakwater dapat berupa tingkat permeabilitasnya. Berdasarkan tingkat permeabilitasnya, klasifikasi ini di bagi menjadi *permeable* dan *impermeable* :

#### a. *Permeable*

Untuk *breakwater* permeable memiliki nilai porositas lebih besar dari nol ( $\epsilon > 0$ ). *Breakwater* ini biasanya digunakan untuk meredam gelombang yang datang, sehingga gelombang yang datang dapat diteruskan, dan gelombang yang dipantulkan sangatlah kecil.

#### b. *Impermeable*

Untuk *breakwater* impermeable tidak memiliki nilai porositas ( $\epsilon = 0$ ). *Breakwater* ini biasanya digunakan untuk memecahkan gelombang yang

datang, sehingga gelombang yang ditransmisikan sangatlah kecil, namun gelombang yang direfleksikan besar.

### **C. Gelombang**

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/grafik sinusoidal. Susunan Gelombang (Parameter gelombang) dilautan baik bentuk maupun macamnya sangat bervariasi dan kompleks. Untuk itu para ahli mendesain sebuah model gelombang buatan untuk memudahkan dalam mempelajarinya, walaupun bentuk gelombang ini kemungkinan tidak akan dijumpai sama seperti gelombang laut yang sebenarnya. Bagian-bagian gelombang gelombang ideal adalah :

1. Crest merupakan titik tertinggi atau puncak sebuah gelombang
2. Trough merupakan titik terendah atau lembah sebuah gelombang
3. Wave height merupakan jarak vertikal antara crest dan trough atau disebut juga tinggi gelombang
4. Wave length merupakan jarak berturut-turut antara dua buah crest atau dua buah trough, disebut juga satu panjang gelombang.
5. Wave period waktu yang dibutuhkan crest untuk kembali pada titik semula secara berturut-turut, disebut juga periode gelombang.
6. Wave steepnees perbandingan antara panjang gelombang dengan tinggi gelombang, disebut juga kemiringan gelombang.



Gelombang laut sebagai sumber energi, merupakan transformasi energi dari energi cahaya matahari menjadi energi mekanik angin, yang mengakibatkan perubahan energi menjadi potensial oleh gelombang yang dapat memberikan perubahan bentuk pantai. Gelombang laut memiliki kurva berupa dan pergerakan gelombang yang khas. Kurva gelombang tidak berbentuk garis rata namun merupakan kurva, masing-masing kurva gelombang membentuk karakteristik khas pada panjang, tinggi, periode dan kecepatan gelombang masing-masing gelombang.

#### **D. 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 di tentukan 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 perambatangelombang. Sedangkan sumbu koordinat untuk menjelaskan gerak gelombang berada pada kedalaman muka air tenang. Yaitu  $z=-h$

- 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 5 berikut :



Gambar 5. 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 vertical 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.

#### E. Klasifikasi Gelombang

Menurut Beer (1997), gelombang di permukaan laut dapat diklasifikasikan berdasarkan periodenya seperti berikut:

Tabel 1. Klasifikasi gelombang berdasarkan periode.

Periode (T)	Tipe Gelombang	Kenampakan Umum
< 1 detik	Capillary Waves	Ripple, riak
~1 detik	Wind waves (chop)	Gelombang
~10 Detik	Swell	Breaker, Alun
Menit	Seiches	Gelombang Pelabuhan
Jam	Tidal Waves	Pasang Surut

Sumber (Beer, 1997)

Diantara beberapa bentuk gelombang tersebut yang paling penting dalam bidang teknik pantai adalah gelombang angin (untuk selanjutnya disebut gelombang) dan gelombang pasang surut. Gelombang adalah salah satu bentuk energi yang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai. Gelombang merupakan faktor utama di dalam penentuan tata letak (layout) pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai dan sebagainya. Oleh karena itu seorang ahli teknik pantai harus memahami dengan baik karakteristik dan perilaku gelombang baik di laut dalam maupun laut dangkal, selama penjarannya menuju pantai maupun di daerah pantai, dan pengaruhnya terhadap bangunan pantai.

#### **F. Teori gelombang Airy**

Teori Gelombang Airy (teori amplitudo kecil) diturunkan berdasarkan persamaan Laplace untuk aliran tak rotasi (irrotational flow) dengan kondisi batas di dasar laut dan di permukaan air. Terdapat beberapa anggapan yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang adalah sebagai berikut :

1. Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat masa adalah konstan.
2. Tegangan permukaan diabaikan.
3. Gaya coriolis ( akibat perputaran bumi di abaikan).
4. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan.

5. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran tak rotasi.
6. Dasar laut adalah horizontal, tetap dan impermeable sehingga kecepatan vertikal di dasar adalah nol.
7. Amplitudo gelombang kecil terhadap panjang gelombang dan kedalaman air.
8. Gerak gelombang berbentuk silinder yang tegak lurus arah penjalaran gelombang sehingga gelombang adalah dua dimensi.

#### **G. Parameter Bangunan Peredam Energi**

Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan pemecah gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian diteruskan (transmisi) dan sebagian dihancurkan (dissipasi) melalui pecahnya gelombang, kekentalan fluida, gesekan dasar dan lain-lainnya. Pembagian besarnya energi gelombang yang dipantulkan, dihancurkan dan diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang (periode, tinggi, kedalaman air), tipe bangunan peredam gelombang (permukaan halus dan kasar, lolos air dan tidak lolos air).

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. Tinggi gelombang datang  $H_i$  dan Tinggi gelombang refleksi  $H_r$  dapat dihitung dengan rumus :

$$H_i = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \dots\dots\dots (1)$$

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

Jika gelombang datang menghantam penghalang sebagian ditransmisikan, maka gelombang yang lewatpun akan mengalami hal yang sama seperti ketika membentur penghalang. Apabila gelombang yang ditransmisikan terhalang oleh suatu penghalang, maka tinggi gelombang transmisi  $H_t$  dapat dihitung dengan rumus :

$$H_t = \frac{(H_{\max})_t + (H_{\min})_t}{2} \dots\dots\dots (3)$$

Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (1) sampai (3) tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) dan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dapat dihitung.

Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ). Parameter refleksi gelombang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi ( $K_r$ ) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \dots\dots\dots (4)$$

Dimana energi refleksi  $E_r = \frac{1}{8} pgH_r^2$  dan energi gelombang datang

adalah  $E_i = \frac{1}{8} pgH_i^2$  dengan  $p$  adalah rapat massa zat cair dan  $g$  adalah

percepatan gravitasi . Nilai  $K_r$  berkisar dari 1,0 untuk refleksi total hingga 0 untuk tidak ada refleksi. Koefisien refleksi bangunan diperkirakan berdasarkan tes model, koefisien refleksi berbagai tipe bangunan diberikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Koefisien refleksi

Tipe Bangunan Peredam Energi	$K_r$
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 – 0,5
Tumpukan blok beton	0,3 – 0,5
Bangunan vertikal dengan peredam energi (diberi Lubang)	0,05 – 0,2

Sumber : Bambang Triatmodjo, 2008.

Transmisi gelombang ( $H_t$ ) adalah tinggi gelombang yang diteruskan melalui rintangan dan diukur dengan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dihitung dengan persamaan berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \dots\dots\dots(5)$$

Dimana energi gelombang transmisi adalah  $E_t = \frac{1}{8} \rho g H_t^2$ .

Tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) dan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) adalah tinggi gelombang rerata dari nilai maksimum dan minimum tinggi gelombang terukur masing-masing sebelum dan sesudah melewati rintangan. Sedangkan tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) adalah setengah dari



selisih tinggi gelombang maksimum dan minimum terukur sebelum melalui rintangan.

Menurut *Horikawa (1978)* bahwa besarnya energi gelombang yang disipasikan/diredam ( $K_d$ ) adalah besarnya energi gelombang datang dikurangi energi gelombang yang direflesikan dan ditransmisikan :

$$K_d = 1 - K_r - K_t \dots\dots\dots (6)$$

Selanjutnya dengan menggunakan Persamaan (4) sampai (6), koefisien refleksi ( $K_r$ ), koefisien transmisi ( $K_t$ ) dan koefisien disipasi ( $K_d$ ) dapat dihitung.

#### H. 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.

Dasar dari semua pemodelan fisik adalah model dibuat agar bisa berperilaku hampir sama dengan *prototype*-nya sehingga model fisik

dapat digunakan memprediksi *prototype* pada keadaan sebenarnya dibawah kondisi yang ditentukan.

### 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. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots (7)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

$n_L$  = skala panjang

$n_h$  = skala tinggi

$L_p$  = ukuran panjang prototipe

$L_m$  = ukuran panjang model

$h_p$  = ukuran tinggi pada prototipe

$h_m$  = ukuran tinggi pada model

## 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.

## 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.

## 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 model pemecah gelombang (*breakwater*) yang dicampurkan ke air laut yang dapat diamati.

1. Alat yang digunakan dalam pembuatan model adalah :
  - a. Gunting
  - b. Jarum
  - c. Benang
  - d. Mistar

2. 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 6. Tangki pembangkit gelombang

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



Gambar 7. 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 alat tulis

### 3. Bahan pembuatan model

- a. Batu kerikil/sirtu
- b. Karung goni

### D. Desain Penelitian

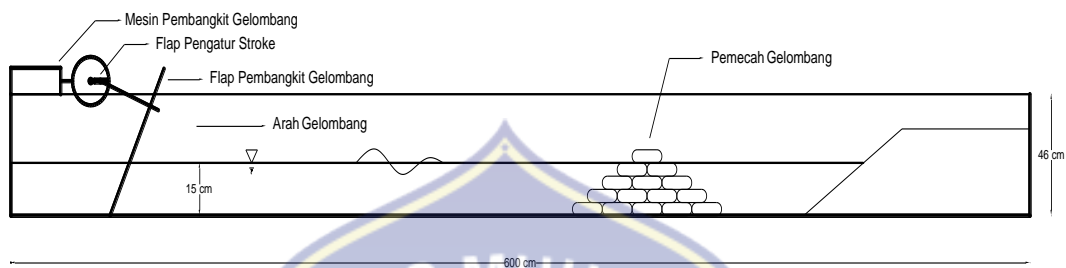
Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan perancangan model berdasarkan variabel yang akan diteliti.

1. Model breakwater terbuat dari karung goni yang diisi dengan batu kerikil/sirtu, 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 susunan kantong sirtu dibuat seperti tampak pada Gambar 9. kantong pasir disusun dengan sumbu panjang tegak lurus arah gelombang



Gambar 8. Detail memanjang



Gambar 9. Variasi susunan kantong sirtu

### E. Prosedur pelaksanaan penelitian

Sebelum melakukan pengambilan data terlebih dahulu mengukur kedalaman air yang telah ditentukan sebelumnya yaitu sekitar 15 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 transmisi 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.

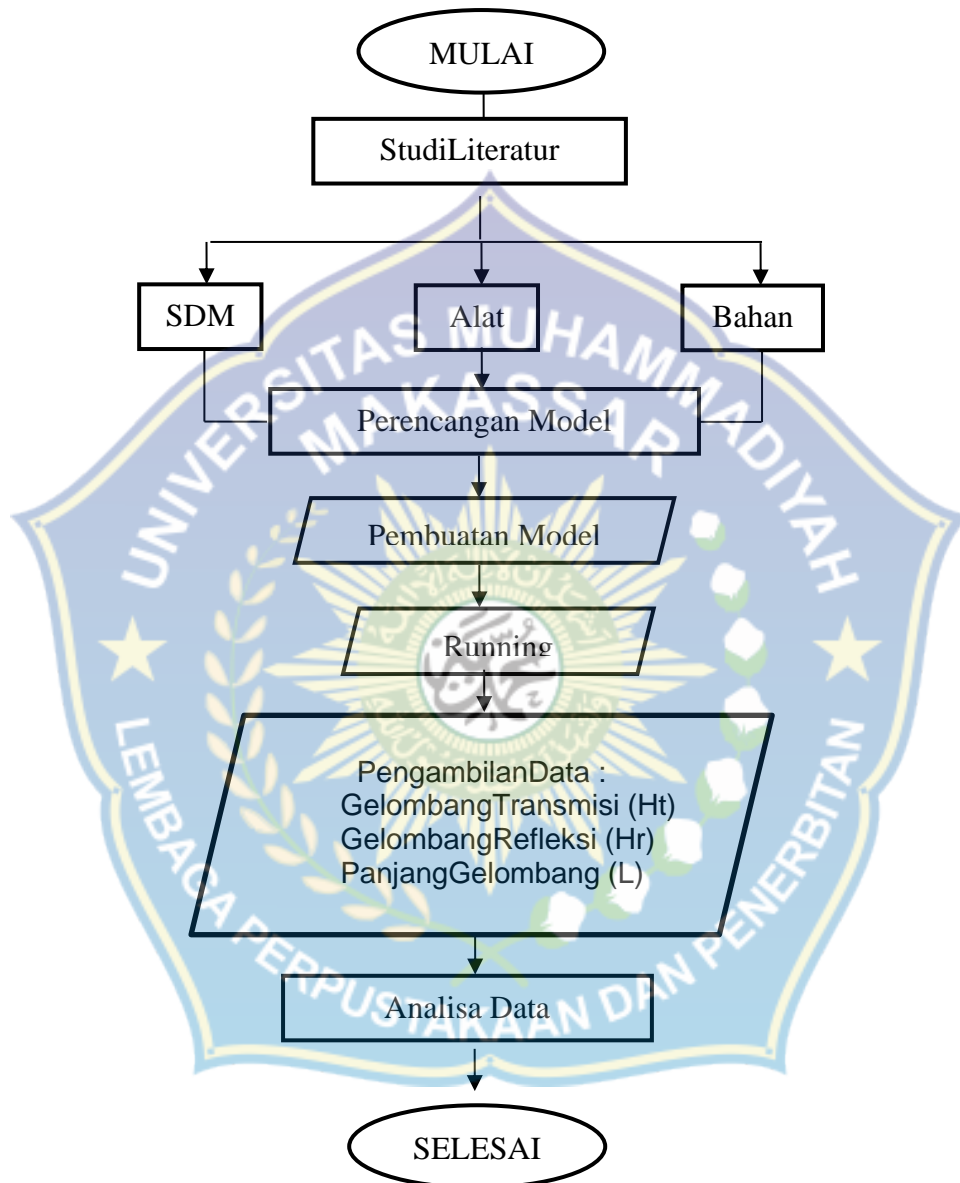
Secara garis besar prosedur perolehan data adalah sebagai berikut :

1. Percobaan pembangkitan gelombang dilakukan untuk melakukan kalibrasi alat pencatatan tinggi gelombang.
2. Struktur Breakwater 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

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai dengan bagan aliran:



Gambar 10. 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 ( $H_i$ ). Pencatatan menggunakan alat ukur berupa meteran yang dibuat sendiri dengan skala pembacaan hingga ketelitian mm. Berikut ini salah satu contoh tabel hasil tinggi gelombang datang ( $H_i$ ).

Tabel 4. Data tinggi gelombang depan model

Durasi (Menit)	Vulley	H max	H min
		cm	cm
3	1	4.0	0.8
	2	4.0	1.0
	3	4.5	1.0
6	1	3.6	1.0
	2	3.4	1.4
	3	3.6	1.5
9	1	3.2	1.7
	2	3.5	1.6
	3	3.8	1.5

**Sumber data :** Hasil pengamatan

Tabel 5. Data tinggi gelombang belakang model

Durasi (Menit)	Vulley	H max	H min
		cm	cm
3	1	0.4	0.2
	2	0.5	0.3
	3	0.6	0.3
6	1	0.5	0.2
	2	0.5	0.3
	3	0.5	0.4
9	1	0.5	0.3
	2	0.5	0.4
	3	0.6	0.5

**Sumber data :** Hasil pengamatan

### 3. Tinggi Gelombang datang ( $H_i$ ), Gelombang Transmisi ( $H_t$ ), dan Koefisien Transmisi ( $K_t$ )

Tinggi Gelombang datang ( $H_i$ ) yang dialami oleh pemecah gelombang tergantung berapa besar tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan tinggi gelombang minimum ( $H_{min}$ ) yang dialami oleh bagian depan pemecah gelombang 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 (1).

Gelombang yang bergerak menerus melewati suatu struktur akan ditransmisikan, sehingga terdapat sisa-sisa energi gelombang yang terjadi setelah melewati struktur tersebut. Tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dapat diselesaikan dengan persamaan (3).

Sehingga besarnya Koefisien transmisi ( $K_t$ ) berdasarkan landasan teori pada bab 2, dihitung dengan menggunakan persamaan (5).

Adapun hasil perhitungan dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 6. Hasil perhitungan data gelombang Pembacaan depan Model

Durasi (Menit)	Vulley	Hmax	H min	Hi
		cm	cm	cm
3	1	4.0	0.8	2.4
	2	4.0	1.0	2.5
	3	4.5	1.0	2.8

Durasi (Menit)	Vulley	Hmax	H min	Hi
		cm	cm	cm
6	1	3.6	1.0	2.3
	2	3.4	1.4	2.4
	3	3.6	1.5	2.6
9	1	3.2	1.7	2.5
	2	3.5	1.6	2.6
	3	3.8	1.5	2.7

**Sumber data :** Hasil pengamatan

Tabel 7. Hasil perhitungan data gelombang  
Pembacaan belakang model

Durasi (Menit)	Vulley	Hmax	H min	Hi	Ht	Kt
		cm	cm	cm	cm	cm
3	1	0.4	0.2	2.40	0.32	0.13
	2	0.5	0.3	2.50	0.39	0.15
	3	0.6	0.3	2.75	0.44	0.16
6	1	0.5	0.2	2.30	0.35	0.15
	2	0.5	0.3	2.40	0.40	0.17
	3	0.5	0.4	2.55	0.45	0.18
9	1	0.5	0.3	2.45	0.40	0.16
	2	0.6	0.4	2.55	0.50	0.20
	3	0.6	0.5	2.65	0.55	0.21

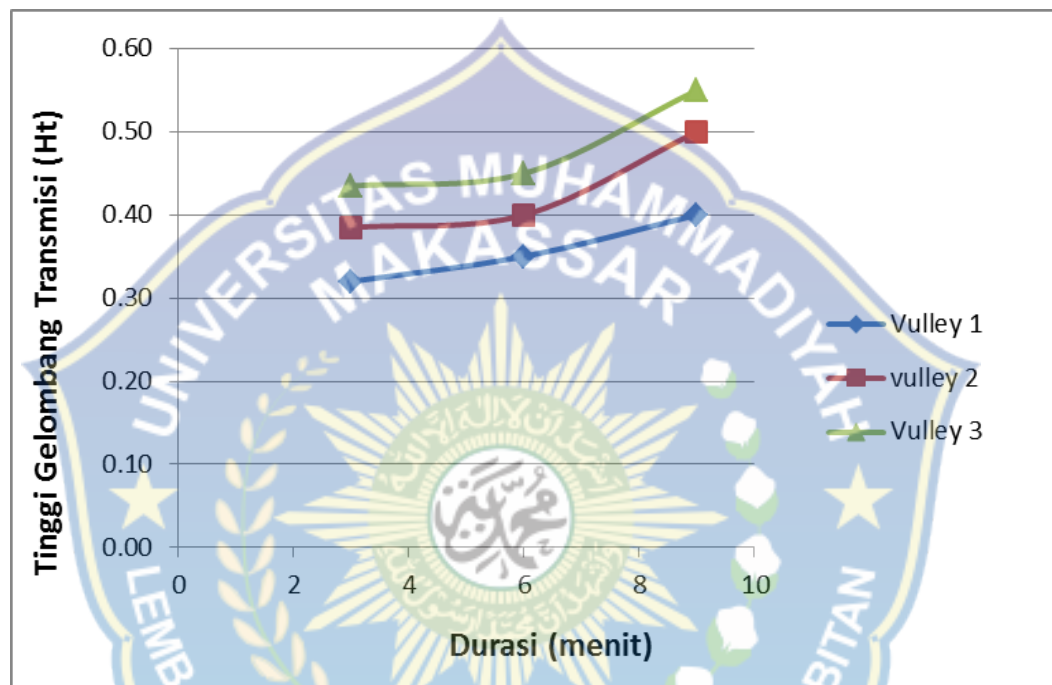
**Sumber data :** Hasil pengamatan

## B. Pembahasan

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

## 1. Hubungan Tinggi Gelombang Datang ( $H_t$ ) dengan Durasi Gelombang

Berdasarkan hasil pengolahan data pada tabel 7 diperoleh tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dan durasi gelombang maka hubungan antara keduanya dapat dilihat pada grafik berikut :



Gambar 11. Grafik hubungan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dengan durasi gelombang

Visualisasi grafik menunjukkan bahwa tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) berbanding lurus dengan durasi, yaitu semakin panjang durasi (waktu) maka semakin tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ )

## 2. Hubungan Durasi Gelombang Terhadap Volume Kerusakan Pantai.

Durasi gelombang diperoleh dari hasil perhitungan berdasarkan data pengukuran gelombang di laboratorium. Data kerusakan berdasarkan pengukuran dilaboratorium. Seperti pada tabel berikut ini :

Tabel 8. Volume kerusakan sebelum adanya breakwater

Durasi (menit)	Volume kerusakan pada vulley 1 (m <sup>3</sup> )	Volume kerusakan pada vulley 2 (m <sup>3</sup> )	Volume kerusakan pada vulley 3 (m <sup>3</sup> )
3	0.495	0.780	1.185
6	0.918	1.316	1.739
9	1.232	1.536	2.082

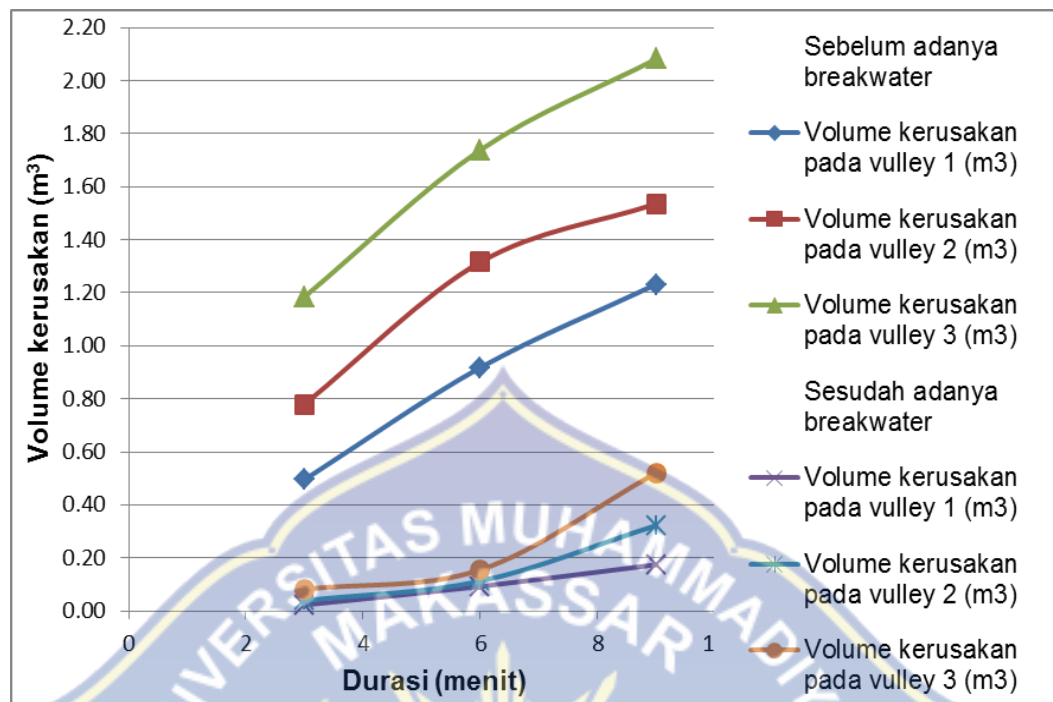
**Sumber data :** Hasil pengamatan

Tabel 9. Volume kerusakan sesudah adanya breakwater

Durasi (menit)	Volume kerusakan pada vulley 1 (m <sup>3</sup> )	Volume kerusakan pada vulley 2 (m <sup>3</sup> )	Volume kerusakan pada vulley 3 (m <sup>3</sup> )
3	0.0225	0.0390	0.0819
6	0.0924	0.1125	0.1554
9	0.1745	0.3225	0.5208

**Sumber data :** Hasil pengamatan

Tabel diatas dijelaskan bahwa volume kerusakan pada vulley 1 pada 3 menit sebesar 0,0225 m<sup>3</sup> terjadi peningkatan pada durasi waktu 6 menit yaitu 0.0924 m<sup>3</sup> kemudian dilanjutkan pada durasi waktu 9 menit sebesar 0.1745 m<sup>3</sup>. begitu pula dengan vulley 2 yang setiap penambahan durasi waktu terjadi peningkatan. Hal ini juga terjadi pada vulley 3 yang meningkat setiap tambahan waktu yang digunakan. Hal ini dapat kita lihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 12. Hubungan volume kerusakan dengan durasi gelombang.

Pada gambar 12 dapat dilihat bahwa volume kerusakan yang terjadi pada saat sebelum adanya bangunan breakwater terjadi volume kerusakan yang lebih besar dengan kerusakan tertinggi yaitu 2,082 m<sup>3</sup>.

Sedangkan dengan menggunakan breakwater volume kerusakan maksimal adalah 0,521 m<sup>3</sup>, sehingga desain bangunan breakwater adalah bangunan yang tepat untuk meminimalkan volume kerusakan pada daerah pantai.



## BAB V

### PENUTUP

#### A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka disimpulkan :

1. Pengaruh durasi gelombang terhadap tingkat kerusakan pantai yaitu apabila durasi gelombang ditambah maka mempengaruhi kerusakan yang terjadi pada pantai tersebut bertambah pula.
2. Kerusakan pada vulley 1 pada 3 menit sebesar 0,0225 m<sup>3</sup> terjadi peningkatan pada durasi waktu 6 menit yaitu 0.0924 m<sup>3</sup> kemudian dilanjutkan pada durasi waktu 9 menit sebesar 0.1745 m<sup>3</sup>. begitu pula dengan vulley 2 yang setiap penambahan durasi waktu terjadi peningkatan. Hal ini juga terjadi pada vulley 3 yang meningkat setiap tambahan waktu yang digunakan.

## B. Saran

Kami sadar penelitian ini jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami menyarankan penelitian ini masih perlu dikaji untuk beberapa kondisi berikut :

1. Variasi kedalaman air, pengaruh besarnya sudut datang gelombang, perbandingan dimensi model dengan panjang gelombang dan model breakwater dari bahan lain. Sehingga diharapkan ada peneliti lain yang mengkaji lebih lanjut.
2. Pembacaan gelombang sebaiknya menggunakan pembacaan secara otomatis, hal ini dikarenakan pada pembacaan manual cenderung memiliki banyak kesalahan error saat pembacaan pada *flume*.
3. Untuk hasil yang lebih mendekati pada kondisi lapangan sebaiknya menggunakan gelombang irreguler (acak), karena kondisi dengan gelombang reguler masih aman dalam peredaman gelombang, namun bagaimana dengan kondisi yang acak apakah breakwater ini akan lebih baik atau malah sebaliknya. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan hasil yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, Bambang, (1999). Teknik Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang, (2011). Perencanaan Bangunan Pantai, Beta Offset, Yogyakarta.
- Nur Lely Hardianti Zendrato, Terunajaya, (2016), *Analisis Efektivitas Penggunaan Breakwater Dengan Lapis Pelindung Bambu Dan Tetrapod Untuk Mereduksi Energi Gelombang Laut Di Pelabuhan Kuala Tanjung*, Jurnal Teknik sipil.
- Fatnanta, F. (2011). *Karakter Stabilitas Pemecah Gelombang Kantong Pasir Tipe Tenggelam*. Jurnal Dinamika Teknik Sipil
- Fatnanta, F. (2007). *Stabilitas Penahan Gelombang Kantong Pasir Bentuk Guling*. Jurnal Teknik Keairan
- Imam Rohani, M. Arsyad Thaha, Chairul Paotonan. (2015). *Stabilitas Armor Breakwater Menggunakan Kantong Batuan*. Jurnal Teknik Teknik Sipil.
- 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.

Yuwono, Nur. 1996. *Perencanaan Model Hidraulik*. Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

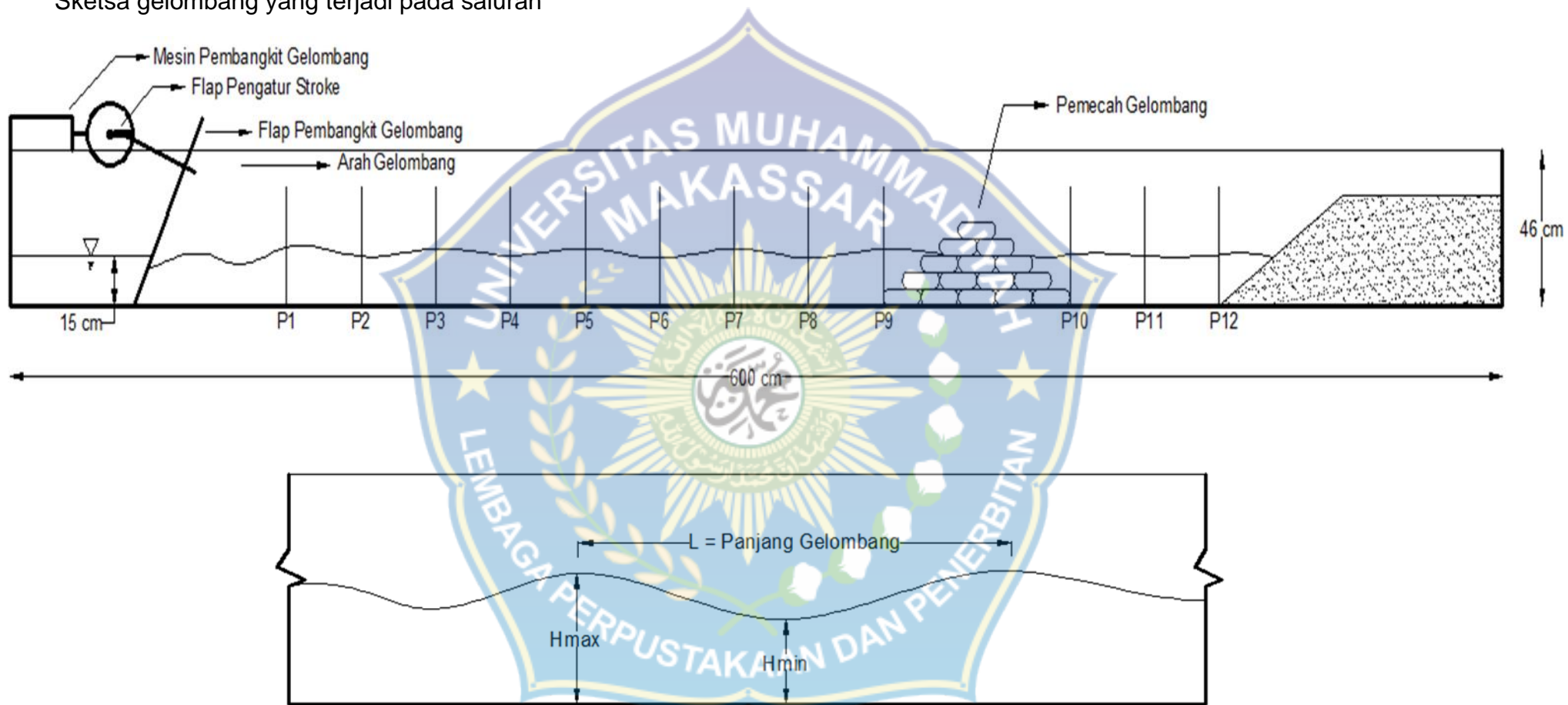
Wurjanto, Andojo Dkk. 2010. *Pemodelan Fisik 2-D untuk Mengukur Tingkat Efektivitas Perforated Skirt Breakwater pada Kategori Gelombang Panjang*. Jurnal Teknik Sipil vol 17 no 3. Jurusan Ilmu Kelautan FTSL-ITB

## LAMPIRAN

Tabel 1. Data pengukuran tinggi gelombang

Durasi menit	Vulley	Pembacaan Depan Model											Model	Pembacaan Belakang Model			Depan Model		Belakang Model	
		titik pengamatan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		11	12	H max	H min	H max	H min	
3	1	Elevasi	puncak	17.2	18	16.5	17	16.6	19	17	17	17	15.2	15.2	15.1	4	0.8	0.4	0.2	
		gelombang	lembah	14.5	15	15	14	15.8	15	14.5	14	14	14.8	14.96	14.7					
		Tinggi Gelombang		2.7	3	1.5	3	0.8	4	2.5	3	3	0.4	0.24	0.4					
	2	Elevasi	puncak	17.8	16.7	17	17	16	16	16.4	18	17	15.3	15.2	15.2	4	1	0.5	0.3	
		gelombang	lembah	16	15	15	16	13.5	14	15.2	14	15.3	14.8	14.8	14.93					
		Tinggi Gelombang		1.8	1.7	2	1	2.5	2	1.2	4	1.7	0.5	0.4	0.27					
	3	Elevasi	puncak	17.4	18	16.5	16.5	17	17	16.7	16.5	17	15.3	15.1	15.2	4.5	1	0.6	0.3	
		gelombang	lembah	16.4	13.5	14.5	14	16	14	14.5	14	14.4	14.7	14.83	14.8					
		Tinggi Gelombang		1	4.5	2	2.5	1	3	2.2	2.5	2.6	0.6	0.27	0.4					
6	1	Elevasi	puncak	18	16.5	17	18	17	16.5	16.2	17	17.4	15.3	15.2	15.3	3.6	1	0.5	0.2	
		gelombang	lembah	16.4	15	16	15.5	14	14	14.3	14	13.8	14.8	15	14.8					
		Tinggi Gelombang		1.6	1.5	1	2.5	3	2.5	1.9	3	3.6	0.5	0.2	0.5					
	2	Elevasi	puncak	16.7	17.6	18	16.5	18	16.7	18	16.8	17	15.2	15.2	15.1	3.4	1.4	0.5	0.3	
		gelombang	lembah	14.5	14.5	15	15.1	15.6	14	15	13.4	14	14.7	14.7	14.8					
		Tinggi Gelombang		2.2	3.1	3	1.4	2.4	2.7	3	3.4	3	0.5	0.5	0.3					
	3	Elevasi	puncak	16.8	16.8	16.5	17	16.5	17	17.5	17	16.4	15.3	15.2	15.3	3.6	1.5	0.5	0.4	
		gelombang	lembah	15	15	15	14.5	14.5	13.4	14	13.8	14	14.8	14.8	14.8					
		Tinggi Gelombang		1.8	1.8	1.5	2.5	2	3.6	3.5	3.2	2.4	0.5	0.4	0.5					
9	1	Elevasi	puncak	17.5	17	17.5	17	17.4	17.7	17	18	17.5	15.1	15.3	15.3	3.2	1.7	0.5	0.3	
		gelombang	lembah	15	14	14.5	15.3	14.4	15	14.5	14.8	14.5	14.8	14.8	14.8					
		Tinggi Gelombang		2.5	3	3	1.7	3	2.7	2.5	3.2	3	0.3	0.5	0.5					
	2	Elevasi	puncak	18	17.5	16.5	17.5	17.8	15.7	17.5	17.5	17	15.2	15.2	15.3	3.5	1.6	0.6	0.4	
		gelombang	lembah	16.4	15.5	14.2	15.6	16.2	14	15	15	13.5	14.8	14.8	14.7					
		Tinggi Gelombang		1.6	2	2.3	1.9	1.6	1.7	2.5	2.5	3.5	0.4	0.4	0.6					
	3	Elevasi	puncak	17.7	16.2	16.8	18	17	16.7	16.5	17.8	16.7	15.2	15.2	15.3	3.8	1.5	0.6	0.5	
		gelombang	lembah	14.5	14.5	13.6	14.2	14.5	14	15	14.6	13.5	14.7	14.7	14.7					
		Tinggi Gelombang		3.2	1.7	3.2	3.8	2.5	2.7	1.5	3.2	3.2	0.5	0.5	0.6					

Sketsa gelombang yang terjadi pada saluran



Tabel 3. Rekapitulasi data tinggi gelombang  
Pembacaan depan model

	Durasi (menit)	Vulley	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>
			cm	cm
Model	3	1	4.0	0.8
		2	4.0	1.0
		3	4.5	1.0
	6	1	3.6	1.0
		2	3.4	1.4
		3	3.6	1.5
	9	1	3.2	1.7
		2	3.5	1.6
		3	3.8	1.5

**Sumber data** : Hasil pengamatan

Pembacaan belakang model

	Durasi (menit)	Vulley	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>
			cm	cm
Model	3	1	0.4	0.2
		2	0.5	0.3
		3	0.6	0.3
	6	1	0.5	0.2
		2	0.5	0.3
		3	0.5	0.4
	9	1	0.5	0.3
		2	0.6	0.4
		3	0.6	0.5

**Sumber data** : Hasil pengamatan

Tabel 4. Hasil perhitungan data gelombang  
Pembacaan depan model

Model	Durasi (menit)	Vulley	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	Hi
			cm	cm	cm
Model	3	1	4.0	0.8	2.4
		2	4.0	1.0	2.5
		3	4.5	1.0	2.8
	6	1	3.6	1.0	2.3
		2	3.4	1.4	2.4
		3	3.6	1.5	2.6
	9	1	3.2	1.7	2.5
		2	3.5	1.6	2.6
		3	3.8	1.5	2.7

**Sumber data :** Hasil pengamatan

Pembacaan belakang

Model	Durasi (menit)	Vulley	H <sub>max</sub>	H <sub>min</sub>	Hi	Ht	Kt
			cm	cm	cm	cm	
Model	3	1	0.4	0.2	2.40	0.32	0.133
	3	2	0.5	0.3	2.50	0.39	0.154
	3	3	0.6	0.3	2.75	0.44	0.158
	6	1	0.5	0.2	2.30	0.35	0.152
	6	2	0.5	0.3	2.40	0.40	0.167
	6	3	0.5	0.4	2.55	0.45	0.176
	9	1	0.5	0.3	2.45	0.40	0.163
	9	2	0.6	0.4	2.55	0.50	0.196
	9	3	0.6	0.5	2.65	0.55	0.208

**Sumber data :** Hasil pengamatan

Tabel 5. Volume kerusakan  
Sebelum adanya Breakwater

Durasi (menit)	Volume kerusakan pada vulley 1 (m3)	Volume kerusakan pada vulley 2 (m3)	Volume kerusakan pada vulley 3 (m3)
3	0.495	0.78	1.185
6	0.918	1.316	1.739
9	1.232	1.536	2.082

**Sumber data :** Hasil pengamatan



Setelah adanya Breakwater

Durasi (menit)	Volume kerusakan pada vulley 1 (m3)	Volume kerusakan pada vulley 2 (m3)	Volume kerusakan pada vulley 3 (m3)
3	0.0225	0.039	0.0819
6	0.0924	0.1125	0.1554
9	0.1745	0.3225	0.5208

**Sumber data** : Hasil pengamatan

Perhitungan volume kerusakan  
Sebelum adanya Breakwater

1. Durasi 3 menit

VOLUME KERUSAKAN DURASI 3 MENIT, STROKE 1

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 11 \times 3 \times 30 \\ &= 16,5 \times 30 \\ &= 495 \text{ cm}^3 \\ &= 0,495 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 3 MENIT, STROKE 2

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 13 \times 4,5 \times 30 \\ &= 30,6 \times 30 \\ &= 918 \text{ cm}^3 \\ &= 0,918 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 3 MENIT, STROKE 3

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 15,5 \times 5,3 \times 30 \\ &= 41,07 \times 30 \\ &= 1,232,2 \text{ cm}^3 \\ &= 1,232 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## 2. Durasi 6 menit

VOLUME KERUSAKAN DURASI 6 MENIT, STROKE 1

$$\begin{aligned}V &= L \text{ alas } \times t \\&= 1/2 a \times t \times t \\&= 1/2 13 \times 4 \times 30 \\&= 26 \times 30 \\&= 780 \text{ cm}^3 \\&= 0.780 \text{ m}^3\end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 6 MENIT, STROKE 2

$$\begin{aligned}V &= L \text{ alas } \times t \\&= 1/2 a \times t \times t \\&= 1/2 15,4 \times 5,7 \times 30 \\&= 43,89 \times 30 \\&= 1.316,7 \text{ cm}^3 \\&= 1,316 \text{ m}^3\end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 6 MENIT, STROKE 3

$$\begin{aligned}V &= L \text{ alas } \times t \\&= 1/2 a \times t \times t \\&= 1/2 16 \times 6,4 \times 30 \\&= 51,2 \times 30 \\&= 1.536 \text{ cm}^3 \\&= 1,536 \text{ m}^3\end{aligned}$$

## 3. Durasi 9 menit

VOLUME KERUSAKAN DURASI 9 MENIT, STROKE 1

$$\begin{aligned}V &= L \text{ alas } \times t \\&= 1/2 a \times t \times t \\&= 1/2 15,8 \times 5 \times 30 \\&= 39,5 \times 30 \\&= 1.185 \text{ cm}^3 \\&= 1,185 \text{ m}^3\end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 9 MENIT, STROKE 2

$$\begin{aligned}V &= L \text{ alas } \times t \\&= 1/2 a \times t \times t \\&= 1/2 17,3 \times 6,7 \times 30 \\&= 57,95 \times 30 \\&= 1.739 \text{ cm}^3 \\&= 1,739 \text{ m}^3\end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 9 MENIT, STROKE 3

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 17,8 \times 7,8 \times 30 \\ &= 69,42 \times 30 \\ &= 2.082,6 \text{ cm}^3 \\ &= 2,082 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Sesudah adanya Breakwater

1. Durasi 3 menit

VOLUME KERUSAKAN DURASI 3 MENIT, STROKE 1

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 1.5 \times 1 \times 30 \\ &= 0.75 \times 30 \\ &= 22.5 \\ &= 0.0225 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 3 MENIT, STROKE 2

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 2 \times 1.3 \times 30 \\ &= 1.3 \times 30 \\ &= 39 \\ &= 0.039 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 3 MENIT, STROKE 3

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 2.6 \times 2.1 \times 30 \\ &= 2.73 \times 30 \\ &= 81.9 \\ &= 0.0819 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Durasi 6 menit

VOLUME KERUSAKAN DURASI 6 MENIT, STROKE 1

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 2.8 \times 2.2 \times 30 \\ &= 3.08 \times 30 \\ &= 92.4 \\ &= 0.0924 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 6 MENIT, STROKE 2

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 3 \times 2.5 \times 30 \\ &= 3.75 \times 30 \\ &= 112.5 \\ &= 0.1125 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 6 MENIT, STROKE 3

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 5 \times 3.8 \times 30 \\ &= 5.18 \times 30 \\ &= 155.4 \\ &= 0.1554 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

3. Durasi 9 menit

VOLUME KERUSAKAN DURASI 9 MENIT, STROKE 1

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 4 \times 2.3 \times 30 \\ &= 5.80 \times 30 \\ &= 174.5 \\ &= 0.1745 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 9 MENIT, STROKE 2

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 5 \times 4.3 \times 30 \\ &= 10.75 \times 30 \\ &= 322.5 \\ &= 0.3225 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

VOLUME KERUSAKAN DURASI 9 MENIT, STROKE 3

$$\begin{aligned} V &= L \text{ alas } \times t \\ &= 1/2 a \times t \times t \\ &= 1/2 6.2 \times 5.6 \times 30 \\ &= 17.36 \times 30 \\ &= 520.8 \\ &= 0.5208 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

DOKUMENTASI PENELITIAN



Gambar 1. Saluran Pembangkit Gelombang



Gambar 2. Pembangkit Gelombang



Gambar 3. Proses pembuatan model



Gambar 4. Pengukuran tinggi gelombang depan model



Gambar 5. Menyusun model pada saluran gelombang



Gambar 6. Pengukuran tinggi gelombang pada titik yang telah ditentukan

Sebelum adanya Breakwater



Gambar 7. Volume kerusakan pada durasi 3 menit, stroke 1



Gambar 8. Volume kerusakan pada durasi 3 menit, stroke 2



Gambar 9. Volume kerusakan pada durasi 3 menit, stroke 3





Gambar 10. Volume kerusakan pada durasi 6 menit, stroke 1



Gambar 11. Volume kerusakan pada durasi 6 menit, stroke 2



Gambar 12. Volume kerusakan pada durasi 6 menit, stroke 3



Gambar 13. Volume kerusakan pada durasi 9 menit, stroke 1



Gambar 14. Volume kerusakan pada durasi 9 menit, stroke 2



Gambar 15. Volume kerusakan pada durasi 9 menit, stroke 3

Sesudah adanya Breakwater



Gambar 16. Volume kerusakan pada durasi 3 menit, stroke 1



Gambar 17. Volume kerusakan pada durasi 3 menit, stroke 2



Gambar 18. Volume kerusakan pada durasi 3 menit, stroke 3



Gambar 19. Volume kerusakan pada durasi 6 menit, stroke 1



Gambar 20. Volume kerusakan pada durasi 6 menit, stroke 2



Gambar 21. Volume kerusakan pada durasi 6 menit, stroke 3



Gambar 22. Volume kerusakan pada durasi 9 menit, stroke 1



Gambar 23. Volume kerusakan pada durasi 9 menit, stroke 2



Gambar 24. Volume kerusakan pada durasi 9 menit, stroke 3