

SKRIPSI

PENGARUH TINGGI MODEL PEMECAH GELOMBANG AMBANG  
RENDAH SUSUN SERI TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI DAN  
TRANSMISI



OLEH :

ALLING SAHRUL SUHARNO

105 81 11082 17

SRI UTAMI PUTERI

105 81 11137 19

PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2023

**PENGARUH TINGGI MODEL PEMECAH GELOMBANG  
AMBANG RENDAH SUSUN SERI TERHADAP GELOMBANG  
REFLEKSI DAN TRANSMISI**

**SKRIPSI**

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil Pengairan Fakultas Teknik Universitas  
Muhammadiyah Makassar**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PENGAIRAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
2024**



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

HALAMAN PERSETUJUAN

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

Judul Skripsi : PENGARUH TINGGI MODEL PEMECAH GELOMBANG AMBANG RENDAH SUSUN SERI TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI DAN TRANSMISI

Nama : 1. ALLING SAHRUL SUHARNO  
2. SRI UTAMI PUTERI

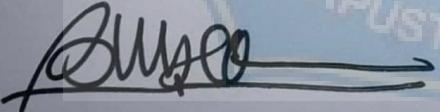
Stambuk : 1. 105 81 11082 17  
2. 105 81 11137 19

Makassar, 29 Januari 2024

Telah Diperiksa dan Disetujui  
Oleh Dosen Pembimbing;

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST.,MT.,IPM

  
Kasmawati, ST.,MT.

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Pengairan





دَسْتُرُ الْعِلْمِ الْعَالِيِّ

## PENGESAHAN

Skripsi atas nama **Alling Sahrul Suharno** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11082 17** dan **Sri Utami Puteri** dengan nomor induk Mahasiswa **105 81 11137 19**, dinyatakan diterima dan disahkan oleh Panitia Ujian Tugas Akhir/Skripsi sesuai dengan Surat Keputusan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar Nomor : 0001/SK-Y/22202/091004/2024, sebagai salah satu syarat guna memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar pada hari Sabtu tanggal 27 Januari 2024.

Makassar, 15 Rajab 1445 H  
27 Januari 2024 M

Panitia Ujian :

## 1. Pengawas Umum

a. Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar

Prof. Dr. H. AMBO ASSE, M.Ag

b. Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Eng. MUHAMMAD ISRAN RAMLI, ST., MT

## 2. Penguji

a. Ketua : Dr Ir. Muh. Yunus Ali, ST., MT., IPM

b. Sekertaris : Farida Gaffar, ST., MM, IPM

## 3. Anggota

1. Dr. Ir. Hamzah Al Imran, ST., MT., IPM : *Al Imran*2. Dr. Ir. Nenny, ST., MT., IPM : *Nenny*3. Asnita Virlayani, ST., MT : *Asnita*

Mengetahui :

Pembimbing I

Pembimbing II

  
Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST., MT., IPM  
Kasmawati, ST., MTDr. Ir. H. Nur nawaty, ST., MT., IPM

NBM : 795 108

# PENGARUH TINGGI MODEL PEMECAH GELOMBANG AMBANG RENDAH SUSUN SERI TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI DAN TRANSMISI

Alling Sahrul Suharno<sup>1</sup>, Sri Utami Puteri<sup>2</sup>, Kasmawati<sup>3</sup>, Andi Makbul Syamsuri<sup>4</sup>)

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No. 259, Makassar, 90221, Indonesia

\*e-mail: allingsahrul077@gmail.com

## Abstract

*Experimental research on breakwater caissons has been widely carried out in various laboratories around the world. The advantages of caissons are further facilitated by precast concrete technology so that it is faster in the process of carrying out work in the field. Laboratory tests were carried out to determine how significant the influence of the height variation of the series low-threshold breakwater model on the reflection and transmission waves. Placement distance using the trial and error method with variables wavelength (L) as a multiplier factor is 0.25L, 0.3L and 0.5L. The water depths used are 12 cm, 18 cm and 24 cm and the period variations used are 1.2 seconds, 1.3 seconds and 1.4 seconds. The wave parameter used is the ratio between the incident wave height and water depth (Hi / d), while the model parameter is the ratio between the model placement distance and the wavelength (x / L). The effect of the x/L parameter on the value of the reflection coefficient is compared inversely, with the value of the maximum reflection coefficient = 0.429; Minimum reflection coefficient = 0.067 or decreased by 24.8%. The effect of the variable period of the wave T on the value of the transmission coefficient is also inversely proportional, with the value of the maximum transmission coefficient = 1.010; Minimum transmission coefficient = 0.295 or decreased by 65.2%.*

**Keywords:** Model Height, Breakwater, Reflection and Transmisi

## Abstrak

Penelitian eksperimental mengenai breakwater caisson sudah banyak dilakukan diberbagai laboratorium diseluruh dunia. Keunggulan caisson lebih dipermudah dengan teknologi beton pra cetak sehingga lebih cepat dalam proses pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui seberapa signifikan pengaruh dari variasi tinggi model pemecah gelombang ambang rendah susun seri terhadap gelombang refleksi dan transmisi. Jarak penempatan menggunakan metode coba coba dengan variabel panjang gelombang (L) sebagai faktor pengali yaitu 0,25L, 0,3L dan 0,5L. Kedalaman air yang digunakan adalah 12 cm, 18 cm dan 24 cm dan variasi periode yang digunakan adalah 1,2 detik, 1,3 detik dan 1,4 detik. Parameter gelombang yang digunakan adalah rasio antara tinggi gelombang datang dengan kedalaman air ( $H_i/d$ ), sedangkan parameter model adalah rasio antara jarak penempatan model dengan panjang gelombang ( $x/L$ ). Pengaruh parameter  $x/L$  terhadap nilai koefisien refleksi adalah berbanding terbalik, dengan nilai koefisien refleksi maksimum = 0,429; koefisien refleksi minimum = 0,067 atau mengalami penurunan sebesar 24,8 %. Pengaruh variable periode gelombang  $T$  terhadap nilai koefisien transmisi juga berbanding terbalik, dengan nilai koefisien transmisi maksimum = 1,010 ; koefisien transmisi minimum = 0,295 atau menurun sebesar 65,2 %.

**Kata Kunci:** Tinggi Model, Pemecah Gelombang, Refleksi dan Transmisi.

# **PENGARUH TINGGI MODEL PEMECAH GELOMBANG AMBANG RENDAH SUSUN SERI TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI DAN TRANSMISI**

Alling Sahrul Suharno<sup>1</sup>, Sri Utami Puteri<sup>2</sup>, Kasmawati<sup>3</sup>, Andi Makbul Syamsuri<sup>4</sup>)

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar,  
Jl. Sultan Alauddin No. 259, Makassar, 90221, Indonesia

\*e-mail: allingsahrul077@gmail.com

## **Abstract**

*Experimental research on breakwater caissons has been widely carried out in various laboratories around the world. The advantages of caissons are further facilitated by precast concrete technology so that it is faster in the process of carrying out work in the field. Laboratory tests were carried out to determine how significant the influence of the height variation of the series low-threshold breakwater model on the reflection and transmission waves. Placement distance using the trial and error method with variables wavelength ( $L$ ) as a multiplier factor is 0.25L, 0.3L and 0.5L. The water depths used are 12 cm, 18 cm and 24 cm and the period variations used are 1.2 seconds, 1.3 seconds and 1.4 seconds. The wave parameter used is the ratio between the incident wave height and water depth ( $H_i / d$ ), while the model parameter is the ratio between the model placement distance and the wavelength ( $x / L$ ). The effect of the  $x/L$  parameter on the value of the reflection coefficient is compared inversely, with the value of the maximum reflection coefficient = 0.429; Minimum reflection coefficient = 0.067 or decreased by 24.8%. The effect of the variable period of the wave  $T$  on the value of the transmission coefficient is also inversely proportional, with the value of the maximum transmission coefficient = 1.010; Minimum transmission coefficient = 0.295 or decreased by 65.2%.*

**Keywords:** Model Height, Breakwater, Reflection and Transmisi

## **Abstrak**

Penelitian eksperimental mengenai breakwater caisson sudah banyak dilakukan diberbagai laboratorium diseluruh dunia. Keunggulan caisson lebih dipermudah dengan teknologi beton pra cetak sehingga lebih cepat dalam proses pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui seberapa signifikan pengaruh dari variasi tinggi model pemecah gelombang ambang rendah susun seri terhadap gelombang refleksi dan transmisi. Jarak penempatan menggunakan metode coba coba dengan variabel panjang gelombang ( $L$ ) sebagai faktor pengali yaitu 0,25L, 0,3L dan 0,5L. Kedalaman air yang digunakan adalah 12 cm, 18 cm dan 24 cm dan variasi periode yang digunakan adalah 1,2 detik, 1,3 detik dan 1,4 detik. Parameter gelombang yang digunakan adalah rasio antara tinggi gelombang datang dengan kedalaman air ( $H_i/d$ ), sedangkan parameter model adalah rasio antara jarak penempatan model dengan panjang gelombang ( $x/L$ ). Pengaruh parameter  $x/L$  terhadap nilai koefisien refleksi adalah berbanding terbalik, dengan nilai koefisien refleksi maksimum = 0,429; koefisien refleksi minimum = 0,067 atau mengalami penurunan sebesar 24,8 %. Pengaruh variable periode gelombang  $T$  terhadap nilai koefisien transmisi juga berbanding terbalik, dengan nilai koefisien transmisi maksimum = 1,010 ; koefisien transmisi minimum = 0,295 atau menurun sebesar 65,2 %.

Kata Kunci: Tinggi Model, Pemecah Gelombang, Refleksi dan Transmisi

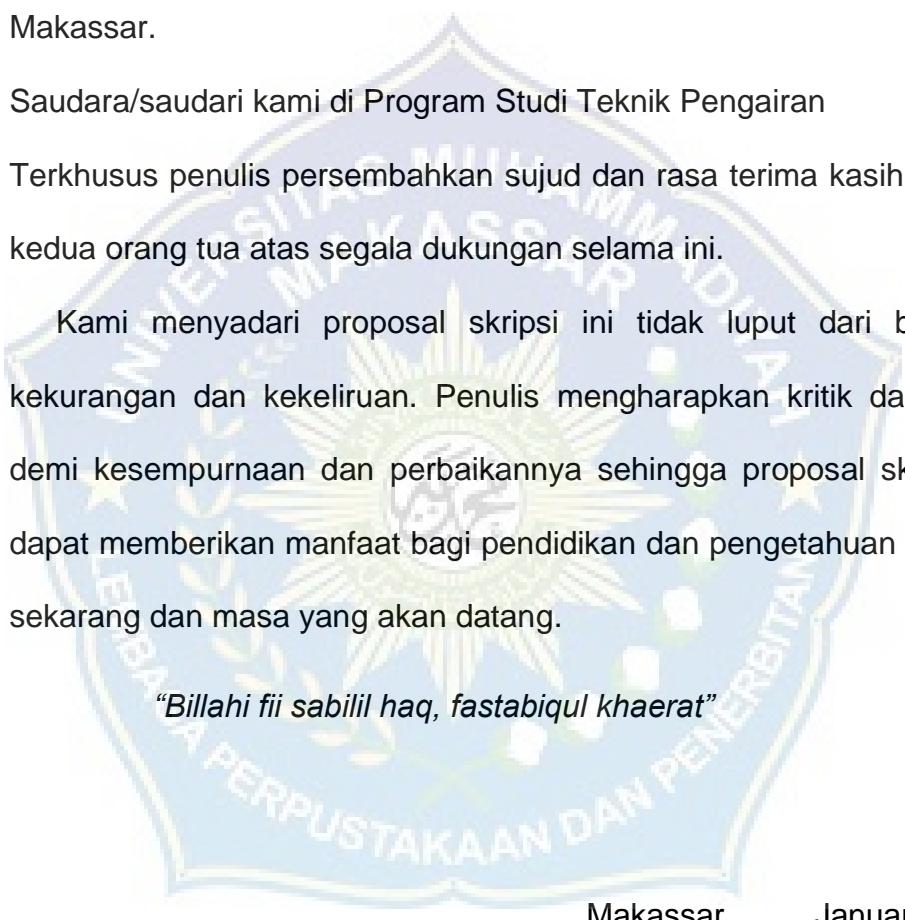
## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِيْمِ

Puji syukur kami panjatkan kepaada Allah Subhanahu Wata'ala atas kehendak-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan proposal skripsi dengan judul "Pengaruh Tinggi Model Pemecah Gelombang Ambang Rendah Susun Seri Terhadap Gelombang Refleksi dan Transmisi". Sholawat dan salam senantiasa kita haturkan kepada Nabiyullah Muhammad Sallallahu Alaihi Wassalam sebagai tauladan kepada kita semua. Proposal skripsi ini disusun sebagai syarat untuk mengerjakan skripsi Strata-1 pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

Penulis bahwa dalam penyusunan proposal skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, secara khusus penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Ambo Asse, M.Ag. selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Makassar.
2. Dr. Ir. Hj. Nurnawaty, ST.,MT.,IPM selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
3. Ir. M. Agusalim, ST.,MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar, Kasmawati, ST.,MT., selaku Sekretaris Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.

- 
4. Dr. Ir. Andi Makbul Syamsuri, ST.,MT.,IPM sebagai Dosen Pembimbing I, dan Kasmawati, ST.,MT., sebagai Pembimbing II dalam penyusunan proposal skripsi ini.
  5. Bapak dan Ibu Dosen serta para Staf administrasi pada Program Studi Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar.
  6. Saudara/saudari kami di Program Studi Teknik Pengairan
  7. Terkhusus penulis persembahkan sujud dan rasa terima kasih kepada kedua orang tua atas segala dukungan selama ini.

Kami menyadari proposal skripsi ini tidak luput dari berbagai kekurangan dan kekeliruan. Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan dan perbaikannya sehingga proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pendidikan dan pengetahuan di masa sekarang dan masa yang akan datang.

*“Billahi fii sabilil haq, fastabiqul khaerat”*

Makassar, Januari 2024

Tim Penulis

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>I</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>IV</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>VIII</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>XII</b>
<b>DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN .....</b>	<b>XIII</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian.....	2
D. Manfaat Penelitian.....	3
E. Batasan Masalah.....	3
F. Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II KAJIAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
A. Gelombang.....	6
1. Gelombang Transversal .....	6
2. Gelombang Longitudinal.....	7

3. Macam-macam Gelombang .....	7
B. Gelombang Laut.....	9
1. Teori Gelombang Amplitudo Kecil. ....	10
2. Defenisi Gelombang .....	11
3. Persamaan Gelombang.....	12
4. Kecepatan Rambat dan Panjang Gelombang.....	14
5. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif .....	16
6. Fluktuasi Muka Air .....	18
7. Energi Dan Tenaga Gelombang .....	19
C. Deformasi Gelombang.....	22
1. Refraksi Gelombang.....	23
2. Difraksi Gelombang .....	23
3. Refleksi Atau Pemantulan Gelombang .....	24
D. Pemecah Gelombang.....	26
1. Beberapa Studi Perforated Breakwater .....	28
E. Parameter Pemecah Gelombang .....	31
F. Hukum Dasar Model.....	34
1. Sebangun geometric .....	35
2. Sebangun Kinematik .....	36
3. Sebangun Dinamik .....	36
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>39</b>

A. Tempat dan Waktu Penelitian.....	39
B. Jenis penelitian dan Sumber Data.....	39
1. Jenis Penelitian .....	39
2. Sumber Data .....	39
C. Bahan dan Alat.....	40
D. Variable Penelitian .....	41
E. Pelaksanaan Studi Model.....	41
F. Rancangan Simulasi.....	44
G. Pelaksanaan Simulasi Model.....	44
H. Diagram Proses Penelitian Laboratorium .....	48
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>46</b>
A. Hasil Penelitian.....	46
1. Kalibrasi Statis.....	46
2. Panjang Gelombang ( $L$ ) .....	48
3. Data Tinggi Gelombang.....	49
B. Analisis Dimensi .....	54
C. Hasil Penelitian.....	56
1. Pengaruh variabel periode gelombang ( $T$ ).....	58
2. Pengaruh parameter jarak penempatan relatif ( $x/L$ ).....	61

3. Pengaruh parameter kedalaman berdasarkan struktur (d/h) .....	66
1. Pengaruh variabel periode gelombang (T).....	72
2. Pengaruh parameter jarak penempatan relatif (x/L).....	76
3. Pengaruh parameter kedalaman berdasarkan struktur (d/h) .....	81
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>86</b>
A. Kesimpulan .....	86
A. Saran .....	86
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>87</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 1.</b> Sketsa defenisi gelombang (B.Triatmodjo 1999) .....	12
<b>Gambar 2.</b> Parameter fungsi kedalaman relatif (B.triatmodjo 1999) .....	17
<b>Gambar 3.</b> Profil muka air karena adanya gelombang (B.triatmodjo 1999). .....	19
<b>Gambar 4.</b> Penurunan energi gelombang (B.triatmodjo 1999) .....	19
<b>Gambar 5.</b> Profil gelombang berdiri parsial (Setyandito et al., 2012).....	25
<b>Gambar 6.</b> <i>Perforated-Wall Caisson/Breakwater</i> (Takahashi, 1996 dalam Indra, 2011) .....	27
<b>Gambar 7.</b> Sketsa model <i>perforated-wall caisson breakwater</i> : (a) <i>fully perforated-wall</i> (b) <i>partially perforated-wall</i> (Suh dkk, 2006 dalam Indra 2011) .....	28
<b>Gambar 8.</b> Sketsa konfigurasi penelitian <i>Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs</i> (HSAR) oleh Armono dan Hall 2002 .....	29
<b>Gambar 9.</b> Sketsa percobaan <i>perforated breakwater</i> oleh Ariyarathne, 2007 (a) Tampak samping (b) Tampak depan .....	30
<b>Gambar 10.</b> Sketsa <i>Perforated Skirt Breakwater</i> oleh Andojo dkk 2010 .	31
<b>Gambar 11.</b> Saluran pembangkit gelombang ( <i>wafe tilting flume</i> ) .....	40
<b>Gambar 12.</b> Gambar sketsa MD 1 .....	43
<b>Gambar 13.</b> Gambar sketsa MD 2 .....	43
<b>Gambar 14.</b> Gambar rangkaian model .....	43
<b>Gambar 15.</b> Gambar Sketsa Penempatan model dalam <i>wave flum</i> .....	46

<b>Gambar 16.</b> Gambar Penempatan model dalam <i>wave flum</i> .....	46
<b>Gambar 17.</b> Gambar dokumentasi simulasi pelaksanaan model .....	46
<b>Gambar 18.</b> Diagram alur penelitian .....	48
<b>Gambar 19.</b> Grafik <i>kalibrasi statis</i> pada kedalaman 24 cm .....	47
<b>Gambar 20.</b> Pengamatan tinggi gelombang pada model 1 (MD1) .....	50
<b>Gambar 21.</b> Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L) .....	58
<b>Gambar 22.</b> Hubungan antara koefisien transmisi (Kt) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L) .....	59
<b>Gambar 23.</b> Hubungan koefisien refleksi (Kr) terhadap kedalaman relatif (d/L) .....	60
<b>Gambar 24.</b> Hubungan koefisien transmisi (Kt) dengan kedalaman relatif (d/L) .....	61
<b>Gambar 25.</b> Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L) .....	62
<b>Gambar 26.</b> Hubungan antara koefisien transmisi (Kt) dengan kecuraman gelombang (Hi/L) .....	63
<b>Gambar 27.</b> Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kedalaman relatif (d/L) .....	64
<b>Gambar 28.</b> Hubungan antara kofisien transmisi (Kt) dengan kedalaman relatif (d/L) .....	65
<b>Gambar 29.</b> Hubungan Koefisien Refleksi (Kr) dengan Parameter Kecuraman Gelombang (Hi/L) .....	67

<b>Gambar 30.</b> Hubungan Koefisien transmisi (Kt) dengan Parameter Kecuraman Gelombang (Hi/L) .....	68
<b>Gambar 31.</b> Hubungan gelombang refleksi (Hr) terhadap kedalaman relatif (d/L) .....	69
<b>Gambar 32.</b> Hubungan antara gelombang transmisi (Ht) terhadap parameter kedalaman relatif (d/L) .....	70
<b>Gambar 34.</b> Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L) .....	72
<b>Gambar 34.</b> Hubungan antara koefisien transmisi (Kt) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L) .....	73
<b>Gambar 35.</b> Hubungan koefisien refleksi (Kr) terhadap kedalaman relatif (d/L) .....	74
<b>Gambar 36.</b> Hubungan koefisien transmisi (Kt) dengan kedalaman relatif (d/L) .....	75
<b>Gambar 37.</b> Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L) .....	77
<b>Gambar 38.</b> Hubungan antara koefisien transmisi (Kt) dengan kecuraman gelombang (Hi/L) .....	78
<b>Gambar 39.</b> Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kedalaman relatif (d/L) .....	79
<b>Gambar 40.</b> Hubungan antara kofisien transmisi (Kt) dengan kedalaman relatif (d/L) .....	80

**Gambar 41.** Hubungan Koefisien Refleksi (Kr) dengan Parameter

Kecuraman Gelombang (Hi/L) ..... 82

**Gambar 42.** Hubungan Koefisien transmisi (Kt) dengan Parameter

Kecuraman Gelombang (Hi/L) ..... 83

**Gambar 43.** Hubungan gelombang refleksi (Hr) terhadap kedalaman

relatif (d/L) ..... 84

**Gambar 44.** Hubungan antara gelombang transmisi (Ht) terhadap

parameter kedalaman relatif (d/L) ..... 85



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 1.</b> Batasan gelombang air dangkal, transisi, dan dalam .....	16
<b>Tabel 2.</b> Koefisien refleksi pada bangunan peredam energi .....	32
<b>Tabel 3.</b> Variasi Parameter Gelombang .....	42
<b>Tabel 4.</b> Variasi parameter gelombang .....	43
<b>Tabel 5.</b> Rancangan simulasi .....	44
<b>Tabel 6.</b> Pengukuran parameter gelombang .....	47
<b>Tabel 7.</b> Kalibrasi Probe pada kedalaman 24 cm .....	47
<b>Tabel 8.</b> Tabel hasil iterasi Panjang gelombang L .....	48
<b>Tabel 9.</b> Rekap data panjang gelombang (L). ....	49
<b>Tabel 10.</b> Data pengamatan tinggi gelombang pada jarak 0,25L .....	50
<b>Tabel 11.</b> Data hasil perhitungan tinggi gelombang. ....	53
<b>Tabel 12.</b> Variabel yang berpengaruh dalam penelitian .....	54
<b>Tabel 13.</b> Hasil perhitungan untuk pemecah gelombang model 1 (MD1) .....	57
<b>Tabel 14.</b> Hasil perhitungan untuk pemecah gelombang model .....	71

## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

- $a$  = amplitudo gelombang
- $X$  = Jarak penempatan Panjang relatif model
- $a_x$  = percepatan horizontal partikel air
- $a_y$  = percepatan vertikal partikel air
- $B$  = lebar konstruksi model
- $B$  = diameter pipa
- $C_0$  = cepat rambat gelombang di laut dalam
- $C$  = cepat rambat gelombang
- $D$  = kedalaman air tenang
- $D$  = tinggi total pemecah gelombang vertikal
- $E$  = energi gelombang
- $E_i$  = energi gelombang datang / total
- $E_r$  = energi gelombang refleksi
- $E_t$  = energi gelombang transmisi
- $E_L$  = energi gelombang hilang / diserap
- $G$  = percepatan gravitasi
- $H$  = tinggi muka air tenang
- $H$  = tinggi gelombang
- $H_0$  = tinggi gelombang di laut dalam
- $H_i$  = tinggi gelombang datang

- $H_r$  = tinggi gelombang yang direfleksikan  
 $H_t$  = tinggi gelombang yang ditransmisikan  
 $K$  = angka gelombang =  $2\pi/L$   
 $L_0$  = panjang gelombang di laut dalam  
 $L$  = panjang gelombang  
 $U$  = kecepatan horizontal partikel air  
 $V$  = kecepatan vertikal partikel air  
 $\Xi$  = perpindahan horizontal partikel air  
 $E$  = perpindahan vertikal partikel air  
 $H$  = fluktuasi permukaan air  
 $\Sigma$  = frekuensi gelombang  
 $\Phi$  = potensial kecepatan  
 $\Lambda$  = skala panjang  
CEM = Coastal Engineering Manual  
CERC = Coastal Engineering Research Centre  
SPM = Shore Protection Manual

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Indonesia negara kepulauan yang memiliki pantai terpanjang di dunia yang memerlukan banyak pemecah gelombang bukan saja melindungi pantai dari hempasan gelombang yang mengancam berbagai Kawasan disekitarnya tetapi juga mencegah terjadinya gerusan didaerah pantai. Banyak kasus pembangunan di pantai yang tidak ramah lingkungan yang tidak hanya gagal untuk memecahkan masalah, tetapi bahkan hasilnya menimbulkan masalah lain di sekitarnya. Tidak sedikit ditemukan struktur pengaman pantai seperti tembok laut (*seawall*) dan revetment yang baru dibangun tetapi telah mengalami kerusakan/keruntuhan akibat gerusan pada kaki bangunan atau erosi dasar bangunan oleh adanya limpasan gelombang ke daratan (Thaha.A., 2015).

Ada begitu banyak model dan tipe pemecah gelombang dalam penelitian laboratorium yang diterapkan dipantai namun belum ada yang dipasang secara rangkai atau susun seri berpori maka dari itu penulis tertarik melakukan penelitian variasi dimensi beda tinggi antara dua model dan lubang berporasi pada model untuk mengetahui seberapa signifikan pengaruh dari variasi bentuk model terhadap pemecah gelombang berpori dan berlubang diharapkan selain meminimalisir refleksi gelombang juga mampu mereduksi gelombang

transmisi, karena kemampuannya dalam menyerap energi gelombang dan mereduksi terhadap energi gelombang datang . Apabila energi gelombang yang melewati suatu permukaan muka energi gelombang akan semakin berkurang seiring bertambahnya permukaan gesek. Sebelum pengujian model dilakukan, maka perlu pengujian karakteristik gelombang transmisi (Ht) dan gelombang refleksi (Hr).

Permasalahan-permasalahan tersebut kemudian dituangkan dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan judul : “PENGARUH TINGGI MODEL PEMECAH GELOMBANG AMBANG RENDAH SUSUN SERI TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI DAN TRANSMISI”

### **B. Rumusan Masalah**

Permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh tinggi model pemecah gelombang ambang rendah susun seri terhadap gelombang refleksi
2. Bagaimana pengaruh tinggi model pemecah gelombang ambang rendah susun seri terhadap gelombang transmisi

### **C. Tujuan Penelitian**

1. Untuk mengetahui pengaruh tinggi model pemecah gelombang ambang rendah susun seri terhadap gelombang refleksi
2. Untuk mengetahui pengaruh tinggi model pemecah gelombang ambang rendah susun seri terhadap gelombang transmisi

## D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini adalah penelitian pengembangan pemecah gelombang ambang rendah atau *submerged breakwater* yang bertujuan untuk meminimalisir energi gelombang datang. Manfaat dari penelitian ini di antaranya adalah:

1. Dapat dijadikan sebagai acuan dan bahan informasi bagi para peneliti dalam mengembangkan penelitian yang berhubungan dengan struktur pemecah gelombang ambang rendah.
2. Sebagai referensi untuk pengembangan inovasi struktur bangunan pemecah gelombang ambang rendah yang efektif dan efisien serta ramah lingkungan.
3. Dapat mengurangi pemakaian material dibandingkan dengan pemecah gelombang konvensional serta mudah dalam proses pelaksanaan.

## E. Batasan Masalah

Penelitian ini mengikuti prosedur ilmiah pemodelan fisik, namun bagaimanapun juga sebagai mana penelitian yang lain masalahnya harus dibatasi agar tercapai kedalaman penelitian yang ilmiah. Berdasarkan fasilitas dan kondisi laboratorium yang ada, maka batasan penelitian ditetapkan sebagai berikut :

1. Model yang diteliti adalah model pemecah gelombang kaison yang disusun secara seri dengan berdasarkan panjang gelombang ( $L$ ).

2. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap struktur.
3. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang teratur (*regular wave*) yang belum pecah.
4. Fluida yang digunakan adalah air tawar dengan tidak memperhitungkan salinitas dan pengaruh mineral air.
5. Gaya gelombang terhadap stabilitas model uji tidak dikaji.
6. Dasar perairan model adalah rata dan kedap.
7. Struktur model dianggap kokoh / tidak bergeser.

#### **F. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan disusun agar tetap terarah pada tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini. Sistematika penulisan yang dituliskan dalam penelitian ini adalah :

**BAB I PENDAHULUAN**, bab ini berisi tentang latar belakang mengapa penulis mengangkat penelitian ini, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian serta batasan penelitian serta sistematika penulisan. Bab ini menjelaskan permasalahan yang diamati, menjelaskan tujuan dan pentingnya hasil penelitian bagi pengembangan tipe penecah gelombang, ruang lingkup serta batasan dalam penelitian.

**BAB II KAJIAN PUSTAKA**, dalam bab ini, memberikan gambaran tentang teori dasar gelombang , karakteristik gelombang, deformasi gelombang dan klasifikasi teori gelombang serta informasi mengenai penelitian-penelitian terdahulu tentang pemecah gelombang (*breakwater*) berpori serta kerangka pikir penelitian.

**BAB III METODOLOGI PENELITIAN**, dijelaskan metode yang digunakan, kapan dan dimana penelitian dilaksanakan, bagaimana prosedur pembuatan model dan penskalaan, apa dasar penempatan model dan alat perekam gelombang diletakkan, serta penentuan variabel apa saja yang akan digunakan dalam penelitian.

**BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**, pada bab ini berisi analisis data, bagaimana data diolah sesuai dengan metode ilmiah.

**BAB V PENUTUP**, berisi kesimpulan dari hasil olah data dan saran kepada pembaca/peneliti untuk pengembangan penelitian ini



## BAB II

### KAJIAN PUSTAKA

#### A. Gelombang

Gelombang didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium, berupa zat padat, cair, dan gas. Bentuk ideal dari suatu gelombang akan mengikuti gerak *sinusoide*. Selain radiasi elektromagnetik, dan mungkin radiasi gravitacional, yang bisa berjalan lewat vakum, gelombang juga terdapat pada medium (yang karena perubahan bentuk dapat menghasilkan gaya memulihkan yang lentur) di mana mereka dapat berjalan dan dapat memindahkan energi dari satu tempat kepada lain tanpa mengakibatkan partikel medium berpindah secara permanen; yaitu tidak ada perpindahan secara masal. Malahan, setiap titik khusus berosilasi di sekitar satu posisi tertentu. Ditinjau dari zat penghantar atau juga medium yang dilalui dengan gelombang, kita dapat membedakan Terdapat dua macam gelombang, ialah gelombang mekanik serta gelombang elektromagnetik.

Gelombang terdiri dari dua jenis, yakni gelombang transversal (*transverse wave*) dan gelombang longitudinal (*longitudinal wave*).

#### 1. Gelombang Transversal

Gelombang transversal ialah gelombang yang arah getar dari tiap titik partikel dalam medium(penghantar), tegak lurus dengan arah perambatan gelombang. Misalnya ialah gelombang cahaya, gelombang permukaan air, serta gelombang pada tali. Untuk melihat arah getar dari gelombang

transversal dapat gunakan tali dengan cara salah satu ujung tali diikat sedangkan ujung yang lain dibiarkan bebas.Pada kasus gelombang tali tersebut, gerakan tangan naik turun akan mengakibatkan energi pada tali. Energi tersebut menggetarkan daerah di seluruh tali sehingga daerah disekitarnya ikut pula bergetar naik turun, demikian seterusnya sampai ujung tali. Pada gelombang transversal, satu panjang gelombang ialah jarak yang sama dengan satu bukit gelombang ditambah satu lembah gelombang. Ciri yang dimiliki gelombang transversal ialah , terdapat satu bukit gelombang dan lembah gelombang dan satu panjang gelombang ( $\lambda$ ) ialah jarak yang sama dengan satu bukit gelombang dengan satu lembah gelombang.

## **2. Gelombang Longitudinal**

Gelombang *longitudinal* ialah gelombang yang arah getarnya searah atau paralel dengan arah rambatannya. Misalnya ialah gelombang pada pegas (slinky) serta gelombang cahaya. Ketika slinki di gerakkan kedepan serta kebelakang, maka pada slinki akan terbentuk rapatan-rapatan dan juga renggangan-renggangan. Pada gelombang longitudinal, satu panjang gelombang ialah jarak yang sama dengan satu rapatan serta ditambah satu renggangan. Ciri yang dimiliki gelombang longitudinal, terdapat rapatan serta renggangan dan satu panjang gelombang ialah jarak yang sama dengan satu rapatan ditambah satu renggangan.

## **3. Macam-macam Gelombang**

- a. Gelombang Menurut arah getarnya:

1. Gelombang transversal adalah gelombang yang arah getarnya tegak lurus terhadap arah rambatannya. Contoh: gelombang pada tali , gelombang permukaan air, gelombang cahaya, dll.
  2. Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah getarnya sejajar atau berimpit dengan arah rambatannya. Contoh: gelombang bunyi dan gelombang pada pegas.
- b. Gelombang menurut aplitudonya.
1. Gelombang berjalan adalah gelombang yang amplitudo dan fasenya sama di setiap titik yang dilalui gelombng.
  2. Gelombng diam (*stasioner*) adalah gelombang yang amplitudo dan fasenya berubah (tidak sama) di setiap titik yang dilalui gelombang.
- c. Gelombang Menurut medium perantaranya:
1. Gelombang mekanik adalah gelombang yang didalam perambatannya memerlukan medium perantara. Hampir semua gelombang merupakan gelombang mekanik.
  2. Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang didalam perambatannya tidak memerlukan medium perantara. Contoh : sinar gamma ( $\gamma$ ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah, gelombang radar, gelombang TV, gelombang radio.
- d. Gelombang Stasioner (diam) Gelombang stasioner ini dapat terjadi oleh karena interferensi (penggabungan dua gelombang yaitu gelombang datang dan pantul). Pantulan gelombang yang terjadi

dapat berupa pantulan dengan ujung tetap dan dapat juga pantul pantul merupakan kelanjutan dari gelombang datang (fasenya tetap), tetapi jika pantulan itu terjadi pada ujung tetap, maka gelombang pantul mengalami pembalikan fase (berbeda fase 1800) terhadap gelombang datang.

## B. Gelombang Laut

Gelombang laut dapat dibedakan berdasarkan gaya pembangkitnya, yakni gelombang yang dibangkitkan oleh angin yang disebut gombang angin, dan gelombang yang dibangkitkan oleh gaya Tarik benda-benda langit seperti matahari dan bulan terhadap bumi, gelombang tsunami yang dibangkitkan oleh gempa di laut, dan gelombang yang diakibatkan oleh pergerakan kapal di laut.

Gelombang dapat menimbulkan energi untuk membentuk pantai, menimbulkan arus dan transpor sedimen dalam arah tegak lurus sepanjang pantai, serta mengakibatkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai, gelombang merupakan faktor utama dalam penentuan tata letak Pelabuhan, alur pelayaran, perencanaan bangunan pantai. Pada umumnya bentuk gelombang di alam adalah sangat kompleks dan sulit digambarkan secara otomatis karena ketidak linearan tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random (suatu deret gelombang mempunyai tinggi dan periode berbeda) beberapa teori yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam.

Teori yang paling sederhana adalah teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil yang pertama kali dikemukakan oleh *Airy* pada tahun 1945, dalam buku ini hanya mempelajari teori gelombang *Airy*, Stokes, Knoidal, dan tunggal.

### **1. Teori Gelombang Amplitudo Kecil.**

Teori amplitudo kecil diturunkan berdasarkan persamaan *Laplace* untuk aliran tak rotasi (*irrotational flow*) dengan kondisi dipermukaan air dan dasar laut. Kondisi batas dipermukaan air didapat dengan melinearkan persamaan *Bernoulli* untuk aliran tak mantap, penyelesaian persamaan tersebut memberikan potensial kecepatan periodic untuk aliran rotasional, potensial kecepatan ini kemudian digunakan untuk menurunkan persamaan, dari berbagai karakteristik gelombang seperti fluktuasi muka air, kecepatan dan percepatan partikel, tekanan, kecepatan rambat gelombang, dan sebagainya.

Angapan-anggapan yang digunakan untuk menurunkan persamaan gelombang adalah sebagai berikut:

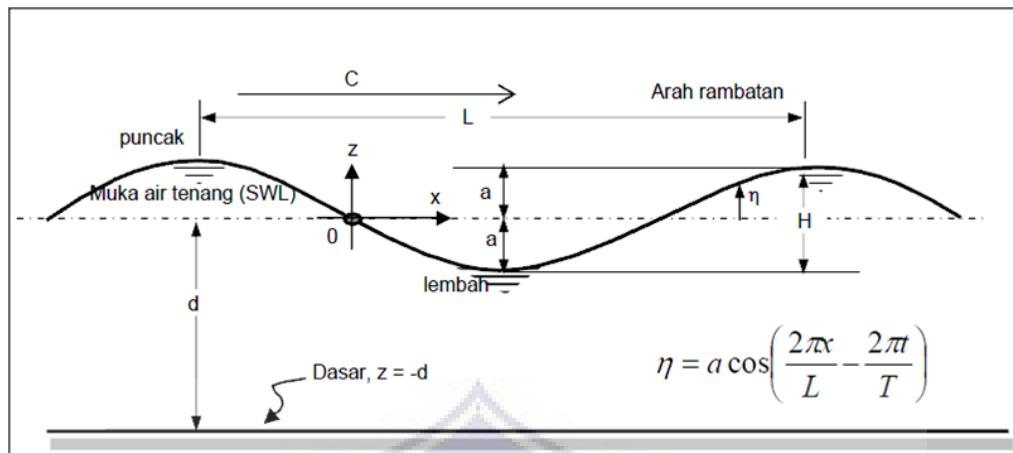
1. Zat cair adalah homogen dan tidak termampatkan, sehingga rapat massa adalah konstan.
2. Tegangan permukaan diabaikan
3. Gaya *criolis* (akibat perputaran bumi) diabaikan
4. Tekanan pada permukaan air adalah seragam dan konstan
5. Zat cair adalah ideal, sehingga berlaku aliran tak rotasi

6. Dasar laut adalah horizontal, tetap dan *impermieabel* sehingga kecepatan vertical didasar 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.

## 2. Defenisi Gelombang

Suatu gelombang yang berada pada sistem koordinat x-y menjalar pada arah sumbu x, beberapa notasi yang digunakan adalah:

- $d$  : jarak antara muka air rerata dan dasar laut (kedalaman laut)
- $\eta(x, t)$  : fluktuasi muka air terhadap muka air diam.
- $a$  : amplitudo gelombang
- $H$  : tunggi gelombang
- $L$  : panjang gelombang yaitu jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.
- $T$  : periode gelombang, yaitu interval waktu yang diperlukan oleh partikel air untuk kembali pada kedudukan yang sama dengan kedudukan sebelumnya.
- $C$  : kecepatan rambat gelombang =  $L/T$
- $K$  : angka gelombang =  $2\pi/L$
- $\Sigma$  : frekuensi gelombang =  $2\pi/T$



**Gambar 1.** Sketsa definisi gelombang (B.Triatmodjo 1999)

### 3. Persamaan Gelombang

Teori gelombang amplitudo kecil dapat diturunkan dari persamaan kontinyuitas untuk aliran tak rotasi (persamaan Leplace) yaitu:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0 \quad (1)$$

Dengan :

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} \quad \text{dan} \quad v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} \quad (2)$$

Kondisi batas di dasar laut dari persamaan tersebut adalah kecepatan vertikal nol.

$$v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0 \quad \text{di } y = -d \quad (3)$$

Kondisi batas pada permukaan diperoleh dari persamaan Bernoulli untuk aliran tak mantap.

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + \frac{1}{2}(u^2 + v^2) + gy + \frac{p}{\rho} = 0 \quad (4)$$

dengan :

$g$  : percepatan gravitasi (m/det2)

$p$  : tekanan (Kg/cm2)

$\rho$  : rapat massa zat cair (Kg/m3)

Apabila persamaan (3) dilinierkan dengan mengabaikan  $u^2$  dan  $v^2$ , dan pada permukaan  $y = \eta$ , serta mengambil tekanan di permukaan adalah nol (tekanan atmosfir), maka persamaan Bernoulli menjadi:

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{y=0} = \eta \quad (5)$$

Dengan menganggap bahwa gelombang adalah kecil terhadap kedalaman, maka kondisi batas di  $y = 0$  adalah kira-kira sama dengan di  $y = \eta$ . Dengan anggapan tersebut maka kondisi batas pada permukaan adalah:

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{y=0} \quad (6)$$

Persamaan yang diselesaikan adalah sebagai berikut :

1. Persamaan Leplace

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} = 0$$

2. Kondisi batas persamaan tersebut adalah :

$$v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0 \quad di \quad y = -d$$

$$\eta = -\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \Big|_{y=0}$$

Persamaan tersebut diselesaikan untuk mendapatkan nilai  $\varphi$ .

Berdasarkan nilai  $\varphi$  yang diperoleh tersebut, sifat-sifat gelombang seperti fluktuasi muka air, kecepatan rambat gelombang, kecepatan partikel, dan sebagainya dapat diturunkan. Penyelesaian persamaan diferensial tersebut memberikan hasil berikut ini.

$$\varphi = \frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \quad (7)$$

Dengan :

- $\varphi$  : potensial kecepatan
- $g$  : percepatan gravitasi
- $\sigma$  : frekuensi gelombang
- $k$  : angka gelombang
- $d$  : kedalaman laut
- $y$  : jarak vertikal suatu titik yang ditinjau terhadap muka air diam
- $x$  : jarak horizontal
- $t$  : waktu

#### 4. Kecepatan Rambat dan Panjang Gelombang

Komponen vertikal kecepatan partikel pada permukaan air  $v$  adalah

$$v = \frac{\partial \eta}{\partial t}, \text{ dimana } \eta \text{ diberikan oleh persamaan (6), sehingga :}$$

$$\nu = \frac{\partial \eta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} \left( -\frac{1}{g} \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right) = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \quad (8)$$

Karena  $\nu = \partial \varphi / \partial y$ , maka persamaan tersebut dapat ditulis :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = -\frac{1}{g} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} \quad (9)$$

Apabila nilai  $\varphi$  dari persamaan (8) disubstitusikan ke dalam persamaan (9), maka akhirnya didapat :

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial y} \left[ \frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx) \right] &= -\frac{1}{g} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left[ \frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \right] \\ \frac{ag}{\sigma} k \frac{\sin k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) &= -\frac{1}{g} \frac{ag}{\sigma} (-\sigma^2) \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \\ \frac{agk}{\sigma} \frac{\sinh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) &= -\frac{1}{g} \frac{\partial^2}{\partial t^2} \left[ \frac{ag}{\sigma} \frac{\cosh k(d+y)}{\cosh kd} \sin(kx - \sigma t) \right] \end{aligned}$$

Untuk gelombang amplitudo kecil, nilai  $y$  di permukaan adalah sama dengan di muka air diam, sehingga  $y = 0$ ; dan persamaan di atas menjadi:

$$\sigma^2 = gk \tanh(kd) \quad (10)$$

Oleh karena  $\sigma = kC$ , maka persamaan (10) menjadi :

$$C^2 = \frac{g}{k} \tanh(kd) \quad (11)$$

Jika nilai  $k = 2\pi/L$  disubstitusikan ke dalam persamaan (11), didapat :

$$C^2 = \frac{gL}{2\pi} \tanh(kd) \quad (12)$$

Persamaan (12) menunjukkan laju penjalaran gelombang sebagai fungsi kedalaman air ( $d$ ) dan panjang gelombang ( $L$ ). Jika nilai  $k = \sigma/C = (2\pi/T)/C$  disubstitusikan ke dalam persamaan (13), akan didapat nilai  $C$  sebagai fungsi  $T$  dan  $d$ .

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (13)$$

Dengan memasukkan nilai  $k = 2\pi/L$  dan  $C = L/T$  ke dalam persamaan (13) akan diperoleh panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (14)$$

Dengan menggunakan persamaan (14), jika kedalaman air dan periode gelombang diketahui, maka dengan cara iterasi atau (coba banding) maka akan didapat panjang gelombang  $L$ .

## 5. Klasifikasi Gelombang Menurut Kedalaman Relatif

Berdasarkan kedalaman relatif, yaitu perbandingan antara kedalaman air  $d$  dan panjang gelombang  $L$ , ( $d/L$ ), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam seperti terlihat pada tabel berikut :

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

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

Sumber : Triatmodjo 1999.

Klasifikasi ini dilakukan untuk menyederhanakan rumus-rumus gelombang (Triatmodjo, 1999). Penyederhaan ini dapat dijelaskan dengan menggunakan gambar 2 yang menunjukkan berbagai parameter sebagai fungsi dari kedalaman (Huddiankuwera et al., 2022) relatif.

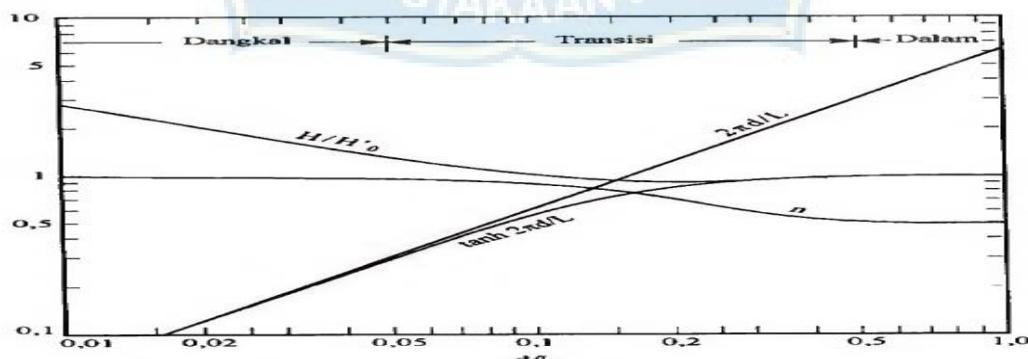
Apabila kedalaman relatif  $d/L$  adalah lebih besar dari 0,5; nilai tanh  $(2\pi d/L) = 1,0$  sehingga persamaan (11) dan (12) menjadi :

$$C_0 = \frac{gT}{2\pi} \quad (15)$$

$$L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} \quad (16)$$

Indeks 0 menunjukkan bahwa nilai-nilai tersebut adalah nilai untuk kondisi di laut dalam apabila percepatan gravitasi adalah  $9,81 \text{ m/d}^2$  maka persamaan menjadi  $L_0 = 1,56 T^2$

Apabila kedalaman relatif adalah kurang dari  $1/20$ , nilai tanh  $(2\pi d/L) =$



**Gambar 2.** Parameter fungsi kedalaman relatif (B.triatmodjo 1999)

$2\pi d/L$  sehingga persamaan menjadi :

$$C = \sqrt{gd} \quad (18)$$

$$L = \sqrt{gd} T = CT \quad (19)$$

Untuk gelombang di laut transisi, maka cepat rambat dan panjang gelombang dihitung menggunakan persamaan (13) dan (14). Apabila persamaan (13) dibagi dengan persamaan (15) atau persamaan (14) dibagi dengan persamaan (17) akan didapat :

$$\frac{C}{C_0} = \frac{L}{L_0} = \tanh \left( \frac{2\pi d}{L} \right) \quad (20)$$

Apabila kedua ruas dari persamaan dikalikan dengan  $d/L$  maka akan didapat :

$$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh \left( \frac{2\pi d}{L} \right) \quad (21)$$

Persamaan (21) dapat digunakan untuk menghitung panjang gelombang di setiap kedalaman apabila panjang gelombang di laut dalam ( $L_0$ ) diketahui.

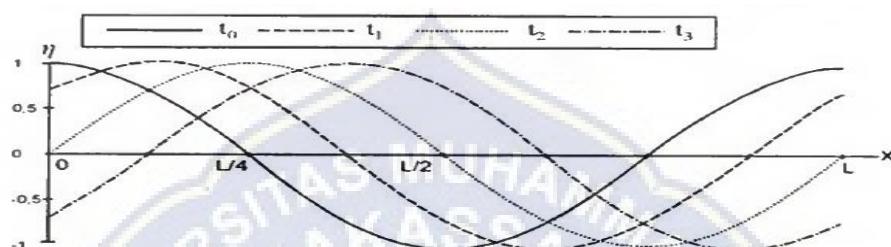
## 6. Fluktuasi Muka Air

Profil muka air dapat dihitung dari kondisi batas dimuka air dengan persamaan sebagai berikut:

$$\eta = a \cos (kx - \sigma t) \quad (22)$$

Rumus diatas menunjukkan bahwa fluktuasi muka air adalah periodic terhadap  $x$  dan  $t$ , dan merupakan gelombang sinusoidal dan progresif menj

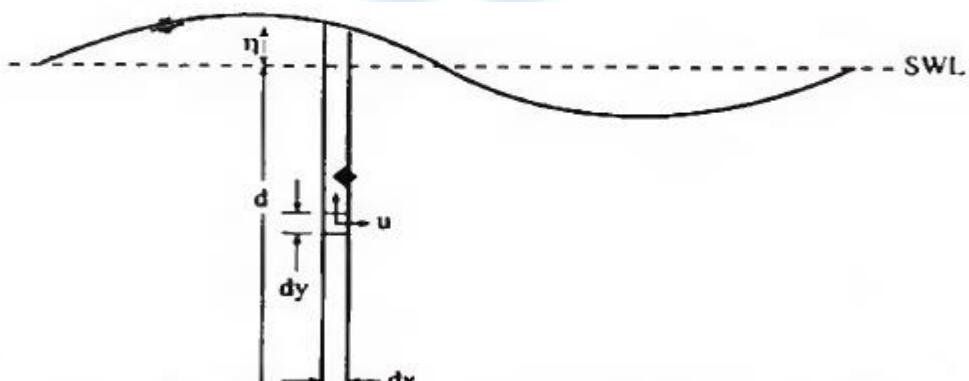
alar dalam arah x positif. Gambar (3) adalah bentuk dari persamaan (22) untuk 4 nilai t yaitu  $t_0 = 0$ ,  $t_1 = T/8$ ,  $t_2 = T/4$ ,  $t_3 = 3T/8$ ; dengan T adalah periode gelombang. Penjalaran tersebut terlihat dengan bergesernya puncak gelombang, sementara partikel air tetap pada posisi yang sama dan hanya bergerak naik-turun.



**Gambar 3.** Profil muka air karena adanya gelombang  
(B.triatmodjo 1999)

## 7. Energi Dan Tenaga Gelombang

Untuk teori gelombang airy, jika energi potensial ditetapkan relatif terhadap muka air diam dan semua gelombang menjalar dalam arah yang sama maka komponen energi potensial dan kinetiknya adalah sama. Energi total gelombang adalah penjumlahan dari energi kinetik dan energi potensialnya (Triatmodjo 1999) penurunan persamaan energi gelombang. Dipandang satu elemen berukuran  $dx$ ,  $dy$  seperti pada gambar 4 berikut:



**Gambar 4.** Penurunan energi gelombang (B.triatmodjo 1999)

$$\begin{aligned} dE_k &= \frac{1}{2} dmV^2 \\ &= \frac{1}{2} \rho dx, dy (u^2 + v^2) \end{aligned}$$

Energi kinetik total adalah integrasi dari persamaan diatas,

$$E_k = \int_0^L \int_{-d}^0 \frac{1}{2} \rho (u^2 + v^2) dy, dx$$

Energi kinetik adalah energi yang disebabkan oleh kecepatan partikel air karena adanya gerak gelombang. Energi kinetik didapatkan dengan mengintegrasikan dari dasar ke permukaan dan meratakan satu panjang gelombang didapatkan energi kinetik tiap satuan lebar gelombang adalah :

$$\begin{aligned} E_k &= \frac{\rho}{2} \int_0^L \int_{-d}^0 \left[ \frac{\pi H \cosh k(d+y)}{T} \cos(kx - \sigma t) \right]^2 + \left[ \frac{\pi H \sinh k(d+y)}{T} \sin(kx - \sigma t) \right]^2 dy, dx \\ E_k &= \frac{1}{16} \rho g H^2 L \end{aligned} \quad (23)$$

Energi potensial adalah energi yang dihasilkan oleh perpindahan muka air karena adanya gelombang dikurangi dengan energi potensial dari massa air diam. Dengan menggunakan dasar laut sebagai referensi maka energi potensial yang ditimbulkan oleh satu panjang gelombang tiap satuan lebar puncak gelombang adalah :

$$E_p = \int_0^L \rho g (d + \eta) \left( \frac{d + \eta}{2} \right) dx - \rho g L d \left( \frac{d}{2} \right)$$

$$E_P = \frac{1}{16} \rho g H^2 L \quad (24)$$

Jadi energi potensial dan kinetik adalah sama dan energi total tiap satuan lebar adalah :

$$E = E_P + E_k = \frac{1}{8} \rho g H^2 L \quad (25)$$

Energi gelombang berubah dari satu titik ke titik yang lain sepanjang satu panjang gelombang, dan energi rerata satu satuan luas adalah :

$$\bar{E} = \frac{E}{L} = \frac{1}{8} \rho g H^2 L \quad (26)$$

Tenaga gelombang adalah energi gelombang tiap satuan waktu yang menjalar dalam arah penjalaran gelombang, dengan pengertian lain tenaga gelombang adalah hasil kali dari gaya yang bekerja pada bidang vertikal yang tegak lurus penjalaran gelombang dengan kecepatan partikel melintasi bidang tersebut (Triatmodjo, 1999) dengan rumus :

$$P = \frac{nE}{T} = \frac{n\bar{E}L}{T} \quad (27)$$

Dengan

$$n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$$

pergerakan muka air relatif terhadap muka air tenang (SWL)

$a$  = amplitudo =  $H/2$  ;  $H$  = tinggi gelombang

$k = 2\pi/L$  ;  $L$  = panjang gelombang

$$\omega = 2\pi/T ; T = \text{periode gelombang}$$

Sehingga persamaan gelombang dapat juga dituliskan menjadi :

$$\eta = a \cos \left( \frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right)$$

Persamaan (26) menunjukkan laju penjalaran gelombang sebagai fungsi kedalaman air (d) dan panjang gelombang (L). Jika nilai  $k = \sigma/C = (2\pi/T)/C$  disubstitusikan ke dalam persamaan (27), akan didapat nilai C sebagai fungsi T dan d.

$$C = \frac{gT}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (28)$$

Dengan memasukkan nilai  $k = 2\pi/L$  dan  $C = L/T$  ke dalam persamaan (11) akan diperoleh panjang gelombang sebagai fungsi kedalaman.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L} \quad (29)$$

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

### **C. Deformasi Gelombang**

Deformasi gelombang adalah suatu perubahan sifat gelombang yang terjadi pada saat ada gelombang bergerak merambat menuju ke pantai. Perubahan atau biasa disebut deformasi gelombang tersebut meliputi Refraksi, Difraksi dan Refleksi.

## 1. Refraksi Gelombang

Refraksi gelombang adalah suatu peristiwa terjadinya pembelokan arah gelombang yang memasuki perairan yang dangkal yang disebabkan karena sebagian gelombang masih merambat dengan kecepatan gelombang laut dalam pada waktu masuk ke laut dangkal. Selain mempengaruhi arah gelombang, refraksi juga sangat berpengaruh terhadap tinggi gelombang dan distribusi energi gelombang di sepanjang pantai itu. Pada laut dalam dimana dasar laut yang mempunyai jarak sangat jauh dari permukaan maka pengaruh dasar laut terhadap pergerakan gelombang hampir tidak ada. Ketika gelombang yang berasal dari lautan dalam tersebut menuju atau bergerak ke arah perairan dangkal dimana faktor kedalaman laut menjadi semakin berperan dalam perambatannya maka apabila dilihat suatu garis puncak gelombang dan pada bagian puncak gelombang yang berada di laut yang lebih dangkal akan bergerak lebih lambat dibanding di laut yang lebih dalam sehingga akibatnya garis puncak gelombang akan mengalami pembelokan dan berusaha untuk sejajar dengan garis kontur dasar laut/pantai.

## 2. Difraksi Gelombang

Difraksi gelombang akan terjadi apabila gelombang yang datang terhalang oleh suatu penghalang yang dapat berupa bangunan pemecah gelombang maupun pulau-pulau kecil yang ada disekitarnya. Akibatnya dari terhalang gelombang datang akan memblok di sekitar ujung rintangan/penghalang dan masuk ke daerah terlindung yang ada di

belakangnya. Dalam hal ini, akan terjadi transfer energi dalam arah tegak lurus ke daerah terlindung. Fenomena difraksi gelombang sangat penting diperhatikan dalam Perencanaan Pelabuhan dan Bangunan Pemecah Gelombang.

### **3. Refleksi Atau Pemantulan Gelombang**

Refleksi gelombang merupakan pemantulan suatu gelombang yang terjadi apabila gelombang yang datang membentur atau menghantam suatu tembok atau penghalang seperti bangunan pemecah gelombang. Fenomena refleksi dapat ditemukan di kolam pelabuhan. Pemantulan gelombang dapat ditentukan oleh koefisien refleksi yang berbeda-beda untuk berbagai macam dan tipe bangunan. Menurut Krisnaldi (2012), kondisi pantulan gelombang yang tidak sempurna atau sebagian, menghasilkan gelombang tegak sebagian *Partially Standing Wave*. Persamaan muka air dapat diturunkan dari kondisi fisik yang terjadi, dimana dua gelombang dengan frekuensi sama dan amplitudo yang berbeda merambat pada arah yang berlawanan maka superposisi dari kedua gelombang tersebut adalah.

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \omega t) + \frac{H_r}{2} \cos(kx + \omega t) \quad (30)$$

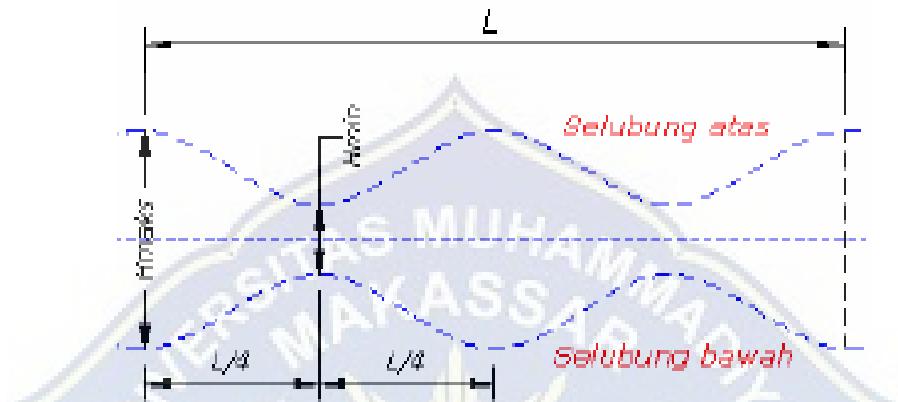
Maka persamaan (3.1) dapat dituliskan sebagai:

$$\eta = \left( \frac{H_i + H_r}{2} \right) \cos kx \cos \omega t + \left( \frac{H_i - H_r}{2} \right) \sin kx \sin \omega t \quad (31)$$

Pada posisi  $kx = n\pi$ , untuk  $n = 0, 1, 2, \dots$ ,  $\sin kx = 0$  sedangkan  $\cos kx = 1$ .

Pada jarak  $L/4$  dari dinding struktur, atau pada posisi  $kx = n\pi/2$  untuk  $n =$

1,3,... ,  $\sin kx = 1$  sedangkan  $\cos kx = 0$  maka  $(\frac{H_i+H_r}{2}) > (\frac{H_i-H_r}{2})$  maka puncak dan lembah yang terdapat pada  $\pi/2, 3\pi/2, \dots$ , lebih kecil dibandingkan puncak dan lembah yang terdapat pada  $0, \pi, 2\pi, \dots$  sehingga dapat digambarkan seperti Gambar 5.



**Gambar 5.** Profil gelombang berdiri parsial (Setyandito et al., 2012)

Penjumlahan kedua gelombang menghasilkan envelope dimana perubahan muka air berada. Pada simulasi gelombang reguler dalam saluran gelombang perlu diketahui tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang pantul, gelombang yang mengenai benda uji akan dipantulkan ke arah gelombang datang, sehingga terbentuk *partially standing wave* (krisnaldi, 2012). Mengacu pada gambar 5. nilai  $h_{\max}$  dan  $h_{\min}$  dapat diukur dari alat perekam gelombang, maka  $h_{\max}$  dan  $h_{\min}$  dapat diuraikan menjadi:

$$h_{\max} = H_i + H_r \quad (32)$$

$$h_{\min} = H_i - H_r \quad (33)$$

Kedua persamaan simultan di atas dapat diselesaikan sehingga tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang pantul dapat diketahui :

$$H_i = \frac{h_{max} + h_{min}}{2} \quad (34)$$

$$H_r = \frac{h_{max} - h_{min}}{2} \quad (35)$$

Koefisien refleksi  $K_r$  dari model atau benda uji dapat ditentukan sebagai :

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad (36)$$

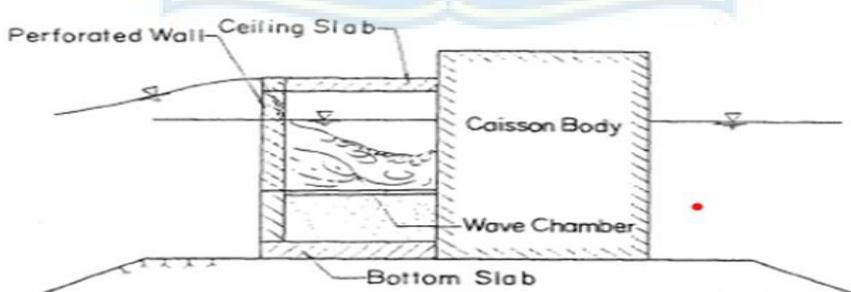
#### D. Pemecah Gelombang

Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Pemecah gelombang sambung pantai merupakan bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari laut bebas, sehingga perairan seperti di pelabuhan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut, dengan adanya pemecah gelombang sambung pantai daerah perairan pelabuhan menjadi lebih tenang. Sedangkan pemecah gelombang lepas pantai merupakan bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.

Pemecah gelombang lepas pantai direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang. Perlindungan oleh pemecah gelombang lepas pantai terjadi karena

berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan dibelakang bangunan. Berkurangnya energi gelombang didaerah terlindung akan mengurangi transpor sedimen yang menyebabkan pengendapan sedimen didaerah tersebut. Berdasarkan bentuknya, pemecah gelombang terdiri dari pemecah gelombang sisi miring, pemecah gelombang sisi tegak dan pemecah gelombang campuran (Triatmojo, 1999).

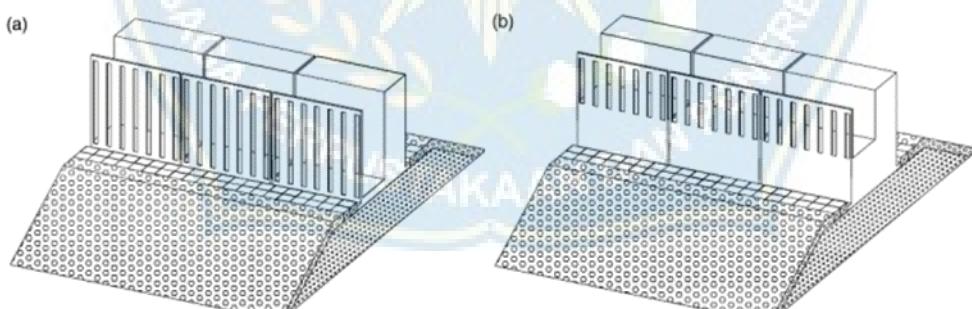
*Perforated wall breakwater* pertama kali diusulkan pada tahun 1961 oleh G. E. Jarlan. *Breakwater* jenis ini diadopsi dari *breakwater* bentuk kaison dengan memodifikasi dinding vertikal bagian depan kaison (yang menghadap ke laut) diberi perforasi, sedangkan dinding kaison bagian belakang adalah dinding impermeable. Ruang yang ada diantara dinding depan dan belakang disebut *wave chamber*. Karena kemampuannya dalam menyerap energi gelombang dan stabilitas yang tinggi terhadap gelombang, tipe kaison tersebut dimanfaatkan dan diadopsi sebagai seawall dan breakwater. Meskipun pada awalnya perforated wall caisson (kaison dinding berpori) ditujukan untuk laut yang relatif tenang, pada tahap selanjutnya sudah dimanfaatkan untuk laut terbuka (Takahashi, 1996).



**Gambar 6.** *Perforated-Wall Caisson/Breakwater* (Takahashi, 1996 dalam Indra, 2011)

## 1. Beberapa Studi Perforated Breakwater

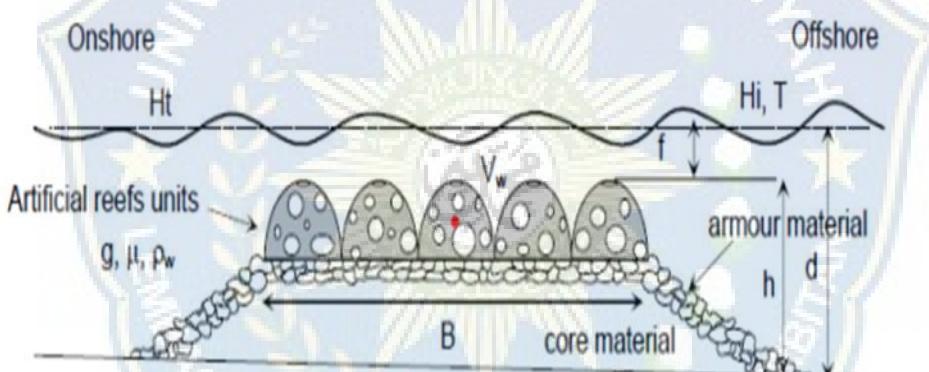
Suh dkk (2006) dalam Indra (2011) mengembangkan model numerik untuk menghitung refleksi dari gelombang irreguler untuk *breakwater* kaison dengan perforasi pada sebagian dindingnya. Mereka memodifikasi penelitian sebelumnya tentang model numerik dari refleksi gelombang reguler pada *breakwater* kaison dengan perforasi penuh pada dindingnya. Model numerik tersebut kemudian diverifikasi dengan melakukan pengujian model fisik di laboratorium. Dari pengujian model kaison dengan perforasi pada sebagian dindingnya (*partially perforated-wall caisson breakwater*) diperoleh bahwa, koefisien refleksi bernilai minimum baik untuk gelombang regular dan irregular pada saat  $B/Lc$  dan  $B/Lcs$  adalah sekitar 0,2 dimana  $B$  adalah lebar *wave chamber*,  $Lc$  adalah panjang gelombang didalam *wave chamber* dan  $Lcs$  adalah panjang gelombang signifikan didalam *wave chamber*.



**Gambar 7.** Sketsa model *perforated-wall caisson breakwater* : (a) *fully perforated-wall* (b) *partially perforated-wall* (Suh dkk, 2006 dalam Indra 2011)

Armono dan Hall 2002 dalam Ariyarathne 2007 dalam Andojo dkk 2010 melakukan penelitian terhadap terumbu karang berongga/*Hollow Hemispherical Shape Artificial Reef* (HSAR), mengungkapkan

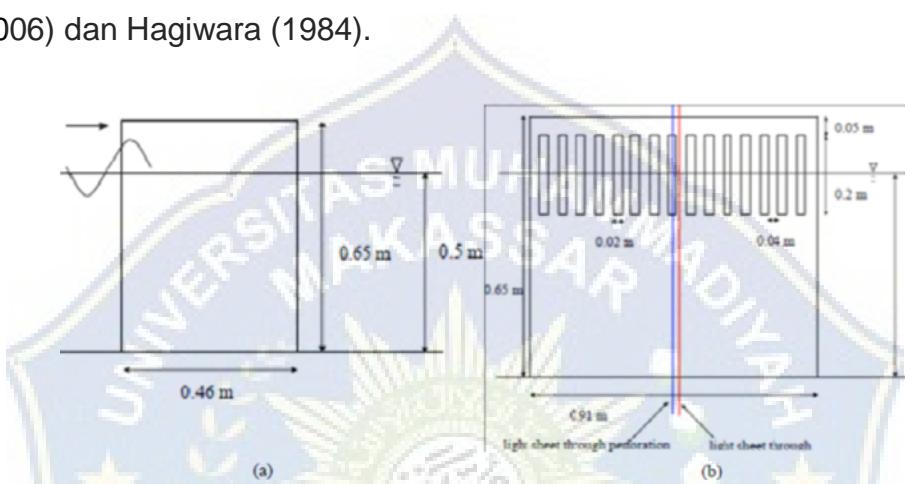
pengurangan tinggi gelombang dipengaruhi oleh kecuraman gelombang (*wave steepness*), kedalaman struktur yang tenggelam dan geometri karang. Hasil penelitian mengungkapkan sekitar 60% energi gelombang yang datang dapat dikurangi. Konfigurasi penelitian oleh Armono dan Hall dapat dilihat pada Gambar 2 beserta dengan parameter penelitian, dimana B adalah lebar total dari beberapa terumbu karang, h adalah jarak dari dasar perairan hingga bagian teratas dari terumbu karang, dan d adalah kedalaman perairan. Adapun dalam penelitian tersebut, Armono dan Hall meletakkan terumbu karang buatan berongga di atas struktur solid.



**Gambar 8.** Sketsa konfigurasi penelitian *Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs* (HSAR) oleh Armono dan Hall 2002

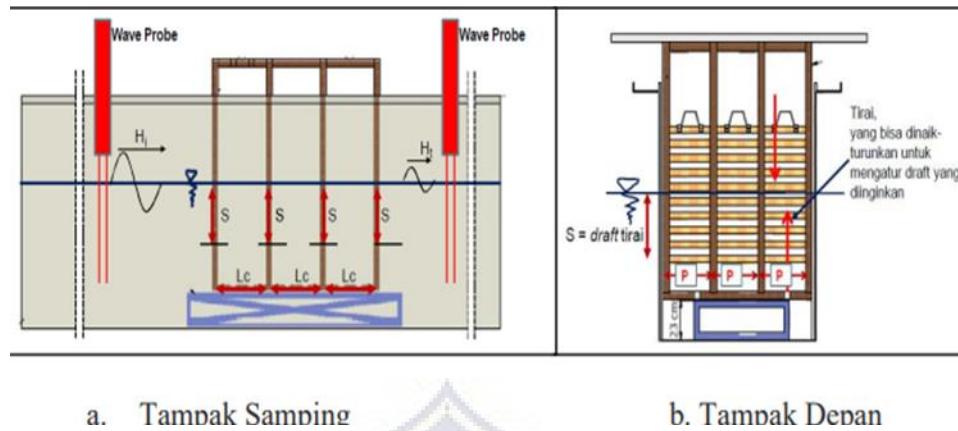
Ariyarathne 2007 dalam Andojo dkk 2010, melakukan penelitian terhadap *Perforated Breakwater*. Dimana struktur *breakwater* terdiri dari struktur masif dari dasar hingga ke bagian atas *breakwater* dengan bagian perforasi pada bagian atas (gambar 2.2), Ariyarathne menemukan refleksi, transmisi dan energy disipasi II-4 tergantung pada parameter B/L, dimana B adalah lebar struktur dan L adalah panjang gelombang. Untuk kondisi gelombang yang diuji, energi disipasi berkisar antara 56% dan 78%, dan

untuk lebih dari 75% dari kasus yang diuji, energi disipasinya di atas 69%. Ini berarti struktur sangat efektif untuk energy disipasi. Sementara koefisien refleksi menurun dengan meningkatnya B/L sampai sekitar 0,225 dan nilai koefisien refleksi mulai meningkat kembali. Koefisien refleksi minimum terjadi pada  $B/L \approx 0,2 - 0,25$ . Hal ini sejalan dengan Kondo (1979), Suh, dkk. (2006) dan Hagiwara (1984).



**Gambar 9.** Sketsa percobaan *perforated breakwater* oleh Ariyarathne, 2007 (a) Tampak samping (b) Tampak depan

Sementara itu Andojo Wurjanto, Harman Ajiwibowo, dan Rahmat Zamzami 2010 dalam Jurnal Teknik Sipil vol.17 no.3 Desember 2010 Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, meneliti *Perforated Skirt Breakwater*. Andojo dkk mendapatkan semakin besar nilai draft II-5 *breakwater* (S), maka nilai koefisien transmisi semakin kecil (KT) atau semakin besar energi disipasi yang terjadi. Semakin kecil nilai koefisien KT berarti semakin baik fungsi dari *breakwater*. Sketsa Penelitian Andojo dkk dapat dilihat pada gambar 5.



**Gambar 10.** Sketsa Perforated Skirt Breakwater oleh Andojo dkk 2010

### E. Parameter Pemecah Gelombang

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 :

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \quad (37)$$

Dimana energi refleksi  $E_r = \frac{1}{8} \rho g H_r^2$  dan energi gelombang datang adalah  $E_i = \frac{1}{8} \rho g H_i^2$  dengan  $\rho$  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 bengunan diberikan dalam tabel 2

**Tabel 2.** Koefisien refleksi pada bangunan peredam energi

<b>Tipe Bangunan Peredam Energi</b>	$K_r$
Dinding vertikal dengan puncak diatas 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: Triatmodjo 1999

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

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \quad (38)$$

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) dalam (Huddiankuwera et al., 2022) bahwa besarnya energi gelombang yang didipasikan/diredam ( $K_d$ ) adalah

besarnya energi gelombang datang dikurangi energi gelombang yang ditransmisikan dan direfleksikan :

$$K_d = 1 - K_t - K_r \quad (39)$$

Untuk gelombang yang menjalar dalam kondisi gesekan, tinggi gelombang akan mengalami pengurangan secara eksponensial. Panjang gelombang akan berkurang dengan adanya gesekan menyebabkan menurunkan kecepatan rambat gelombang. Dengan demikian meningkatnya koefisien gesek *Darcy-Weisbach* ( $f$ ) akan mengurangi tinggi gelombang. Perubahan elevasi muka air ( $\eta$ ) setelah satu panjang gelombang ( $L$ ) dapat dihitung dengan ekspresi berikut (Dean, Robert G & Dalrymple, 1984)

$$\eta(x + L) = \eta(x)e^{-kil} \quad (40)$$

Dimana angka gelombang setelah tereduksi  $ki = kl^*A/2\sigma$ ; angka gelombang datang  $kl = \sigma/(^8 d)^{1/2}$  dan konstanta gesek  $A = f^*Um/3\pi d$ .  $Um$  adalah kecepatan partikel air maksimum. Gelombang air tidak mentransfer/memindahkan massa tetapi mentransfer/memindahkan energi. Laju transfer energi disebut fluks energi  $P$ . Untuk teori gelombang linier *fluks* energi adalah laju kerja yang dilakukan oleh fluida pada suatu sisi dari suatu potongan vertikal, terhadap fluida di sisi yang lain. Energi yang ditransfer (*energi flux*) adalah energi gelombang persatuan waktu yang terkandung atau tersebar dalam arah perambatan gelombang. Energi yang ditransfer rata-rata dalam satu gelombang (Dean dan Dalrymple, 1992) dalam (Paotonan, 2006) adalah:

$$\bar{P} = E \cdot n \cdot C \quad (41)$$

dengan :

$P$  = transfer energi gelombang rata-rata

$C$  = cepat rambat gelombang

$$n = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2K_d}{\sinh 2K_d} \right)$$

Nilai  $n$  tergantung pada kedalaman dan panjang gelombang.

Radianta, 2002 memberikan nilai  $n$  untuk laut dangkal sama dengan 1, sedangkan untuk laut dalam sama dengan  $\frac{1}{2}$ . Dengan asumsi bahwa nilai  $n \cdot C$  dari Persamaan (5) adalah konstan sebab tidak ada perubahan kedalaman, maka *flux* energi hanya merupakan fungsi dari energi gelombang. Dengan asumsi ini, maka Persamaan (5) dapat dibentuk kembali seperti berikut :

$$P = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (42)$$

## F. 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 (Yuwono, 1996).

Hubungan antara model dan prototipe diturunkan dengan skala, untuk masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama. Skala dapat disefinisikan 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. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \quad (43)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \quad (44)$$

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 Kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan 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 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. Skala kecepatan diberi notasi  $n_u$ , skala percepatan  $n_a$ , dan skala waktu  $n_T$  didefinisikan sebagai berikut :

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \quad (45)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_{T^2}} \quad (46)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_{L^3}}{n_T} n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_{T^2}} \quad (47)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \quad (48)$$

## 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 1 *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*. Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini, akan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (*undistorted models*) dan menggunakan kesebangunan *Froude*.

$$F_r = \frac{(\rho L^3)(\frac{U^2}{L})}{\rho g L^3} = \frac{U^2}{gL} P = \frac{\rho g H^2 L}{8} \quad (49)$$

Dengan demikian bila gaya gravitasi memegang peranan penting dalam permasalahan, maka perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi pada model dan prototipe harus sama.

$$n_{F_r} = \frac{n_U}{n_{L^{0,5}}} \quad (50)$$

$$n_{F_r} = \frac{F_{r_p}}{F_{r_m}} = 1 \quad (51)$$

Oleh karena digunakan model tanpa distorsi, maka skala panjanggelombang  $n_L$ , skala panjang struktur  $n_B$ , skala kedalaman  $n_d$  dan skala sarat  $n_s$  adalah sama seperti berikut :

$$n_L = n_B = n_H = n_d = n_s \quad (52)$$

Sedangkan skala waktu  $n_T$  dan skala gravitasi ditulis seperti berikut:

$$n_T = n_{L^{1/2}} \quad (53)$$

$$n_g = 1 \quad (54)$$

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika kampus Teknik Gowa Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan waktu rencana penelitian 2 bulan.

#### **B. Jenis penelitian dan Sumber Data**

##### **1. Jenis Penelitian**

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental. (Nazir, 1988) mendefinisikan eksperimen yakni observasi dibawah kondisi buatan (*artificial condition*), dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti, dengan demikian penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada atau tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

##### **2. Sumber Data**

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yakni :

1. Data primer yakni data yang diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan.

2. Data sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada baik yang telah dilakukan di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin maupun dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian gelombang.

### C. Bahan dan Alat

Model pemecah gelombang berongga dibuat sedemikian rupa sehingga lebar, tinggi dan panjang model pemecah gelombang berdasarkan kebutuhan yang diinginkan (menyesuaikan *flume*). Bahan yang akan digunakan dalam penelitian adalah :

Model pemecah gelombang sisi tegak berongga, terbuat dari bahan multipleks dengan ukuran lebar ( $B$ ) = 30 cm (disesuaikan dengan lebar flume), panjang model ( $P$ ) = 10 cm (disesuaikan dengan panjang gelombang) dan tinggi model ( $h$ ) = 12 cm (disesuaikan dengan tinggi flume).

1. Saluran pembangkit gelombang (*wave tilting flume*) dengan panjang 15 m, lebar 0,3 m dan tinggi 0,45 m. Alat ini dilengkapi dengan panel kontrol, unit pembangkit gelombang, peredam, pompa dan bak penampungan



**Gambar 11.** Saluran pembangkit gelombang (*wafe tilting flume*)

2. Unit pembangkit gelombang
3. Mistar ukur digunakan untuk mengukur kedalaman air,
4. Meteran untuk mengukur tinggi gelombang,
5. *Stopwacth* untuk mengukur periode gelombang,
6. Kamera untuk dokumentasi,
7. Tabel dan Alat Tulis,

#### **D. Variable Penelitian**

Variabel terikat yang diteliti adalah tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ), tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ), koefisien transmisi ( $K_t$ ) dan koefisien refleksi ( $K_r$ ), sedangkan variabel bebas dalam penelitian adalah periode gelombang ( $T$ ), tinggi gelombang ( $H_i$ ), kedalaman air ( $d$ ), volume rongga ( $V_r$ ) serta jarak panjang relatif model atau jarak penempatan relatif model ( $x$ ).

#### **E. Pelaksanaan Studi Model**

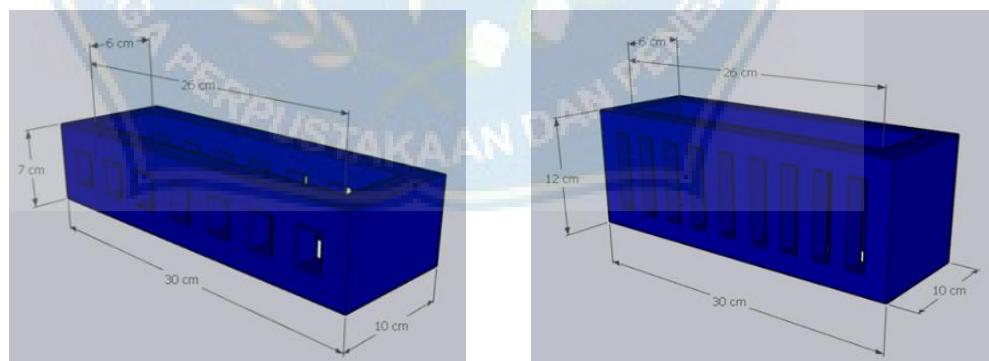
Berdasarkan variabel yang akan diteliti, perancangan model pemecah gelombang berongga didasarkan pada beberapa spesifikasi sebagai berikut :

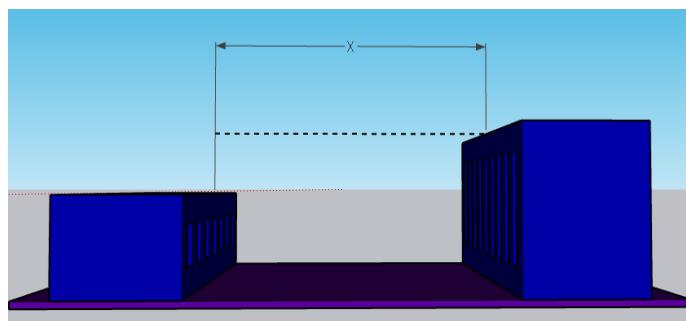
Berdasarkan pertimbangan fasilitas di laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan skala model 1:10, nilai skala model Parameter gelombang yang diteliti merupakan tinggi gelombang ( $H$ ), periode gelombang ( $T$ ) serta kedalaman air. Variasi parameter gelombang diperlihatkan pada tabel 3.

**Tabel 3.** Variasi Parameter Gelombang

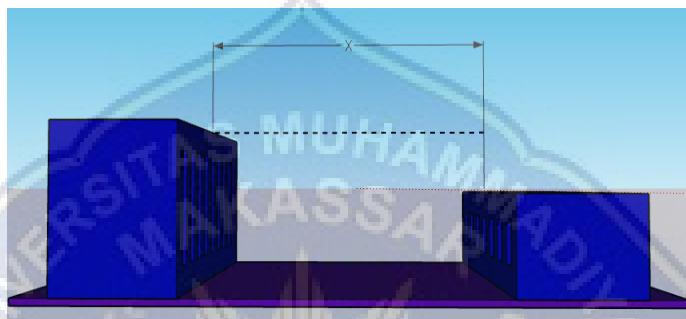
Variabel	Notasi	Skala
Skala tinggi	$n_H$	20
Skala Panjang	$n_L$	20
Kedalaman	$n_d$	20
Waktu (periode)	$n_T$	4,47

1. Model terbuat dari bahan multipleks yang dibuat rongga berbentuk persegi dan diberi lubang dengan jarak tertentu di depan dan belakang model.
2. Panjang model 1 = 30 cm, lebar model = 10 cm dan tinggi model = 12 cm, seperti terlihat pada Gambar 12.
3. Panjang model 2 = 30 cm, lebar model = 10 cm dan tinggi model = 7 cm, seperti terlihat pada Gambar 12.





**Gambar 12.** Gambar sketsa MD 1



**Gambar 13.** Gambar sketsa MD 2



**Gambar 14.** Gambar rangkaian model

4. Parameter gelombang yang diteliti adalah tinggi gelombang ( $H$ ), periode gelombang ( $T$ ) serta kedalaman air. Variasi parameter gelombang diperlihatkan pada tabel 4.

**Tabel 4.** Variasi parameter gelombang

No.	Jenis variasi	Jumlah variasi

1.	Tinggi gelombang ( $H$ )	3 variasi
2.	Periode gelombang ( $T$ )	3 variasi
3.	Kedalaman air ( $d$ )	3 variasi

## F. Rancangan Simulasi

Rancangan simulasi model beserta parameternya diperlihatkan pada tabel 5 berikut ini.

**Tabel 5.** Rancangan simulasi

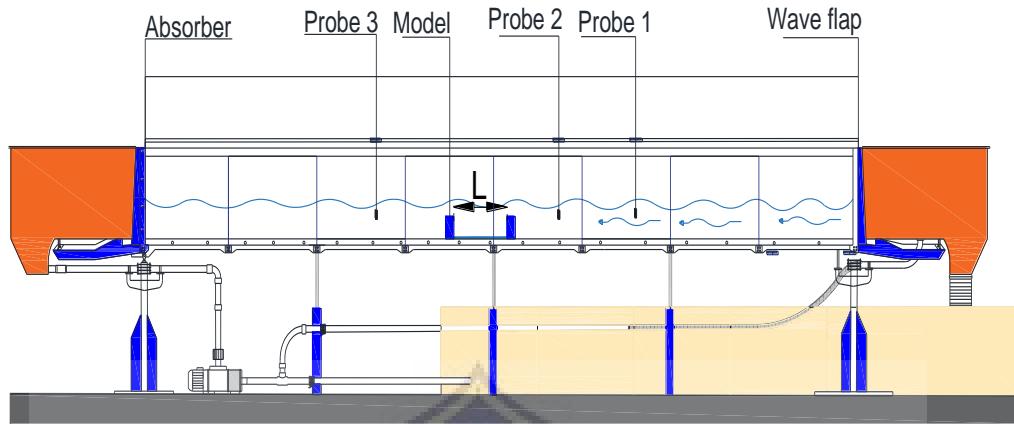
Model	Jarak Penempatan	Kedalaman Air (d) cm	Periode (T) detik	Stroke	Tinggi Gelombang (H)
	$\frac{1}{4} L$	$h = 12$	1,2	4	9 variasi
	$\frac{1}{3} L$	$1\frac{1}{2} h = 18$	1,3	4	9 variasi
Tertutup	$\frac{1}{2} L$	$2h = 24$	1,4	4	9 variasi

## G. Pelaksanaan Simulasi Model

Model diletakan pada saluran gelombang (*wave flume*) pada posisi yang tepat sehingga efektif terhadap gelombang datang maupun gelombang refleksi.

Secara garis besar prosedur simulasi model dan perolehan data adalah sebagai berikut :

1. Mula-mula model (M-1) diletakkan di jarak  $\pm$  10 m dari pembangkit gelombang dimana ukuran *flume* yang digunakan sepanjang 15 m dan diatur sedemikian rupa sehingga tidak berubah dan bergoyang pada saat dilakukan running.
2. Atur tinggi muka air diam ( $d = 2h$  dan  $1,5h$ ) yang direncanakan dengan menggunakan mesin pompa pada flume hingga tercapai kedalaman yang ditentukan serta mengatur variasi tinggi gelombang ( $H_1$ ) dan variasi periode gelombang ( $T$ ).
3. Setelah semua komponen siap, running dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang.
4. Pembacaan tinggi gelombang di depan dan di belakang model direkam menggunakan wave probe. Adapun titik penempatan wave probe diperlihatkan pada Gambar 15.



**Gambar 15.** Gambar Sketsa Penempatan model dalam *wave flum*



**Gambar 16.** Gambar Penempatan model dalam *wave flum*

5. Pada model M-2 prosedur (2) sampai (4) dilakukan sesuai dengan variasi kedalaman air, tinggi gelombang dan periode gelombang. Berikut ini adalah gambar dokumentasi simulasi pelaksanaan model



**Gambar 17.** Gambar dokumentasi simulasi pelaksanaan model

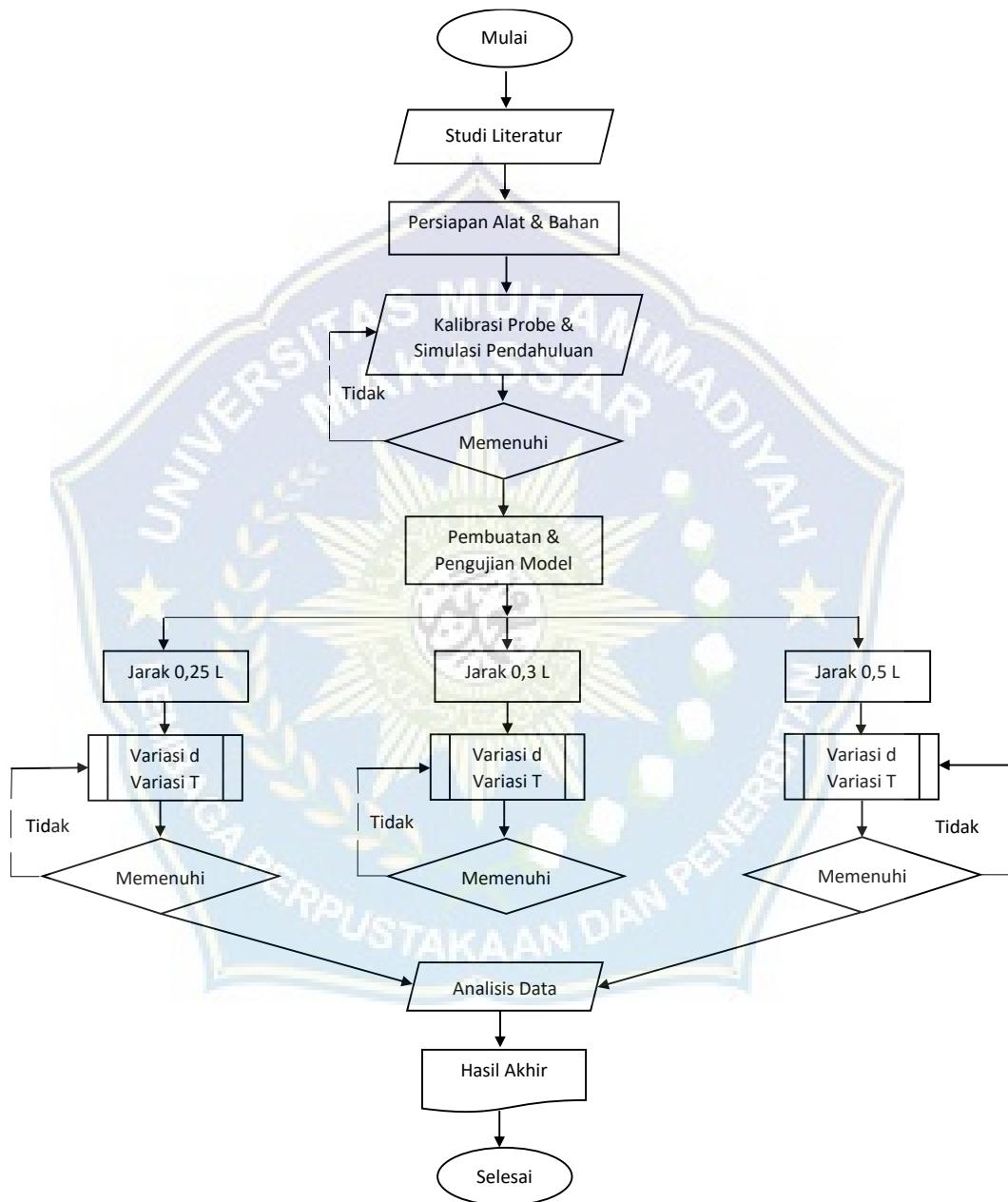
Pengukuran tinggi gelombang dilakukan setelah gelombang dibangkitkan yaitu pada saat gelombang dalam kondisi stabil. Pengukuran dilakukan untuk memperoleh data tinggi gelombang maksimum ( $H_{max}$ ) dan tinggi gelombang minimum ( $H_{min}$ ) sehingga akan diperoleh tinggi gelombang datang ( $H_i$ ). Data yang diukur, dicatat pada tabel berikut.

**Tabel 6.** Pengukuran parameter gelombang

Model	Variasi	Kedalaman air (d)	Periode gel. (T)	Tinggi gel. (H)
1	Var.1	1 h	1,2	
		1,5 h	1,3	27 variasi
		2 h	1,4	
	Var.2	1 h	1,2	
		1,5 h	1,3	27 variasi
		2 h	1,4	
2	Var.3	1 h	1,2	
		1,5 h	1,3	27 variasi
		2 h	1,4	
	Var.4	1 h	1,2	
		1,5 h	1,3	27 variasi
		2 h	1,4	

## H. Diagram Proses Penelitian Laboratorium

Tahapan penelitian yang dilakukan sesuai dengan bagan alir pada Gambar berikut ini :



**Gambar 18.** Diagram alur penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **A. Hasil Penelitian**

Sebaran data gelombang pada penelitian ini berada pada daerah gelombang laut transisi. Data yang diperoleh kemudian dianalisis melalui beberapa tahapan. Teori gelombang yang digunakan adalah teori gelombang linier atau teori gelombang amplitudo kecil (*Airy Wave Theory*). Hasil analisis pengaruh parameter gelombang dan parameter struktur pemecah gelombang terhadap gelombang refleksi dan transmisi akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

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

#### **1. Kalibrasi Statis**

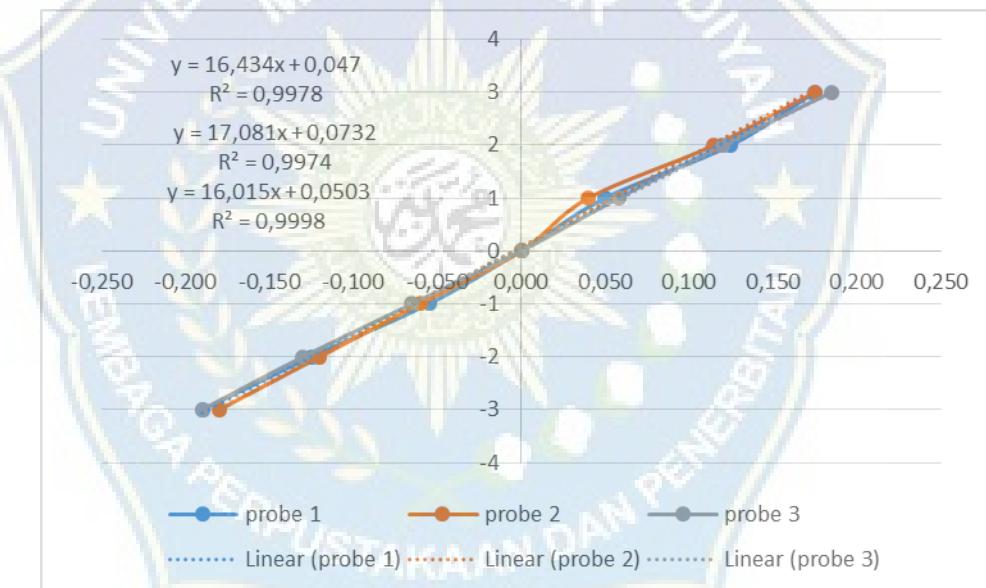
Hasil rekaman fluktuasi muka air pada *software oscilloscope* adalah data fluktuasi muka air dengan satuan tegangan (*volt*), dengan demikian harus diubah terlebih dahulu ke dalam satuan panjang misalnya *centimeter* (*cm*). Untuk mengubah satuan tegangan ke satuan panjang, pada penelitian ini digunakan persamaan regresi linier. Ada variabel yang tetap pada *wave probe* yaitu jarak antar lubang yaitu  $1\text{ cm}$ . Batang sensor dinaikkan per  $1\text{ cm}$  kemudian nilai tegangan dicatat, selanjutnya dinaikkan lagi hingga mencapai  $7\text{ cm}$ . *Kalibrasi statis* dilakukan pada setiap kedalaman rencana, semua data yang dicatat seperti tabel berikut :

**Tabel 7.** Kalibrasi Probe pada kedalaman 24 cm

Wave Probe 1		Wave Probe 2		Wave Probe 3	
Elevasi WaveProbe (cm)	Tegangan (volt)	Elevasi WaveProbe (cm)	Tegangan (volt)	Elevasi WaveProbe (cm)	Tegangan (volt)
0	0,000	0	0,000	0	0,000
1	0,050	1	0,060	1	0,070
2	0,100	2	0,110	2	0,130
3	0,140	3	0,150	3	0,180
4	0,200	4	0,170	4	0,250
5	0,25	5	0,200	5	0,300
6	0,300	6	0,250	6	0,400
7	0,350	7	0,300	7	0,450

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel diatas dapat disajikan gambar grafik kalibrasi statis pada kedalaman 24 cm sebagai berikut:

**Gambar 19.** Grafik kalibrasi statis pada kedalaman 24 cm

Pada grafik kalibrasi statis diatas pada kedalaman 24 cm probe 1 didapatkan nilai  $R^2= 0,9978$ , probe 2 didapatkan nilai  $R^2= 0,9974$ , probe 3 didapatkan nilai  $R^2= 0,9998$  maka dapat disimpulkan data hasil perhitungan mencapai nilai sempurna atau =1

## 2. Panjang Gelombang ( $L$ )

Penentuan nilai besaran panjang gelombang dapat diketahui melalui dua cara, yaitu :

- a. pengukuran secara langsung menggunakan dua *wave probe* dengan cara menggeser *wave probe* hingga kedua gelombang berimpit atau sefasa kemudian jarak antar *wave probe* tersebut merupakan panjang gelombang terukur ( $L$  ukur).
- b. metode iterasi dari persamaan panjang gelombang menggunakan data periode rencana dan kedalaman rencana, hasil perhitungan ini merupakan panjang gelombang hitung ( $L$  hitung).

Salah satu contoh perhitungan panjang gelombang dengan metode iterasi pada periode 1,2 detik dan kedalaman air 0,24 m yaitu sebagai berikut.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \frac{2\pi d}{L}$$

Hubungan  $L_0 - L$

$$\frac{d}{L_0} = \frac{d}{L} \tanh \frac{2\pi d}{L} ; L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} ; L_0 = 1,56 T^2$$

**Tabel 8.** Tabel hasil iterasi Panjang gelombang L.

Iterasi ke	$L_0$	$L$	$E (%)$
1	2,25	1,32	-70,5572
2	1,78	1,55	-14,9950
3	1,67	1,62	-3,0491
4	1,64	1,63	-0,6141
5	1,64	1,63	-0,1235

Sumber : Hasil perhitungan

Dari hasil perhitungan menggunakan metode iterasi diketahui nilai  $L = 1,63 \text{ m}$  pada iterasi ke 5 dengan nilai kesalahan terkecil = -0, 1235. Perhitungan panjang gelombang ( $L$ ) untuk semua variasi periode dan kedalaman air dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 9.** Rekap data panjang gelombang (L).

Kedalaman air ( $d$ ) (cm)	Periode Gelombang ( $T$ ) (detik)	Panjang Gelombang ( $L$ ) (cm)
12,00	1,2	123
	1,3	134
	1,4	145
18,00	1,2	146
	1,3	160
	1,4	174
24,00	1,2	163
	1,3	180
	1,4	197

Sumber: Hasil perhitungan

### 3. Data Tinggi Gelombang

Dari hasil percobaan dan perekaman tinggi gelombang di tiap titik diambil nilai amplitudo maksimum dan minimum di depan dan belakang model. Data yang direkam sebanyak 1000 data dengan *time base* 0,06 detik, frekuensi 50 Hz serta durasi perekaman selama 60 detik. Jumlah gelombang yang terekam bervariasi tergantung periode yang diinput.

Pada penelitian ini, data tinggi gelombang masing-masing probe dihitung berdasarkan tinggi amplitudo maksimum dan minimum yang berurutan kemudian dijumlahkan. Amplitudo minimum yang bernilai negatif harus diabsolutkan untuk mendapatkan nilai tinggi gelombang pada setiap *wave probe*.

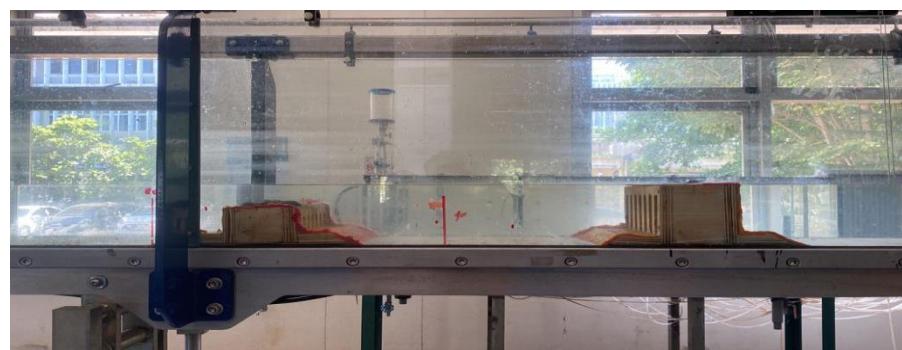
Nilai tinggi gelombang kemudian diolah untuk mendapatkan tinggi gelombang rata-rata. Data pada *wave probe* 1 digunakan untuk menentukan tinggi gelombang maksimum ( $H$  maks), data pada *wave probe* 2 digunakan untuk menentukan tinggi gelombang minimum, dan data pada *wave probe* 3 digunakan untuk menentukan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ). Berikut disajikan tabel hasil pengamatan tinggi gelombang pada setiap kedalaman dan periode.

**Tabel 10.** Data pengamatan tinggi gelombang pada jarak 0,25L

Kedalaman air (d) (cm)	Periode (T) (detik)	Probe 1 H Maks (cm)	Probe 2 H Min (cm)	Probe 3 Ht (cm)
12	1,2	1,45	0,66	0,40
	1,3	1,48	0,66	0,35
	1,4	1,26	0,58	0,34
18	1,2	1,81	1,22	1,29
	1,3	1,67	1,16	1,32
	1,4	1,54	1,20	0,95
24	1,2	2,10	1,73	1,59
	1,3	2,09	1,65	1,71
	1,4	1,78	1,57	1,61

Sumber : Hasil perhitungan

Adapun gambar dari pengamatan tinggi gelombang adalah sebagai berikut:



**Gambar 20.** Pengamatan tinggi gelombang pada model 1 (MD1)

Tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) yang terjadi akibat adanya model pemecah gelombang tergantung dari berapa besar tinggi gelombang maksimum ( $H_{\text{maks}}$ ) dan tinggi gelombang minimum ( $H_{\text{min}}$ ) dihitung menggunakan persamaan 32 dan 33. Contoh perhitungan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ) pada *kedalaman 12 cm periode 1,2 detik* pada model, amplitudo maksimum pada probe 1 =  $1,45 \text{ cm}$ , amplitudo minimum pada *probe 2* =  $0,66 \text{ cm}$ , adalah sebagai berikut:

$$H_i = \frac{h_{\text{max}} + h_{\text{min}}}{2}$$

$$H_i = \frac{(1,45) + (0,66)}{2}$$

$$H_i = 1,06 \text{ cm}$$

Gelombang datang yang membentur suatu rintangan/hambatan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya, fenomena ini disebut gelombang refleksi/gelombang pantul. Tinggi gelombang refleksi dapat dihitung menggunakan persamaan 35. Contoh perhitungan tinggi gelombang datang ( $H_r$ ) pada *kedalaman 12 cm periode 1,2 detik* pada model, amplitudo maksimum probe 1 =  $1,45 \text{ cm}$ , amplitudo maksimum *probe 2* =  $0,66 \text{ cm}$ , adalah sebagai berikut :

$$H_r = \frac{h_{\text{max}} - h_{\text{min}}}{2}$$

$$H_r = \frac{(1,45) - (0,66)}{2}$$

$$H_r = 0,39 \text{ cm}$$

Parameter gelombang refleksi biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi ( $K_r$ ) yaitu rasio antara tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ). Berikut ini diberikan contoh perhitungan koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan persamaan (36) pada kedalaman 12 cm periode 1,2 detik dengan  $H_i = 1,06 \text{ cm}$ ,  $H_r = 0,39 \text{ cm}$  adalah sebagai berikut:

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

$$K_r = \frac{0,39}{1,06}$$

$$K_r = 0,368$$

Gelombang datang yang membentur suatu rintangan/model pemecah gelombang akan dipantulkan dan diteruskan atau ditransmisikan. Contoh perhitungan tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) pada kedalaman 12 cm periode 1,2 detik pada model, amplitudo maksimum dan minimum pada probe 3 = 0,3736 cm dan -0,4272 cm adalah sebagai berikut:

$$H_t = |a_{maks} + a_{min}|$$

$$H_t = |0,3736 + -0,4272|$$

$$H_t = 0,40 \text{ cm}$$

Parameter gelombang transmisi biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien transmisi ( $K_t$ ) yaitu rasio antara tinggi gelombang transmisi ( $H_t$ ) dan tinggi gelombang datang ( $H_i$ ). Berikut ini diberikan contoh perhitungan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan persamaan (41) pada kedalaman 12 cm periode 1,2 detik dengan model,  $H_i = 1,06 \text{ cm}$ ,  $H_t = 0,40 \text{ cm}$  adalah sebagai berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i}$$

$$K_t = \frac{0,40}{1,06}$$

$$K_t = 0,377$$

Data hasil perhitungan tinggi gelombang diperlihatkan pada tabel 11.

**Tabel 11.** Data hasil perhitungan tinggi gelombang.

d	T	0.25	0.3	0.5	1,00	Stroke
		1/4L	1/3L	1/2L	1L	
12	1.2	30,7	41	61,5	123	4
	1.3	33,5	44,6	67	134	4
	1.4	36,25	48	72,5	145	4
18	1.2	36,5	48,6	73	146	4
	1.3	40	53	80	160	4
	1.4	43,5	58	87	174	4
24	1.2	41	54,6	82	163	4
	1.3	45	60	90	180	4
	1.4	49,25	65	98,5	197	4

Sumber : Hasil perhitungan

## B. Analisis Dimensi

Pada penelitian ini terdapat 2 buah model dengan 1 variasi model, 3 variasi kedalaman air, 3 variasi periode dan 3 variasi jarak penempatan. Untuk model digunakan model kaison. Untuk variasi kedalaman air digunakan kedalaman 12 cm, 18 cm, dan 24 cm. Untuk variasi periode gelombang ( $T$ ) digunakan periode 1,2 detik, 1,3 detik dan 1,4 detik.

Paradigma penelitian adalah hubungan antara konsep dan variabel yang akan diteliti yang bertujuan agar arah penelitian dan peran dari setiap variabel lebih terlihat jelas dalam menganalisis untuk menjawab tujuan dari penelitian ini. Parameter dari gelombang dan struktur yang diperkirakan mempengaruhi fenomena yang akan diteliti terhadap tinggi gelombang refleksi dan transmisi seperti terlihat pada tabel berikut.

**Tabel 12.** Variabel yang berpengaruh dalam penelitian

Variabel	Simbol	Unit	Dimensi
<b>Parameter gelombang :</b>			
1. Tinggi gelombang datang	$h_i$	$L$	Geometrik
2. Panjang gelombang	$\lambda$	$L$	Geometrik
3. Kedalaman air	$d$	$L$	Geometrik
4. Percepatan gravitasi	$g$	$L T^{-2}$	Kinematik
<b>Parameter Air :</b>			
5. Kekentalan dinamik zat cair	$\mu$	$M L^{-1} T^{-1}$	Dinamik
6. Kerapatan massa zat cair	$\rho$	$M L^{-3}$	Dinamik
<b>Parameter Model :</b>			
7. Jarak penempaan	$x$	$L$	Geometrik
8. Lebar model	$b$	$L$	Geometrik
9. Tinggi model	$h$	$L$	Geometrik

Parameter dari gelombang adalah  $C, H, L, T$  akan tetapi karena letak pemecah gelombang berada pada kondisi transisi maka parameter  $C$  dan  $T$  dapat dinyatakan dalam  $L$  sehingga tinggi gelombang di laut dalam ( $H_o$ ) dan panjang gelombang di laut dalam ( $L_o$ ) yang menjadi variabel dalam eksperimen ini. Parameter model yang mempengaruhi tinggi gelombang refleksi dan transmisi adalah kedalaman air ( $d$ ), Jarak penempatan ( $x$ ). Parameter ini dipilih secara rasional berdasarkan penelitian terdahulu. Variabel dimensi yang mempengaruhi gelombang refleksi dan transmisi adalah  $H_r, H_t, H_d = f(H_i, L, h, x, b, d, )$ .

Karena hanya ada satu dimensi yang terlibat dalam semua variabel yaitu dimensi panjang, maka variabel  $L$  dipilih sebagai pembagi untuk menghilangkan semua dimensi. Notasi  $2\pi$  digunakan untuk angka gelombang  $k = 2\pi/L$

Analisa dimensi dengan metode Buckingham diperoleh parameter tak berdimensi sebagai berikut.

$$Kr = \frac{H_r}{H_i} = f \left[ \frac{H_i}{L}, \frac{x}{L}, \frac{d}{h} \right]$$

$$Kt = \frac{H_t}{H_i} = f \left[ \frac{H_i}{L}, \frac{x}{L}, \frac{d}{h} \right]$$

$$Kd = \frac{H_d}{H_i} = f \left[ \frac{H_i}{L}, \frac{x}{L}, \frac{d}{h} \right]$$

dengan :

$H_i/L$  = Keceraman gelombang (wave steppness)

$x/L$  = jarak penempatan dan panjang gelombang ( $L$ )

$d/h$  = Rasio kedalaman air dan tinggi model

### C. Hasil Penelitian

Berdasarkan hasil analisa dimensi, data tinggi gelombang kemudian dianalisis untuk mengetahui hubungan antara parameter yang berpengaruh terhadap gelombang refleksi ( $K_r$ ) dan gelombang transmisi ( $K_t$ ). Kemudian data hasil perhitungan disusun dalam bentuk tabulasi, dengan hasil lengkap perhitungan terlampir. Analisis dilakukan untuk mengetahui pengaruh variabel pada gelombang refleksi dan transmisi pada pemecah gelombang. Ketinggian nilai gelombang refleksi dan transmisi dipengaruhi oleh kedalaman air ( $d$ ), tinggi gelombang datang ( $H_i$ ), jarak penempatan antar model atau jarak Panjang model relatif ( $x$ ), dan tinggi model ( $h$ ). Pada penelitian ini, analisis dilakukan terhadap model pemecah gelombang tipe caisson susun seri dengan jarak penempatan bervariasi.

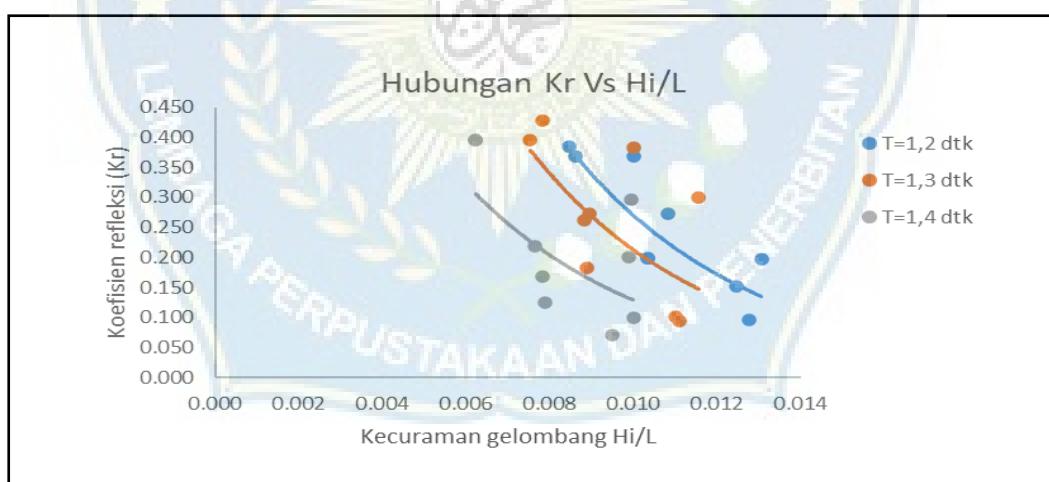


## 1. Pengaruh variabel periode gelombang (T)

Periode gelombang (T) dalam penelitian ini merupakan variabel bebas, yakni variabel yang mempengaruhi variabel terikat atau dependen gelombang refleksi dan transmisi pada jarak penempatan breakwater. Dalam penelitian ini terdapat tiga variasi periode gelombang (T) yaitu T=1,2 dtk, T= 1,3 dtk, dan T=1,4 dtk.

### a. Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)

Adapun hubungan antara koefisien refleksi (Kr), dengan kecuraman gelombang (Hi/L), terhadap periode gelombang (T) dapat kita lihat pada gambar 21.



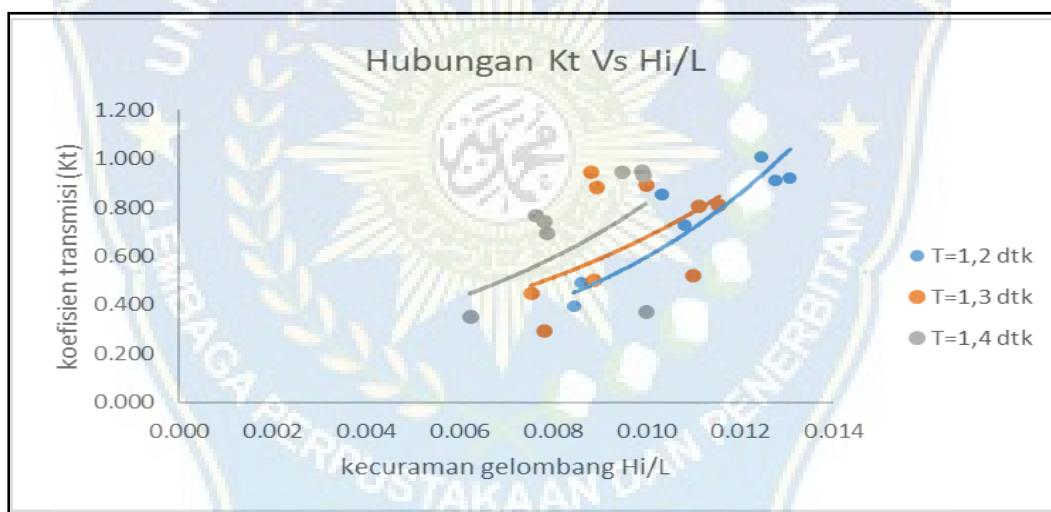
**Gambar 21.** Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L)

Pada gambar 21 dapat dilihat bahwa ke tiga variasi periode gelombang T=1,2 dtk, T=1,3 dtk, dan T=1,4 dtk, hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kecuraman gelombang (Hi/L) terhadap periode

gelombang (T) adalah semakin besar nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) maka semakin kecil koefisien refleksi-nya ( $Kr$ ), dimana nilai koefisien refleksi tertinggi berada pada periode  $T=1,3$  dengan nilai  $Kr \approx 0.067- 0,445$  dengan nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )  $\approx 0,008-0.011$ .

### b. Hubungan antara koefisien transmisi ( $Kt$ ) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )

Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $Kt$ ), dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ), terhadap perode gelombang (T) dapat kita lihat pada gambar 22 berikut.



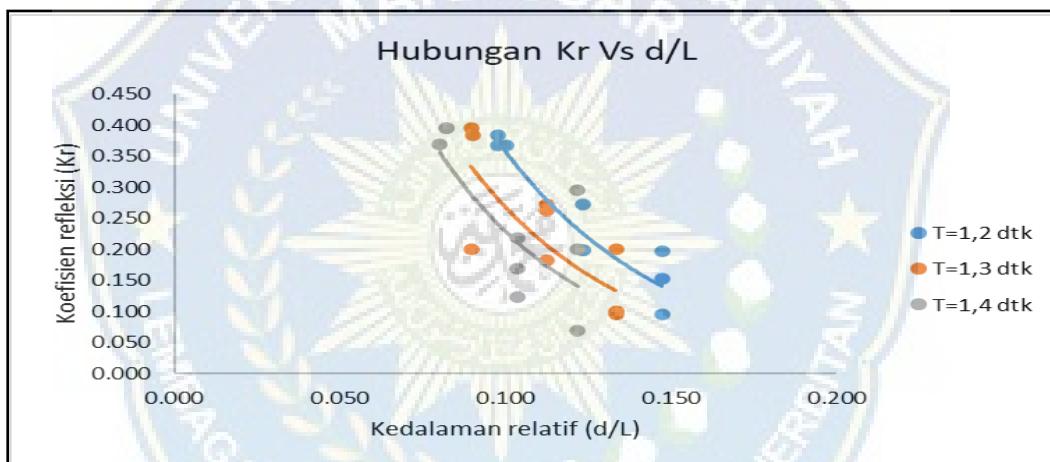
**Gambar 22.** Hubungan antara koefisien transmisi ( $Kt$ ) terhadap kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )

Pada gambar 22 dapat dilihat bahwa ke tiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungan antara koefisien transmisi ( $Kt$ ) terhadap kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) adalah nilai koefisien transmisi ( $Kt$ ) semakin tinggi seiring dengan peningkatan nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ), dimana nilai koefisien transmisi tertinggi berada pada

periode  $T=1,2$  dtk dengan nilai maksimum dari koefisien transmisi ( $K_t$ )  $\approx 0,377-1,010$  dengan nilai kecuraman gelombang ( $H_i/L$ )  $\approx 0,008-0,013$ . sedangkan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) terendah berada pada periode  $T=1,3$  dtk dengan nilai  $K_t \approx 0,250-0,943$  dengan nilai kecuraman gelombang  $H_i/L \approx 0,008-0,012$ .

### c. Hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

Adapun hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ), dengan kedalaman relatif ( $d/L$ ), dapat kita lihat pada gambar 23 berikut.

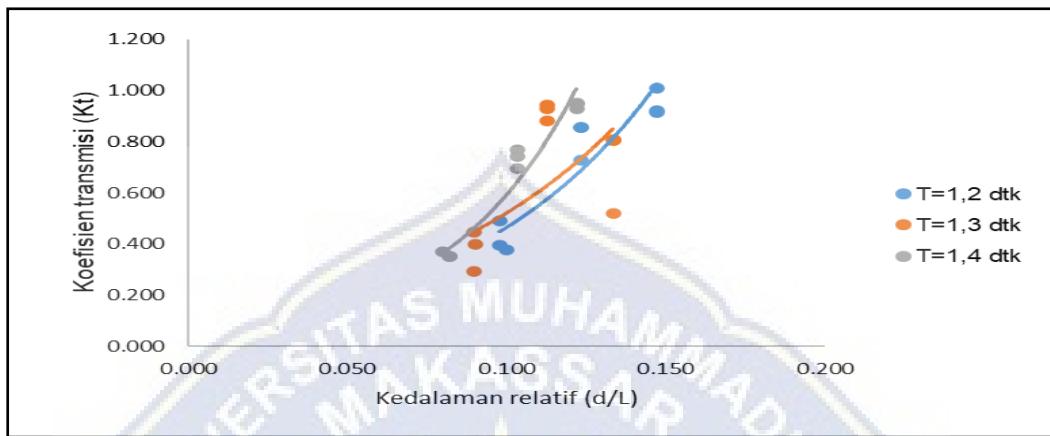


**Gambar 23.** Hubungan koefisien refleksi ( $K_r$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ )

Pada gambar 23 dapat dilihat bahwa ketiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ ) adalah semakin besar nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ) maka semakin kecil nilai koefisien refleksinya ( $K_r$ ) adapun nilai koefisien refleksi terbesar dan terkecil berada pada periode gelombang  $T=1,4$  detik dengan nilai refleksi ( $K_r$ )  $0,067-0,400$  pada nilai kedalaman relatif  $0,133$

**d. Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )**

Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan kedalaman relatif ( $d/L$ ), dapat kita lihat pada gambar 24 berikut.



**Gambar 24.** Hubungan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

Pada gambar 24 dapat dilihat bahwa ketiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungannya antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ ) adalah nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) semakin tinggi seiring dengan peningkatan nilai dari kedalaman relatif ( $d/L$ ) adapun nilai koefisien transmisi terbesar berada pada periode gelombang  $T=1,2$  detik dengan nilai maksimum 1.020 pada nilai kedalaman relatif 0,147, sedangkan koefisien transmisi terkecil berada pada periode gelombang  $T=1,3$  dtk dengan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) = 0,250 pada kedalaman relatif ( $d/L$ ) = 0,090.

## 2. Pengaruh parameter jarak penempatan relatif ( $x/L$ )

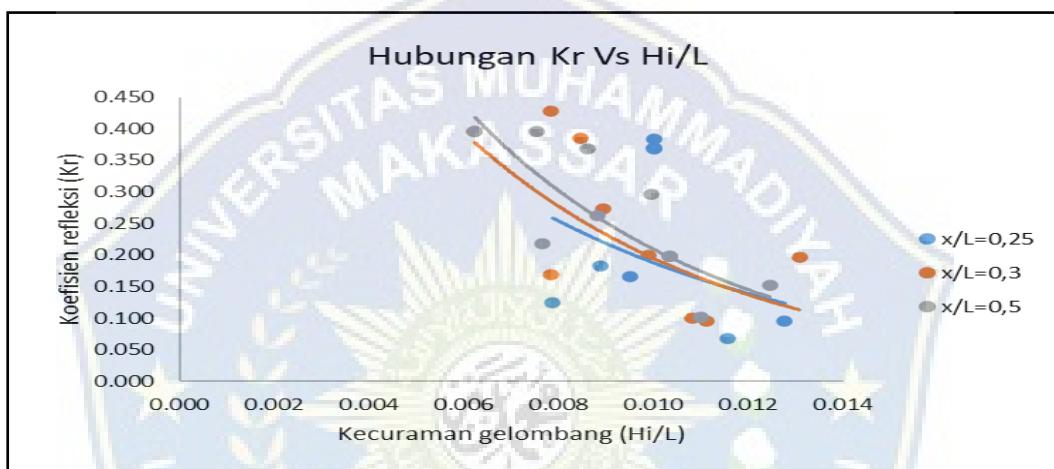
Untuk melihat pengaruh parameter jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) terhadap gelombang refleksi ( $H_r$ ) dan Gelombang transmisi ( $H_t$ ), jarak

penempatan dibagi menjadi tiga yaitu  $x/L = 0,25$ ,  $x/L = 0,50$ , dan  $x/L = 0,75$ .

Yang akan disajikan dalam bentuk gambar grafik.

**a. Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)**

Adapun hubungan antara koefisien refleksi ( $H_r$ ), dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) terhadap jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) dapat kita lihat pada grafik gambar 25.



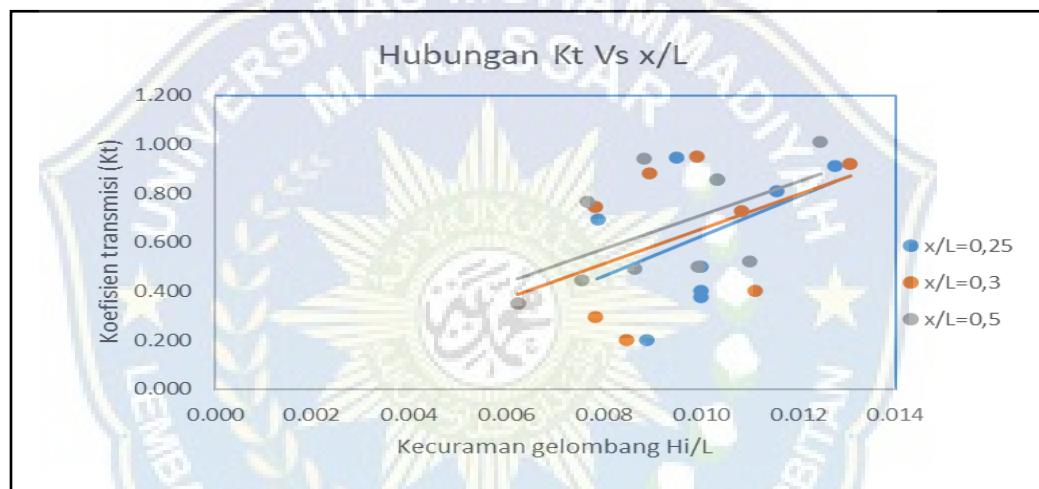
**Gambar 25.** Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L)

Grafik pada gambar 25 memperlihatkan hubungan antara kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) dengan koefisien refleksi ( $Kr$ ) terhadap variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ). dimana nilai koefisien refleksi ( $Kr$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,067 - 0,383$ , pada jarak  $0,3 \approx 0,095 - 0,429$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,101 - 0,396$ . Dengan nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,008 - 0,013$ , jarak  $0,3 \approx 0,006 - 0,013$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,006 - 0,012$ . Pada jarak  $0,25$ ,  $0,3$  dan  $0,5$  memiliki trend yang sama yakni semakin besar nilai kecuraman gelombang maka semakin kecil koefisien refleksinya, dimana koefisien tertinggi berada di jarak  $0,3$ . Jarak penempatan yang

terbaik adalah jarak yang memiliki nilai koefisien refleksi terkecil yaitu pada jarak  $x/L=0,25$  dengan nilai koefisien refleksi  $K_r \approx 0,067 - 0,383$

### b. Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )

Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) terhadap jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) dapat kita lihat pada grafik gambar 26.



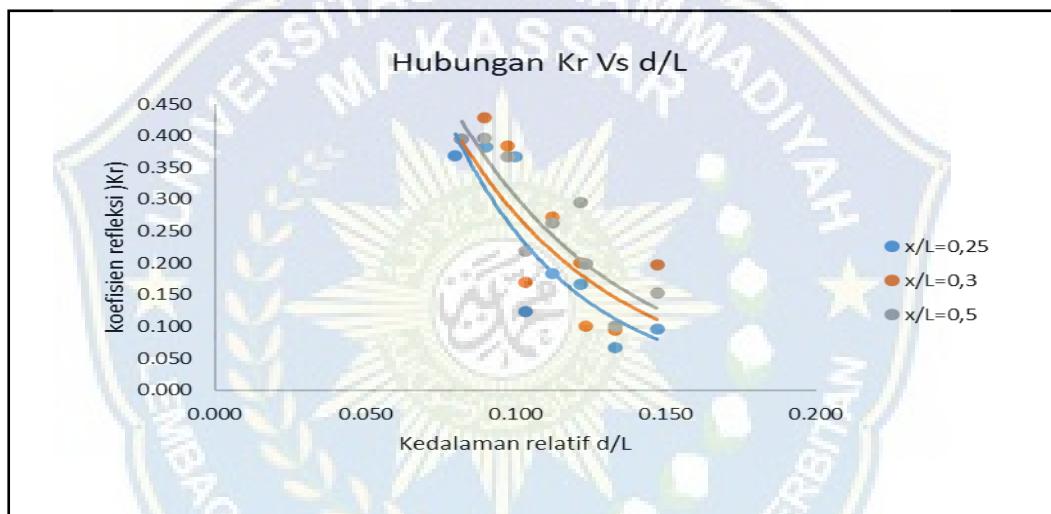
**Gambar 26.** Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )

Grafik pada gambar 26 hubungan antara kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) dengan koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ). memperlihatkan trend yang sama pada tiga variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) yaitu semakin besar nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ), semakin besar pula gelombang transmisinya ( $K_t$ ). dimana nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,200 - 0,947$ , pada jarak  $0,3 \approx 0,200 - 0,948$  dan pada jarak  $0,5 \approx 0,352 - 1,010$ . Dengan nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,008 - 0,013$ , jarak  $0,3 \approx 0,006 - 0,013$ ,

dan pada jarak  $0,5 \approx 0,006 - 0,012$ . Jarak penempatan yang terbaik adalah jarak yang memiliki nilai koefisien transmisi terkecil yaitu pada jarak  $x/L=0,3$  dengan nilai koefisien transmisi  $K_t \approx 0,200 - 0,948$

**c. Hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )**

Adapun hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ), dengan kedalaman relatif ( $d/L$ ), terhadap jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) dapat kita lihat pada gambar 27.



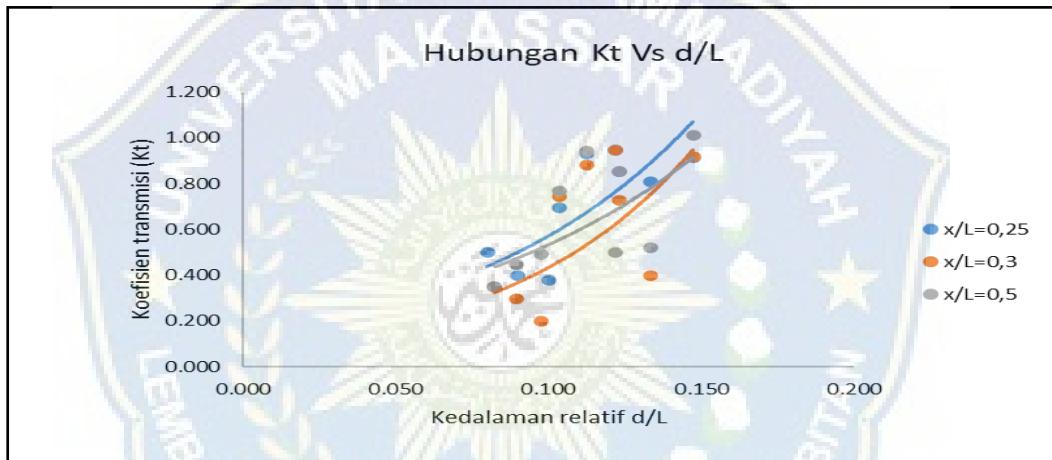
**Gambar 27.** Hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

Grafik pada gambar 27 hubungan antara Kedalaman relatif ( $d/L$ ) dengan koefisien refleksi ( $K_r$ ) terhadap variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ). memperlihatkan trend yang sama pada tiga variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) semakin besar nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ) maka semakin kecil koefisien refleksinya ( $K_r$ ). Pada jarak  $0,25 \approx 0,067 - 0,383$ , pada jarak  $0,3 \approx 0,095 - 0,429$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,101 - 0,396$ . Dengan nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,080 - 0,147$ , jarak  $0,3 \approx 0,082 -$

0,147, dan pada jarak  $0,5 \approx 0,082 - 0,147$ . Jarak penempatan yang efektif adalah jarak yang menunjukkan koefisien refleksi terkecil yaitu pada jarak  $x/L=0,25$  dengan nilai koefisien refleksi  $K_r \approx 0,067 - 0,383$ .

**d. Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )**

Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan kedalaman relatif ( $d/L$ ), terhadap jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) dapat kita lihat pada gambar 28.



**Gambar 28.** Hubungan antara kofisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

Pada gambar 28 dapat dilihat bahwa ke tiga jarak penempatan relatif ( $x/L$ ), hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ ) koefisien transmisi ( $K_t$ ) mengalami trend yang sama atau peningkatan nilai seiring berubahnya nilai dari kedalaman relatif. Semakin tinggi kedalaman relatif ( $d/L$ ) maka semakin tinggi pula koefisien transmisinya ( $K_t$ ). dimana nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,377-0,947$ , pada jarak  $0,3 \approx 0,200-0,949$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,352-1,010$ . Dengan nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,080-0,147$ , jarak  $0,3 \approx$

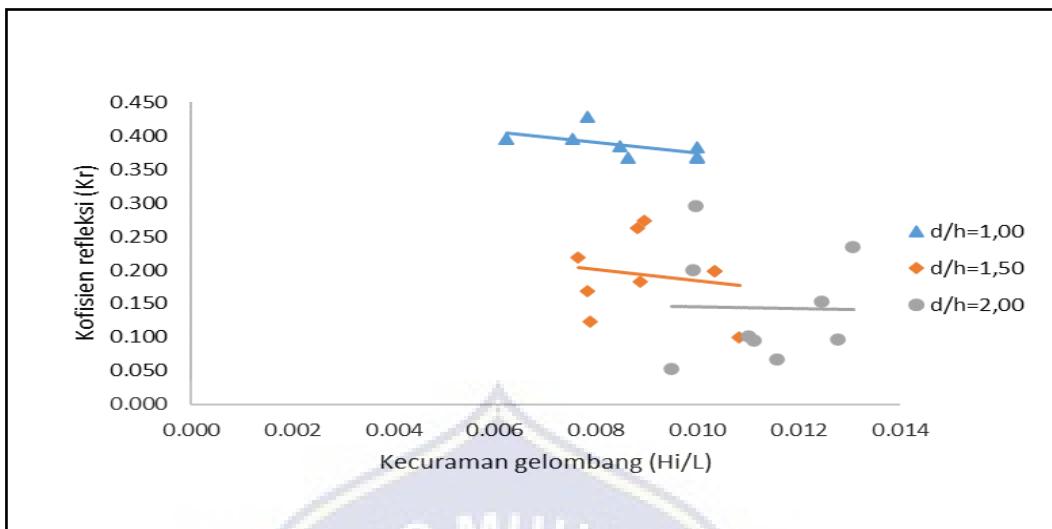
0,082-0,147, dan pada jarak 0,5  $\approx$  0,082-0,147. Jarak penempatan yang efektif adalah jarak yang menunjukkan koefisien transmisi ( $K_t$ ) yang terendah yaitu pada jarak  $x/L=0,3$  dengan nilai koefisien transmisi  $K_t \approx 0,200-0,949$ .

### **3. Pengaruh parameter kedalaman berdasarkan struktur (d/h)**

Tinggi struktur atau model digunakan sebagai parameter kedalaman air. Dalam penelitian ini kedalaman air terbagi tiga yakni 1 tinggi struktur = 12 cm, 1,5 tinggi struktur 18 cm, dan 2 kali tinggi struktur = 24 cm, atau  $d/h=1,00$ ,  $d/h= 1,50$  dan  $d/h= 2,00$ .

#### **a. Hubungan koefisien refleksi (Kr) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)**

Berdasarkan hasil pengolahan data pada sub bab sebelumnya diperoleh kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) dan koefisien refleksi ( $K_r$ ). Jika mengambil  $Hi/L$  sebagai variabel sumbu X dan koefisien refleksi ( $K_r$ ) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 29 Grafik tersebut menjelaskan koefisien refleksi terdistribusi secara *linear* seiring dengan semakin besarnya nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) berdasarkan penelitian.

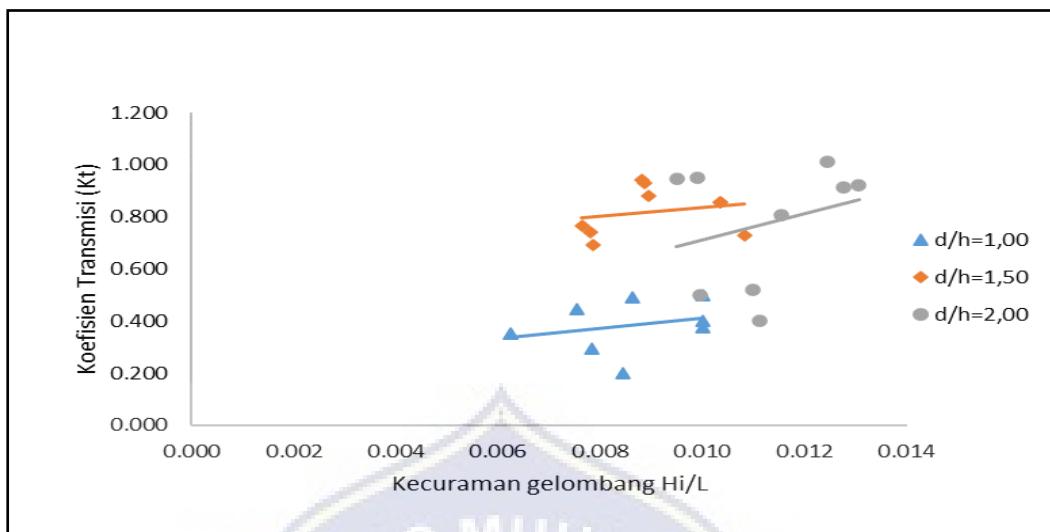


**Gambar 29.** Hubungan Koefisien Refleksi (Kr) dengan Parameter Kecuraman Gelombang (Hi/L)

Nilai koefisien refleksi (Kr) terbesar atau nilai maksimumnya berada pada kedalaman 12 cm atau 1 struktur dengan nilai koefisien refleksi (Kr) 0,429 pada kecuraman gelombang (Hi/L) = 0,008. Sedangkan untuk koefisien refleksi yang terkecil berada pada kedalaman 24 cm atau 2 kali tinggi struktur dengan nilai koefisien refleksi (Kr) berada pada 0,053 pada kecuraman gelombang (Hi/L) = 0,009. Efektifitas dari model caisson susun seri dengan variasi jarak penempatan dihubungkan dengan kecuraman gelombang (Hi/L) terhadap kedalaman relatif struktur, dapat dilihat berdasarkan nilai koefisien refleksi terkecil, yakni pada kedalaman  $d/h=2,00$  atau setinggi struktur 24 cm, dengan nilai koefisien refleksi 0,053.

#### b. Hubungan koefisien transmisi (Kt) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)

Berikut adalah grafik hubungan antara koefisien refleksi (Kt) dengan kecuraman gelombang (Hi/L) terhadap kedalaman relatif ( $d/h$ ) struktur.

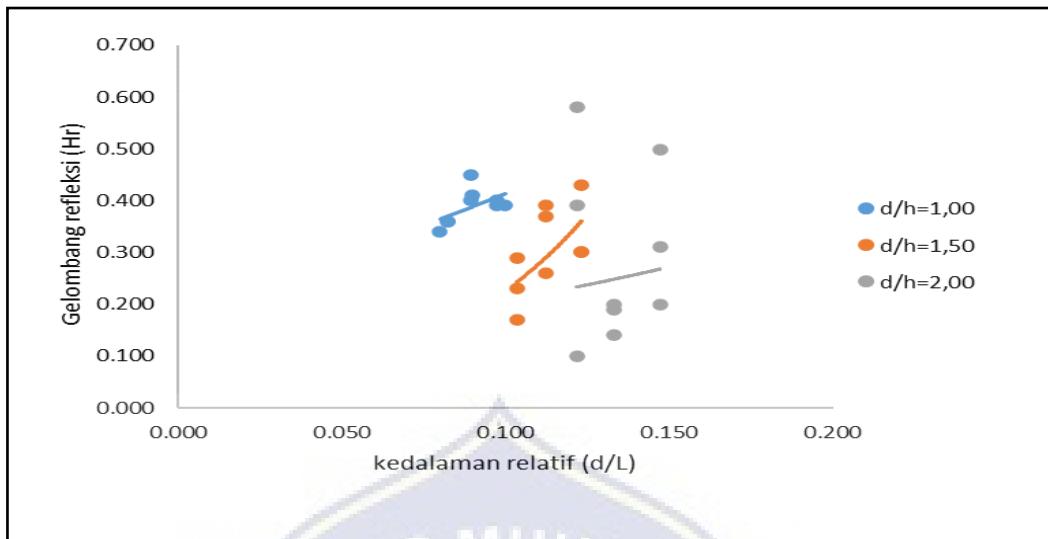


**Gambar 30.** Hubungan Koefisien transmisi (Kt) dengan Parameter Kecuraman Gelombang (Hi/L)

Dari gambar 30 dapat di lihat bahwa nilai koefisien transmisi (Kt) semakin besar seiring meningkatnya kecuraman gelombang (Hi/L). Untuk pengaruh dari kedalaman airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (Kt) terbesar atau nilai maksimumnya berada pada kedalaman 2,00 atau 24 cm, dengan nilai koefisien transmisi 1,010 dengan nilai kecuraman gelombang (Hi/L) = 0,012, Sedangkan untuk koefisien transmisi yang terkecil berada pada kedalaman 1 struktur atau 12 cm dengan nilai koefisien transmisi berada pada 0,200 pada kecuraman gelombang (Hi/L) = 0,008.

### c. Hubungan gelombang refleksi (Hr) terhadap parameter kedalaman relatif (d/L)

Berikut adalah grafik hubungan antara gelombang refleksi (Hr) terhadap kedalaman relatif.

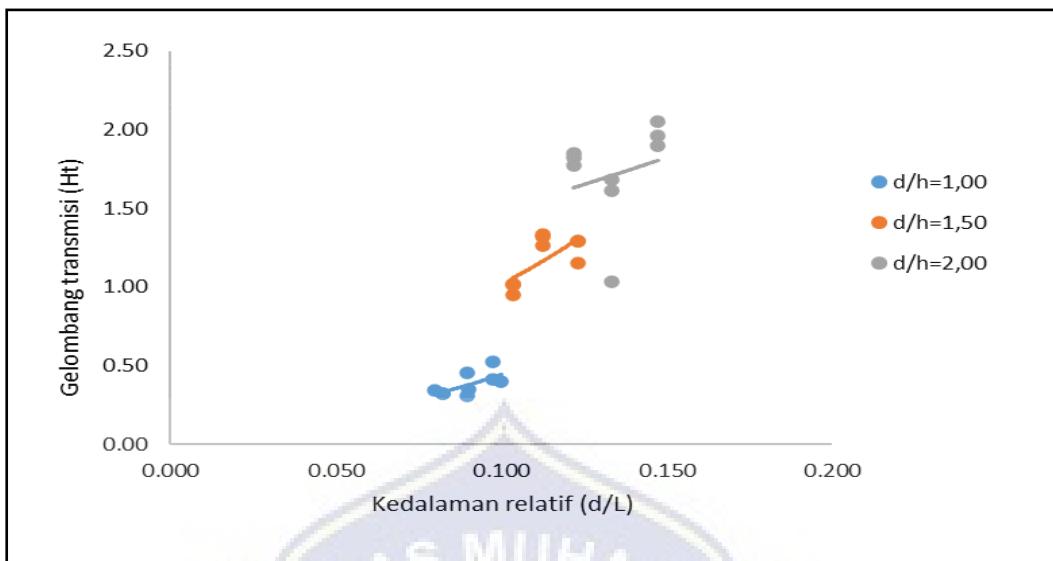


**Gambar 31.** Hubungan gelombang refleksi ( $H_r$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ )

Dari gambar 31 terlihat bahwa nilai tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) semakin meningkat seiring dengan meningkatnya nilai dari kedalaman relative ( $d/L$ ). Pada tiga variasi kedalaman yakni  $d_{12}= 12$  cm,  $d_{18}= 18$  cm, dan  $d_{24}= 24$  cm. Untuk tinggi gelombang refleksi ( $H_r$ ) itu sendiri yang terbesar dan terendah berada pada kedalaman 24 cm ( $d_{24}$ ), atau 2,00 tinggi struktur/model, dengan nilai gelombang refleksi tertinggi ( $H_r$ ) adalah 0,580, dan nilai dari kedalaman relative ( $d/L$ ) adalah 0,122 dan gelombang refleksi terendah dengan nilai gelombang refleksi ( $H_r$ )= 0,100, pada kedalaman relative ( $d/L$ )=0,122.

**d. Hubungan gelombang transmisi ( $H_t$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ )**

Adapun hubungan antara gelombang refleksi ( $H_r$ ), terhadap parameter kedalaman relatif ( $d/L$ ) dapat kita lihat pada grafik gambar 32 berikut:



**Gambar 32.** Hubungan antara gelombang transmisi (Ht) terhadap parameter kedalaman relatif (d/L)

Dari gambar 32 dapat dilihat bahwa nilai gelombang transmisi (Ht), meningkat seiring dengan perubahan peningkatan kedalaman relatif (d/L). pada tiga variasi kedalaman yakni  $d_{12} = 12 \text{ cm}$ ,  $d_{18} = 18 \text{ cm}$ , dan  $d_{24} = 24 \text{ cm}$ . Untuk tinggi gelombang transmisi (Ht) itu sendiri yang terbesar berada pada kedalaman 24 cm ( $d_{124}$ ), atau 2 kali tinggi struktur model, dengan nilai gelombang transmisi (Ht) tertinggi adalah 2,05, dan nilai dari kedalaman relatif (d/L) adalah 0,147. Sedangkan gelombang transmisi terendah berada pada kedalaman  $d_{12}$ , dengan nilai gelombang transmisi (Ht) = 0,31, pada nilai kedalaman relatif (d/L) = 0,090

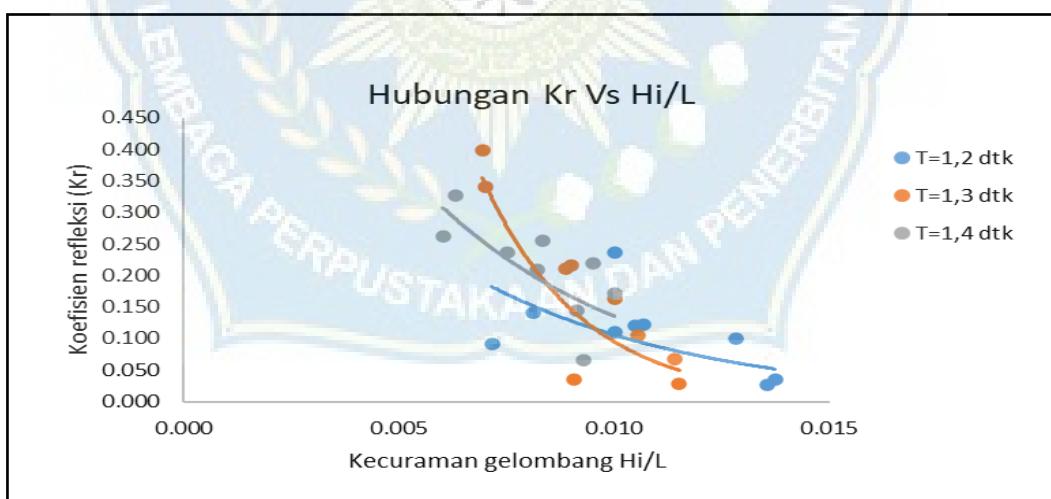


## 1. Pengaruh variabel periode gelombang (T)

Periode gelombang (T) dalam penelitian ini merupakan variabel bebas, yakni variabel yang mempengaruhi variabel terikat atau dependen gelombang refleksi dan transmisi pada jarak penempatan breakwater. Dalam penelitian ini terdapat tiga variasi periode gelombang (T) yaitu T=1,2 dtk, T= 1,3 dtk, dan T=1,4 dtk.

### a. Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)

Adapun hubungan antara koefisien refleksi (Kr), dengan kecuraman gelombang (Hi/L), terhadap periode gelombang (T) dapat kita lihat pada gambar 33.



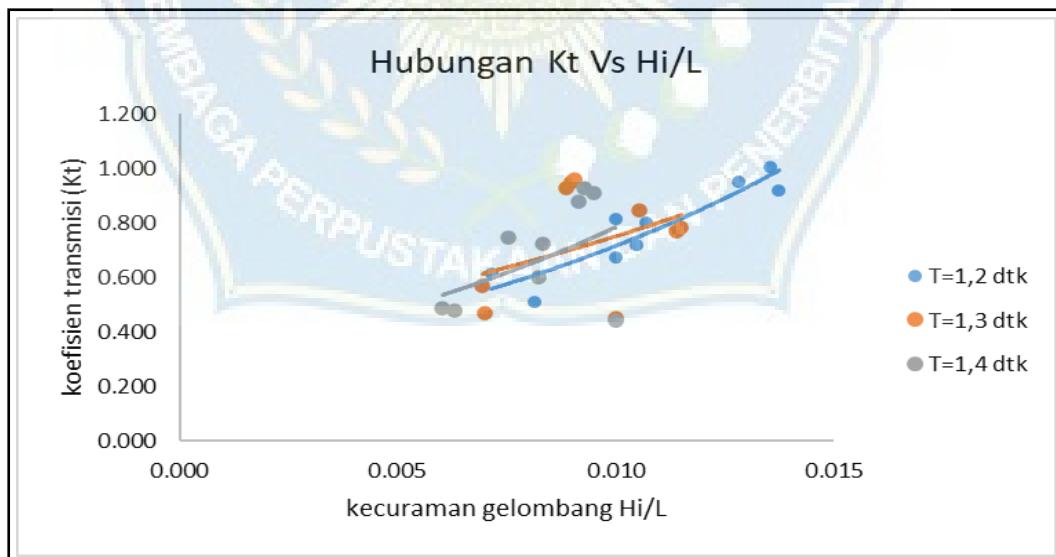
**Gambar 33.** Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L)

Pada gambar 33 dapat dilihat bahwa ke tiga variasi periode gelombang T=1,2 dtk, T=1,3 dtk, dan T=1,4 dtk, hubungan antara koefisien

refleksi ( $K_r$ ) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) terhadap periode gelombang ( $T$ ) adalah semakin besar nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) maka semakin kecil koefisien refleksinya ( $K_r$ ), dimana nilai koefisien refleksi tertinggi berada pada periode  $T=1,3$  dengan nilai  $K_r \approx 0,029 - 0,398$  dengan nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )  $\approx 0,007-0,012$ . sedangkan nilai koefisien refleksi ( $K_r$ ) terendah berada pada periode  $T=1,2$  dtk dengan nilai minimum  $K_r \approx 0,027-0,236$ .

**b. Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )**

Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ), terhadap periode gelombang ( $T$ ) dapat kita lihat pada gambar 34 berikut.

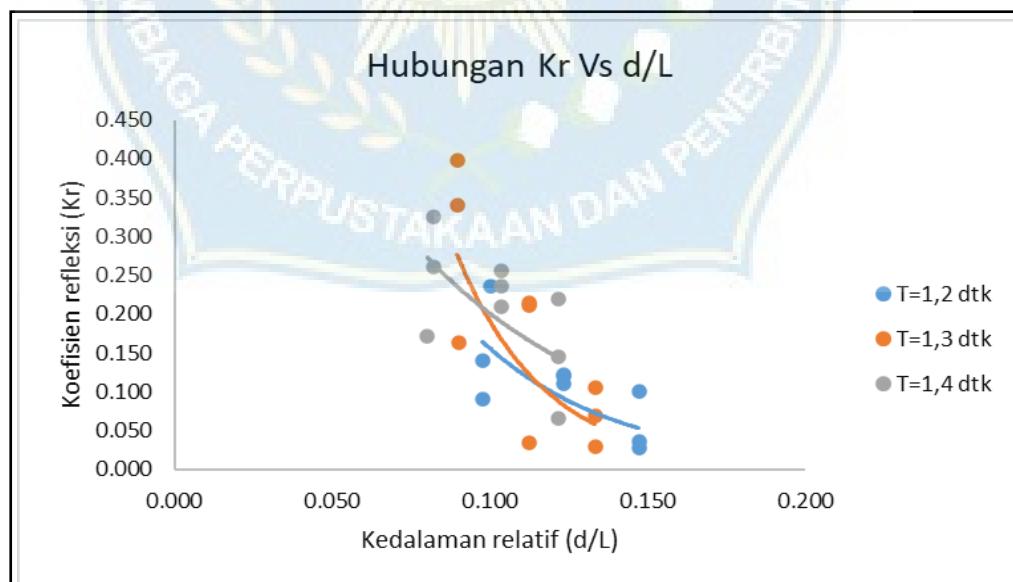


**Gambar 34.** Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )

Pada gambar 34 dapat dilihat bahwa ke tiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ) adalah nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) semakin tinggi seiring dengan peningkatan nilai kecuraman gelombang ( $H_i/L$ ), dimana nilai koefisien transmisi tertinggi berada pada periode  $T=1,2$  dtk dengan nilai maksimum dari koefisien transmisi ( $K_t$ )  $\approx 0,510-1,005$  dengan nilai kecuraman gelombang ( $H_i/L$ )  $\approx 0,007-0,014$ . sedangkan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) terendah berada pada periode  $T=1,4$  dtk dengan nilai minimum  $K_t \approx 0,441-0,929$ .

### c. Hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

Adapun hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ), dengan kedalaman relatif ( $d/L$ ), dapat kita lihat pada gambar 35 berikut.

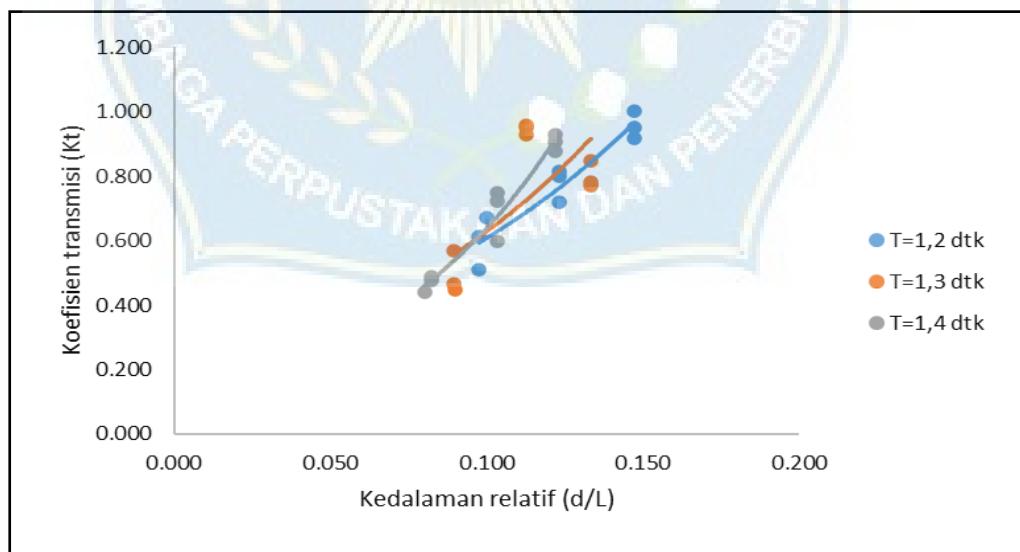


Gambar 35. Hubungan koefisien refleksi ( $K_r$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ )

Pada gambar 35 dapat dilihat bahwa ketiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ ) adalah semakin besar nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ) maka semakin kecil nilai koefisien refleksinya ( $K_r$ ) adapun nilai koefisien refleksi terbesar berada pada periode gelombang  $T=1,3$  detik dengan nilai maksimum 0,398 pada nilai kedalaman relatif 0,090, sedangkan koefisien refleksi terkecil berada pada periode gelombang  $T= 1,2$  dtk dengan nilai koefisien refleksi ( $K_r$ ) = 0,027 pada kedalaman relatif ( $d/L$ ) = 0,147.

#### **d. Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )**

Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan kedalaman relatif ( $d/L$ ), dapat kita lihat pada gambar 36 berikut.



**Gambar 36.** Hubungan koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

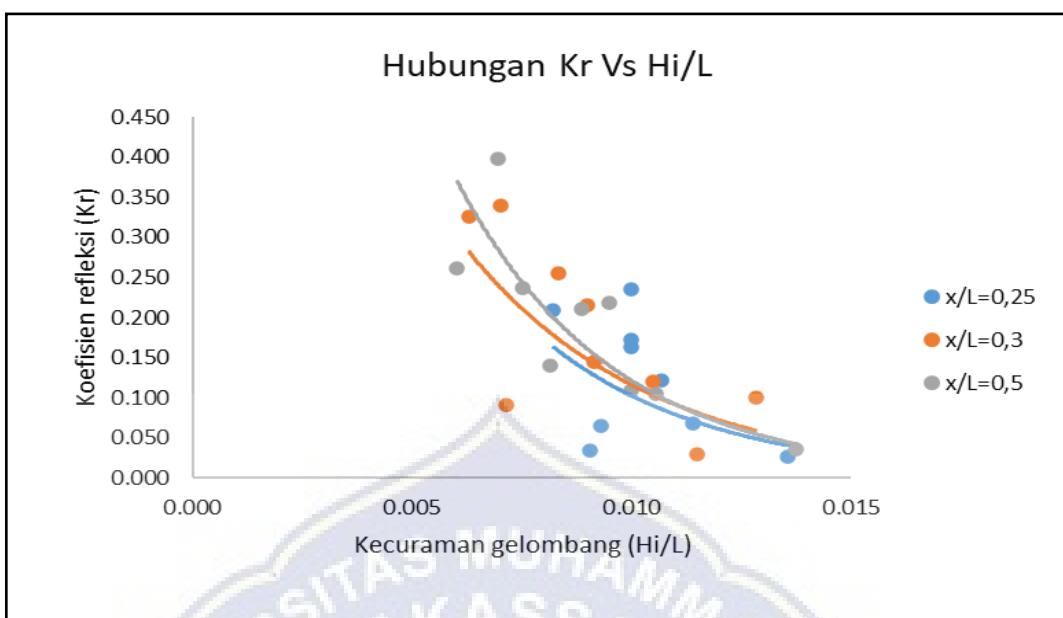
Pada gambar 36 dapat dilihat bahwa ketiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungannya antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap kedalaman relatif ( $d/L$ ) adalah nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) semakin tinggi seiring dengan peningkatan nilai dari kedalaman relatif ( $d/L$ ) adapun nilai koefisien refleksi terbesar berada pada periode gelombang  $T=1,2$  detik dengan nilai maksimum 1,005 pada nilai kedalaman relatif 0,147, sedangkan koefisien refleksi terkecil berada pada periode gelombang  $T=1,4$  dtk dengan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) = 0,441 pada kedalaman relatif ( $d/L$ ) = 0,080.

## 2. Pengaruh parameter jarak penempatan relatif ( $x/L$ )

Untuk melihat pengaruh parameter jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) terhadap gelombang refleksi ( $H_r$ ) dan Gelombang transmisi ( $H_t$ ), jarak penempatan dibagi menjadi tiga yaitu  $x/L = 0,25$ ,  $x/L = 0,3$ , dan  $x/L = 0,5$ . Yang akan disajikan dalam bentuk gambar grafik

### a. Hubungan antara koefisien refleksi ( $K_r$ ) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )

Adapun hubungan antara koefisien refleksi ( $H_r$ ), dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) terhadap jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) dapat kita lihat pada grafik gambar 37.

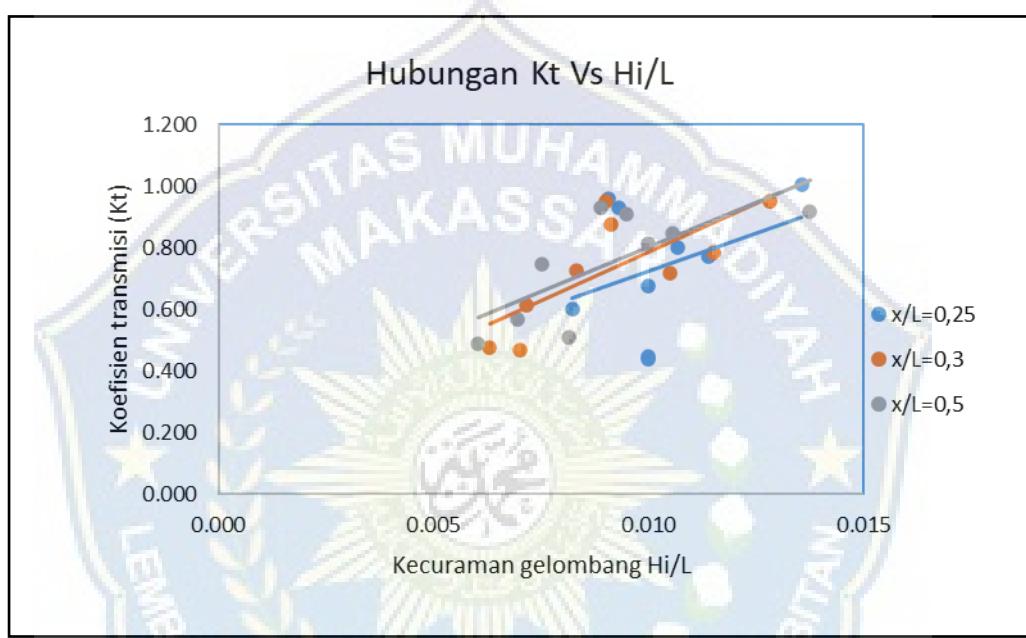


**Gambar 37.** Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L)

Grafik pada gambar 37 memperlihatkan hubungan antara kecuraman gelombang (Hi/L) dengan koefisien refleksi (Kr) terhadap variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ). dimana nilai koefisien refleksi (Kr) pada jarak  $0,25 \approx 0,027 - 0,236$ , pada jarak  $0,3 \approx 0,029 - 0,340$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,036 - 0,398$ . Dengan nilai kecuraman gelombang (Hi/L) pada jarak  $0,25 \approx 0,008 - 0,014$ , jarak  $0,3 \approx 0,006 - 0,013$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,006 - 0,014$ . Pada jarak  $0,25, 0,3$  dan  $0,5$  memiliki trend yang sama yakni semakin tinggi nilai kecuraman gelombang maka semakin kecil koefisien refleksinya (Kr). Jarak penempatan yang terbaik adalah jarak yang memiliki nilai koefisien transmisi terkecil yaitu pada jarak  $x/L=0,25$  dengan nilai koefisien transmisi  $K_t \approx 0,027 - 0,236$ .

**b. Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )**

Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) terhadap jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) dapat kita lihat pada grafik gambar 38.



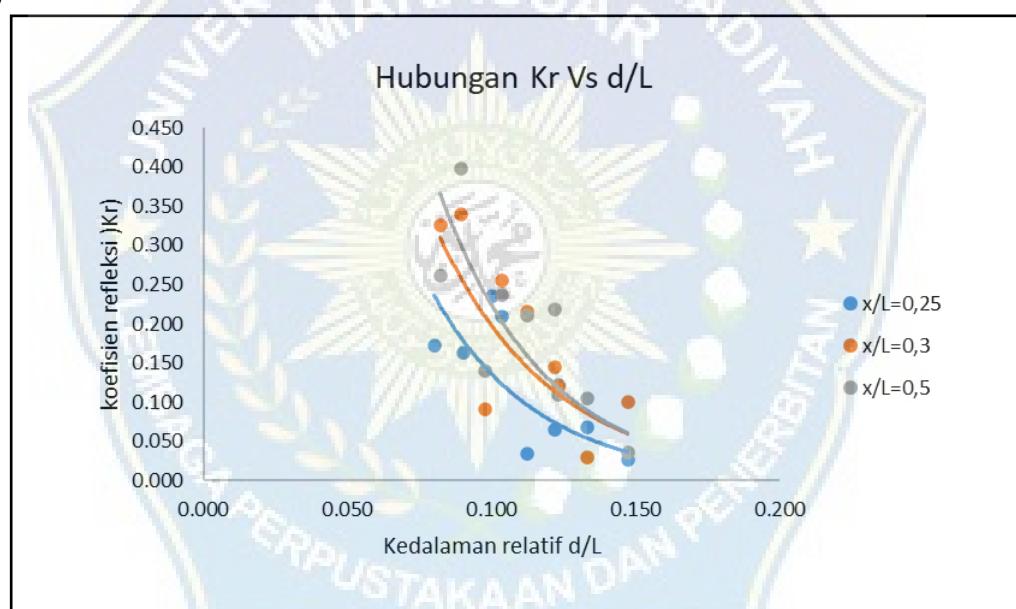
**Gambar 38.** Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )

Grafik pada gambar 38 hubungan antara kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) dengan koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ). memperlihatkan *trend* yang sama pada tiga variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) yaitu semakin besar nilai kecuraman gelombang, semakin besar pula gelombang transmisinya. dimana nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,441 - 1,005$ , pada jarak  $0,3 \approx 0,468 - 0,952$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,489 - 0,930$ . Dengan nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,008 - 0,014$ , jarak  $0,3 \approx 0,006 - 0,013$ ,

dan pada jarak  $0,5 \approx 0,006 - 0,014$ . Jarak penempatan yang terbaik adalah jarak yang memiliki nilai koefisien transmisi terkecil yaitu pada jarak  $x/L=0,25$  dengan nilai koefisien transmisi  $K_t \approx 0,441 - 1,005$ .

### c. Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

Adapun hubungan antara koefisien refleksi (Kr), dengan kedalaman relatif ( $d/L$ ), terhadap jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) dapat kita lihat pada gambar 39.



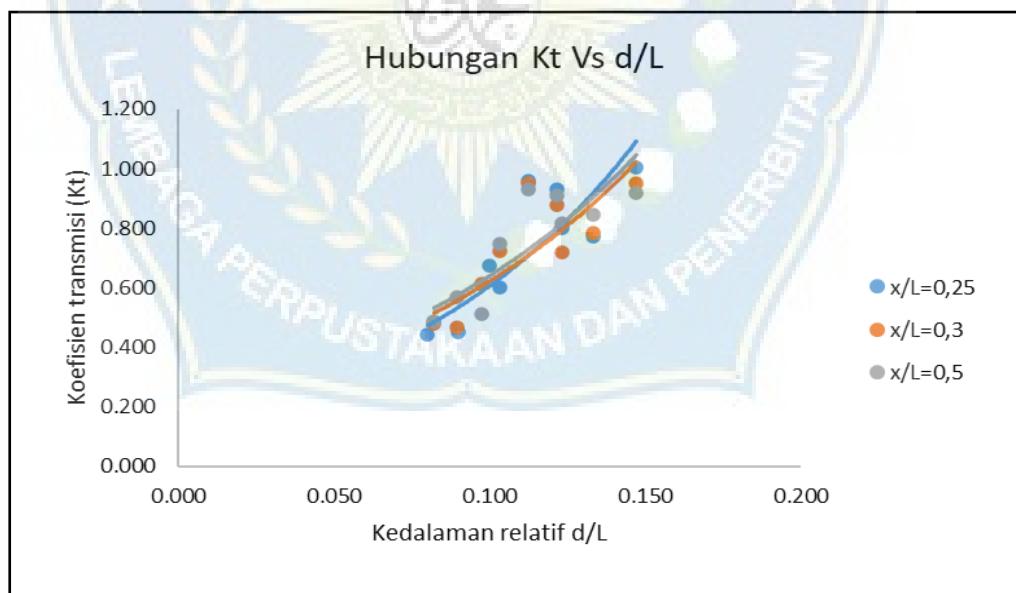
**Gambar 39.** Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

Grafik pada gambar 39 hubungan antara Kedalaman relatif ( $d/L$ ) dengan koefisien refleksi (Kr) terhadap variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ). memperlihatkan trend yang sama pada tiga variasi jarak penempatan relatif ( $x/L$ ) yaitu pada 0,25, 0,3, dan 0,5 semakin tinggi nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ), maka semakin rendah koefisien refleksinya, dimana nilai

koefisien refleksi ( $K_r$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,027 - 0,236$ , pada jarak  $0,3 \approx 0,029 - 0,340$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,036 - 0,398$ . Dengan nilai kedalaman relatif ( $d/L$ ) pada jarak  $0,25 \approx 0,080 - 0,147$ , jarak  $0,3 \approx 0,082 - 0,147$ , dan pada jarak  $0,5 \approx 0,082 - 0,147$ . Jarak penempatan yang efektif adalah jarak yang menunjukkan koefisien refleksi ( $K_r$ ) yang terendah yaitu pada jarak  $x/L=0,25$  dengan nilai koefisien refleksi ( $K_r$ )  $\approx 0,027-0,236$ .

#### **d. Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )**

Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan kedalaman relatif ( $d/L$ ), terhadap jarak penempaanan relatif ( $x/L$ ) dapat kita lihat pada gambar 40.



**Gambar 40.** Hubungan antara kofisien transmisi ( $K_t$ ) dengan kedalaman relatif ( $d/L$ )

Pada gambar 40 dapat dilihat bahwa ke tiga jarak penempatan relatif ( $x/L$ ), hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap kedalaman relatif

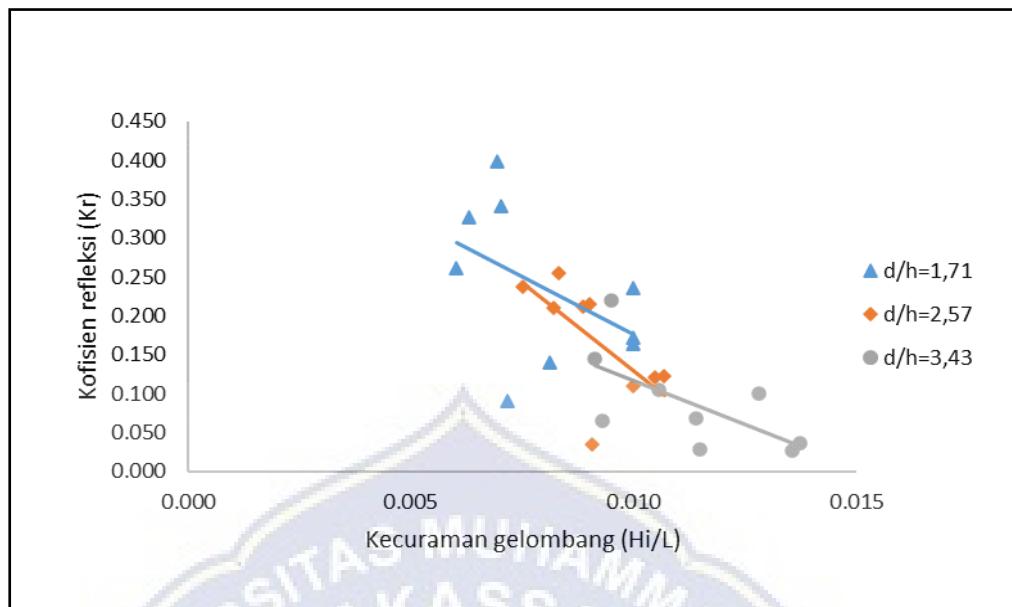
(d/L) koefisien transmisi (Kt) mengalami trend yang sama. Semakin tinggi kedalaman relatif (d/L) maka semakin tinggi pula koefisien transmisinya (Kt). dimana nilai koefisien transmisi (Kt) pada jarak 0,25 ≈ 0,441-1,005, pada jarak 0,3 ≈ 0,468-0,952, dan pada jarak 0,5 ≈ 0,489-0,930. Dengan nilai kedalaman relatif (d/L) pada jarak 0,25 ≈ 0,080-0,147, jarak 0,3 ≈ 0,082-0,147, dan pada jarak 0,5 ≈ 0,082-0,147. Jarak penempatan yang efektif adalah jarak yang menunjukkan koefisien transmisi (Kt) yang terendah yaitu pada jarak  $x/L=0,25$  dengan nilai koefisien transmisi  $Kt \approx 0,441-1,005$ .

### **3. Pengaruh parameter kedalaman berdasarkan struktur (d/h)**

Tinggi struktur atau model digunakan sebagai parameter kedalaman air. Dalam penelitian ini kedalaman air terbagi tiga yakni 1,71 tinggi struktur = 12 cm, 2,57 tinggi struktur 18 cm, dan 3,43 tinggi struktur = 24 cm, atau  $d/h=1,71$ ,  $d/h= 2,57$  dan  $d/h= 3,43$ .

#### **a. Hubungan koefisien refleksi (Kr) dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )**

Jika mengambil  $Hi/L$  sebagai variabel sumbu X dan koefisien refleksi (Kr) sebagai variabel sumbu Y untuk tiap nilai kedalaman maka akan didapatkan grafik seperti gambar 41 Grafik tersebut menjelaskan koefisien refleksi terdistribusi secara linear seiring dengan semakin besarnya nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) berdasarkan penelitian.

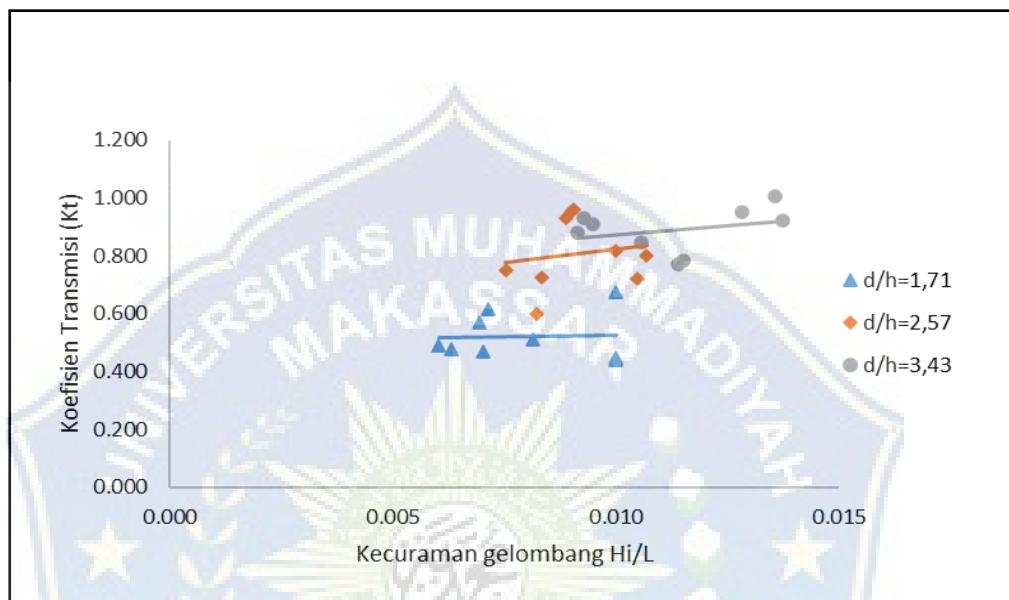


**Gambar 41.** Hubungan Koefisien Refleksi (Kr) dengan Parameter Kecuraman Gelombang (Hi/L)

Nilai koefisien refleksi (Kr) terbesar atau nilai maksimumnya berada pada kedalaman 12 cm, atau  $d/h=1,71$  dengan nilai koefisien refleksi 0,398 pada kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) = 0,007. Sedangkan untuk koefisien refleksi yang terkecil berada pada kedalaman 24 cm atau  $d/h=3,43$  dengan nilai koefisien refleksi berada pada 0,027 pada kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) = 0,014. Efektifitas dari model caisson susun seri dengan variasi jarak penempatan dihubungkan dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) terhadap kedalaman relatif struktur, dapat dilihat berdasarkan nilai koefisien refleksi terkecil, yakni pada kedalaman  $d/h=3,43$  atau setinggi struktur 24 cm, dengan nilai koefisien refleksi 0,027.

**b. Hubungan koefisien transmisi (Kt) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)**

Berikut adalah grafik hubungan antara koefisien refleksi (Kt) dengan kecuraman gelombang (Hi/L) terhadap kedalaman relatif ( $d/h$ ) struktur.

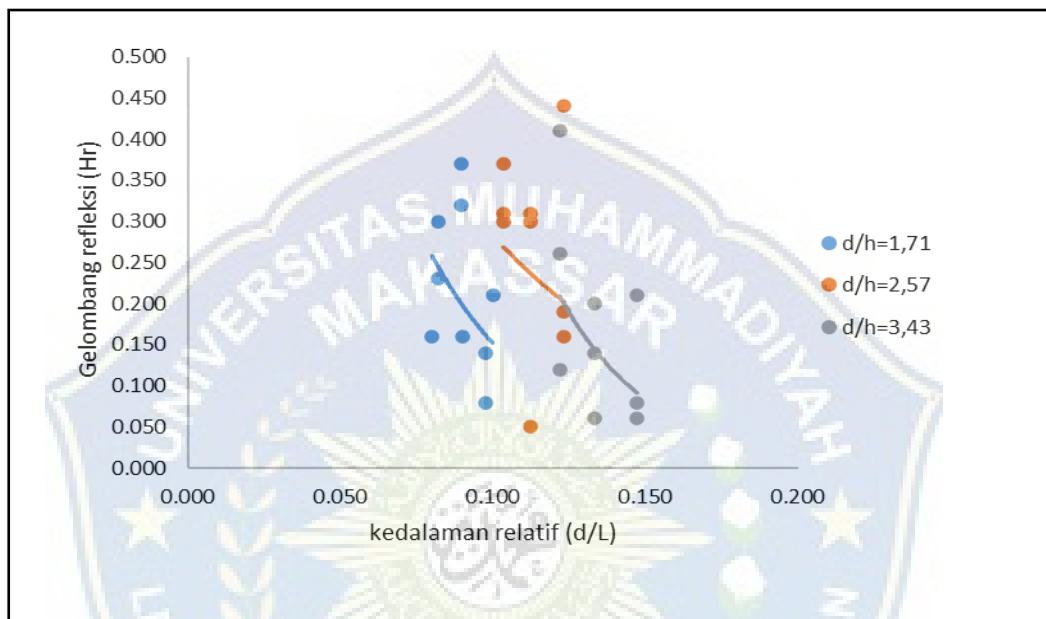


**Gambar 42.** Hubungan Koefisien transmisi (Kt) dengan Parameter Kecuraman Gelombang (Hi/L)

Dari gambar 42 dapat di lihat bahwa nilai koefisien transmisi (Kt) semakin besar seiring meningkatnya kecuraman gelombang (Hi/L). Untuk pengaruh dari kedalaman airnya sendiri, nilai koefisien transmisi (Kt) terbesar atau nilai maksimumnya berada pada kedalaman 24 atau  $d/h=3,43$ , dengan nilai koefisien transmisi 1,005 dengan nilai kecuraman gelombang (Hi/L) = 0,014, Sedangkan untuk koefisien refleksi yang terkecil berada pada kedalaman 12 atau  $d/h=1,71$  dengan nilai koefisien refleksi berada pada 0,441 pada kecuraman gelombang (Hi/L) = 0,010.

**c. Hubungan gelombang refleksi (Hr) terhadap parameter kedalaman relatif (d/L)**

Berikut adalah grafik hubungan antara gelombang refleksi (Hr) terhadap kedalaman relatif.

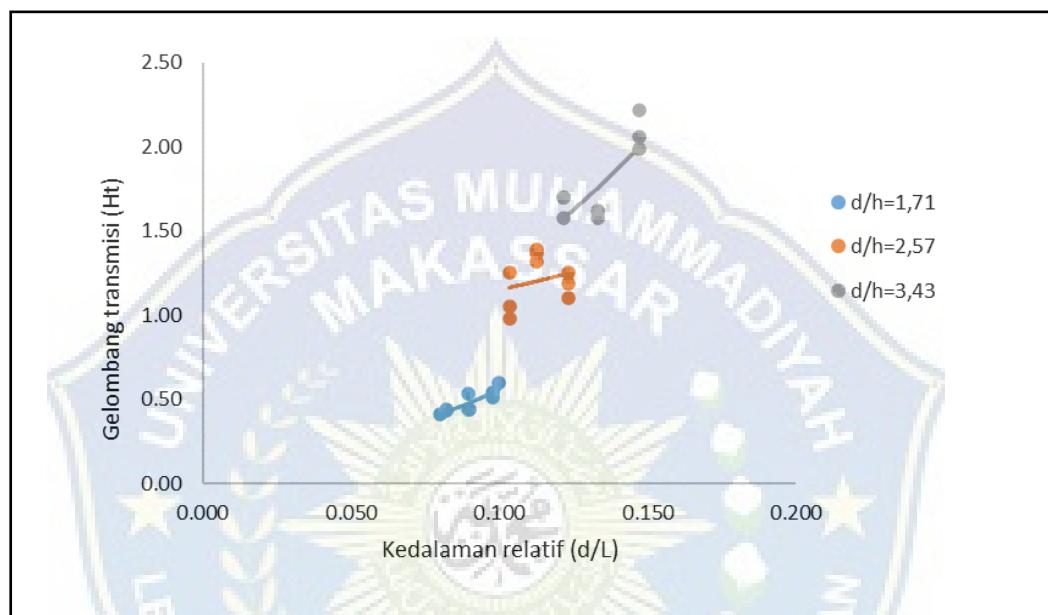


**Gambar 43.** Hubungan gelombang refleksi (Hr) terhadap kedalaman relatif (d/L)

Dari gambar 43 terlihat bahwa nilai gelombang refleksi (Hr) semakin kecil seiring dengan meningkatnya nilai dari kedalaman relatif (d/L). pada tiga variasi kedalaman yakni  $d_{12} = 12 \text{ cm}$ ,  $d_{18} = 18 \text{ cm}$ , dan  $d_{24} = 24 \text{ cm}$ . Untuk tinggi gelombang refleksi (Hr) itu sendiri yang terbesar berada pada kedalaman 18 cm ( $d_{18}$ ), atau 2,57 tinggi struktur/model, dengan nilai gelombang refleksi tertinggi (Hr) adalah 0,440, dan nilai dari kedalaman relatif (d/L) adalah 0,123.

**d. Hubungan gelombang transmisi (Ht) terhadap kedalaman relatif (d/L)**

Adapun hubungan antara gelombang refleksi (Hr), terhadap parameter kedalaman relatif (d/L) dapat kita lihat pada grafik gambar 43 berikut:



**Gambar 44.** Hubungan antara gelombang transmisi (Ht) terhadap parameter kedalaman relatif (d/L)

Dari gambar 44 dapat dilihat bahwa nilai gelombang transmisi (Ht), meningkat seiring dengan perubahan peningkatan kedalaman relatif (d/L). pada tiga variasi kedalaman yakni  $d_{12} = 12 \text{ cm}$ ,  $d_{18} = 18 \text{ cm}$ , dan  $d_{24} = 24 \text{ cm}$ . Untuk tinggi gelombang transmisi (Ht) itu sendiri yang terbesar berada pada kedalaman 24 cm ( $d_{124}$ ), atau 2 kali tinggi struktur model, dengan nilai gelombang transmisi (Ht) tertinggi adalah 2,22 dan nilai dari kedalaman relatif (d/L) adalah 0,147. Sedangkan gelombang transmisi terendah berada pada kedalaman  $d_{12}$ , dengan nilai gelombang transmisi (Ht) = 0,41, pada nilai kedalaman relatif (d/L) = 0,080.

## BAB V

## PENUTUP

### A. Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data diambil kesimpulan bahwa nilai gelombang refleksi variasi MD1 lebih efektif dibandingkan dengan hasil nilai gelombang refleksi variasi MD2
2. Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data diambil kesimpulan bahwa nilai gelombang transmisi variasi MD1 lebih efektif dibandingkan dengan hasil nilai gelombang transmisi variasi MD2

### A. Saran

1. Adapun yang menjadi saran penulis dalam penelitian ini adalah sebaiknya menggunakan peredam penyerap gelombang sintesis pada lubang Tengah, model untuk aspek finansial atau perbandingan biaya dan waktu pelaksanaan lebih efektif juga harus dikaji lebih dalam lagi untuk menentukan alternatif pemecah gelombang mana yang paling efisien untuk dibangun.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperhitungkan stabilitas breakwater, variasi lebar model dan kemiringan model breakwater.

## DAFTAR PUSTAKA

- Achiary,.. et al., (2020),. Analisis Refleksi Dan Transmisi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Tiang Pancang. *Department of Marine Science and Technology FPIK-IPB, ISOI, and HAPPI*
- Andi Makbul Syamsuri, Dadang Suriamihardjo, Arsyad Thaha, & Tauhiqur Rachman. (2019). Pengaruh Periode dan Kedalaman Air Terhadap Kecuraman Gelombang Pada Flume Persiapan Percobaan Peredaman Gelombang. Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta. 195-272.
- Ariyarathne, H.A.K.S., 2007, *Efficiency Of Perforated Breakwater And Associated Energy Dissipation*, Thesis. Civil Engineering of Texas A&M University.
- Armono, D.H., Hall,K.R., 2010,, *Wave Transmission On Submerged Breakwaters Made Of Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs*. Jurnal Teknik Pantai. Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya
- Dean, Robert G & Dalrymple R. 1984. *Water Wave for Engineers and Scientists*. Prentice Hall.
- Edy, Febriando, Wiby., Aprizal., Sadad, Ilyas. (2012). Analisa Perilaku Gelombang Air Setelah Melewati Breakwater Tenggelam Yang Berbentuk Tumpukan Pipa. Jurnal Teknik sipil. Universitas Bandar Lampung. UBL. Vol 3 No 1
- Horikawa, K. 1978. Dirgayusa. 1997 *Coastal Engineering*. University Of Tokyo Press. Tokyo
- Huddiankuwera, A., Rachman, T., Thaha, M.A., & Dewa, S. (2022). Deformasi Gelombang pada Pemecah Gelombang Berongga Miring. 70, 188–194.
- Jarlan, G.E., 1961. *A perforated vertical wall breakwater*. The Dock & Harbour Authority XII486, 394–398.
- Kondo, H., 1979. *Analysis of breakwaters having two porous walls*. Proc. Coastal Structures '79, vol. 2. American Society of Civil Engineers, Reston VA, USA, pp. 962 – 977
- Kuswadi, Didit., Tugiono, Subuh., EP, Wahono., Zakaria, Ahmad., (2022). Study Refleksi Gelombang Menggunakan Model Breakwater Tipe

Dinding Berpori Dengan Pemodelan Fisik 2-D. JRSDD. Vol.10, No.2, Hal: 257–266

Nazir, M. (1988). *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia

Nugroho, et al. (2018) Penanggulangan Kerusakan Pantai Terdampak Erosi Dengan Pemecah Gelombang Ambang Rendah. Balai Litbang Pantai, Pusat Litbang Sumber Daya Air, Kem PUPR.

Saptarini, D. (2010). Evaluasi terumbu buatan dalam peningkatan kualitas lingkungan Pantai Pasir Putih Situbondo.

Suh, K.D., Son, S.Y., Lee, J.I., Lee, T.H., 2002. *Calculation of irregular wave reflection from perforated-wall caisson breakwaters using a regular model*, Proceedings of the 28th International Conference on Coastal Engineering, vol. 2. ASCE, Cardiff, UK, pp. 1709–1721.

Takahashi, S., Shimosako, K., 1996. Wave Pressure On A Perforated Caisson, Proceedings of The Hydro-Port '94, vol. 1. Port and Harbour Research Institute, Yokosuka, Japan, pp. 747–764.

Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta : Beta Offset

Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik pantai*. Yogyakarta : Beta Offset

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



## LAMPIRAN

## DOKUMENTASI



## DOKUMENTASI MODEL 1



Kedalaman 24

## DOKUMENTASI MODEL 2



Kedalaman 24



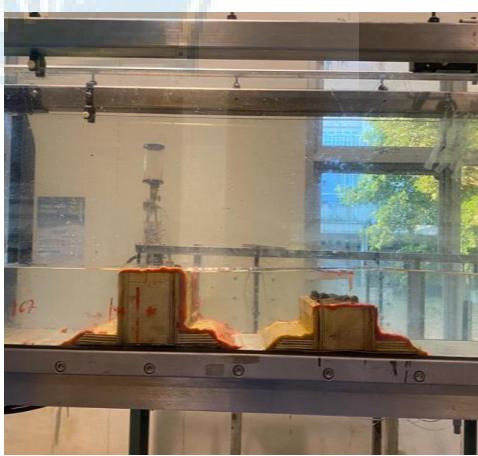
Kedalaman 18



Kedalaman 18

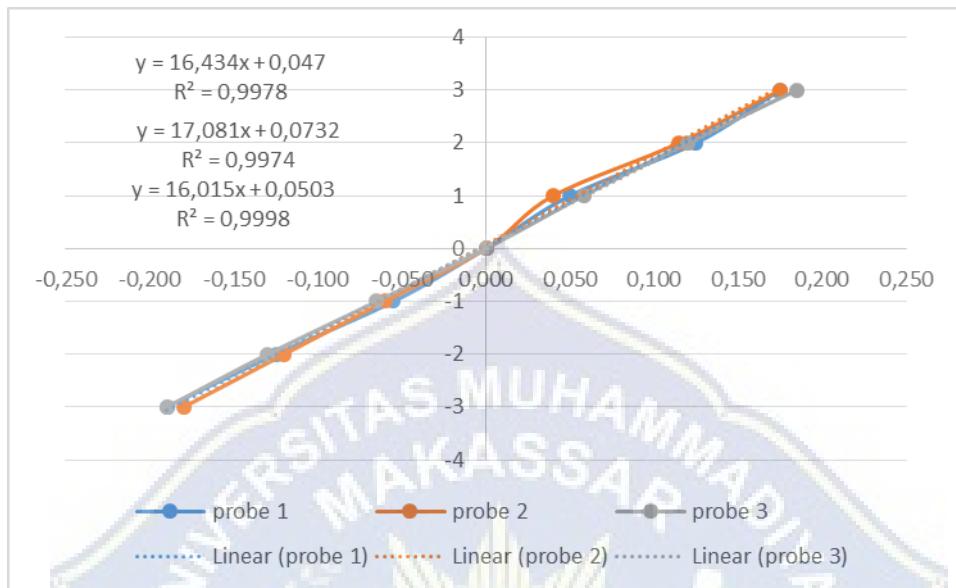


Kedalaman 12

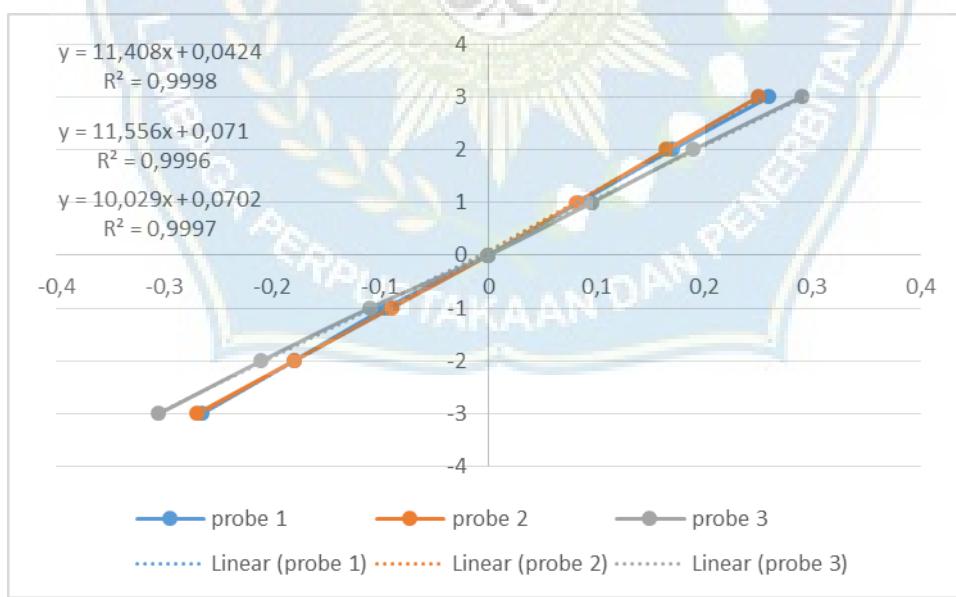


Kedalaman 12

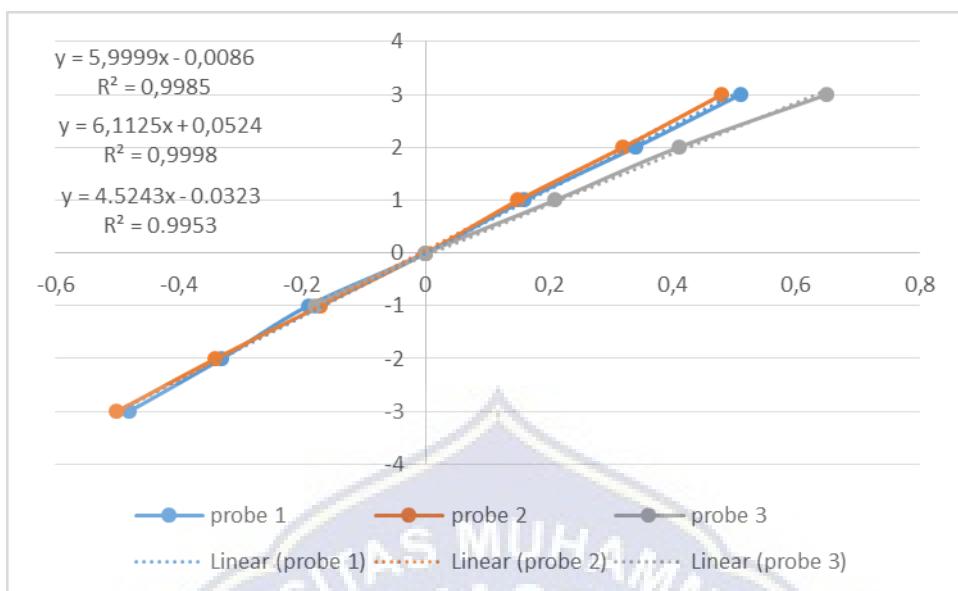
## KALIBRASI PROBE SETIAP KEDALAMAN



Kedalaman 24 cm



Kedalaman 18 cm



Kedalaman 12 cm

## DATA HITUNGAN PANJANG GELOMBANG

d	T	0.25	0.3	0.5	1,00	Stroke
		1/4L	1/3L	1/2L	1L	
12	1.2	30,7	41	61,5	123	4
	1.3	33,5	44,6	67	134	4
	1.4	36,25	48	72,5	145	4
18	1.2	36,5	48,6	73	146	4
	1.3	40	53	80	160	4
	1.4	43,5	58	87	174	4
24	1.2	41	54,6	82	163	4
	1.3	45	60	90	180	4
	1.4	49,25	65	98,5	197	4

















**MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MAKASSAR  
UPT PERPUSTAKAAN DAN PENERBITAN**

Alamat kantor: Jl. Sultan Alauddin NO.259 Makassar 90221 Tlp.(0411) 866972,881593, Fax.(0411) 865588

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

**SURAT KETERANGAN BEBAS PLAGIAT**

**UPT Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar,  
Menerangkan bahwa mahasiswa yang tersebut namanya di bawah ini:**

Nama : Alling Sahrul Suharno / Sri Utami Putri

Nim : 105811108217 / 10581113719

Program Studi : Teknik Sipil Pengairan

Dengan nilai:

No	Bab	Nilai	Ambang Batas
1	Bab 1	8 %	10 %
2	Bab 2	18 %	25 %
3	Bab 3	8 %	10 %
4	Bab 4	3 %	10 %
5	Bab 5	5 %	5 %

Dinyatakan telah lulus cek plagiat yang diadakan oleh UPT- Perpustakaan dan Penerbitan Universitas Muhammadiyah Makassar Menggunakan Aplikasi Turnitin.

Demikian surat keterangan ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dipergunakan seperlunya.

Makassar, 02 Desember 2023

Mengetahui

Kepala UPT- Perpustakaan dan Penerbitan,



Nurminan, S.H., M.I.P  
NBM. 964 591

Alling Sahrul Suharno / Sri  
Utami Putri 105811108217 /  
10581113719 Bab I

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 02-Dec-2023 07:57AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2244808111

**File name:** BAB\_I\_4.docx (19.36K)

**Word count:** 700

**Character count:** 4563

Alling Sahrul Suharto / Sri Utami Putri 105811108217 /  
10581113719 Bab I

ORIGINALITY REPORT



8 %

SIMILARITY INDEX

turnitin.com

INTERNET SOURCES

2 %

PUBLICATIONS

0 %

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[digilibadmin.unismuh.ac.id](http://digilibadmin.unismuh.ac.id)

4 %

Internet Source

2

[core.ac.uk](http://core.ac.uk)

2 %

Internet Source

3

[docplayer.info](http://docplayer.info)

2 %

Internet Source

Exclude quotes

Off

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

Off

Scanned with CamScanner



Dipindai dengan CamScanner

Alling Sahrul Suharno / Sri  
Utami Putri 105811108217 /  
10581113719 Bab II

by Tahap Tutup



**Submission date:** 02-Dec-2023 07:58AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2244808704

**File name:** BAB\_II\_5.docx (854.84K)

**Word count:** 5120

**Character count:** 28133

ORIGINALITY REPORT

18%  
SIMILARITY INDEX



0%  
PUBLICATIONS

0%  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

turnitin

1	repository.unhas.ac.id Internet Source	5%
2	docplayer.info Internet Source	5%
3	123dok.com Internet Source	2%
4	knpts.ftsl.itb.ac.id Internet Source	2%
5	www.gurupendidikan.co.id Internet Source	2%
6	repository.its.ac.id Internet Source	2%

Exclude quotes Off  
Exclude bibliography Off

Exclude matches < 2%

Alling Sahrul Suharno / Sri  
Utami Putri 105811108217 /  
10581113719 Bab III

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 02-Dec-2023 07:59AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2244809144

**File name:** BAB\_III\_5.docx (1.88M)

**Word count:** 969

**Character count:** 5225

# Alling Sahrul Suharno / Sri Utami Putri 105811108217 / 10581113719 Bab III

## ORIGINALITY REPORT

8 %

SIMILARITY INDEX



2 %

PUBLICATIONS

2 %

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

[digilibadmin.unismuh.ac.id](http://digilibadmin.unismuh.ac.id)

Internet Source

3 %

2

[repository.unhas.ac.id](http://repository.unhas.ac.id)

Internet Source

3 %

3

[jurnal.darmaagung.ac.id](http://jurnal.darmaagung.ac.id)

Internet Source

2 %

Exclude quotes

Off

Exclude matches

< 2%

Exclude bibliography

Off

# Alling Sahrul Suharno / Sri Utami Putri 105811108217 / 10581113719 Bab IV

by Tahap Tutup



**Submission date:** 02-Dec-2023 07:59AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2244809645

**File name:** BAB\_IV\_5.docx (1.29M)

**Word count:** 5404

**Character count:** 30131

ORIGINALITY REPORT

3%  
SIMILARITY INDEX



0%  
PUBLICATIONS

0%  
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

3%

1

doaj.org

Internet Source

Exclude quotes

Off

Exclude matches

<2%

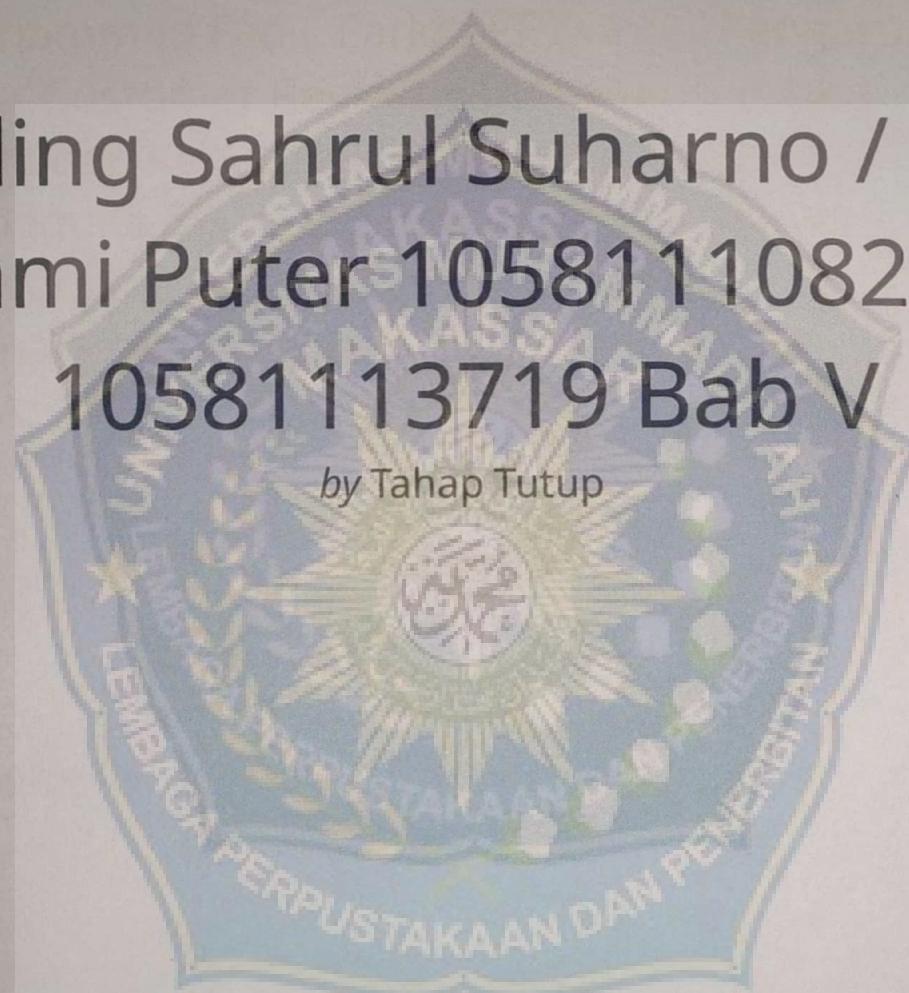
Exclude bibliography

Off



Alling Sahrul Suharno / Sri  
Utami Puter 105811108217 /  
10581113719 Bab V

by Tahap Tutup



---

**Submission date:** 02-Dec-2023 08:03AM (UTC+0700)

**Submission ID:** 2244812977

**File name:** BAB\_V\_5.docx (17.43K)

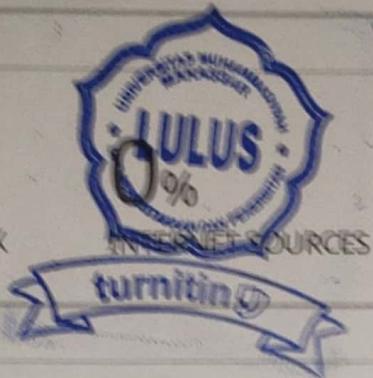
**Word count:** 263

**Character count:** 1737

ORIGINALITY REPORT

5%

SIMILARITY INDEX



5%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

- Muhammad Fadil, Farida Efriyanti. "Pengaruh Fitur Customer Review dan Persepsi Risiko Terhadap Keputusan Pembelian pada Pengguna Shopee (Studi pada Mahasiswa Universitas Bandar Lampung Prodi Manajemen Angkatah 2019)", jurnal EMT KITA, 2023

5%

Exclude quotes

Exclude bibliography

Exclude matches



# PENGARUH TINGGI MODEL PEMECAH GELOMBANG AMBANG RENDAH SUSUN SERI TERHADAP GELOMBANG REFLEKSI DAN TRANSMISI

Alling Sahrul Suharno<sup>1</sup>, Sri Utami Puteri<sup>2</sup>, Kasmawati<sup>3</sup>, Andi Makbul Syamsuri<sup>4</sup>)

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Makassar, Jl. Sultan Alauddin No. 259, Makassar, 90221, Indonesia

<sup>\*</sup>e-mail: allingsahrul077@gmail.com

## *Abstract*

*Experimental research on breakwater caissons has been widely carried out in various laboratories around the world. The advantages of caissons are further facilitated by precast concrete technology so that it is faster in the process of carrying out work in the field. Laboratory tests were carried out to determine how significant the influence of the height variation of the series low-threshold breakwater model on the reflection and transmission waves. Placement distance using the trial and error method with variables wavelength (L) as a multiplier factor is 0.25L, 0.3L and 0.5L. The water depths used are 12 cm, 18 cm and 24 cm and the period variations used are 1.2 seconds, 1.3 seconds and 1.4 seconds. The wave parameter used is the ratio between the incident wave height and water depth ( $H_i / d$ ), while the model parameter is the ratio between the model placement distance and the wavelength ( $x / L$ ). The effect of the  $x/L$  parameter on the value of the reflection coefficient is compared inversely, with the value of the maximum reflection coefficient = 0.429; Minimum reflection coefficient = 0.067 or decreased by 24.8%. The effect of the variable period of the wave  $T$  on the value of the transmission coefficient is also inversely proportional, with the value of the maximum transmission coefficient = 1.010; Minimum transmission coefficient = 0.295 or decreased by 65.2%.*

**Keywords:** Model Height, Breakwater, Reflection and Transmisi

## *Abstrak*

Penelitian eksperimental mengenai breakwater caisson sudah banyak dilakukan diberbagai laboratorium diseluruh dunia. Keunggulan caisson lebih dipermudah dengan teknologi beton pra cetak sehingga lebih cepat dalam proses pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui seberapa signifikan pengaruh dari variasi tinggi model pemecah gelombang ambang rendah susun seri terhadap gelombang refleksi dan transmisi. Jarak penempatan menggunakan metode coba coba dengan variabel panjang gelombang (L) sebagai faktor pengali yaitu 0,25L, 0,3L dan 0,5L. Kedalaman air yang digunakan adalah 12 cm, 18 cm dan 24 cm dan variasi periode yang digunakan adalah 1,2 detik, 1,3 detik dan 1,4 detik. Parameter gelombang yang digunakan adalah rasio antara tinggi gelombang datang dengan kedalaman air ( $H_i/d$ ), sedangkan parameter model adalah rasio antara jarak penempatan model dengan panjang gelombang ( $x/L$ ). Pengaruh parameter  $x/L$  terhadap nilai koefisien refleksi adalah berbanding terbalik, dengan nilai koefisien refleksi maksimum = 0,429; koefisien refleksi minimum = 0,067 atau mengalami penurunan sebesar 24,8 %. Pengaruh variable periode gelombang  $T$  terhadap nilai koefisien transmisi juga berbanding terbalik, dengan nilai koefisien transmisi maksimum = 1,010 ; koefisien transmisi minimum = 0,295 atau menurun sebesar 65,2 %.

**Kata Kunci:** Tinggi Model, Pemecah Gelombang, Refleksi dan Transmisi.

## Pendahuluan

Kerusakan pantai berupa erosi pantai merupakan masalah yang meluas di banyak negara di dunia saat ini, yang telah menimbulkan banyak kerugian material dan korban jiwa. Kerusakan pantai terkadang juga disebabkan oleh ulah manusia itu sendiri, seperti menebang hutan mangrove, mengambil karang pantai, membangun pelabuhan atau fasilitas pantai lainnya, memperluas areal laguna ke laut tanpa memandang wilayah sempadan pantai, dll. Para ahli saat ini telah mengembangkan banyak teknologi seperti penutup bangunan, pod, istirahat mandiri, tetapi tidak memuaskan, terutama dari segi estetika dan wisata, yang membuat bangunan tersebut kurang ramah lingkungan karena menghilangkan kesan alami pantai (Kinong 2006) dalam (Setiawan & Ginting, 2018).

Gelombang tinggi yang tidak teredam dengan baik tidak hanya menyebabkan tsunami, tetapi juga dapat berdampak negatif pada semua yang dilaluinya. Berbagai kegiatan yang berkembang di wilayah pesisir seperti industri, pemukiman, pelabuhan, perikanan/tambak dan sebagainya dapat menimbulkan kerusakan dimana-mana, sehingga menimbulkan kerugian dan ketidaknyamanan kegiatan masyarakat di sepanjang pantai (Fauzan, 2013) dalam (Setiawan & Ginting, 2017). Fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik (Yuwono, 1996). Perforated wall breakwater pertama kali diusulkan pada tahun 1961 oleh G. E. Jarlan

Akibat dari erosi pantai ini berupa surutnya garis pantai dapat merusak pemukiman dan infrastruktur perkotaan (Triatmodjo, 1999). Tentunya pantai berperan sebagai pertahanan alami terhadap serangan ombak. Sedimen yang terakumulasi di pantai menyerap dan memantulkan energi yang terutama berasal dari ombak. Ketika semua energi gelombang diserap, pantai berada dalam kesetimbangan. Sebaliknya, pantai menjadi tidak seimbang ketika terjadi proses erosi dan akumulasi pantai yang pada akhirnya merusak pantai.

Pengurangan energi gelombang yang mengenai pantai dapat dilakukan dengan membangun pemecah gelombang di lepas pantai, dengan adanya pemecah gelombang maka gelombang yang mengenai pantai akan pecah sedikit lebih jauh dari pantai, sehingga energi gelombang yang sampai ke pantai cukup kecil (Surendro et al., 2015b). Berdasarkan bentuknya, pemecah gelombang terdiri dari pemecah gelombang sisi miring, pemecah gelombang sisi tegak dan pemecah gelombang campuran (Triatmojo, 2010). Menurut Horikawa (1978) dalam (Huddiankuwera, dkk., 2022) bahwa besarnya energi gelombang yang didipasikan/diredam ( $K_d$ ) adalah besarnya energi gelombang datang dikurangi energi gelombang yang ditransmisikan dan direfleksikan

Ada begitu banyak model dan tipe pemecah gelombang yang diterapkan di pantai atau pelabuhan namun belum ada yang dipasang secara rangkaian atau susun seri maka dari itu penulis tertarik melakukan penelitian eksperimental dengan judul “Pengaruh Jarak Penempatan Breakwater Terhadap Gelombang Refleksi dan Transmisi.”(Syamsir Muhammad,dkk 2023)

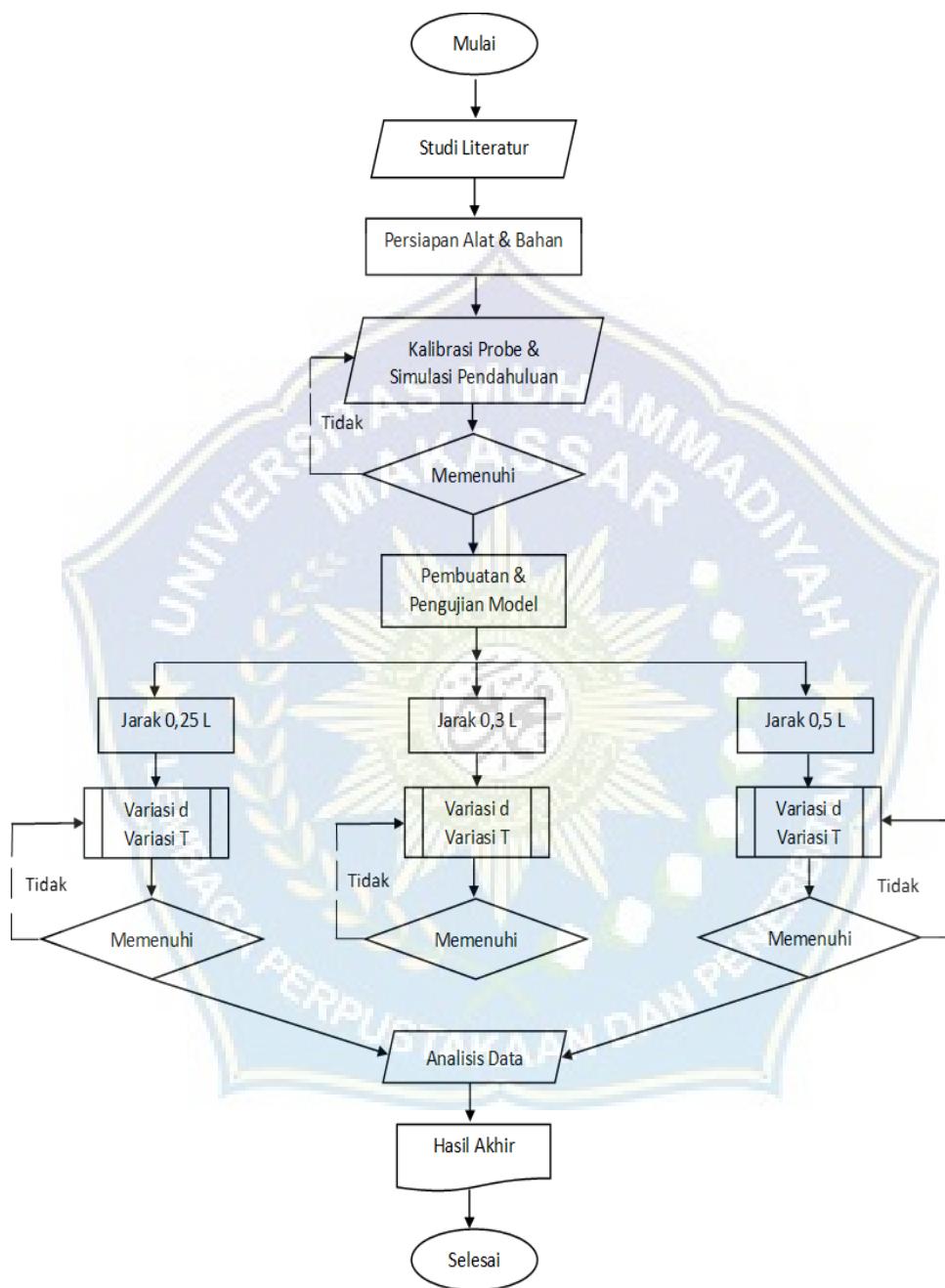
## Metode

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika kampus Teknik Gowa Departemen Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan waktu rencana penelitian tiga bulan.. Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental. (Nazir, 1988) mendefinisikan eksperimen yakni observasi dibawah kondisi buatan (*artificial condition*), dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti, dengan demikian penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya control. Data yang diambil selama proses uji model berupa data fluktusi muka air yang direkam melalui 3 sensor wave probe yang kemudian diteruskan ke software oscilloscope eagle WVFW. Metode pengolahan data pada penelitian ini adalah dengan mengolah data CSV dari software eagle WVFW diubah ke file berdomain xls. Kemudian untuk memperoleh data tinggi gelombang terlebih dahulu sensor wave probe dikalibrasi sesuai dengan kedalaman rencana.

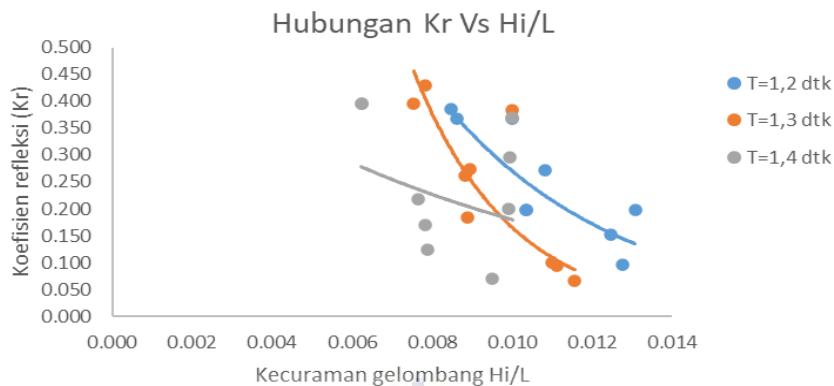
Data hasil kalibrasi ini kemudian dibuatkan persamaan menggunakan metode regresi linier. Persamaan yang didapatkan digunakan untuk mengubah satuan volt dari oscilloscope menjadi satuan panjang (Yani & Ahdania, 2023). Panjang gelombang menggunakan prinsip gelombang amplitudo kecil sebagai teori gelombang, Airy memperoleh persamaan Laplace untuk aliran irrotasional dan melinierkan persamaan Bernoulli dan menciptakan teori gelombang linier (Setyandito et al. 2012) dalam (Virlayani et al., 2023). Menurut Krisnaldi (2012), kondisi pantulan gelombang yang tidak sempurna atau sebagian, menghasilkan gelombang tegak sebagian *Partially Standing Wave*.

Kemampuan bangunan untuk memantulkan gelombang dinyatakan dengan koefisien refleksi, yaitu perbandingan antara tinggi gelombang yang dipantulkan dengan tinggi gelombang yang datang. (Surendro et al., 2015a). Gelombang yang ditransmisikan oleh penghalang, seperti gelombang yang melewati struktur pemecah gelombang, disebut gelombang yang ditransmisikan. Transmisi dinyatakan sebagai rasio tinggi gelombang yang ditransmisikan dengan tinggi gelombang datang (Syamsuri et al., 2018).

Pada tahapan ini dilakukan proses penelitian sesuai dengan bagan alir pada gambar berikut ini :





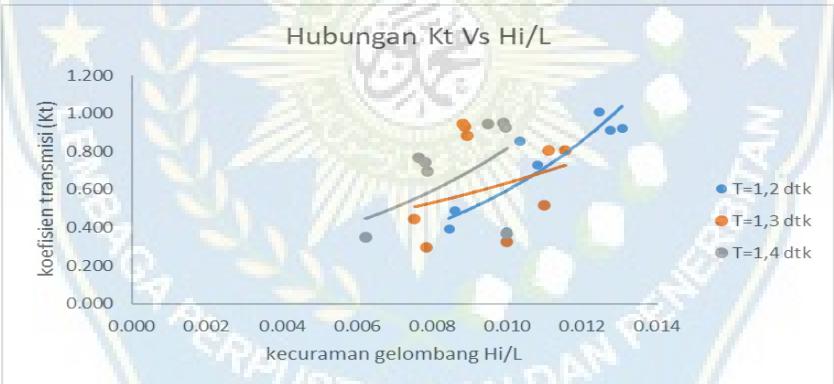


**Gambar 1.** Hubungan antara koefisien refleksi (Kr) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L)

Pada gambar 1 dapat dilihat bahwa tiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungan antara koefisien refleksi (Kr) dengan kecuraman gelombang (Hi/L) terhadap periode gelombang (T) adalah semakin besar nilai kecuraman gelombang (Hi/L) maka semakin kecil koefisien refleksi-nya (Kr), dimana nilai koefisien refleksi tertinggi dan terendah berada pada periode  $T=1,3$  dengan nilai  $Kr \approx 0,067 - 0,429$  dengan nilai kecuraman gelombang (Hi/L)  $\approx 0,008-0,011$ .

#### Hubungan antara koefisien transmisi (Kt) dengan kecuraman gelombang (Hi/L)

Adapun hubungan antara koefisien transmisi (Kt), dengan kecuraman gelombang (Hi/L), terhadap perode gelombang (T) dapat kita lihat pada gambar 21 berikut.



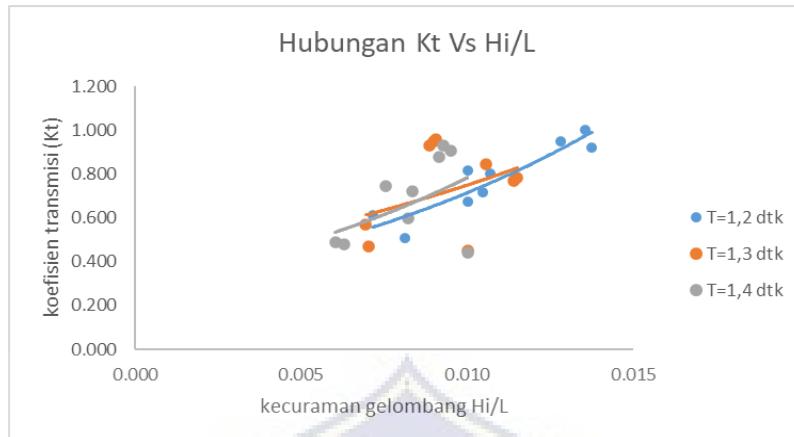
**Gambar 2.** Hubungan antara koefisien transmisi (Kt) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L)

Pada gambar 2 dapat dilihat bahwa tiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungan antara koefisien transmisi (Kt) terhadap kecuraman gelombang (Hi/L) adalah nilai koefisien transmisi (Kt) semakin tinggi seiring dengan peningkatan nilai kecuraman gelombang (Hi/L), dimana nilai koefisien transmisi tertinggi berada pada periode  $T=1,2$  dtk dengan nilai maksimum dari koefisien transmisi (Kt)  $\approx 0,377-1,010$  dengan nilai kecuraman gelombang (Hi/L)  $\approx 0,008-0,013$ . sedangkan nilai koefisien transmisi (Kt) terendah berada pada periode  $T=1,3$  dtk dengan nilai  $Kt \approx 0,295-0,943$  dengan nilai kecuraman gelombang Hi/L  $\approx 0,008-0,012$ .

**Tabel 2.** Hasil perhitungan untuk pemecah gelombang model 2 (MD2)



Adapun hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ), dengan kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ), terhadap perode gelombang ( $T$ ) dapat kita lihat pada gambar 3 berikut.



**Gambar 4.** Hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )

Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa tiga variasi periode gelombang  $T=1,2$  dtk,  $T=1,3$  dtk, dan  $T=1,4$  dtk, hubungan antara koefisien transmisi ( $K_t$ ) terhadap kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ) adalah nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) semakin tinggi seiring dengan peningkatan nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ ), dimana nilai koefisien transmisi tertinggi berada pada periode  $T=1,2$  dtk dengan nilai maksimum dari koefisien transmisi ( $K_t$ )  $\approx 0,510-1,005$  dengan nilai kecuraman gelombang ( $Hi/L$ )  $\approx 0,007-0,014$ . sedangkan nilai koefisien transmisi ( $K_t$ ) terendah berada pada periode  $T=1,4$  dtk dengan nilai minimum  $K_t \approx 0,441-0,929$

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data diambil kesimpulan bahwa variasi MD1 nilai refleksi lebih efektif dibandingkan dengan hasil nilai refleksi variasi MD2

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis data diambil kesimpulan bahwa variasi MD1 nilai transmisi lebih efektif dibandingkan dengan hasil nilai transmisi variasi MD2

## DAFTAR PUSTAKA

- Huddiankuwera, A., Rachman, T., Thaha, M.A., & Dewa, S. (2022). Deformasi Gelombang pada Pemecah Gelombang Berongga Miring. 70, 188–194.
- Horikawa, K. 1978. Dirgayusa. 1997 *Coastal Engineering*. University Of Tokyo Press. Tokyo
- Jarlan, G.E., 1961. *A perforated vertical wall breakwater*. The Dock & Harbour Authority XII486, 394–398.
- Nazir, M. (1988). *Metode Penelitian*. Jakarta : Ghalia Indonesia
- Setiawan, I. K. D., & Ginting, J. W. . (2017). Wave Transmision on Interlocking Concrete Block Submerged Breakwater. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 9(1), 33–42.
- Setiawan, I. K. D., & Ginting, J. W. R. (2018). Refleksi Gelombang Pada Pemecah Gelombang Tenggelam Blok Beton Berkait. *Jurnal Teknik Hidraulik*, 9(1), 33–42. <https://doi.org/10.32679/jth.v9i1.335>
- Surendro, B., Yuwono, N., & Darsono, S. (2015a). Transmisi dan Refleksi Gelombang pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda Tumpukan Batu. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL*; Volume 20, Nomor 2, DESEMBER 2014DO - 10.14710/mkts.v20i2.9259 . <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/9259>

- Surendro, B., Yuwono, N., & Darsono, S. (2015b). Transmisi Gelombang pada Pemecah Gelombang Ambang Rendah Ganda. *MEDIA KOMUNIKASI TEKNIK SIPIL; Volume 20, Nomor 1, JULI 2014DO - 10.14710/mkts.v20i1.9242*. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/mkts/article/view/9242>
- Syamsir Muhammad, dkk (2023). "Pengaruh Jarak Penempatan Breakwater Caisson Susun Seri Terhadap Gelombang Refleksi dan Tranmisi", Multidisiplin Saintek 1, no. 04: 30-40.
- Syamsuri, A. M., Suriamiharja, D. A., Thaha, M. A., & Rachman, T. (2018). Analisis Pengaruh Dimensi Rangkaian Pipa Horizontal Terhadap Transmisi dan Refleksi Gelombang pada Pemecah Gelombang Berpori. *SENSISTEK: Riset Sains dan Teknologi Kelautan*, 57–62.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Beta Offset.
- Triatmodjo, B (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta : Beta Offset
- Virlayani, A., Syamsuri, A. M., Yani, A., & Ahdania, A. (2023). *Pengaruh Lebar Pemecah Gelombang Rangkaian Pipa Ujung Tertutup terhadap Gelombang Refleksi dan Transmisi*. 7(3), 239–247.
- Yani, A., & Ahdania, A. (2023). Skripsi "Pengaruh Lebar Pemecah Gelombang Rangkaian Pipa Ujung Tertutup terhadap Gelombang Refleksi dan Transmisi." Universitas Muhammadiyah Makassar.
- Yuwono,(1996). *Perencanaan Model Hidraulik (Hydraulic Modelling)* Yogyakarta : Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi, Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik, Universitas Gadjah Mada.



# BANDAR

JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING

Jl. Prof. Dr. Baharuddin Lopa, S.H, Talumung, Majene, Sulawesi Barat

Email: [jurnalbandar@unsulbar.ac.id](mailto:jurnalbandar@unsulbar.ac.id). No. Telpn: +62 8135 5696 400

Website: <https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/bjce>

---

---

## **LETTER OF ACCEPTANCE** **BUKTI PENERIMAAN NASKAH ARTIKEL ILMIAH**

**Nomor** : 12/Bandar/02/2024

**Hal** : Surat Penerimaan Naskah Publikasi Jurnal

Terima Kasih Telah mengirimkan artikel ilmiah untuk diterbitkan pada Bandar: JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING (Online ISSN:2623-0135, Cetak ISSN: 2656-7199) yang diserahkan oleh:

**Nama** : Alling Sahrul Suharno<sup>1</sup>, Sri Utami Putri<sup>2</sup>, Kasmawati<sup>3</sup>, Andi Makbul Syamsuri<sup>4</sup>

**Institusi** : Universitas Muhammadiyah Makassar

**Bidang** : Teknik Pengairan

Dengan Judul “Pengaruh Tinggi Model Pemcah Gelombang Ambang Rendah Susun Seri Terhadap Gelombang Refleksi dan Transmisi”.

Berdasarkan hasil review artikel tersebut dinyatakan **DITERIMA** untuk dipublikasikan di Jurnal kami Volume 6, Nomor 1 Mei 2024. Artikel tersebut akan tersedia secara online di <http://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/bjce/issue/view/142>

Demikian informasi ini disampaikan dan atas perhatiannya, diucapkan terima kasih.

Majene, 07 Februari 2024

Editor In Chief,

